

SKRIPSI

STUDI EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL JALAN RANU GRATI – JALAN DANAU TOBA KOTA MALANG



Disusun Oleh :

NELLA CONSTANTI

13.21.029

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2017**

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**STUDI EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL JL. RANU GRATI – JL. DANAU
TOBA KOTA MALANG**

Disusun Oleh:

NELLA CONSTANTI

13.21.029

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT

Mengetahui :

Ketua Program Studi

Teknik Sipil S1 ITN Malang



Ir. A. Agus Santosa, MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2017**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**STUDI EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL JL. RANU GRATI
- JL. DANAU TOBA KOTA MALANG**

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi

Jenjang Strata satu (S-1)

Pada hari : Jumat

Tanggal : 04 Agustus 2017

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

NELLA CONSTANTI

NIM : 13. 21. 029

Disahkan Oleh :



Ketua

(Ir. A. Agus Santosa, MT)

Sekretaris

(Ir. Munasih, MT)

Anggota Penguji:

Dosen Penguji I



(Ir. Agus Prajitno, MT)

Dosen Penguji II



(Ir. Eding Iskak I., MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2017**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-Gura No.2 Tlpn.551951 – 551431
MALANG

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nella Constanti
NIM : 13.21.029
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

“STUDI EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL

JL. RANU GRATI – JL. DANAU TOBA KOTA MALANG”

Adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tugas akhir ini hasil jiplakan atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Malang,

Yang membuat pernyataan



(NELLA CONSTANTI)

Studi Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jl. Ranu Grati – Jl. Danau Toba Kota Malang

Nella Constanti, NIM 1321029

**Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT**

Konsentrasi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional Malang
Jln. Bendungan sigura-gura No.2 Malang
Email : nellaconstantin39@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan transportasi akan terus meningkat dengan berkembangnya daerah perkotaan. Jika kebutuhan sarana transportasi tidak diimbangi dengan prasarana (jaringan jalan) maka timbul masalah transportasi. Kondisi ini terjadi pada ruas Jl. Ranu Grati – Jl. Danau Toba Kota Malang, dimana jumlah volume tidak seimbang dengan kapasitas jalan dan persimpangan sehingga timbulnya penumpukan arus lalu lintas serta membuat antrian sangat panjang sehingga menyebabkan kemacetan pada jam sibuk dan terjadinya tundaan dan antrian panjang. Tujuan dari studi adalah untuk mencari alternatif pemecahan masalah yang sesuai dengan permasalahan tersebut.

Untuk menunjang studi ini di perlukan sampel volume lalu lintas, antrian dan tundaan dengan survey lapangan pada kondisi eksisting yang di laksanakan pada 3 hari di mulai pada hari senin, 13 Februari 2017, Rabu, 15 Februari 2017, dan Sabtu, 18 Februari 2017. Metode evaluasi ini mengguakan pedoman Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 dan menggunakan Peraturan Menteri Perhubungan 96 Tahun 2015.

Hasil survey diperoleh total arus volume tertinggi terjadi pada kondisi eksisting pada Jl. Ranu Grati (Pendekat Barat) hari Senin, 13 Februari 2017 yaitu sebesar kapasitas 1438.59 smp/jam, derajat kejenuhan (DS) 1.18, panjang antrian 605.63 m, tundaan 361.74 det/smp dan tingkat pelayanan F. Dari ketiga alternatif yang dikaji, didapatkan alternatif yang memenuhi syarat adalah alternatif 3, sehingga alternatif 3 yang bisa mengatasi permasalahan lalu lintas di lokasi dengan optimasi waktu siklus & perencanaan pelebaran geometrik, Wmasuk selebar 1.5 m sepanjang 200 m pada pendekat barat dan Wmasuk selebar 2 m sepanjang 10 m pada pendekat selatan serta belok kiri secara langsung. Sehingga dapat mengurangi nilai kapasitas sebesar 2117.93 derajat kejenuhan 0.80, panjang antrian 91.21 m dan tundaan 12.38 kend/det dalam kategori tingkat pelayanan B.

Kata Kunci : karakteristik simpang, kinerja simpang, tundaan, antrian.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, karunia serta kesempatan-Nya sehingga terselesaikan penyusunan Skripsi ini dengan judul: **“STUDI EVALUASI KINERJA SIMPANG JL. RANU GRATI – JL. DANAU TOBA KOTA MALANG”**

Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan akademik dalam menempuh jenjang Strata Satu (S-1) di Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam penyusunan Skripsi ini penyusun menyampaikan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Skripsi ini diantaranya:

1. Bapak Ir. Nusa Sebayang, MT selaku dosen pembimbing I Skripsi.
2. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. Nusa Sebayang, MT. selaku Dekan FTSP Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir.A. Agus Santosa, MT selaku KAPRODI Teknik Sipil S1 Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Ibu Ir. Munasih, MT selaku Sekretaris PRODI Teknik Sipil S1 Institut Teknologi Nasional Malang.
6. Serta semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penyusunan Skripsi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Skripsi ini.

Akhir kata harapan penulis semoga Skripsi ini bisa bermanfaat sebagaimana mestinya.

Malang, Agustus 2017

Penyusun

Luke 1 : 37

“ God can do anything ”

LEMBAR PERSEMBAHAN

1. Puji Syukur kepada Bapa di Sorga yang telah memberikan kekuatan, kesehatan, rasa semangat, yang senantiasa selalu setia mendengar setiap keluh kesahku di dalam Doa. Terimakasih atas penyertaanMu dan kemudahan yang diberikan dari awal hingga akhir selesainya skripsi ini.
2. Terimakasihku untuk bapak dan mama yang selalu mendukung dan mendoakan (**I Love you so much**) “im gratefull, one day i'll make you proud”
3. Buat kak Victor dan kak Remsi yang selalu menanti kelulusan adik terakhirmu dan saya selalu banyak menguluh. terimakasih banyak sudah menceramahi always and always haha but it's okay, thank you.
4. Terimakasihku untuk abang Harlen yang gapernah bosan mendengarkan senang dan sedihku (marah – marahnya juga termasuk) haha i'm so sorry.
“Thank you for the time we spent together, Thank you for never leaving me in the bad times, Thank you for understanding me, thank you for your patience, kindness, and thanks for accepting me. I love you ☺”
5. Sahabat seperjuangan yang entah kapan terbentuknya but kalian yang terbaik sejak maba sampai kita lulus “Gio (tersok bijak dari kata kata manis rayuan wanita), Dimas (nama panggilan pak aji tapi ya begitu dia yang paling termesum), Anggi (terpemarrah, sedikit-sedikit emosi, tercepat dalam hal mendengar gosip terhot), Rusdin (terpaling gabisa mengalah dalam hal berdebat dan harus selalu benar, tercepat dalam nebeng makan), Heru (tertukang ngeluh setiap kali keluar dari ruangan pak bambang), Maya (istri terbaper), Indah (ratu gosip se – ITN raya), Caesar (terpasrah semampunya), Rizka (teraniaya tapi juga jadi tampungan bahan gosip)”.
6. Terimakasihku untuk teman seperjuangan Teknik Sipil 2013 specially “Transporter” dan “Tim Survey”.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Lingkup Bahasan.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Maksud dan Tujuan	6
1.7 Manfaat Studi	6
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Pengertian umum.....	8
2.3 Jenis – jenis Pesimpangan	10
2.4 Karakteristik Lalu Lintas.....	13
2.4.1 Arus Lalu Lintas Jalan.....	12
2.4.2 Volume Lalu Lintas	13
2.4.3 Kecepatan	15
2.4.4 Kepadatan.....	15
2.4.5 Kapasitas	16

2.4.6 Derajat Kejenuhan.....	17
2.4.7 Hambatan Samping	17
2.5 Kinerja Simpang Bersinyal	20
2.5.1 Lampu Lalu Lintas	20
2.5.2 Geometrik Persimpangan	22
2.5.3 Kondisi Arus Lalu Lintas	25
2.5.4 Karakteristik Sinyal Dan Pergerakan Lalu Lintas.....	25
2.5.5 Penggunaan Sinyal	26
2.5.6 Penentuan Waktu Sinyal	28
BAB III METODOLOGI	45
3.1 Lokasi Penelitian	45
3.2 Pengumpulan Data.....	47
3.2.1 Survey	47
3.2.2 Survey Data Primer.....	48
3.2.3 Survey Data Sekunder	48
3.3 Pelaksanaan Survey	48
3.3.1 Langkah Pengamatan Data (survey)	48
3.3.2 Jenis Survey, Penempatan dan Jumlah Surveyor	49
3.4 Waktu Survey	51
3.5 Metode Analisis Data	51
3.6 Flowchart (Diagram Alir)	53
BAB IV REKAPITULASI DATA	54
4.1 Data Sekunder.....	54
4.2 Dimensi Geometrik.....	56
4.3 Fase dan Sinyal lampu Lalu Lintas Simpang	56
4.4 Pengolahan Voleme Arus Lalu Lintas	58

4.5. Pengolah Data Antrian.....	75
4.6 Perbandingan Panjang Antrian Survey Lapangan dan Perhitungan MKJI 1997 Pada Pendekat Barat dan Timur	82
4.6 Pengolahan Data Tundaan	85
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	91
5.1 Umum	91
5.2 Karakteristik Arus Lalu Lintas Simpang	92
5.2.1 Analisa Kinerja Simpang Kondisi Eksisting	92
5.2.2 Evaluasi Nilai Derajat Kejenuhan (DS) Kondisi Eksisting	119
5.2.3 Evaluasi Analisa Antrian Kondisi Eksisting.....	122
5.2.4 Evaluasi Analisa Tundaan Kondisi Eksisting.....	124
5.3 Alternatif Untuk Perbaikan Kinerja Simpang.....	128
a. Alternatif 1 (Optimasi Waktu Siklus)	128
b. Alternatif 2 (Pelebaran Geometrik & Larangan)	134
c. Alternatif 3 (Kombinasi Alternatif 1 & ALternatif 2)	141
5.4 Usulan Pemecahan Masalah	144
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....	149
6.1 Kesimpulan	149
6.2 Saran	150
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

2.1 Nilai NVK Pada Berbagai Kondisi	9
2.2 Kapasitas (Co).....	16
2.3 Penentuan Tipe Frekuwensi Hambatan Samping.....	18
2.4 Nilai Kelas Hambatan Samping	18
2.5 Nilai EMP Untuk Jenis Kendaraan Berdasarkan pendekatan	25
2.6 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota.....	30
2.7 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan.....	31
2.8 Waktu Siklus Yang Disarankan	37
2.9 ITP Pada Persimpangan Berlampu Lalu Lintas	44
4.1 Jumlah Penduduk	54
4.2 Perkembangan Jumlah Kendaraan di Kota Malang	55
4.3 Data Geometrik Simpang Bersinyal.....	56
4.4 Kondisi Simpang	56
4.5 Konfigurasi Waktu Sinyal.....	57
4.6 Emp (Ekivalen Mobil Penumpang).....	59
4.7 Perhitungan Pengolahan Volume	60
4.8 Data Arus Kendaraan Volume Per Jam.....	61
4.9 Kombinasi Arus Lalu Lintas Penentuan Jam Puncak	64
4.10 Contoh Perhitungan Volume	67
4.11 Panjang Antrian Jl. Ranu Grati (Senin, 13 Februari 2017)	76
4.12 Panjang Antrian Jl. Ranu Grati (Rabu, 15 Februari 2017).....	76

4.13 Panjang Antrian Jl. Ranu Grati (Sabtu, 18 Februari 2017)	77
4.14 Panjang Antrian Jl. Danau Toba (Senin, 13 Februari 2017)	79
4.15 Panjang Antrian Jl. Danau Toba (Rabu, 15 Februari 2017).....	79
4.16 Panjang Antrian Jl. Danau Toba (Sabtu, 18 Februari 2017)	79
4.17 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Barat)	82
4.18 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Barat)	82
4.19 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Barat)	83
4.20 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Timur)	84
4.21 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Timur)	84
4.22 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Timur)	85
4.23 Perhitungan Tundaan Survey Lapangan (Senin, 13 Februari 2017)	86
4.24 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Rabu, 15 Februari 2017).....	86
4.25 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Sabtu, 18 Februari)	87
4.26 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Barat)	87
4.27 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Barat)	88
4.28 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Barat)	88
4.29 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Timur)	89
4.30 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Timur)	89
4.31 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Timur)	90
5.1 Nilai Tipe Pendekat Terlindung Dan Terlawan	94
5.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)	107
5.3 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan.....	108

5.4 Derajat Kejenuhan.....	121
5.5 Nilai Tundaan Pada Simpang Bersinyal.....	124
5.6 Nilai Tundaan Pada Simpang Bersinyal.....	125
5.7 Nilai Tundaan Pada Simpang Bersinyal.....	125
5.8 Nilai Tundaan Pada Simpang Bersinyal.....	126
5.9 Nilai Tundaan Pada Simpang Bersinyal	127
5.10 Kinerja Simpang Alternatif	132
5.11 Matrik Perbandingan Kondisi Eksisting Dan Alternatif	132
5.12 Data Perhitungan Pelebaran Geometrik	135
5.13 Kinerja Simpang Alternatif 2	138
5.14 Matrik Perbandingan Kondisi Eksisting Dan Alternatif 2	139
5.15 Perbandingan Alternatif	142
5.16 Kinerja Simpang Alternatif 3	143
5.17 Matrik Perbandingan Kondisi Eksisting Dan Alternatif 3	144
5.18 Matrik Perbandingan Setiap Analisa.....	148

DAFTAR GAMBAR

2.1 Berbagai Jenis Persimpangan Jalan Sebidang	11
2.2 Contoh Simpang Susun Jalan Bebas Hambatan.....	12
2.3 Geometrik Persimpangan Lampu Lalu Lintas	23
2.4 Lebar Efektif Kaki Persimpangan	23
2.5 Pendekat Dengan Atau Tanpa Pulau Lalu Lintas	29
2.6 Faktor penyesuaian Untuk Kelandaian	32
3.1 Diagram Alir Studi	51
4.1 Kombinasi Pergerakan Fase Lalu Lintas Lokasi Studi	57
4.2 Pengaturan Waktu Sinyal Dua Fase	58
4.3 Grafik Arus Kendaraan Per Lengan Pada Simpang Bersinyal.....	62
4.4 Grafik Arus Kendaraan Per Lengan Pada Simpang Bersinyal.....	62
4.5 Grafik Arus Kendaraan Per Lengan Pada Simpang Bersinyal.....	63
4.6 Grafik Total Arus Kendaraan Pada Simpang Bersinyal Selama 3 Hari Survey	66
4.7 Grafik Presentase Jenis Kendaraan Pada Pendekat Utara (Senin)	68
4.8 Grafik Presentase Jenis Kendaraan Pada Pendekat Selatan (Senin)	68
4.9 Grafik Presentase Jenis Kendaraan Pada Pendekat Barat (Senin)	68
4.10 Grafik Presentase Jenis Kendaraan Pada Pendekat Timur (Senin)	70
4.11 Grafik Presentase Jenis Kendaraan Pada Pendekat Utara (Rabu).....	70
4.12 Grafik Presentase Jenis Kendaraan Pada Pendekat Selatan (Rabu).....	71
4.13 Grafik Presentase Jenis Kendaraan Pada Pendekat Barat (Rabu)	71

4.14 Grafik Presentase Jenis Kendaraan Pada Pendekat Timur (Rabu).....	72
4.15 Grafik Presentase Jenis Kendaraan Pada Pendekat Utara (Sabtu)	72
4.16 Grafik Presentase Jenis Kendaraan Pada Pendekat Selatan (Sabtu)	73
4.17 Grafik Presentase Jenis Kendaraan Pada Pendekat Barat (Sabtu)	73
4.18 Grafik Presentase Jenis Kendaraan Pada Pendekat Timur (Sabtu)	74
4.19 Diagram Perbandingan Panjang Antrian.....	78
4.20 Diagram Perbandingan Panjang Antrian.....	81
5.1 Bagan Alir Perbandingan Simpang Bersinyal.....	92
5.2 Titik Konflik Kritis dan Jarak Untuk Menentukan Keberangkatan dan Kedatangan.....	100
5.3 2 Fase pada Simpang Sawojajar.....	103
5.4 Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (FG)	108
5.5 Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kanan (Frt)	109
5.6 Faktor Penyesuaian untuk Belok Kiri (Flt)	111
5.7 Kondisi Eksisting Jl. Ranu Grati – Jl. Danau Toba.....	118
5.8 Kondisi Eksisting Fase Pergerakan Lalu Lintas	134
5.9 Kondisi Eksisting Setelah Ditimpa Pelebaran Jalan	140
5.10 Kondisi Eksisting Fase Pergerakan Lalu Lintas	141
5.11 Kondisi Eksisting Fase Pergerakan Lalu Lintas	142

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persoalan transportasi merupakan masalah yang umum dialami setiap kota besar, sama halnya dengan Malang. Kota Malang merupakan salah satu kota besar di Jawa Timur dengan tingkat aktifitas yang tinggi, hal ini berdampak kepada pergerakan transportasi yang tinggi pula. Pergerakan transportasi yang tinggi ini menjadi salah satu penyebab utama kemacetan lalu lintas tersebut sangat besar ditinjau dari berbagai aspek. Sehingga berpengaruh pula terhadap kenyamanan masyarakat dalam beraktivitas. Di kota Malang sendiri kemacetan lalu lintas sudah menjadi hal biasa di beberapa ruas jalan raya. Apabila sifat kemacetan lintas tersebut merupakan suatu kejadian yang rutin, akibatnya bukan saja akan mempengaruhi efisiensi penggunaan sumber daya, tetapi juga dapat mengganggu kegiatan di lingkungan yang ada.

Persimpangan sebagai tempat bertemunya kendaraan dari beberapa ruas jalan dimana kendaraan saling bergerak antara satu dengan kendaraan yang lainnya. Persimpangan merupakan daerah yang potensial terjadi konflik antara beberapa kendaraan. Suatu persimpangan yang tidak teratur dengan baik akan menimbulkan masalah seperti antrian dan tundaan, sehingga penerapan berbagai metode dalam pengaturan persimpangan sangat diperlukan.

Simpang Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba merupakan salah satu dari simpang bersinyal di Malang. Pada simpang tersebut awalnya hanya terdapat empat

simpang karena seiringnya perkembangan kota yang begitu pesat sehingga di kembangkan jalan yang menjadi tempat menuju ke arah pertokoan, namun dari jalan yang di kembangkan tersebut tidak terdapat lampu lalu lintas yang bekerja, sehingga perlunya lampu lalu lintas agar tidak menambah kemacetan pada simpang tersebut. Tipe lingkungan jalan sekitar simpang Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba merupakan daerah komersial, hal ini bisa di lihat dengan adanya pertokoan, bengkel, pusat perbelanjaan, ATM BNI drive thru, rumah makan, yang mengakibatkan kemacetan pada jalan tersebut. Terdapat aktifitas pada pendekatan simpang seperti angkutan umum yang berhenti untuk menaikkan atau menurunkan penumpang serta kendaraan yang keluar masuk di samping jalan dari lingkungan sekitar simpang

Titik pertemuan antara Jalan Ranu Grati –Jalan Danau Toba kota Malang, pada jam-jam sibuk umumnya pada saat akhir pekan sering kali terjadi kemacetan. Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba termasuk jalan lokal merupakan dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar Kabupaten Malang. Banyaknya penduduk yang keluar menuju Kabupaten Malang atau yang datang ke Kota Malang adalah salah satu penyebabnya, meningkatnya kepadatan arus lalu lintas pada ruas jalan tersebut belum diimbangi dengan peningkatan kapasitas dan pengembangan jaringan sarana transportasi serta sarana pendukungnya. Kemacetan lalu lintas yang terjadi di simpang Jalan Ranu Grati merupakan masalah yang tidak merusak atau merugikan masyarakat sekitarnya.

Mengacu seiringnya terjadi kepadatan arus lalu lintas pada ruas Simpang Jalan Ranu Grati dan adanya penambahan jalan pada simpang tersebut, perlu dilakukan tinjauan evaluasi kepadatan arus lalu lintas di ruas jalan tersebut dengan

cara menentukan indeks tingkat pelayanan pada ruas jalan tersebut dengan melakukan survey. Sehingga dapat diketahui indeks tingkat pelayanan yang ada pada ruas jalan tersebut, sekaligus dapat digunakan dalam mengatasi permasalahan yang ada. Dengan melakukan survey diharapkan dapat mempelajari hubungan antar sifat permasalahan yang sedang di selidiki yaitu hubungan antara kecepatan rata-rata lalu lintas dengan volume lalu lintas.

Dengan melihat permasalahan tersebut, penulis mengambil judul skripsi

“STUDI EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL JALAN RANU GRATI – JALAN DANAU TOBA KOTA MALANG.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka identifikasi permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Belum maksimalnya kinerja simpang Perempatan Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba yang diakibatkan oleh sistem pengendalian lalu lintas yang belum tepat untuk memaksimalkan kondisi ruas simpang tersebut.
2. Banyaknya Jumlah kendaraan ringan maupun kendaraan berat yang melintasi simpang perempatan Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang yang menyebabkan kecamatan terjadi.
3. Diperlukan alternatif pembenahan yang tepat untuk mengurangi kemacetan di SimpangJalan Ranu Grati – Danau Toba.

1.3 Rumusan Masalah

Dengan melihat latar belakang permasalahan tersebut, maka didapatkan rumusan masalah yang akan di bahas dalam studi ini yaitu :

1. Bagaimana karakteristik arus lalu lintas di Simpang Jalan Ranu Grati – Danau Toba?
2. Bagaimana kinerja pada simpang Jalan Ranu Grati – Danau Toba?
3. Apa alternatif pembenahan yang tepat untuk mengurangi kemacetan pada perempatan Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba?

1.4 Lingkup Bahasan

Lingkup bahasan yang akan dibahas pada studi ini adalah :

1. Menghitung volume arus lalu lintas di simpang bersinyal Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang.

2. Menghitung kinerja simpang
 - a. Kapasitas
 - b. Derajat Kejenuhan
 - c. Antrian
 - d. Tundaan
3. Pengukuran geometrik jalan pada simpang bersinyal Jalan Ranu Grati, Malang seperti:
 - a. Lebar pendekat
 - b. Jumlah jalur
 - c. Lebar bahu jalan

1.5 Batasan Masalah

Dengan mempertimbangkan luasnya permasalahan yang di timbul, serta keterbatasan waktu, tenaga, dan biaya, maka perlu adanya batasan masalah agar memperjelas dalam menganalisa permasalahan. Mekan penulis memberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Persimpangan yang ditinjau adalah Simpang Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang.
2. Mengevaluasi kinerja Simpang Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang dan juga untuk mengetahui jumlah arus masuk kendaraan dari perumahan gapura sawojajar berdasarkan jumlah arus lalu lintas pada saat ini dan mencari alternatif penanggulangan kemacetan yang tepat pada Simpang Jalan Ranu Grati.

Sebagai pedoman studi menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997).

1.6 Maksud dan Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari studi ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik lalu lintas (volume, tundaan, panjang antrian) pada simpang bersinyal Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba.
2. Mengetahui kinerja pada simpang Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba yang meliputi : Kapasitas, Derajat Kejenuhan, Panjang Antrian, Tundaan.
3. Mengusulkan pemecahan masalah kemacetan pada Perempatan Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba.

1.7 Manfaat Studi

Adapun manfaat dari studi ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat umum adalah untuk memperlancar pergerakan lalu lintas pada simpang bersinyal Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba sehingga para pengguna jalan bisa melewati dengan aman dan nyaman.
2. Sebagai bahan kajian dan masukan untuk studi selanjutnya.
3. Menambah pengetahuan dalam mengevaluasi tingkat kinerja dengan kondisi pada simpang bersinyal.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Keaslian studi merupakan laporan skripsi yang dapat digunakan sebagai panduan dalam mengerjakan skripsi yang sedang dikerjakan, di mana dengan adanya kesamaan dalam panduan tersebut, dapat membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Berikut skripsi yang pernah ada dan memiliki kemiripan pembahasan adalah :

1. **“Analisa Pengaturan Lalu Lintas Pada Simpang Bersinyal Kota Banjarmasin (Studi Kasus Persimpangan JL.Perintis Kemerdekaan; JL. Sulawesi; JL. D.I Panjaitan)”** oleh Dewi Riyanti Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah dari analisa yang didapat alternatif yang paling tepat untuk meningkatkan kinerja simpang Jl. Perintis Kemerdekaan; Jl. Sulawesi; Jl. D.I. Panjaitan adalah pengaturan 2 fase, dimana pendekat Utara dan pendekat Selatan berangkat secara bersamaan sebagai fase 1, pendekat Timur dan pendekat Barat berangkat secara bersamaan sebagai fase 2, dan dengan memberlakukan larangan parkir pada badan jalan sehingga tingkat kinerja persimpangan semakin baik. Pendekat Timur memiliki nilai derajat kejenuhan tertinggi sebesar 0,54 dan pendekta Selatan memiliki nilai derajat kejenuhan terendah sebesar 0,44 sehingga tundaan rata – rata simpang menjadi lebih baik yaitu 16,45 detik/smp. Untuk analisa alternatif terbaik pada simpang bersinyal Jl. Perintis Kemerdekaan;

Jl. Sulawesi: Jl. D.I. Panjaitan dapat diterapkan dalam 5 tahun mendatang, hal ini ditunjukkan dengan kinerja simpang masih dibawah batas maksimum ($DS < 0,85$), untuk pendekat Utara, $DS = 0,69$, pendekat Selatan, $DS = 0,58$, pendekat Timur, $DS = 0,72$, dan pendekat Barat, $DS = 0,65$ dengan tundaan rata – rata simpang 20,10 det/smp.

2. “ Pengaruh Kendaraan Keluar Masuk Jalan MT Haryono IX Terhadap Kinerja Simpang Bersinyal Di Jalan MT Haryono-Gajayana Malang “

dengan studi ini diperoleh nilai tundaan simpang rata-rata untuk seluruh simpang sesuai perhitungan MKJI yaitu sebesar 18,6811 terjadi apabila kendaraan yang keluar masuk Jl. MT Haryono IX, sedangkan apabila tidak ada kendaraan yang keluar masuk Jl. MT Haryono IX tundaan simpang rata-ratanya yaitu 14, 8289 det/smp, dari hasil tersebut diketahui bahwa kendaraan yang keluar masuk Jl. MT Haryono IX sangat berpengaruh dan terjadi penurunan tundaan simpang rata-rata sebesar 20,625%. Alternatif perbaikan kinerja simpang bersinyal yaitu dengan 3 fase T & U dilarang belok kanan, B lurus langsung dan LTOR, S LTOR). Karena dari alternatif ini tingkat pelayanan simpang menjadi meningkat yaitu dari kategori C menjadi B dan mengalami penurunan tundaan sebesar 20,318% (Andi Triyuliany Setyaningsih, 2003 ITN Malang).

2.2 Pengertian Umum

Persimpangan jalan adalah simpul pada jaringan jalan dimana ruas jalan bertemu dan lintasan arus kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Olehnya itu persimpangan merupakan faktor yang

paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan khususnya di daerah - daerah perkotaan.

Persimpangan merupakan tempat sumber konflik lalu lintas yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadi konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki. Oleh karena itu merupakan aspek penting didalam pengendalian lalu lintas. Masalah utama yang saling kait mengkait pada persimpangan adalah :

- a. Volume dan kapasitas yang secara langsung mempengaruhi hambatan.
- b. Desain geometrik dan kebebasan pandang.
- c. Kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan, dan lampu jalan.
- d. Parkir, akses dan pembangunan umum.
- e. Pejalan kaki.
- f. Jarak antar simpang.

Kinerja lalu lintas perkotaan dapat dinilai dengan menggunakan parameter lalu lintas berikut (Tamin, 2000; hal.541) :

- a. Untuk ruas jalan dapat berupa NVK, Kecepatan dan kepadatan
- b. Untuk persimpangan dapat berupa tundaan dan kapasitas sisa
- c. Data kecelakaan lalu lintas dapat juga perlu dipertimbangkan

Tabel 2.1 Nilai NVK Pada Berbagai Kondisi

No	NVK	Keterangan
1	< 0.8	Kondisi stabil
2	0.8 - 1.0	Kondisi tidak stabil
3	> 1.0	Kondisi kritis

Sumber : Tamin (2000; hal.541)

Menurut Jinca (2001) Pemecahan persoalan lalu lintas yang bersumber dari ketidak seimbangan antara Kapasitas (C) dan Volume (V) dapat ditempuh antara lain dengan menambah Kapasitas (C) dan atau mengurangi volume (V).

2.3 Jenis – Jenis Persimpangan

Secara garis besarnya persimpangan terbagi dalam 2 bagian :

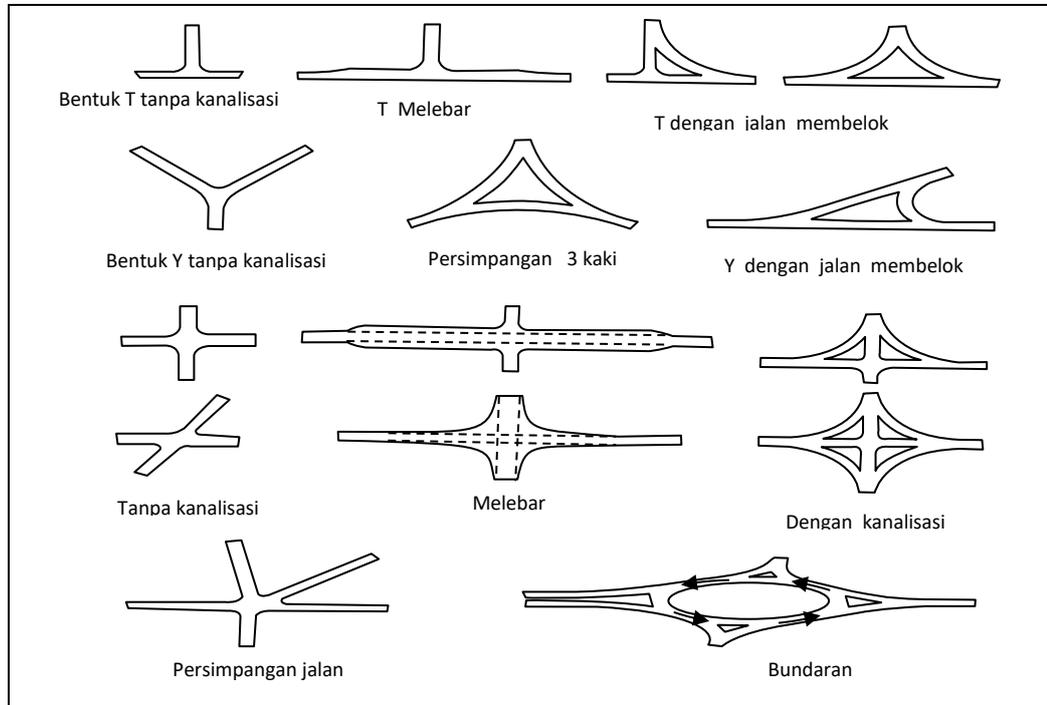
1. Persimpangan sebidang.
2. Persimpangan tak sebidang.

Persimpangan sebidang adalah persimpangan dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk persimpangan mengarahkan lalu lintas masuk kejalan yang dapat belawan dengan lalu lintas lainnya.

Pada persimpangan sebidang menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintasnya dipisahkan menjadi 2 (dua) bagian :

1. Simpang bersinyal (signalised intersection) adalah persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir.

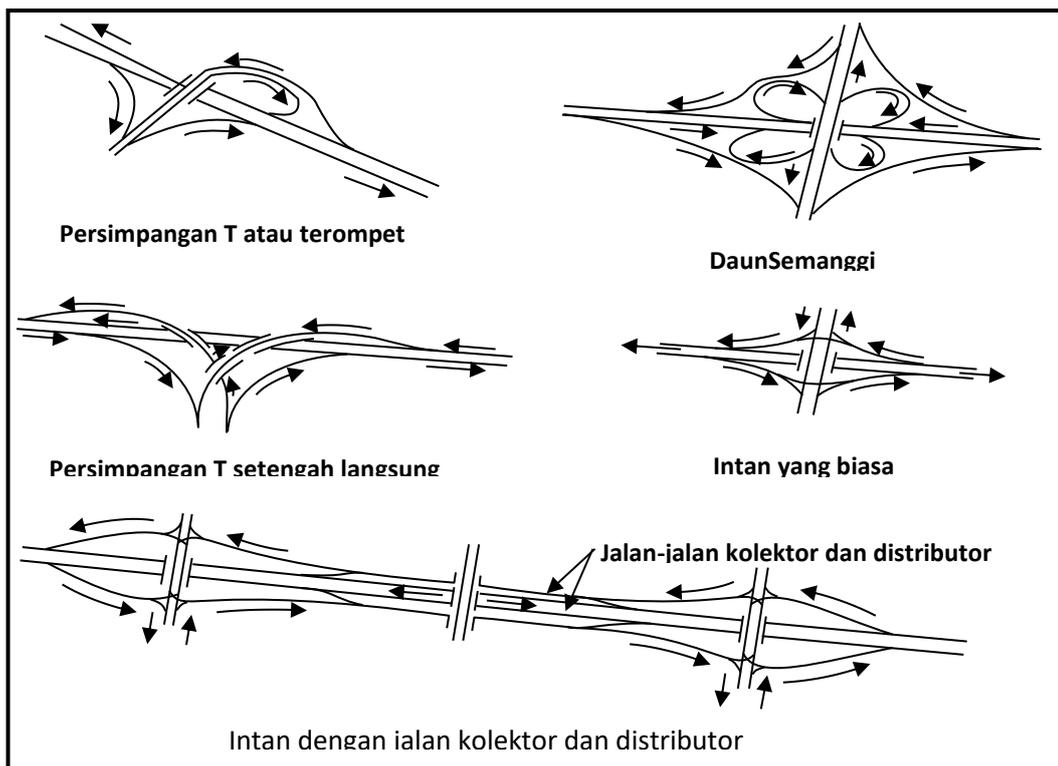
2. Simbang tak bersinyal (unsignalised intersection) adalah pertemuan jalan yang tidak menggunakan sinyal pada pengaturannya.



Gambar 2.1 Berbagai Jenis Persimpangan Jalan Sebidang

Sumber : MKJI 1997

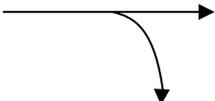
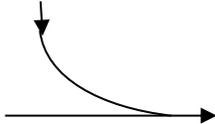
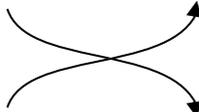
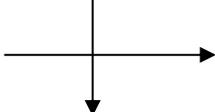
Sedangkan persimpangan tak sebidang, sebaiknya yaitu memisah-misahkan lalu lintas pada jalur yang berbeda sedemikian rupa sehingga persimpangan jalur dari kendaraan-kendaraan hanya terjadi pada tempat dimana kendaraan-kendaraan memisah dari atau bergabung menjadi satu lajur gerak yang sama (contoh jalan layang), karena kebutuhan untuk menyediakan gerakan membelok tanpa berpotongan, maka dibutuhkan tikungan yang besar dan sulit serta biayanya yang mahal. Pertemuan jalan tidak sebidang juga membutuhkan daerah yang luas serta penempatan dan tata letaknya sangat dipengaruhi oleh topografi. Adapun contoh simpang susun disajikan secara visual pada gambar berikut.



Gambar 2.2 Beberapa Contoh Simpang Susun Jalan Bebas Hambatan

Sumber : MKJI 1997

Pergerakan arus lalu lintas pada persimpangan juga membentuk suatu manuver yang menyebabkan sering terjadi konflik dan tabrakan kendaraan. Pada dasarnya manuver dari kendaraan dapat dibagi atas 4 jenis, yaitu :

1. Berpencar (diverging) 
2. Bergabung (merging) 
3. Bersilangan (weaving) 
4. Berpotongan (crossing) 

Sumber : Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas & Angkutan Kota, (1999; hal.31)

2.4 Karakteristik Lalu Lintas

2.4.1 . Arus lalu lintas jalan

Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melalui titik tertentu persatuan waktu, dinyatakan dalam kendaraan perjam atau smp/jam. Arus lalu lintas perkotaan terbagi menjadi empat (4) jenis yaitu :

a. Kendaraan ringan / *Light vehicle* (LV)

Meliputi kendaraan bermotor 2 as beroda empat dengan jarak as 2,0–3,0 m (termasuk mobil penumpang, mikrobis, pick-up, truk kecil, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga)

b. Kendaraan berat/ *Heavy Vehicle* (HV)

Meliputi kendaraan motor dengan jarak as lebih dari 3,5 m biasanya beroda lebih dari empat (termasuk bis, truk dua as, truk tiga as, dan truk kombinasi).

c. Sepeda Motor/ *Motor cycle* (MC)

Meliputi kendaraan bermotor roda 2 atau tiga (termasuk sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga)

d. Kendaraan Tidak Bermotor / *Un Motorized* (UM)

Meliputi kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia, hewan, dan lain-lain (termasuk becak,sepeda,kereta kuda,kereta dorong dan lain-lain sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

2.4.2 Volume Lalu lintas

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pengamatan dalam satu satuan waktu. Volume lalu lintas dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$q = \frac{n}{t} \quad (1)$$

Dimana :

q = Volume lalu lintas yang melalui suatu titik

n = Jumlah kendaraan yang melalui titik itu dalam interval waktu pengamatan

t = Interval waktu pengamatan

2.4.3 Kecepatan

Kecepatan merupakan besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi waktu tempuh. Kecepatan dapat diukur sebagai kecepatan titik, kecepatan perjalanan, kecepatan ruang dan kecepatan gerak. Kelambatan merupakan waktu yang hilang pada saat kendaraan berhenti, atau tidak dapat berjalan sesuai dengan kecepatan yang diinginkan karena adanya sistem pengendali atau kemacetan lalu-lintas. Adapun rumus untuk menghitung kecepatan:

$$V = \frac{d}{t} \quad (2)$$

Dimana :

V = Kecepatan (km/jam, m/det)

d = Jarak tempuh (km, m)

t = Waktu tempuh (jam, detik)

2.4.4 Kepadatan

Kepadatan adalah jumlah rata-rata kendaraan persatuan panjang jalur gerak dalam waktu tertentu, dan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$K = \frac{n}{L} \quad (3)$$

Dimana :

K = Kepadatan (kend/km)

n = Jumlah kendaraan di jalan

L = Panjang jalan (km)

2.4.5. Kapasitas

Kapasitas jalan adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu. Penghitungan kapasitas suatu ruas jalan perkotaan sebagai berikut :

$$C = C_o \times F_{Cw} \times F_{Csp} \times F_{Csf} \times F_{CCs} \quad (4)$$

$$C = 2900 \times 4.5 \times 1 \times 0.93 \times 0.94 = 11408.31 \text{ smp/jam}$$

Dimana :

C = Kapasitas ruas jalan (smp/jam)

C_o = Kapasitas dasar (smp/jam)

F_{Cw} = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

F_{Csp} = Faktor penyesuaian pemisahan arah

F_{Csf} = Faktor penyesuaian hambatan samping

F_{CCs} = Faktor penyesuaian ukuran kota

Penentu kapasitas dasar (C_o) jalan ditentukan berdasarkan tipe jalan dan jumlah jalur, terbagi atau tidak terbagi, seperti dalam tabel.

Tabel 2.2 Kapasitas (C_o)

No	Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (smp/jam)	Keterangan
1	Empat Lajur Terbagi	1650	Perlajur
2	Empat Lajur Tak Terbagi (4/2 UD)	1500	Perlajur
3	Dua Lajur Tidak Terbagi	2900	Total untuk dua arah

Sumber : MKJI (1997)

2.4.6. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Untuk menghitung derajat kejenuhan pada suatu ruas jalan perkotaan dengan rumus sebagai berikut :

$$DS = Q/C \quad (5)$$

Dimana :

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus maksimum (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

2.4.7 Hambatan Samping

Hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu lintas dari aktifitas samping segmen jalan. Banyaknya aktifitas samping jalan sering menimbulkan berbagai konflik yang sangat besar pengaruhnya terhadap kelancaran lalu lintas.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kelas hambatan samping dengan frekwensi bobot kejadian per jam per 200 meter dari segmen jalan yang diamati, pada kedua sisi jalanseperti tabel berikut :

Tabel 2.3 Penentuan Tipe Frekuwensi Kejadian Hambatan Samping

No	Tipe Kejadian Hambatan Samping	Simbol	Faktor Bobot
1	Pejalan kaki	PED	0.5
2	Kendaraan parkir	PSV	1
3	Kendaraan masuk dan keluar sisi jalan	EEV	0.7
4	Kendaraan lambat	SMV	0.4

Sumber : MKJI 1997

Untuk mengetahui nilai kelas hambatan samping, maka tingkat hambatan samping telah dikelompokkan dalam 5 kelas dari yang sangat rendah sampai tinggi dan sangat tinggi.

Tabel 2.4 Nilai Kelas Hambatan Samping

No	Kelas Hambatan Samping (SCF)	Kode	Jumlah Kejadian 200 m/jam	Kondisi Daerah
1	Sangat rendah	VL	< 100	Daerah Pemukiman : Hampir tidak ada pemukiman
2	Rendah	L	100 - 299	Daerah Pemukiman : Berupa angkutan umum, dsb
3	Sedang	M	300 - 499	Daerah Industri : Beberapa toko di sisi jalan
4	Tinggi	H	500 - 899	Daerah Komersial : Aktifitas sisi jalan yang tinggi
5	Sangat tinggi	VH	> 900	Daerah Komersial : Aktifitas pasar di samping jalan

Sumber : MKJI 1997

Dalam menentukan nilai Kelas hambatan samping digunakan rumus:

$$SCF = PED + PSV + EEV + SMV \quad (6)$$

Dimana :

SCF= Kelas hambatan samping

PED= Frekuensi pejalan kaki

PSV= Frekuensi bobot kendaraan parkir

EEV= Frekuensi bobot kendaraan masuk/keluar sisi jalan

SMV= Frekuensi bobot kendaraan lambat

1. Faktor Pejalan Kaki.

Aktifitas pejalan kaki merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai kelas hambatan samping, terutama pada daerah-daerah yang merupakan kegiatan masyarakat seperti pusat-pusat perbelanjaan. Banyak jumlah pejalan kaki yang menyebrang atau berjalan pada samping jalan dapat menyebabkan laju kendaraan menjadi terganggu. Hal ini semakin diperburuk oleh kurangnya kesadaran pejalan kaki untuk menggunakan fasilitas-fasilitas jalan yang tersedia, seperti trotoar dan tempat-tempat penyeberangan.

2. Faktor kendaraan parkir dan berhenti

Kurangnya tersedianya lahan parkir yang memadai bagi kendaraan dapat menyebabkan kendaraan parkir dan berhenti pada samping jalan. Pada daerah-daerah yang mempunyai tingkat kepadatan lalu lintas yang cukup tinggi, kendaraan parkir dan berhenti pada samping jalan dapat memberikan pengaruh terhadap kelancaran arus lalu lintas.

Kendaraan parkir dan berhenti pada samping jalan akan mempengaruhi kapasitas lebar jalan dimana kapasitas jalan akan semakin sempit karena pada samping jalan tersebut telah diisi oleh kendaraan parkir dan berhenti.

3. Faktor kendaraan masuk/keluar pada samping jalan

Banyaknya kendaraan masuk/keluar pada samping jalan sering menimbulkan berbagai konflik terhadap arus lalu lintas perkotaan. Pada daerah-daerah yang lalu lintasnya sangat padat disertai dengan aktifitas masyarakat yang

cukup tinggi, kondisi ini sering menimbulkan masalah dalam kelancaran arus lalu lintas. Dimana arus lalu lintas yang melewati ruas jalan tersebut menjadi terganggu yang dapat mengakibatkan terjadinya kemacetan.

4. Faktor kendaraan lambat

Yang termasuk dalam kendaraan lambat adalah becak, gerobak dan sepeda. Laju kendaraan yang berjalan lambat pada suatu ruas jalan dapat mengganggu aktifitas-aktifitas kendaraan yang melewati suatu ruas jalan. Oleh karena itu kendaraan lambat merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya nilai kelas hambatan samping.

2.5 Kinerja Simpang Bersinyal

2.5.1 Lampu Lalu Lintas

Lampu lalu lintas adalah peralatan yang dioperasikan secara mekanis, atau elektrik untuk memerintahkan kendaraan-kendaraan agar berhenti atau berjalan. Peralatan standar ini terdiri dari sebuah tiang, dan kepala lampu dengan tiga lampu yang warnanya beda (merah, kuning, hijau).

Tujuan dari pemasangan lampu lalu lintas adalah :

- a. Menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas yang berlawanan, sehingga kapasitas persimpangan dapat dipertahankan selama keadaan lalu lintas puncak.
- b. Menurunkan tingkat frekwensi kecelakaan.
- c. Mempermudah menyeberangi jalan utama bagi kendaraan dan/ atau pejalan kaki dari jalan minor.

Lampu lalu lintas dipasang pada suatu persimpangan berdasarkan alasan spesifik :

- a. Untuk meningkatkan keamanan sistem secara keseluruhan.
- b. Untuk mengurangi waktu tempuh rata-rata disebuah persimpangan, sehingga meningkatkan kapasitas.
- c. Untuk menyeimbangkan kualitas pelayanan di seluruh aliran lalu lintas.

Pengaturan simpang dengan sinyal lalu lintas termasuk yang paling efektif, terutama untuk volume lalu lintas pada kaki simpang yang relatif tinggi. Pengaturan ini dapat mengurangi atau menghilangkan titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalu lintas pada waktu yang berbeda.

Beberapa istilah yang digunakan dalam operasional lampu persimpangan bersinyal :

- a. Siklus, urutan lengkap suatu lampu lalu lintas.
- b. Fase (*phase*), adalah bagian dari suatu siklus yang dialokasikan untuk kombinasi pergerakan secara bersamaan.
- c. Waktu Hijau Efektif, adalah periode waktu hijau yang dimanfaatkan pergerakan pada fase yang bersangkutan.
- e. Waktu Antar Hijau, waktu antara lampu hijau untuk satu fase dengan awal lampu hijau untuk fase lainnya.
- f. Rasio Hijau, perbandingan antara waktu hijau efektif dan panjang siklus.

g. Merah Efektif, waktu selama suatu pergerakan atau sekelompok pergerakan secara efektif tidak diijinkan bergerak, dihitung sebagai panjang siklus dikurangi waktu hijau efektif.

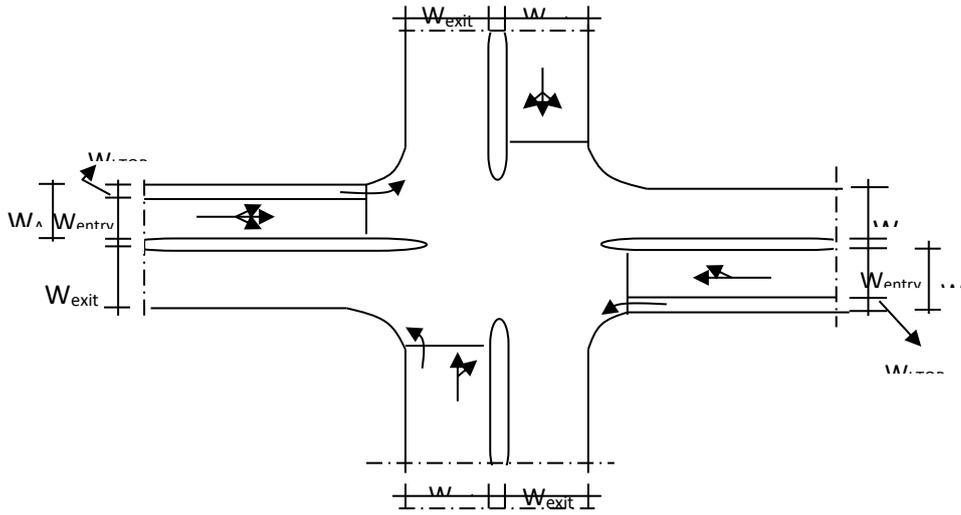
h. *Lost Time*, waktu hilang dalam suatu fase karena keterlambatan start kendaraan dan berakhirnya tingkat pelepasan kendaraan yang terjadi selama waktu kuning.

2.5.2 Geometrik Persimpangan

Geometrik persimpangan merupakan dimensi yang nyata dari suatu persimpangan. Oleh karenanya perlu di ketahui beberapa defenisi berikut ini :

1. *Approach* (kaki persimpangan), yaitu daerah pada persimpangan yang digunakan untuk antrian kendaraan sebelum menyeberangi garis henti.
2. *Approach width* (W_A) yaitu lebar approach atau lebar kaki persimpangan.
3. *Entry Width* (W_{entry}) yaitu lebar bagian jalan pada approach yang digunakan untuk memasuki persimpangan, diukur pada garis perhentian.
4. *Exit width* (W_{exit}) yaitu lebar bagian jalan pada approach yang digunakan kendaraan untuk keluar dari persimpangan.
5. *Width Left Turn On Red* ($W_{\text{L TOR}}$) yaitu lebar approach yang digunakan kendaraan untuk belok kiri pada saat lampu merah.

Untuk kelima hal tersebut diatas dapat dilihat dalam gambar berikut :

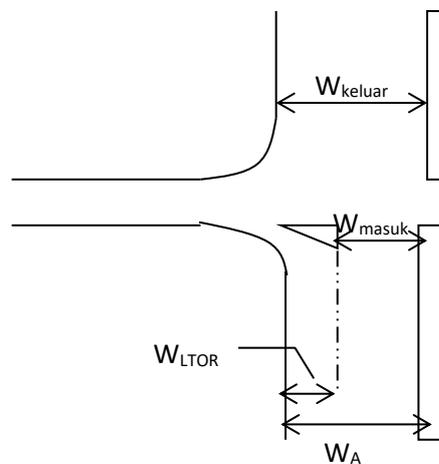


Gambar 2.3 Geometrik Persimpangan Dengan Lampu Lalu Lintas

Sumber : MKJI 1997

6. *Effective approachwidth* (W_e) yaitu lebar efektif kaki persimpangan yang dijelaskan dalam gambar berikut :

a) untuk *approach* tipe O dan P



Gambar 2.4 Lebar Efektif Kaki Persimpangan

Sumber : MKJI 1997

jika $W_{L\text{TOR}} > 2$ m, maka : $W_e = W_A - W_{L\text{TOR}}$ atau (7)

$W_e = W_{\text{entry}}$, (*digunakan nilai terkecil*)

jika $W_{L\text{TOR}} < 2$ m, maka : $W_e = W_A$ atau (8)

$W_e = W_{\text{entry}}$, (*digunakan nilai terkecil*)

b) kontrol untuk *approach* tipe P

$$W_{\text{exit}} = W_{\text{entry}} \times (1 - P_{\text{RT}} - P_{\text{LT}} - P_{\text{L\text{TOR}}}) \quad (9)$$

Dimana :

W_e = Lebar efektif kaki persimpangan

W_A = Lebar kaki persimpangan

$W_{L\text{TOR}}$ = Lebar kendaraan yang digunakan kendaraan untuk belok kiri pada saat lampu merah

W_{entry} = Lebar jalan yang digunakan untuk memasuki simpang

W_{exit} = Lebar bagian jalan yang digunakan kendaraan untuk keluar dari persimpangan

P_{RT} = Rasio volume kendaraan belok kanan terhadap volume total

P_{LT} = Rasio volume kendaraan belok kiri terhadap volume total

$P_{L\text{TOR}}$ = Rasio volume kendaraan belok kiri langsung terhadap volume total

2.5.3 Kondisi Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas (Q) pada setiap gerakan (belok kiri Q_{LT} , lurus Q_{ST} , dan belok kanan Q_{RT}) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan. Nilai emp tiap jenis kendaraan berdasarkan pendekatnya dapat dilihat dalam tabel berikut ini :

Tabel 2.5 Nilai EMP untuk Jenis Kendaraan Berdasarkan Pendekat

No	EMP	
	Pendekat Terlindung	Pendekat Terlawan
1	1.0	1.0
2	1.3	1.3
3	0.2	0.4

Sumber : MKJI (1997; hal.10)

2.5.4 Karakteristik Sinyal Dan Pergerakan Lalu Lintas

Persimpangan pada umumnya diatur oleh sinyal lalu lintas, hal ini dikarenakan beberapa alasan, seperti faktor keselamatan dan efektivitas pergerakan dari arus kendaraan dan pejalan kaki yang saling bertemu pada saat melintasi persimpangan.

Parameter dasar dalam perhitungan pengaturan waktu sinyal secara umum meliputi parameter pergerakan, parameter waktu dan parameter ruang (geometrik). Dalam hal ini, perhitungan waktu sinyal juga termasuk perhitungan kinerja lalu lintas di persimpangan seperti tundaan, antrian, dan jumlah stop.

2.5.5 Penggunaan Sinyal

1. Fase Sinyal

Berangkatnya arus lintas selama waktu hijau sangat dipengaruhi oleh rencana fase yang memperhatikan gerakan kanan. Jika arus belok kanan dari suatu pendekat yang ditinjau dan/atau dari arah berlawanan terjadi dalam fase yang sama dengan arus berangkat lurus dan belok kiri dari pendekat tersebut maka arus berangkat tersebut dianggap terlawan.

Jika tidak ada arus belok kanan dari pendekat-pendekat tersebut atau jika arus belok kanan diberangkatkan ketika lalu lintas lurus dari arah berlawanan sedang menghadapi merah, maka arus berangkat tersebut dianggap sebagai arus terlindung.

2. Waktu Antar Hijau Dan Waktu Hilang

Waktu antar hijau didefinisikan sebagai waktu antara hijau suatu fase dan awal waktu hijau fase berikutnya. Waktu antar hijau terdiri dari waktu kuning dan waktu merah semua. Waktu merah semua yang diperlukan untuk pengosongan pada akhir setiap fase, harus memberi kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan pertama pada fase berikutnya.

Waktu Merah Semua dirumuskan sebagai berikut

$$MERAH\ SEMUA = \left[\frac{(L_{EV} + l_{EV})}{V_{LV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]_{\max} \quad (10)$$

Dimana :

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

untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

l_{EV} = Panjang kendaraan yang berangkat (m)

V_{EV}, V_{AV} = Kecepatan masing-masing kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det)

Nilai-nilai yang dipilih untuk V_{EV} , V_{AV} dan l_{EV} tergantung dari komposisi lalu lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Untuk Indonesia, nilai-nilai tersebut ditentukan sebagai berikut :

Kecepatan kendaraan yang datang :

$$V_{AV} = 10 \text{ m/det (kend. bermotor)} \quad (11)$$

Dimana :

V_{AV} = Kecepatan masing-masing kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det)

Kecepatan kendaraan yang berangkat :

$$V_{EV} = 10 \text{ m/det (kend. bermotor)}$$

3 m/det (kend tak bermotor)

$$1.2 \text{ m/det (pejalan kaki)} \quad (12)$$

Dimana :

V_{EV} = Kecepatan masing-masing kendaraan yang berangkat dan

yang datang (m/det)

Panjang kendaraan yang berangkat :

$$l_{EV} = 5 \text{ m (LV atau HV)}$$

$$2 \text{ m (MC atau UM)} \quad (13)$$

Dimana :

$$l_{EV} = \text{Panjang kendaraan yang berangkat (m)}$$

Jika periode merah semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan maka waktu hilang (LTI) untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau.

$$LTI = \sum(\text{MerahSemua} + \text{Kuning}) \quad i = \sum I_{gi} \quad (14)$$

Dimana :

$$LTI = \text{Waktu hilang}$$

2.5.6 Penentuan Waktu Sinyal

1. Tipe Pendekat Efektif

Tipe pendekat pada persimpangan bersinyal umumnya dibedakan atas dua macam yaitu :

- a. Tipe terlindung (tipe P) yaitu pergerakan kendaraan pada persimpangan tanpa terjadi konflik antar kaki persimpangan yang berbeda saat lampu hijau pada fase yang sama.
- b. Tipe terlawan (tipe O) yaitu pergerakan kendaraan pada persimpangan dimana terjadi konflik antara kendaraan berbelok kanan dengan kendaraan yang bergerak

lurus atau belok kiri dari approach yang berbeda saat lampu hijau pada fase yang sama.

2. Lebar Pendekat Efektif.

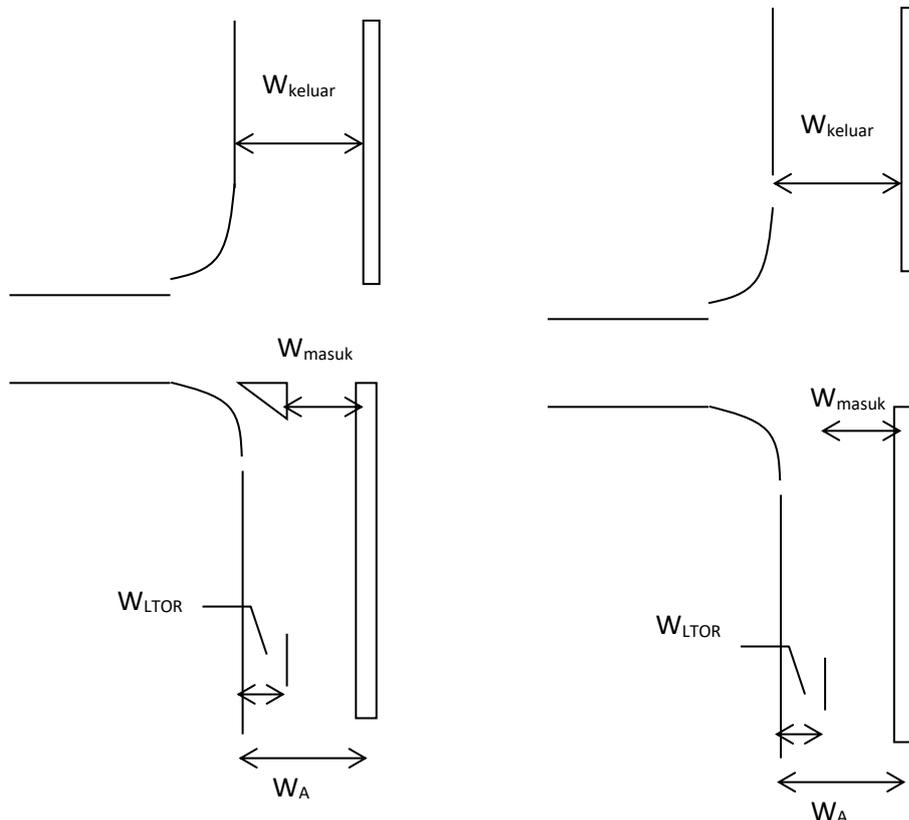
Lebar efektif (W_e) dari setiap pendekat ditentukan berdasarkan informasi tentang lebar pendekat (W_A), lebar masuk (W_{masuk}), dan lebar keluar (W_{keluar}) serta rasio arus lalu lintas berbelok.

a. Prosedur untuk pendekat tanpa belok kiri langsung (LTOR)

Jika $W_{\text{keluar}} < W_e \times (1 - P_{RT} - P_{LTOR})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan W_{keluar} dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja ($Q = Q_{ST}$)

b. Prosedur untuk pendekat dengan belok kiri langsung (LTOR)

Lebar efektif (W_e) dapat dihitung untuk pendekat dengan atau tanpa pulau lalu lintas seperti gambar berikut :



Gambar 2.5 Pendekat Dengan Atau Tanpa Pulau Lalu Lintas

Sumber : MKJI 1997

3. Faktor-Faktor Penyesuaian

Faktor-faktor penyesuaian untuk nilai arus jenuh dasar pada kedua tipe pendekat P dan O adalah sebagai berikut :

- a. Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dengan tabel berikut sebagai fungsi dari ukuran kota.

Tabel 2.6 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

No	Penduduk Kota (juta jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)
1	> 3.0	1.05
2	1.0 - 3.0	1.00
3	0.5 - 1.0	0.94
4	0.1 - 0.5	0.83
5	< 0.1	0.82

Sumber : MKJI (1997; hal 53)

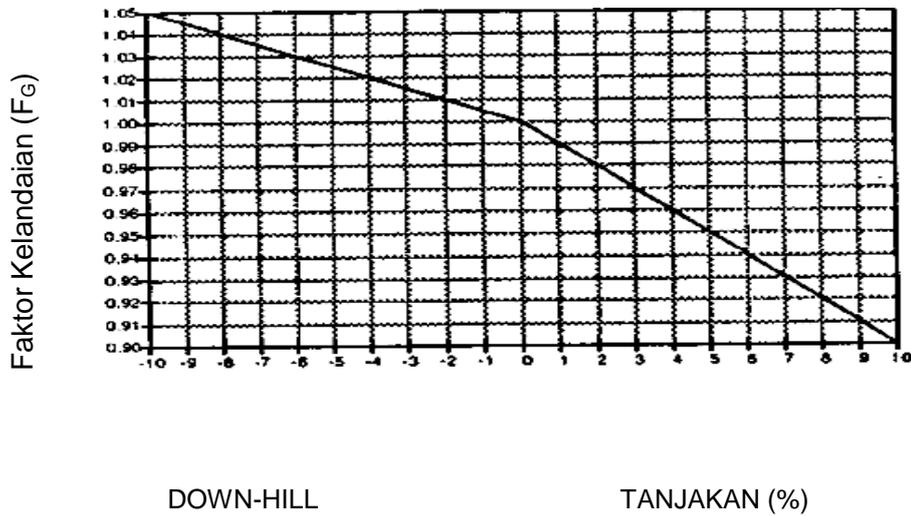
- b. Faktor penyesuaian hambatan samping ditentukan dengan tabel berikut :

Tabel 2.7 Faktor Penyesuaian Untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, Dan Kendaraan Tak Bermotor

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0.00	0.05	0.10	0.15	0.2	≥ 0.25
Komersial	Tinggi	Terlawan	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.7
		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
Pemukiman	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	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

Sumber : MKJI (1997; hal.53)

c. Faktor penyesuaian kelandaian sebagai fungsi dari kelandaian (MKJI 1997; hal.54)



Gambar 2.6 Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (F_G)

d. Faktor penyesuaian parkir sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang diparkir pertama. Faktor ini juga dapat dihitung dari rumus berikut :

$$F_p = [(L_p/3 - (W_A - 2) \times (L_p/3 - g) / W_A] / g \quad (15)$$

Dimana :

L_p = Jarak antar garis henti dan kendaraan yang parkir pertama (m)

atau panjang dari lajur pendek

W_A = Lebar pendekat (m)

g = Waktu hijau pada pendekat

1. Faktor-faktor penyesuaian untuk nilai arus jenuh dasar untuk pendekat tipe P adalah sebagai berikut : (MKJI, 1997; hal.55)

- a. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) dapat ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan P_{RT} . Untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

$$F_{RT} = 1.0 + P_{RT} \times 0.26 \quad (16)$$

Dimana :

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

P_{RT} =Rasio volume kendaraan belok kanan terhadap volume total

- b. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri P_{LT} . Untuk pendekat tipe P, tanpa LTOR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk

$$F_{LT} = 1.0 - P_{LT} \times 0.16 \quad (17)$$

Dimana :

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

P_{LT} =Rasio volume kendaraan belok kiri terhadap volume total

4. Arus Jenuh

Sebuah studi tentang Bergeraknya kendaraan melewati garis henti disebuah persimpangan menunjukkan bahwa ketika lampu hijau mulai menyala, kendaraan membutuhkan waktu beberapa saat untuk mulai bergerak dan melakukan

percepatan menuju kecepatan normal, setelah beberapa detik, antrian kendaraan mulai bergerak pada kecepatan yang relative konstan, ini disebut Arus jenuh.

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

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (18)$$

Dimana :

S_0 = Arus jenuh dasar

F_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota berdasarkan jumlah penduduk

F_{RSU} = Faktor penyesuaian lingkungan jalan dan hambatan samping

F_G = Faktor kelandaian jalan

F_p = Faktor penyesuaian parkir

F_p = Faktor penyusaian belok kiri

F_{lt} = Faktor penyusaian belok kanan

5. Rasio Arus

Ada beberapa langkah dalam menentukan rasio arus jenuh yaitu :

- a. Arus lalu lintas masing-masing pendekat (Q)

1. Jika $W_e = W_{\text{keluar}}$, maka hanya gerakan lurus saja yang dimasukkan dalam nilai Q.

2. Jika suatu pendekatan mempunyai sinyal hijau dalam dua fase, yang satu untuk arus terlawan (Q) dan yang lainnya arus terlindung (P), maka gabungan arus lalu lintas sebaiknya dihitung sebagai smp rata-rata berbobot untuk kondisi terlawan dan terlindung dengan cara yang sama seperti pada perhitungan arus jenuh.

b. Rasio arus (FR) masing-masing pendekatan :

$$FR = Q / S \quad (19)$$

Dimana :

FR = Rasio arus

Q = Arus maksimum (smp/jam)

S = Standar devisiasi

c. Menentukan tanda rasio arus kritis (FR_{CRLT}) tertinggi pada masing-masing fase.

d. Rasio arus simpang (IFR) sebagai jumlah dari nilai-nilai FR_{CRLT}

$$IFR = \Sigma (FR_{\text{CRLT}}) \quad (20)$$

Dimana :

IFR = Rasio arus simpang $\Sigma (FR_{\text{CRLT}})$

FR_{CRLT} = Rasio arus kendaraan ke kanan dan kekiri

e. Rasio fase (PR) masing-masing fase sebagai rasio antara FR_{CRLT} dan IFR

$$PR = FR_{\text{CRLT}} / IFR \quad (21)$$

Dimana :

PR = Rasio fase

IFR = Rasio arus simpang Σ (FR_{CRLT})

FR_{CRLT} = Rasio arus kendaraan ke kanan dan kekiri

6. Waktu Siklus Dan Waktu Hijau

Panjang waktu siklus pada *fixed time operation* tergantung dari volume lalu lintas. Bila volume lalu lintas tinggi waktu siklus lebih panjang. Panjang waktu siklus mempengaruhi tundaan kendaraan rata-rata yang melewati persimpangan. Bila waktu siklus pendek, bagian dari waktu siklus yang terambil oleh kehilangan waktu dalam periode antar hijau dan kehilangan waktu awal menjadi tinggi, menyebabkan pengatur sinyal tidak efisien. Sebaliknya bila waktu siklus panjang, kendaraan yang menunggu akan lewat pada awal periode hijau dan kendaraan yang lewat pada akhir periode hijau mempunyai waktu antara yang besar.

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}) untuk pengendalian waktu tetap.

(MKJI, 1997)

$$C_{ua} = (1.5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad (22)$$

Dimana :

C_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total persiklus (det)

IFR = Rasio arus simpang Σ (FR_{CRLT})

Tabel di bawah ini memberikan waktu siklus yang disarankan untuk keadaan yang berbeda :

Tabel 2.8 Waktu Siklus Yang Disarankan

No	Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak (det)
1	Pengaturan dua fase	40 - 80
2	Pengaturan tiga fase	50 - 100
3	Pengaturan empat fase	80 - 130

Sumber : MKJI (1997; hal.60)

2. Waktu hijau

Waktu hijau (g) untuk masing-masing fase :

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \quad (23)$$

Dimana :

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase I (det)

C_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total persiklus

PR_i = Rasio fase $FR_{CRLT} / \Sigma (FR_{CRLT})$

3. Waktu siklus yang disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) sesuai waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang (LTI) :

$$c = \Sigma g + LTI \quad (24)$$

Dimana :

c = Waktu siklus yang disesuaikan

g = Waktu hijau pada pendekat

LTI = Waktu hilang total persiklus

Komponen-komponen waktu siklus meliputi :

- a.. Waktu hijau, yaitu waktu nyala hijau pada suatu periode pendekat (detik).
- b. Waktu Kuning (*Amber*) adalah waktu kuning dinyalakan setelah hijau dari suatu pendekat (detik).
- c. Waktu Merah semua (*All Red*) adalah waktu dimana sinyal merah menyala bersamaan dalam pendekat-pendekat yang dilayani oleh fase sinyal yang berlawanan.
- d. Waktu Antar hijau (*Intergreen*) adalah periode kuning dan waktu merah semua (*all red*) yang merupakan transisi dari hijau ke merah untuk setiap fase sinyal.

7. Kapasitas

Kapasitas adalah jumlah maksimum arus kendaraan yang dapat melewati persimpangan jalan (*intersection*).

Menghitung kapasitas masing-masing pendekat :

$$C = S \times g/c \quad (25)$$

Dimana :

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh (smp/jam)

g = Waktu hijau (detik)

c = Waktu siklus (detik)

Menghitung derajat kejenuhan masing-masing pendekat :

$$DS = Q / C \quad (26)$$

Dimana :

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

8. Perilaku Lalu Lintas

Dalam menentukan perilaku lalu lintas pada persimpangan bersinyal dapat ditetapkan berupa panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan.

a. Panjang Antrian

1. Untuk menghitung jumlah antrian yang tersisa dari fase hijau sebelumnya digunakan hasil perhitungan derajat kejenuhan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. (MKJI, 1997).

Untuk $DS > 0.5$:

$$NQ_1 = 0.25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0.5)}{C}} \right] \quad (27)$$

Untuk $DS < 0.5$ atau $DS = 0.5$; $NQ_1 = 0$

Dimana :

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas (smp/jam) = Arus jenuh dikalikan rasio hijau ($S \times GR$)

2. Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2).

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (28)$$

Dimana :

NQ_2 = Jumlah smp yang tersisa dari fase merah

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau (g/c)

c = Waktu siklus

Q_{masuk} = Arus lalu lintas pada tempat masuk di luar LTOR
(smp/jam)

3. Jumlah kendaraan antri.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (29)$$

Dimana :

NQ = Jumlah smp kendaraan antri

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 = Jumlah smp yang tersisa dari fase merah

4. Panjang antrian (QL) dengan mengalikan NQ_{\max} dengan luas rata-rata yang dipergunakan persmp (20 m²) kemudian bagilah dengan lebar masuknya.

$$QL = \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{masuk}}} \quad (30)$$

Dimana :

QL = Panjang antrian

NQ_{\max} = Jumlah smp kendaraan antri maksimum

W_{masuk} = Lebar jalan yang digunakan untuk memasuki simpang

b. Kendaraan Terhenti

1. Angka henti (NS) masing-masing pendekat yang didefenisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp. NS adalah fungsi dari NQ dibagi dengan waktu siklus (MKJI, 1997; hal.67).

$$NS = 0.9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (31)$$

Dimana :

c = Waktu siklus (detik)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

NQ = Jumlah smp kendaraan antri

2. Jumlah kendaraan terhenti N_{SV} masing-masing pendekat.

$$N_{SV} = Q \times NS \quad (\text{smp/jam}) \quad (32)$$

Dimana :

N_{SV} = Jumlah kendaraan terhenti

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

NS = Angka henti

3. Angka henti seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend/jam.

$$NS_{tot} = \frac{\sum N_{SV}}{Q_{total}} \quad (33)$$

Dimana :

NS_{tot} = Angka henti seluruh simpang

Q_{total} = Arus simpang total (kend/jam)

N_{SV} = Jumlah kendaraan terhenti

c. Tundaan

1. Tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang.

$$DT = c \times A \times \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (34)$$

Dimana :

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

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

$$A = \frac{0.5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)}$$

GR = Rasio Hijau (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

NQ₁ = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas (smp/jam)

2. Tundaan geometrik rata-rata masing-masing pendekat (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/ atau ketika dihentikan oleh lampu merah.

$$DG_j = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \quad (35)$$

Dimana :

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

P_{SV} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat

P_T = Rasio kendaraan berbelok

3. Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D₁) diperoleh dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total (Q_{tot}) dalam smp/jam.

$$D_1 = \frac{\sum(Q \times D_j)}{Q_{total}} \quad (36)$$

Dimana :

D₁ = Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang

Q = Arus maksimum (smp/jam)

Q_{total} = Arus simpang total (kend/jam)

Menurut Tamin (2000; hal.543) jika kendaraan berhenti terjadi antrian dipersimpangan sampai kendaraan tersebut keluar dari persimpangan karena adanya pengaruh kapasitas persimpangan yang sudah tidak memadai. Semakin tinggi nilai tundaan semakin tinggi pula waktu tempuhnya. Untuk menentukan indeks tingkat pelayanan (ITP) suatu persimpangan :

Tabel 2.9 ITP Pada Persimpangan Berlampu Lalu Lintas

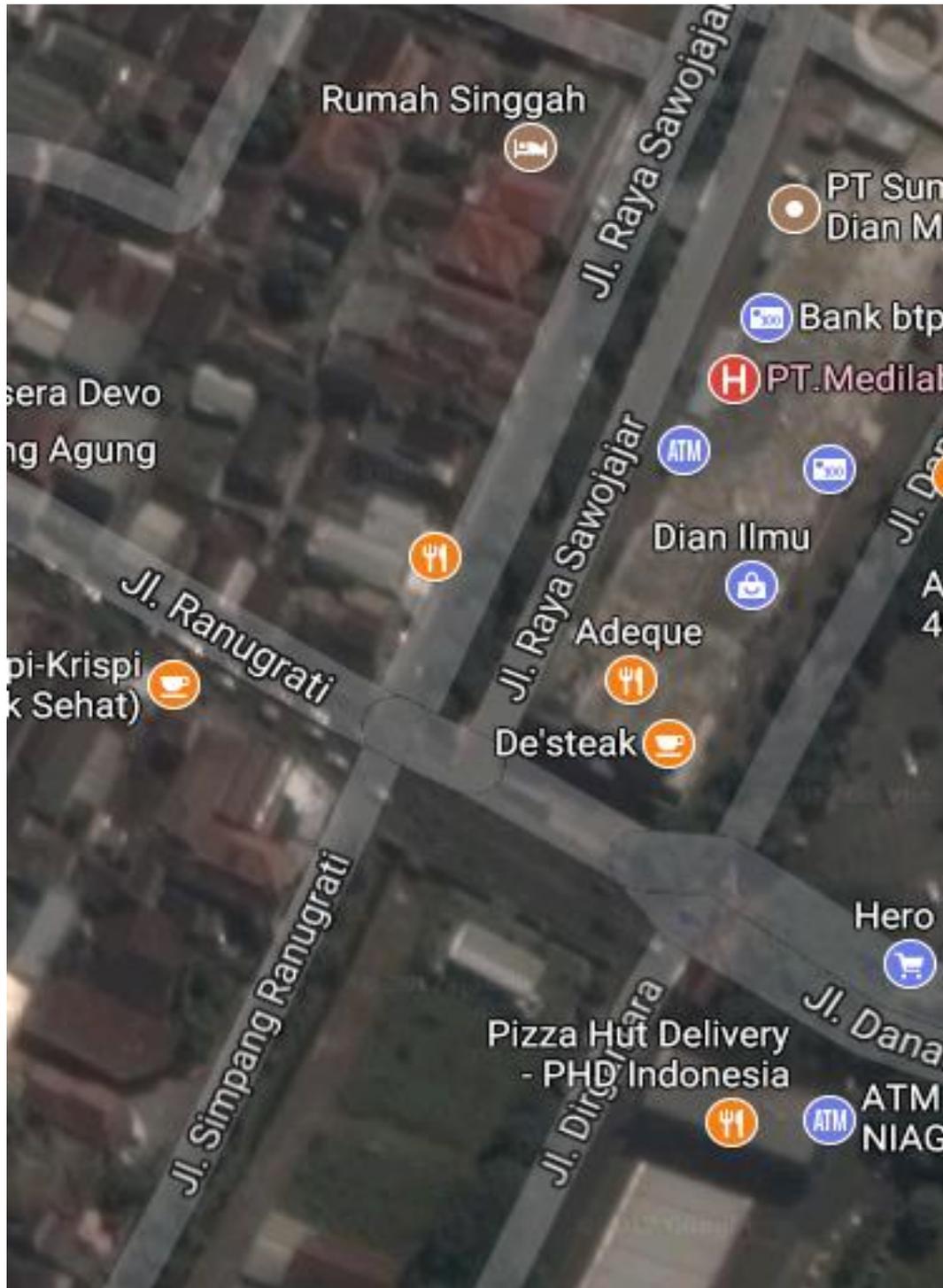
Indeks Tingkat Pelayanan (ITP)	Tundaan kendaraan (detik)
A	$\leq 5,0$
B	5,1-15,0
C	15,0-25,0
D	25,1-40,1
E	40,1-60,0
F	≥ 60

Sumber : Tamin (2000; hal.543)

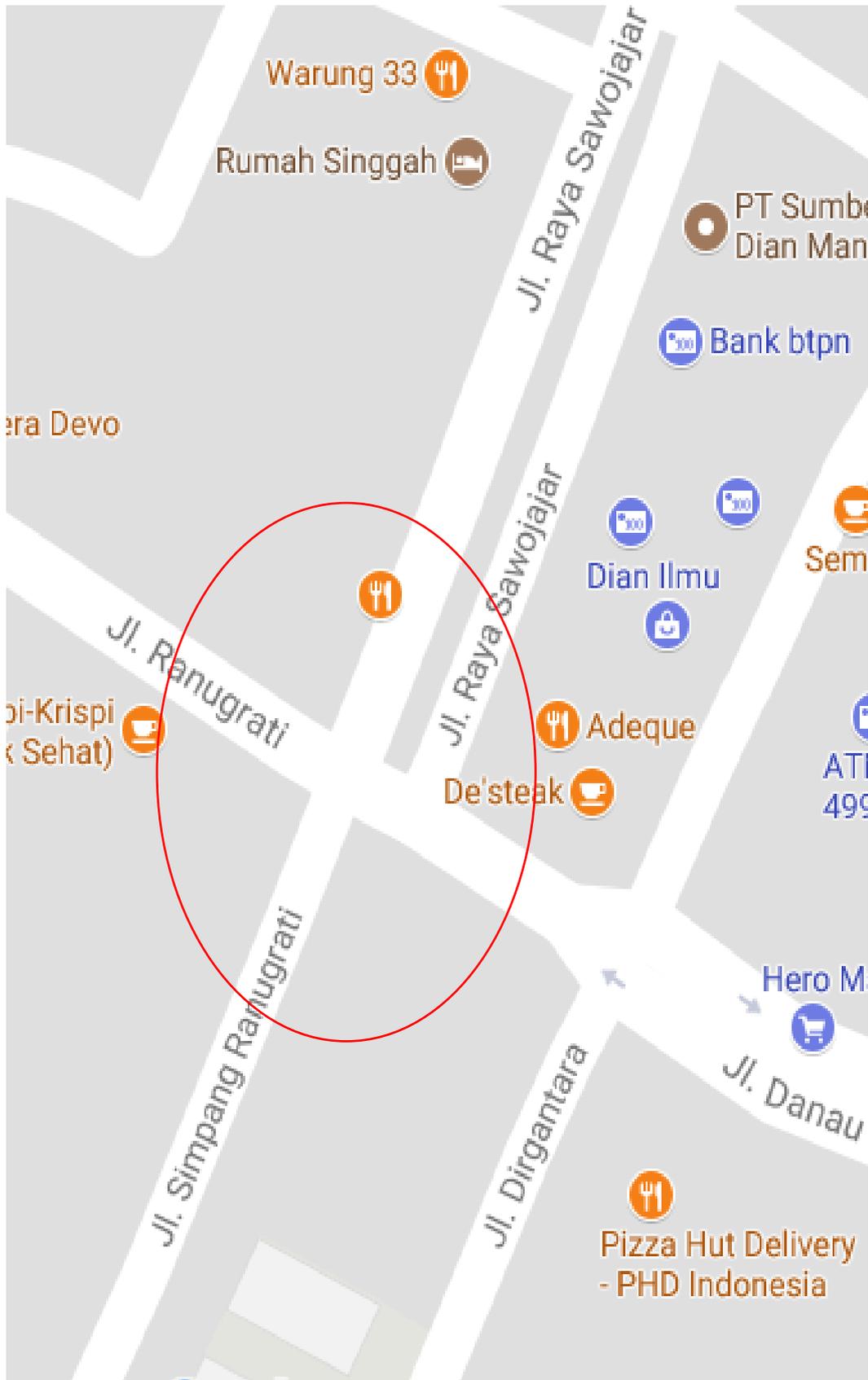
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian



Sumber : Google Maps



Sumber : Geometrik Jalan

3.2 Pengumpulan Data

Dalam studi ini dibutuhkan dua macam data yaitu primer dan data sekunder. Data primer di dapat dengan cara melalui survey langsung di lapangan, sedangkan untuk data sekunder di dapatkan dengan cara meminta keterangan atau data dari instansi-instansi pemerintah yang terkait.

3.2.1 Survey

Maksud dari survey pendahuluan adalah untuk mengetahui hal-hal yang perlu dipersiapkan dan harus dilakukan sebelum melakukan survey data primer maupun data sekunder. Survey pendahuluan dilakukan untuk mengidentifikasi lokasi daerah yang akan diamati terhadap seluruh komponen yang terkait pada pelaksanaan pengumpulan data.

Adapun tujuan yang di harapkan dari survey pendahuluan yaitu:

1. Menentukan lokasi pengamatan yang diusulkan berdasarkan kondisi lalu lintas yang ada pada lokasi pengamatan.
2. Menguji formulir pengumpulan data yang telah disiapkan agar diketahui apakah formulir tersebut sudah sesuai kebutuhan atau belum.
3. Menetapkan waktu yang tepat untuk pelaksanaan pengamatan sesuai dengan jenis pengumpulan data.
4. Menentukan kebutuhan surveyor.
5. Memberi pemahaman kepada tenaga surveyor terhdapa pengumpulan data yang akan dilaksanakan.

3.2.2 Survey Data Primer

Survey data primer adalah data yang di dapat di lapangan dengan cara pengamatan secara langsung di lokasi studi. Data primer yang di butuhkan diantaranya yaitu :

1. Data geometrik jalan
2. Data olume lalu lintas
3. Data panjang tundaan
4. Data panjang antrian

3.3.3 Survey Data Sekunder

Survey data sekunder adalah dengan meminta keterangan atau penjelasan dan atau dari instansi-instansi pemerintah terkait seperti Dinas Pehubungan, Dinas Pekerjaan Umum (PU), Badan Pusat Statistik (BPS). Seperti salah satu contoh data yang dapat kita peroleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Malang yaitu data jumlah penduduk kota malang.

Data – data ini digunakan untuk pendukung dari data primer

3.3 Pelaksanaan Survey

3.3.1 Langkah Pengamatan Data (survey)

Ada beberapa langkah yang perlu dipersiapkan sebelum melaksanakan survey, antara lain:

1. Mempersiapkan formulir yang akan dipergunakan untuk mencatat data survey.
2. Penentuan titik pengamatan di lokasi studi
3. Menetapkan waktu pengambilan dat
4. Menyiapkan tenaga surveyor

5. Melaksanakan pengambilan data

3.3.2 Jenis Survey, Penempatan Dan Jumlah Surveyor

Dalam pengumpulan data primer perlu dilakukan survey untuk menganalisis.

kondisi jalan yang ditinjau, jenis survey yang dilakukan meliputi :

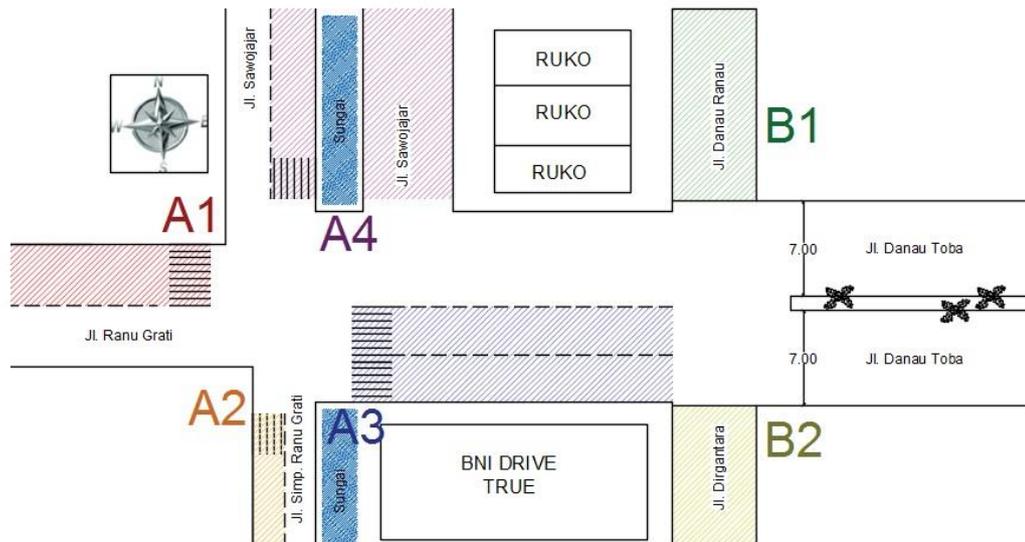
1. Survey Geometrik Jalan

- a. Pengumpulan data untuk survey geometrik jalan dilakukan dengan cara mengukur langsung di lapangan, seperti :
 - berapa lebar pendekat
 - jumlah jalur
 - lebar bahu jalan dari ruas jalan yang ditinjau
- b. Surveyor atau tenaga pengamat yang di butuhkan minimal 2 (dua) orang untuk mengukur geometrik jalan
- c. Alat-alat yang digunakan antara lain:
 - alat pengukur panjang (roll meter)
 - alat tulis dan clipboard

2. Survey Volume Lalu Lintas

- a. Survey volume lalu lintas dilakukan untuk mendapatkan data volume lalu lintas jam puncak. Pengumpulan data dilakukan dengan menempatkan surveyor pada suatu titik yang tidak terhalang saat mencatat setiap kendaraan yang melintasi titik yang telah ditentukan pada formulir yang sudah disiapkan, kemudian menjumlahkan dan dikonversikan kedalam satuan mobil penumpang (smp)

- b. Surveryor ditempatkan pada kaki persimpangan, 1 (satu) orag tiap kaki untuk tiap arah lalu lintas dan tiap jenis kendaraan. Data yang diamati yaitu jumlah dan jenis kendaraan, hasil pengamatan dicatat dalam formulir yang telah disiapkan.



- c. Alat-alat yang digunakan antara lain :

- alat petunjuk waktu (stopwach/arloji)
- alat tulis dan clipboard
- alat penghitung (kalkulator)
- formulir survey

3. Survey Tundaan

- a. Surey ini dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang tundaan yang terjadi pada ruas jalan yang ditinjau
- b. Surveryor yang dibutuhkan 1 (satu) orang untuk tiap kaki untuk mencatat data tundaan pada formulir yang sudah di sediakan.
- c. alat-alat yang digunakan antara lain;
- alat petunjuk waktu (stopwach / arloji)

- alat tulis dan clipboard
- alat penghitung (kalkulator)
- formulir survey

4. Survey Panjang antrian

- a. Survey ini dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang panjang antrian yang terjadi pada masing-masing ruas jalan yang ditinjau dengan ketidakpastian situasi yaitu karena tidak adanya lampu pengatur lalu lintas
- b. Surveyor yang dibutuhkan 1 (satu) orang untuk tiap kaki untuk mencatat data panjang antrian pada formulir yang sudah disediakan
- c. Alat-alat yang digunakan antara lain:
 - alat petunjuk waktu (stopwach/arloji)
 - alat tulis dan clipboard
 - formulir survey

3.4 Waktu survey

Pengambilan data lalu lintas (survey) dilakukan secara menerus yaitu mulai pukul 06.00 – 19.00. Pengambilan data dilakukan 3hari dalam seminggu yaitu pada hari Senin, Rabu, Sabtu.

Sumber: Lokasi Pengamatan Survey Eksisting

3.5 Metode Analisis Data

Dalam penyelesaian skripsi ini, metode perhitungan volume, tundaan, panjang antrian dan analisa untuk kondisi eksisting dan keperluan alternatif rencana diambil dari perhitungan Manual (MKJI) 1997 simpang bersinyal. Diharapkan perhitungan berdasarkan data dilapangan dapat mengoptimalkan kinerja simpang.

Alternatif yang direkomendasikan untuk penanggulangan kemacetan antara lain :

a. Alternatif I

Pada alternatif pertama ini, perhitungan berdasarkan data di lapangan dengan mengoptimalkan kinerja simpang melalui hasil analisa dengan metode MKJI 1997.

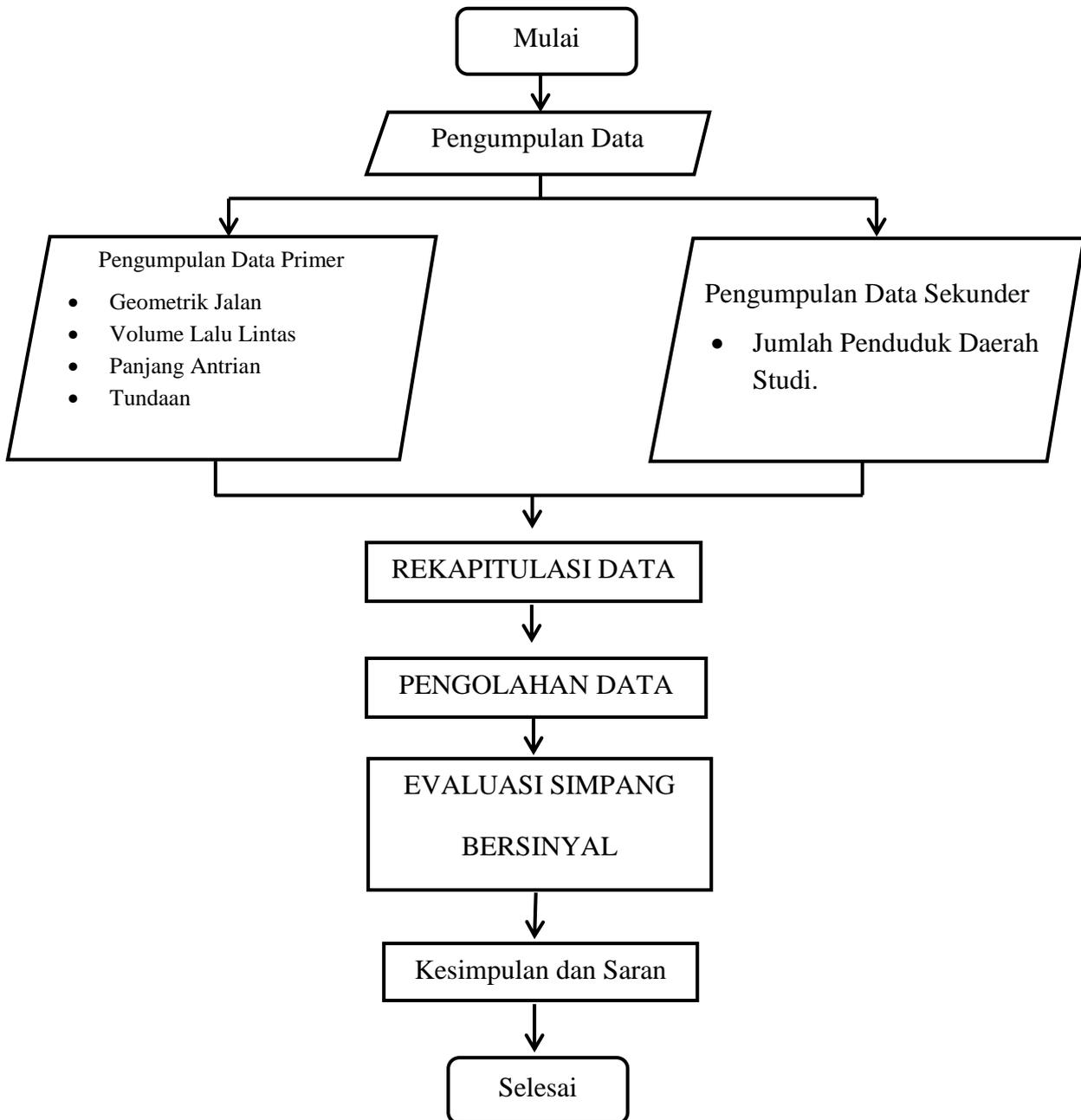
b. Alternatif II

Alternatif kedua dilakukan perhitungan setting ulang pada lampu lalu lintas berdasarkan kondisi dan data lalu lintas eksisting melalui analisa dengan metode MKJI 1997.

c. Alternatif III

Alternatif kedua dilakukan kombinasi pelebaran geometrik, pengaturan Traffic light dan belok kiri langsung (Pendekat Barat & Pendekat Selatan) berdasarkan kondisi dan data lalu lintas eksisting melalui analisa dengan metode MKJI 1997.

3.6 Flowchart (Diagram Alir)



Gambar 3.1 Diagram Alir Studi

BAB IV
REKAPITULASI DATA

4.1 Data Sekunder

Jumlah penduduk kecamatan Kedungkandang per januari 2017 adalah 182.778 Jiwa. Luas wilayah kecamatan kedungkandang adalah 39,89 Km², sehingga kepadatan penduduk di Kecamatan kedungkandang adalah 4.582 Jiwa/Km². Kepadatan penduduk tersebut tidak merata di seluruh wilayah, di beberapa kelurahan sangat padat dan di beberapa kelurahan lainnya tidak padat. Berikut data kepadatan penduduk per Kelurahan di Kecamatan Kedungkandang Kota Malang:

Tabel 4.1 Jumlah Penduduk

NO	KELUARAHAN	JUMLAH PENDUDUK (Jiwa)	LUAS WILAYAH (Km²)	KEPADATAN PENDUDUK (Jiwa/Km²)
1	KOTALAMA	29.126	0.86	33.867
2	MERGOSONO	17.670	0.56	31.554
3	BUMIAYU	16.315	3.86	4.227
4	WONOKROMO	6.038	5.58	1.082
5	BURING	10.553	5.53	1.905
6	KEDUNGKANDANG	10.294	4.94	2.084
7	LESANPURO	17.614	3.73	4.772
8	SAWOJAJAR	30.931	1.81	17.089
9	MADYOPURO	16.784	3.94	4.809
10	CEMOROKANDANG	11.031	2.80	3.940
11	ARJOWINANGUN	10.251	2.87	3.572
12	TLOGOWARU	6.191	3.86	1.604
	JUMLAH	182.778	39.89	4.582

Sumber; BPS Kota Malang

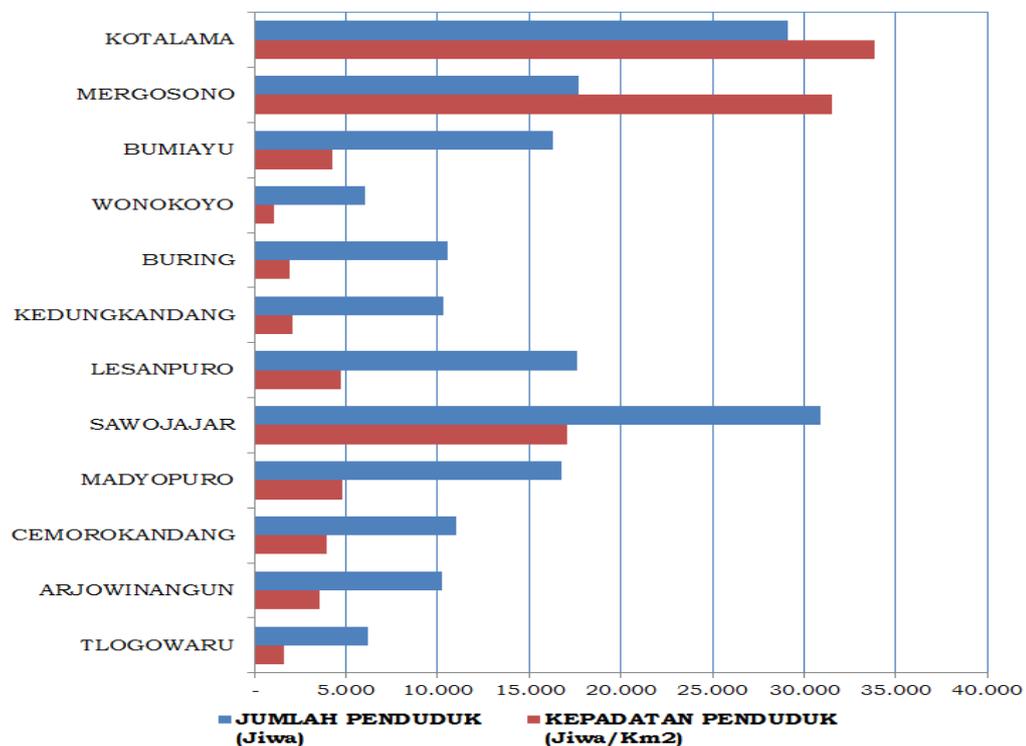
Kepemilikan kendaraan Kota Malang dari tahun 2012 sampai dengan 2015 disajikan dalam tabel.

Tabel 4. 2 Perkembangan Jumlah Kendaraan di Kota Malang

No	Tahun	Jumlah Kendaraan		
		Kendaraan Ringan	Kendaraan berat	Sepeda Motor
1	2012	83.878	19.627	367.767
2	2013	75.818	18.810	392.559
3	2014	80.988	19.516	411.568
4	2015	86.091	20.401	441.123

Sumber : Malang Dalam Angka Tahun 2012-2015

Untuk mendapatkan gambaran secara mudah tentang jumlah dan kepadatan penduduk masing-masing Kelurahan di Kecamatan Kedungkandang dapat dilihat pada tampilan grafik sebagai berikut:



4.2 Dimensi Geometrik

Pada simpang Jalan. Ranu Grati – Jalan. Danau Toba merupakan simpang bersinyal 4 lengan. Bentuk masing – masing lengan tidak sama. Dala survey lalu lintas kita akan mendapatkan beberapa data seperti Volume Arus Lalulintas, Tundaan, dan Panjang Antrian.

Tabel 4.3 Data Geometrik Simpang Bersinyal

No	Data	Pendekat Jalan Sawojajar Malang	Pendekat Jalan Simpang Ranu Grati Malang	Pendekat Jalan Ranu Grati Malang	Pendekat Jalan Danau Toba Malang
1	KodePendekat	U (Utara)	S (Selatan)	B (Barat)	T (Timur)
2	JumlahLajur	2	1	2	2
3	JumlahJalur	2	2	2	2
4	LebarJalan	6,6	4,5	9,2	14
5	Median	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada

Sumber :Pengamatan di lapangan

Tabel 4.4 Kondisi Simpang

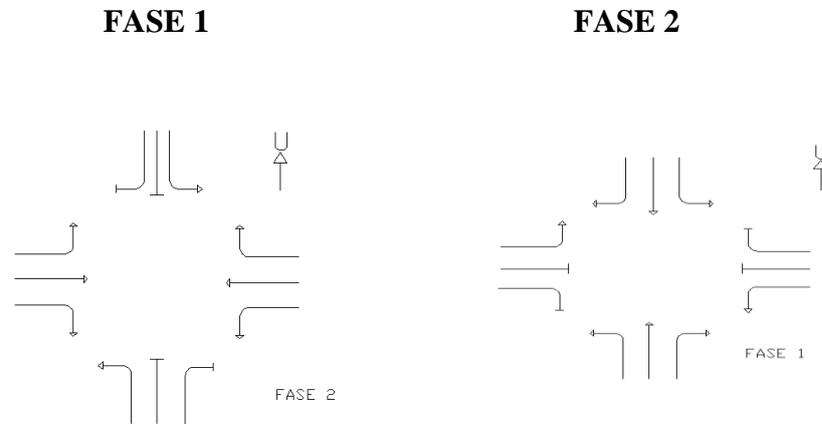
Nama Jalan	Pendekat	Tipe Lingkungan Jalan	Kelas Hambatan	Median	Kelandaian	Belok Kiri Langsung
Jl. Sawojajar	Utara	KOM	T	T	1	Y
Jl. Simp. Ranu Grati	Selatan	PEM	T	T	1	Y
Jl. Ranu Grati	Barat	KOM	T	T	1	Y
Jl. Danau Toba	Timur	KOM	T	Y	1	Y

Sumber : Hasil Survey

4.3 Fase dan Sinyal Lampu Isyarat Lalu Lintas Simpang

Pemisahan – pemisahan pergerakan aruk kendaraan pada simpang menggunakan fase tertentu. Fase (*phase*), adalah bagian dari suatu siklus yang dialokasikan untuk kombinasi pergerakan secara bersamaan mengikuti isyarat lampu lalu lintas. Lampu lalulintas merupakan peralatan yang dioperasikan secara mekanis, atau electric untuk memerintahkan kendaraan-kendaraan agar berhenti

atau berjalan. Peralatan standar ini terdiri dari sebuah tiang, dan kepala lampu dengan tiga lampu yang warnanya beda (merah, kuning, hijau).



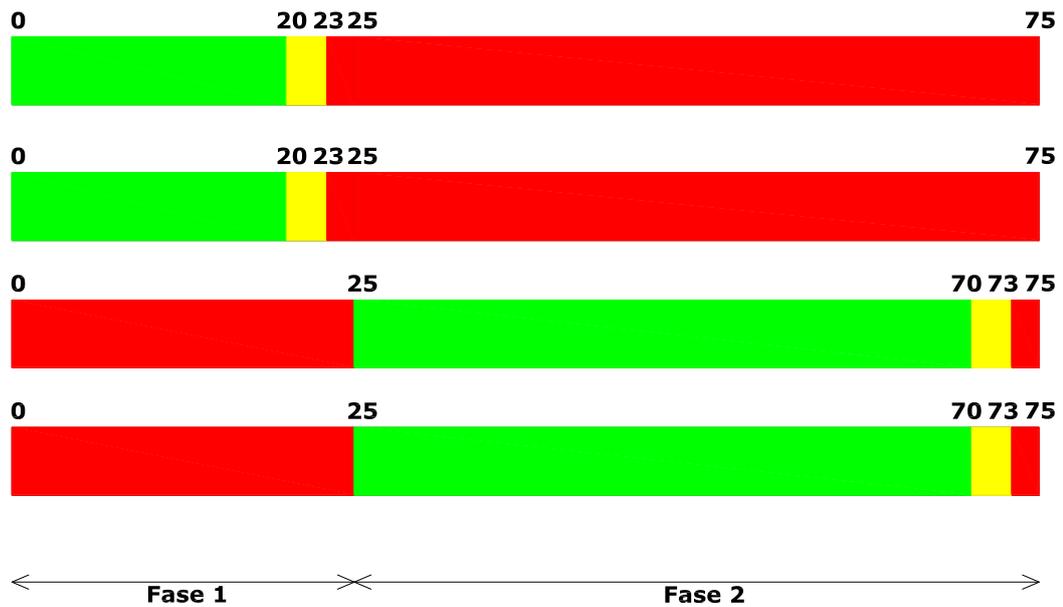
Gambar 4.1 Kombinasi Pergerakan Fase Lalu Lintas Pada Lokasi Studi

Sumber : Hasil Survey Lapangan

Tabel 4.5 Konfigurasi Waktu Sinyal

Nama Jalan	Pendekat	Waktu Sinyal			
		Merah	Hijau	Kuning	All Red
Jl. Sawojajar	Utara	50	20	3	2
Jl. Simp. Ranu Grati	Selatan	50	20	3	2
Jl. Ranu Grati	Barat	25	45	3	2
Jl. Danau Toba	Timur	25	45	3	2

Sumber : Hasil Survey dan Analisa



Gambar 4.2 Pengaturan Waktu Sinyal Dua Fase

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

- Menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas yang berlawanan, sehingga kapasitas persimpangan dapat dipertahankan selama keadaan lalu lintas puncak.
- Menurunkan tingkat frekwensi kecelakaan
- Mempermudah menyeberangi jalan utama bagi kendaraan dan/ atau pejalan kaki dari jalan minor.

Pengaturan simpang dengan sinyal lalu lintas termasuk yang paling efektif, terutama untuk volume lalu lintas pada kaki simpang yang relatif tinggi. Pengaturan ini dapat mengurangi atau menghilangkan titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalu lintas pada waktu yang berbeda.

4.4 Pengolahan Volume Arus Lalu lintas

Pengamatan volume arus lalu lintas di lokasi studi di lakukan dengan cara pengamatan secara langsung di lapangan. Pengamatan terhadap pengaruh arys simpang bersinyal kepada besarnya volume arus lalu lintas pada Perempatan jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang di lakukan selama 3 Tiga) hari masing – masing 13 jam di mulai pukul 06.00 – 19.00 WIB, dengan interval per lima belas

menit. Survey volume lalu lintas dilakukan pada setiap simpang dengan 4 pendekatan simpang yaitu Pendekat Jalan Ranu Grati, Jalan Danau Toba, Jalan Sawojajar, dan Jalan simpang Ranu Grati. Data yang di catat pada survey volume lalu lintas jumlah setiap jumlah jenis kendaraan (Kendaraan bermotor, kend. Ringan, kend. Berat) dengan pergerakan belok kiri, belok kanan dan lurus seperti pada tabel di bawah dengan interval 15menit. Formulir survey volume lalu lintas kendaraan bisa di lihat dalam lampiran.

Pengolahan arus kendaraan dengan menghitung setiap kendaraan yang melalui titik pos pengamatan pada setiap lengan simpang di lokasi studi. Penyetaraan dalam satuan mobil penumpang (smp) digunakan sebagai perhitungan volume lalu lintas pada jam puncak. Perhitungan dari kendaraan/jam menjadi smp/jam di hitung dengan jumlah interval 15menit menjadi 1jam sesuai ekivalen mobil penumpang yang terterdapat pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

Tabel 4.6 Emp (Ekivalen Mobil Penumpang)

No	Jenis Kendaraan	EMP	
		Pendekat Terlindung	Pendekat Terlawan
1	Kendaraan Ringan (LV)	1.0	1.0
2	Kendaraan Berat (HV)	1.3	1.3
3	Sepeda Motor (MC)	0.2	0.4

Sumber : (MKJI 1997, SimpangBersinyal : 2-10)

1. Pendekat Terlindung (P) : Arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan.
2. Pendekat Terlawan (O) : Arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah beralawanan

Contoh pengolahan volume lalu lintas kendaraan Pagi hari senin, 13 Februari 2017 (Belok Kanan) pukul 06.00 – 07.00 WIB pada pendekatan Utara.

**Tabel 4.7 Perhitungan Pengolahan Volume hari Senin, 13 Februari 2017
pada Pendekat Utara (Belok Kanan).**

Lokasi / Titik Pe : Lengan Utara

Arah : Jl. Sawojajar

Cuaca : Cerah

Hari / Tanggal : Senin, 13 Februari 2017

Nama Surveyor : Aji Surya

Periode Waktu	Sepeda Motor			Kendaraan Ringan			Kendaraan Berat			Kiri	Lurus	Kanan	Total smp /jam	Total Kendaraan /jam	
	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	Kanan	Kiri	Lurus	Kanan						
	06.00 - 06.15	25	15	325	11	2	38	0	1						0
06.15 - 06.30	28	15	347	12	1	36	0	0	0	17.6	7	174.8	199.4	439	
06.30 - 06.45	30	17	352	12	1	41	1	0	1	19.3	7.8	183.1	210.2	455	
06.45 - 07.00	33	16	365	12	0	44	0	1	1	18.6	7.7	191.3	217.6	472	
07.00 - 07.15	28	26	329	11	0	46	0	3	0	16.6	14.3	177.6	208.5	443	
										Total :	72.1	36.8	726.8	835.7	

Sumber : Pengolahan Data Volume Arus Lalu Lintas

1. Sepeda Motor (MC), nilai ekivalen mobil penumpang untuk sepeda motor pada lengan simpang telawan 0,4

Total sepeda motor interval 1 jam (satu) jam = 599 kend/jam

$$\begin{aligned} \text{MC} &= 0,4 \times 329 \\ &= 131.6 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

2. Kendaraan Ringan (LV) nilai ekivalen mobil penumpang untuk sepeda motor pada lengan simpang telawan 1,0

Total sepeda motor interval 1 jam (satu) jam = 79 kend/jam

$$\begin{aligned} \text{LV} &= 1,0 \times 46 \\ &= 46 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

3. Kendaraan Berat (HV) nilai ekivalen mobil penumpang untuk sepeda motor pada lengan simpang telawan 1,3

Total sepeda motor interval 1 jam (satu) jam = 3 kend/jam

$$\begin{aligned} \text{HV} &= 1,3 \times 0 \\ &= 0 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total arus kendaraan} &= 131.6 + 46 + 0 \\ &= 177.6 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

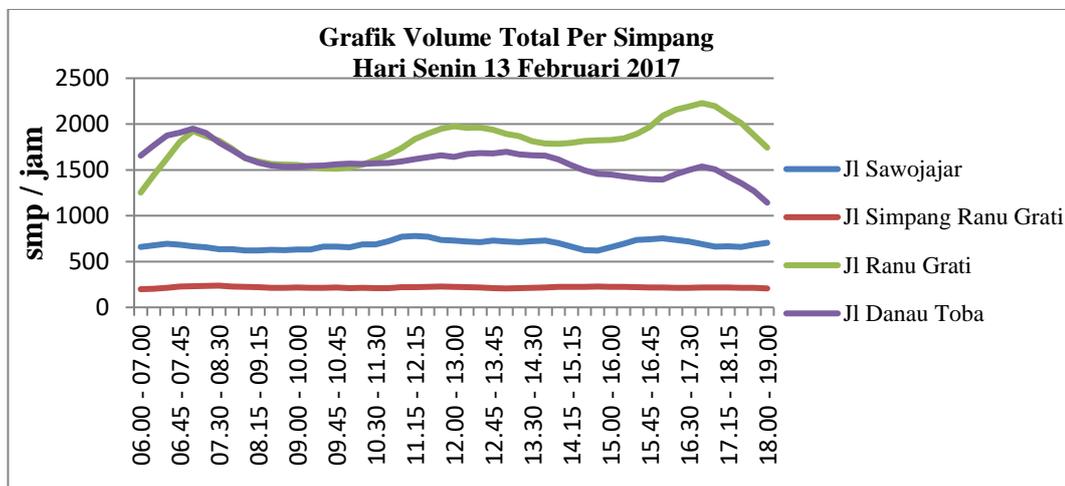
Untuk perhitungan yang lebih lengkapnya pada setiap simpang dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.8 Data Arus Kendaraan Volume Lalu Lintas Per jam Selama 3 Hari

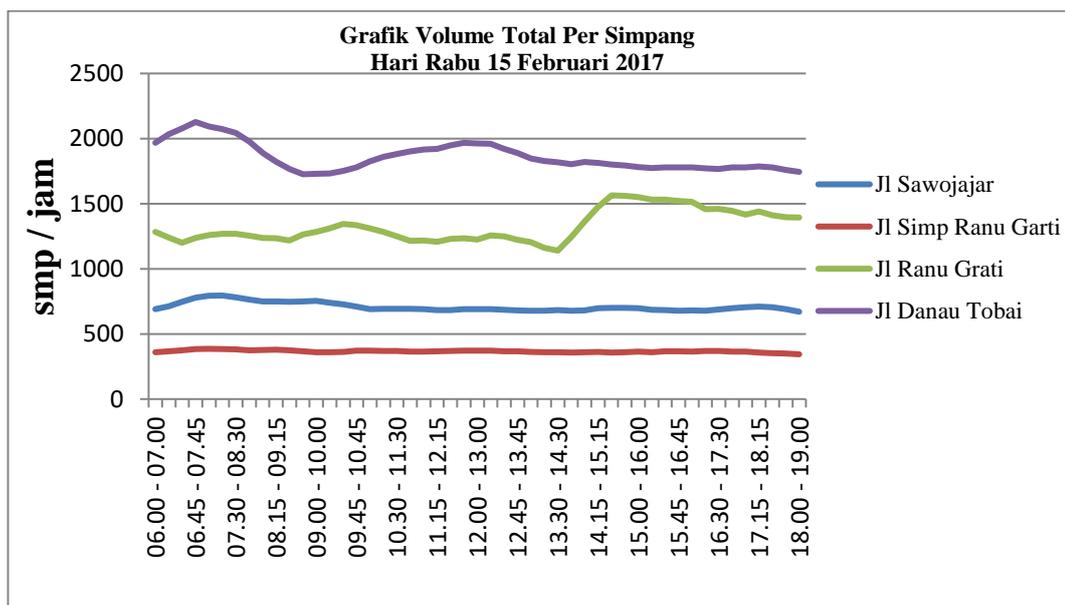
Waktu	Total Arus di Persimpangan smp/jam			Total smp/jam
	SENIN 22-02-2016	RABU 24-02-2016	SABTU 27-02-2016	
06.00 - 07.00	3765.7	4303	4702.8	12771.5
06.15 - 07.15	4089.3	4350	4840	13279.3
06.30 - 07.30	4408.3	4400.7	4938.8	13747.8
06.45 - 07.45	4623.9	4525.7	5040.8	14190.4
07.00 - 08.00	4770.5	4530	5199.5	14500
07.15 - 08.15	4661.3	4524.1	5247.4	14432.8
07.30 - 08.30	4486.5	4475.9	5260.5	14222.9
07.45 - 08.45	4315	4369.4	5260.3	13944.7
08.00 - 09.00	4105.8	4254	5230.6	13590.4
08.15 - 09.15	4010.1	4184.5	5101.4	13296
08.30 - 09.30	3950.4	4106.8	5066.5	13123.7
08.45 - 09.45	3928	4105.5	5041.7	13075.2
09.00 - 10.00	3934.1	4129	5029.7	13092.8
09.15 - 10.15	3923.4	4143	5068.6	13135
09.30 - 10.30	3941.2	4187.4	5057.3	13185.9
09.45 - 10.45	3951.3	4195.9	5081	13228.2
10.00 - 11.00	3962.5	4199.4	5031.8	13193.7
10.15 - 11.15	4024.1	4204.8	4930.5	13159.4
10.30 - 11.30	4080.7	4193	4846.8	13120.5
10.45 - 11.45	4174.4	4173.6	4748.7	13096.7
11.00 - 12.00	4323.1	4190.9	4647.2	13161.2
11.15 - 12.15	4452.1	4177.7	4644.7	13274.5
11.30 - 12.30	4527.2	4229.7	4645.2	13402.1
11.45 - 12.45	4569.8	4266.8	4683.8	13520.4
12.00 - 13.00	4570.6	4248.9	4660.9	13480.4
12.15 - 13.15	4570.9	4278.6	4670.6	13520.1
12.30 - 13.30	4571.8	4224.6	4641.3	13437.7
12.45 - 13.45	4556.9	4157.5	4587.4	13301.8
13.00 - 14.00	4517.6	4092.7	4546.6	13156.9
13.15 - 14.15	4458.9	4028.3	4476.8	12964
13.30 - 14.30	4406.2	4001.2	4415.8	12823.2
13.45 - 14.45	4387.8	4081.7	4360.6	12830.1
14.00 - 15.00	4320.7	4221.6	4298.9	12841.2
14.15 - 15.15	4231.4	4347.3	4257	12835.7
14.30 - 15.30	4160	4421.9	4302.9	12884.8
14.45 - 15.45	4126	4413.7	4287.1	12826.8
15.00 - 16.00	4153.6	4393	4285.7	12832.3
15.15 - 16.15	4190.6	4352.7	4307.5	12850.8
15.30 - 16.30	4261.9	4358.6	4301.6	12922.1
15.45 - 16.45	4320	4342.2	4273.1	12935.3
16.00 - 17.00	4455.9	4337.2	4305.7	13098.8
16.15 - 17.15	4558.2	4279.1	4311.9	13149.2
16.30 - 17.30	4627.2	4283.3	4357	13267.5
16.45 - 17.45	4674.7	4288.6	4398.9	13362.2
17.00 - 18.00	4578.6	4266.1	4434.1	13278.8
17.15 - 18.15	4411.6	4293.2	4432.3	13137.1
17.30 - 18.30	4237.9	4245.5	4417	12900.4
17.45 - 18.45	4045.4	4196.3	4404.6	12646.3
18.00 - 19.00	3796.8	4152.9	3989.9	11939.6

Sumber : Pengolahan Data Arus Kendaraan Per Simpang

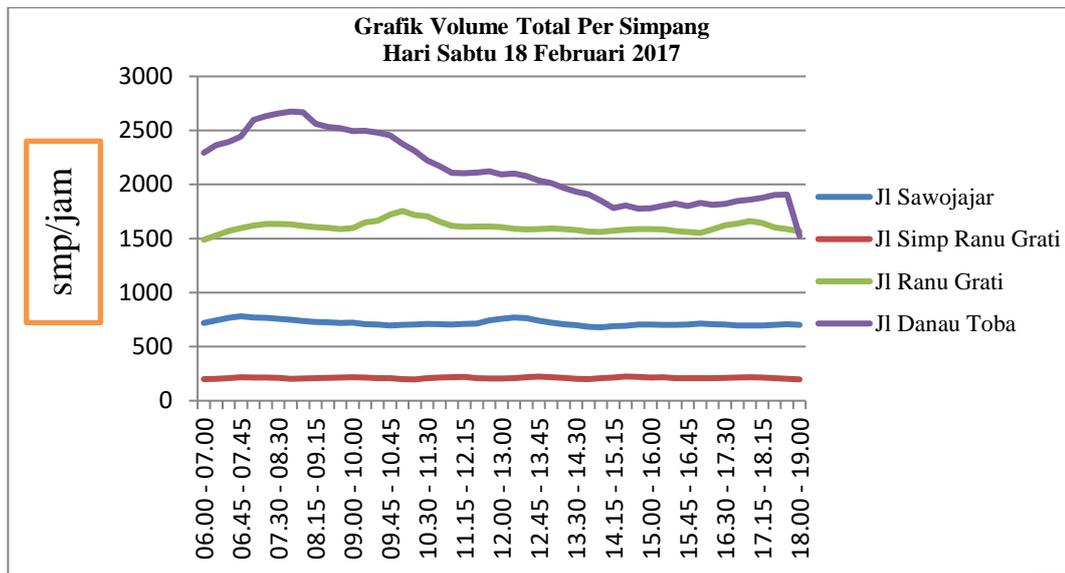
Pada Tabel di atas diperoleh arus kendaraan selama tiga hari survey di persimpangan sawojajar yaitu pada hari Senin 13 Februari 2017, Rabu 15 Februari 2017, Sabtu 18 Februari 2017. Dari ke Tiga hari waktu pengamatan dan pengolahan data survey volume lalu lintas yang di peroleh, dimana pada lengan simpang Ranu Grati (Barat) merupakan lengan simpang yang paling tinggi jumlah kendaraan yang melintas. Dimana pada lengan simpang ini banyaknya aktivitas yang terjadi dari menuju Arah Kabupaten Malang, sekolah, kantro, dan lainnya. Berikut adalah gambar grafik volume lalu lintas kombinasi setiap lengan selama 3 hari pengamatan survey di lapangan.



Gambar 4.3 Grafik Arus Kendaraan Per Lengan Pada Simping Bersinyal



Gambar 4.4 Grafik Arus Kendaraan Per Lengan Pada Simpang Bersinyal



Gambar 4.5 Grafik Arus Kendaraan Per Lengan Pada Simpang Bersinyal

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan persimpang

Tabel di bawah ini merupakan kombinasi arus lalu lintas perhari. Data ini didapatkan dari total arus kendaraan per simpang yang telah diterangkan pada tabel di atas.

Tabel 4.9 Kombinasi Arus lalu Lintas Dalam Penentuan Jam Puncak

Waktu	Total Arus di Persimpangan smp/jam			Total smp/jam
	SENIN 22-02-2016	RABU 24-02-2016	SABTU 27-02-2016	
06.00 - 07.00	3765.7	4303	4702.8	12771.5
06.15 - 07.15	4089.3	4350	4840	13279.3
06.30 - 07.30	4408.3	4400.7	4938.8	13747.8
06.45 - 07.45	4623.9	4525.7	5040.8	14190.4
07.00 - 08.00	4770.5	4530	5199.5	14500
07.15 - 08.15	4661.3	4524.1	5247.4	14432.8
07.30 - 08.30	4486.5	4475.9	5260.5	14222.9
07.45 - 08.45	4315	4369.4	5260.3	13944.7
08.00 - 09.00	4105.8	4254	5230.6	13590.4
08.15 - 09.15	4010.1	4184.5	5101.4	13296
08.30 - 09.30	3950.4	4106.8	5066.5	13123.7
08.45 - 09.45	3928	4105.5	5041.7	13075.2
09.00 - 10.00	3934.1	4129	5029.7	13092.8
09.15 - 10.15	3923.4	4143	5068.6	13135
09.30 - 10.30	3941.2	4187.4	5057.3	13185.9
09.45 - 10.45	3951.3	4195.9	5081	13228.2
10.00 - 11.00	3962.5	4199.4	5031.8	13193.7
10.15 - 11.15	4024.1	4204.8	4930.5	13159.4
10.30 - 11.30	4080.7	4193	4846.8	13120.5
10.45 - 11.45	4174.4	4173.6	4748.7	13096.7
11.00 - 12.00	4323.1	4190.9	4647.2	13161.2
11.15 - 12.15	4452.1	4177.7	4644.7	13274.5
11.30 - 12.30	4527.2	4229.7	4645.2	13402.1
11.45 - 12.45	4569.8	4266.8	4683.8	13520.4
12.00 - 13.00	4570.6	4248.9	4660.9	13480.4
12.15 - 13.15	4570.9	4278.6	4670.6	13520.1
12.30 - 13.30	4571.8	4224.6	4641.3	13437.7
12.45 - 13.45	4556.9	4157.5	4587.4	13301.8
13.00 - 14.00	4517.6	4092.7	4546.6	13156.9
13.15 - 14.15	4458.9	4028.3	4476.8	12964
13.30 - 14.30	4406.2	4001.2	4415.8	12823.2
13.45 - 14.45	4387.8	4081.7	4360.6	12830.1
14.00 - 15.00	4320.7	4221.6	4298.9	12841.2
14.15 - 15.15	4231.4	4347.3	4257	12835.7
14.30 - 15.30	4160	4421.9	4302.9	12884.8
14.45 - 15.45	4126	4413.7	4287.1	12826.8
15.00 - 16.00	4153.6	4393	4285.7	12832.3
15.15 - 16.15	4190.6	4352.7	4307.5	12850.8
15.30 - 16.30	4261.9	4358.6	4301.6	12922.1
15.45 - 16.45	4320	4342.2	4273.1	12935.3
16.00 - 17.00	4455.9	4337.2	4305.7	13098.8
16.15 - 17.15	4558.2	4279.1	4311.9	13149.2
16.30 - 17.30	4627.2	4283.3	4357	13267.5
16.45 - 17.45	4674.7	4288.6	4398.9	13362.2
17.00 - 18.00	4578.6	4266.1	4434.1	13278.8
17.15 - 18.15	4411.6	4293.2	4432.3	13137.1
17.30 - 18.30	4237.9	4245.5	4417	12900.4
17.45 - 18.45	4045.4	4196.3	4404.6	12646.3
18.00 - 19.00	3796.8	4152.9	3989.9	11939.6

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per hari

Dari tabel di atas di dapatkan data volume puncak pada masing – masing hari, yaitu :

Pada hari senin, 13 Februari 2017 jam puncak pagi 07.00 – 08.00 WIB : sebesar 4770.5 smp/jam, berikutnya pada jam puncak siang pada pukul 12.30 – 13.45 WIB sebesar 4571.8 smp/jam, dan pada jam puncak sore pukul 16.45 – 17.45 WIB sebesar 4674.7 smp/jam.

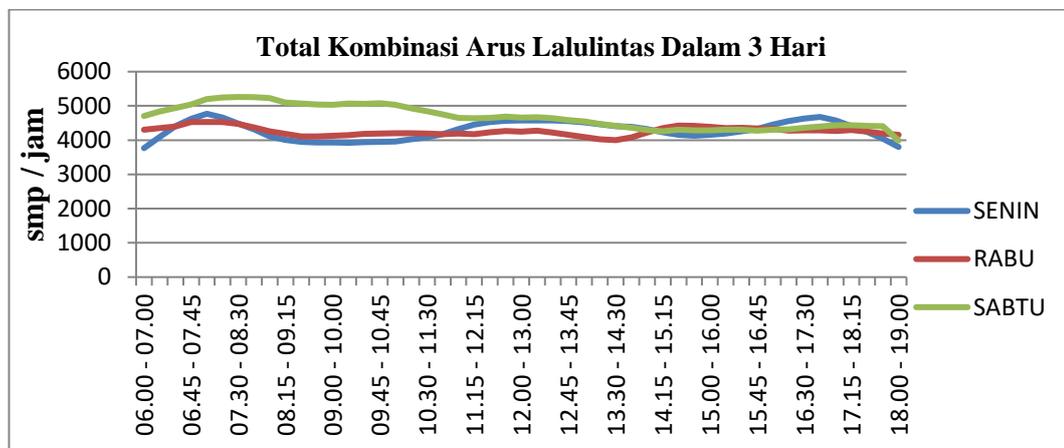
Pada hari Rabu, 15 Februari 2017 jam puncak pagi pukul 07.00 – 08.00 WIB sebesar 4530 smp/jam, berikutnya pada jam puncak siang pada pukul 14.30 – 15.30 WIB sebesar 4421.9 smp/jam, dan pada jam puncak sore pukul 17.15 – 18.15 WIB sebesar 4293.2 smp/jam.

Pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 jam puncak pagi pukul 07.30 – 08.30 WIB sebesar 5260.5 smp/jam, berikutnya pada jam puncak siang pada pukul 12.45 – 13.45 WIB sebesar 4587.4 smp/jam, dan pada jam puncak sore pukul 17.00 – 18.00 sebesar WIB 4434.1 smp/jam.

Dimana diperoleh volume tertinggi terjadi pada hari Sabtu 07.30 – 08.30 WIB dengan volume sebesar 5260.5 smp/jam. Dari masing – masing waktu pengambilan data pada pagi, siang, dan sore hari, volume tertinggi terjadi pada pagi hari karena di sebabkan banyak aktivitas padat yang terjadi. Setelah arus lalu lintas di kombinasikan, kemudian dapat diketahui jam puncak dari masing – masing periode waktu pengamatan selama 3 hari dengan mencari arus kendaraan maksimum dan arus kendaraan yang paling tinggi merupakan acuan untuk menentukan jam puncak.

Pada tabel di atas di dapatkan juga data untuk jam puncak masing – masing periode pengamatan. Dari 3 hari pengamatan tersebut diambil yang paling tinggi dan data tersebut merupakan data yang akan dipakai untuk acuan sebagai jam puncak. Perolehan data jam puncak ini digunakan untuk perhitungan volume selanjutnya menggunakan Metode MKJI 1997.

Berikut ini adalah grafik dari arus total kendaraan selama 3hari waktu pengamatan :



Gambar 4.6 Grafik Total Arus Kendaraan Pada Simpang Bersinyal Selama 3 Hari Survey

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per hari

Hasil dari grafik kombinasi arus lalu lintas di atas selama 3 hari pengamatan yang dilakukan di simpang 4 sawojajar yaitu pada hari Senin 13 Februari 2017, Rabu 15 Februari 2017 dan Sabtu 18 Februari 2017, terdapat pada arus lalu lintas tertinggi terjadi pada pagi dan sore hari karena pada saat jam sibuk dan kembalinya dari aktivitas. Dari ke 3 hari pengamatan di lapangan tersebut diperoleh arus lalu lintas maksimum pada semua jam puncak, yaitu pada pagi hari sebesar 5260.5 smp/jam pada pukul 07.30 – 08.30 WIB, berikutnya siang hari sebesar 4587.4 smp/jam pada pukul 12.45 – 13.45 WIB, dan sore hari sebesar 4674.7 smp/jam pada pukul 17.00 – 18.00WIB.

Dari hasil arus kendaraan yang di amati terdiri dari sepeda motor, kend ringan, kend berat. Kendaraan yang melintas pada simpang empat Jalan Sawojajar ini sangat pada karena daerah tersebut juga termasuk daerah komersial. Untuk mengetahui jumlah kendaraan yang paling mendominasi pada Perempatan Sawojajar ini, maka dilakukan perhitungan prosentase semua kendaraan seperti di bawah ini. Contoh perhitungan yang di gunakan adalah Senin 13 Februari 2017 pada jam puncak (07.00 – 08.00) di pendekat utara.

Tabel 4.10 Contoh Perhitungan Perentase Volume Senin Pendekat Utara, jam 06.00 – 08.00 WIB)

Waktu	Jumlah Kendaraan Pendekat Utara			Total Arus	Sepeda Motor	Kend.Ringan	Kend.Berat
	Sepeda Motor kend/jam	Kend.Ringan kend/jam	Kend.Berat kend/jam	kend/jam	%	%	%
06.00 - 06.15	265	51	1	317	83.596	16.088	0.315
06.15 - 06.30	290	49	0	339	85.546	14.454	0.000
06.30 - 06.45	299	54	2	355	84.225	15.211	0.563
06.45 - 07.00	314	56	2	372	84.409	15.054	0.538
07.00 - 07.15	283	57	3	343	82.507	16.618	0.875
07.15 - 07.30	319	57	0	376	84.840	15.160	0.000
07.30 - 07.45	268	62	0	330	81.212	18.788	0.000
07.45 - 08.00	284	53	2	339	83.776	15.634	0.590

Sumber : Pengolahan Data Volume Persentase Arus Lalu Lintas

1. Sepeda Motor (MC) pendekat Utara jumlah total kendaraan pukul
07.00 – 08.00 WIB = 283 kend/jam
2. Kendaraan Ringan (LV) pendekat Utara total kendaraan pukul
07.00 – 08.00 WIB = 57 kend/jam
3. Kendaraan Berat (HV) pendekat Utara jumlah total kendaraan pukul
07.00 – 08.00 WIB = 3 kend/jam
Total kendaraan = 283 + 57 + 3
= 343 kend/ jam

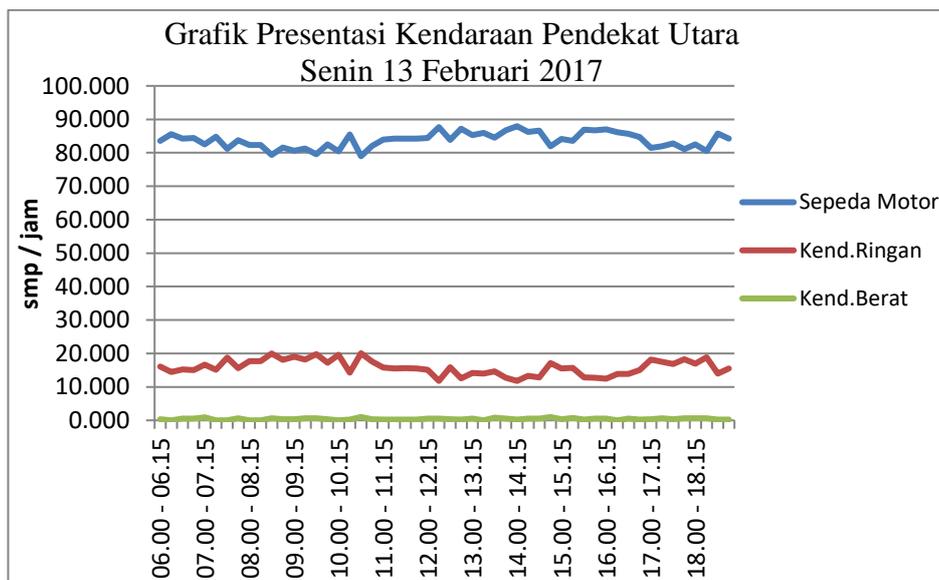
$$\begin{aligned} \text{Prosentase sepeda motor} &= (283 / 343) \times 100 \\ &= 82.507 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Prosentase Kend. Ringan} &= (57 / 343) \times 100 \\ &= 16.618 \% \end{aligned}$$

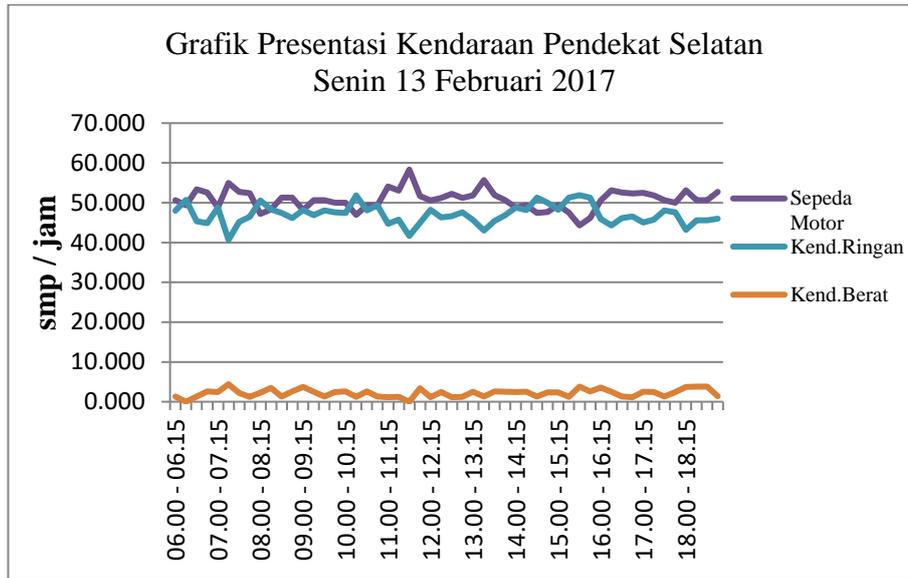
$$\begin{aligned} \text{Prosentase Kend. Berat} &= (3 / 343) \times 100 \\ &= 0.875 \% \end{aligned}$$

Pada perhitungan prosentase kendaraan hari Senin, 13 Februari 2017 pada pendekatan utara pukul 07.00 – 08.00 WIB diperoleh hasil untuk sepeda motor sebesar 82.507 %, Kendaraan Ringan 16,618 %, dan Kendaraan Berat 0,875 %. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan kendaraan yang paling dominan adalah sepeda motor dimana volume sepeda motor paling tinggi.

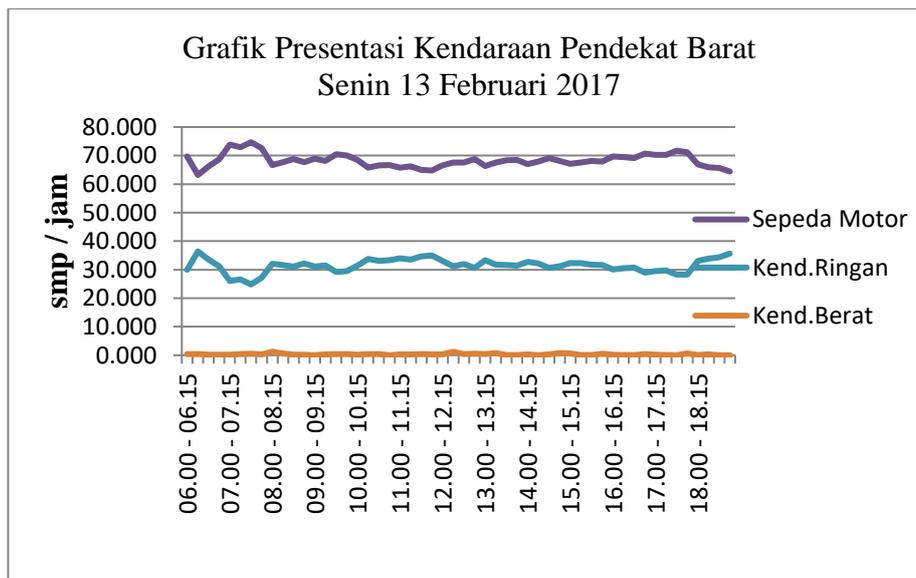
Untuk Tabel perhitungan presentase kendaraan perhari dan perlengkapan dapat di lihat pada lampiran. Berikut adalah gambar grafik presentase kendaraan selama 3 hari pengamatan pada setiap pendekatan.



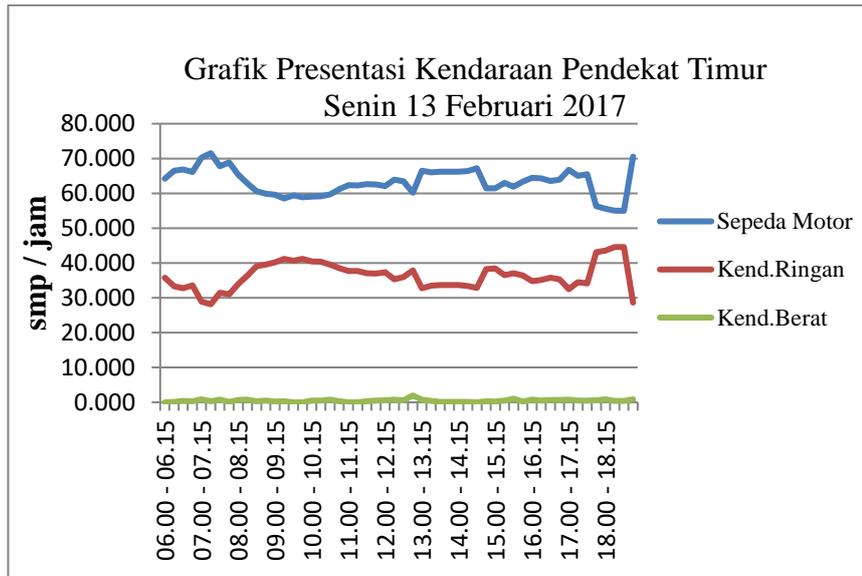
Gambar 4.7 Grafik Peresentase Jenis Kendaraan pada Pendekat Utara



Gambar 4.8 Grafik Peresentase Jenis Kendaraan pada Pendekat Selatan

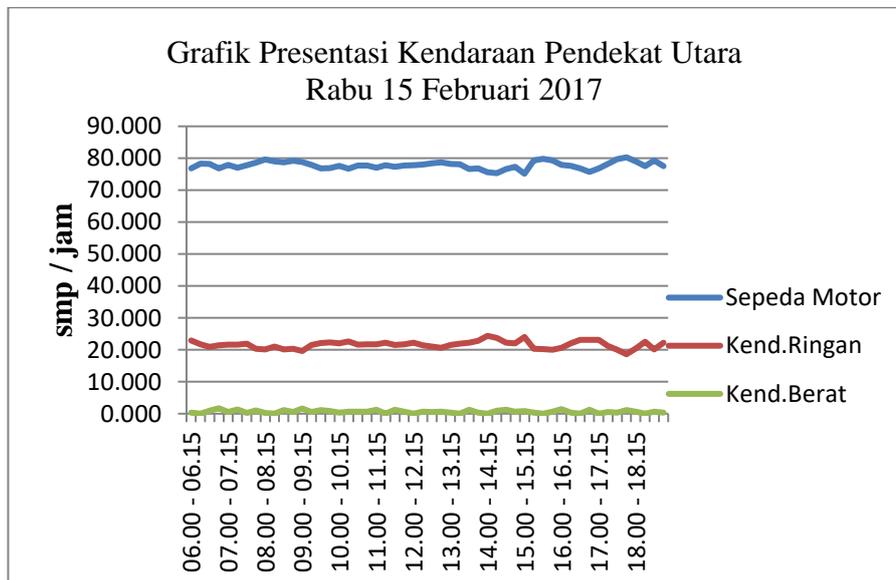


Gambar 4.9 Grafik Peresentase Jenis Kendaraan pada Pendekat Barat

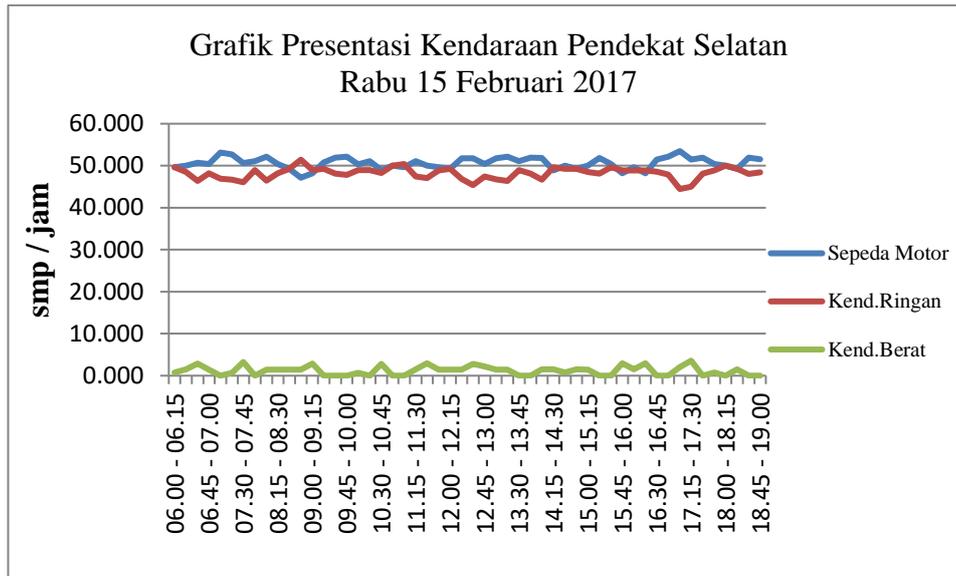


Gambar 4.10 Grafik Peresentase Jenis Kendaraan pada Pendekat Timur

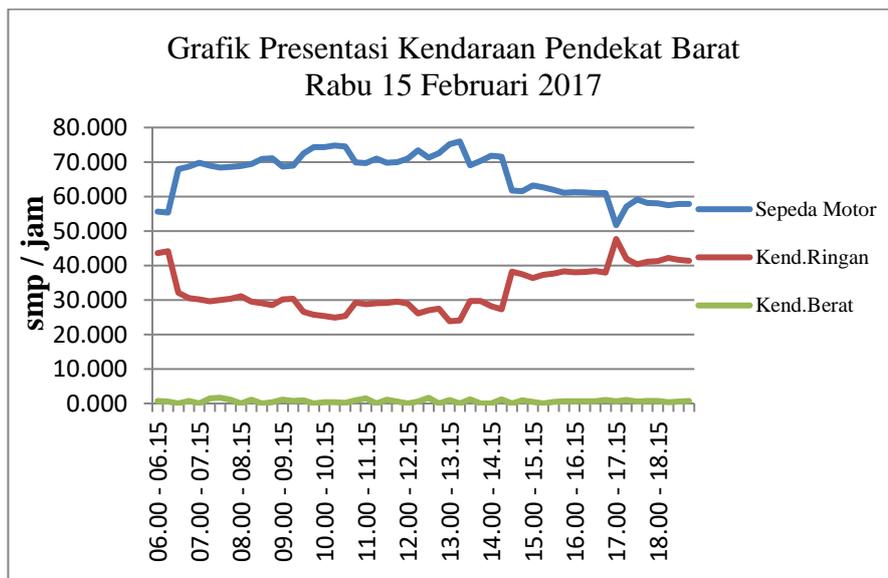
Dapat dilihat pada grafik diatas pada hari senin 13 february 2017 bahwa kendaraan yang lebih dominan adalah sepeda motor yang jumlahnya sangat besar dibandingkan dengan kendaraan ringan dan kendaraan berat.



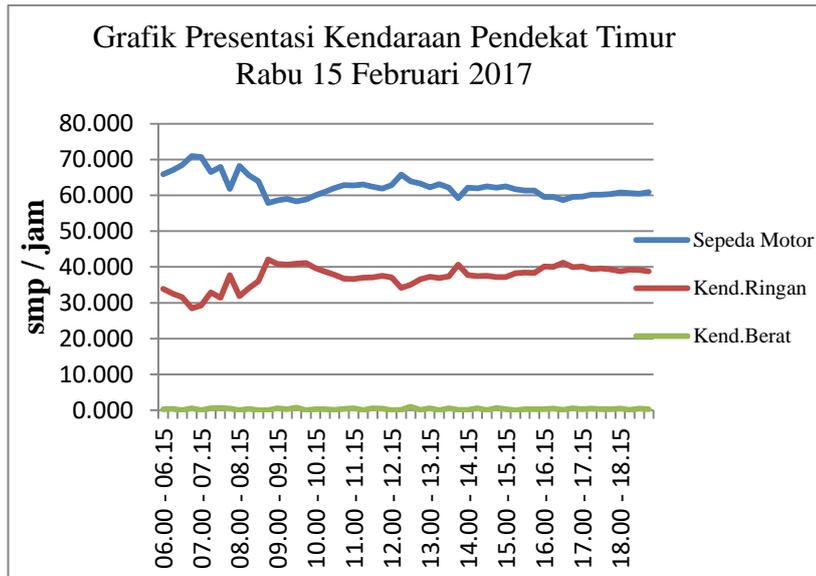
Gambar 4.11 Grafik Peresentase Jenis Kendaraan pada Pendekat Utara



Gambar 4.12 Grafik Peresentase Jenis Kendaraan pada Pendekat Selatan

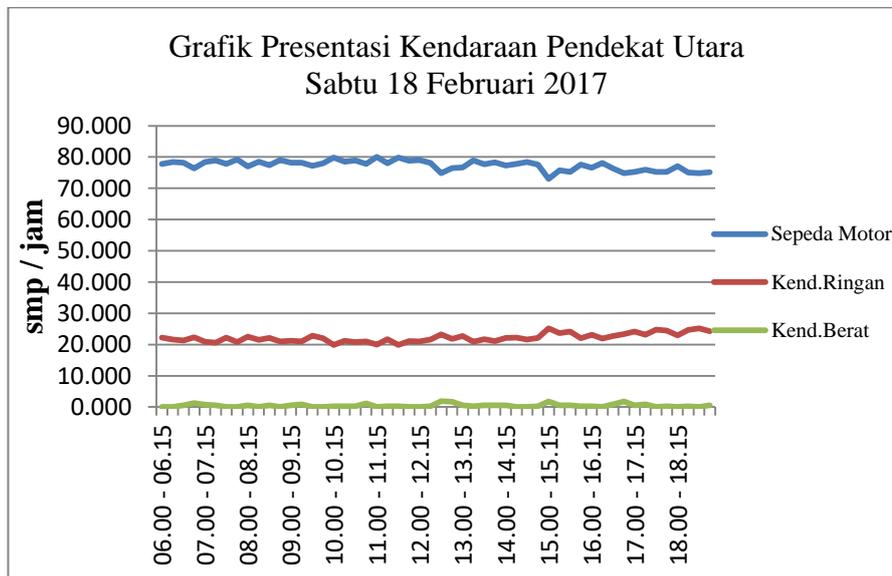


Gambar 4.13 Grafik Peresentase Jenis Kendaraan pada Pendekat Barat

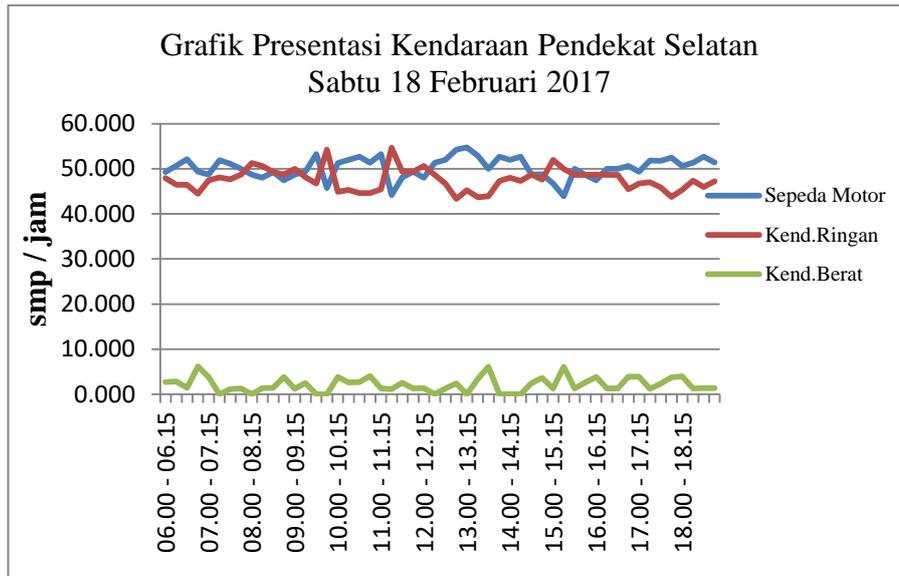


Gambar 4.14 Grafik Peresentase Jenis Kendaraan pada Pendekat Timur

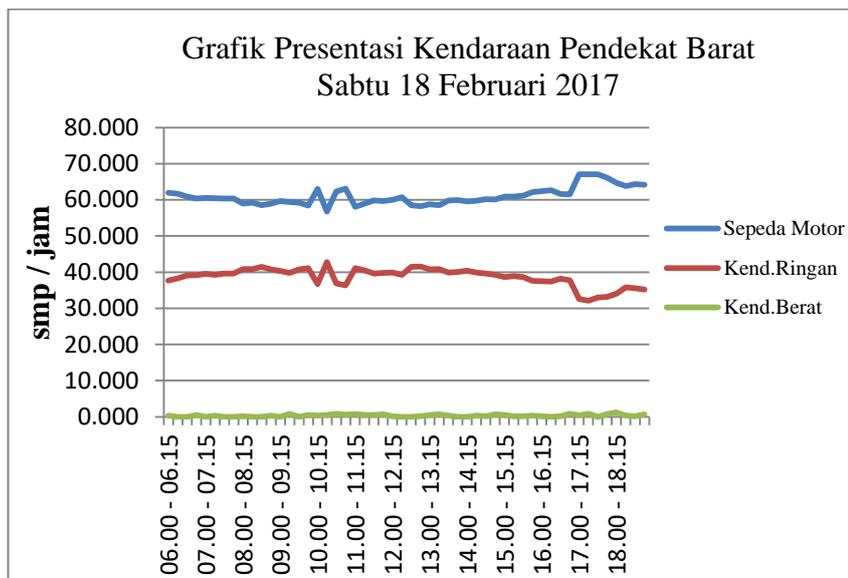
Dapat dilihat juga dari grafik pada hari rabu 15 february 2017 jumlah kendaraan sepeda motor masih lebih dominan dibandingkan kendaraan ringan maupun kendaraan berat di karenakan jumlahnya yang cukup banyak.



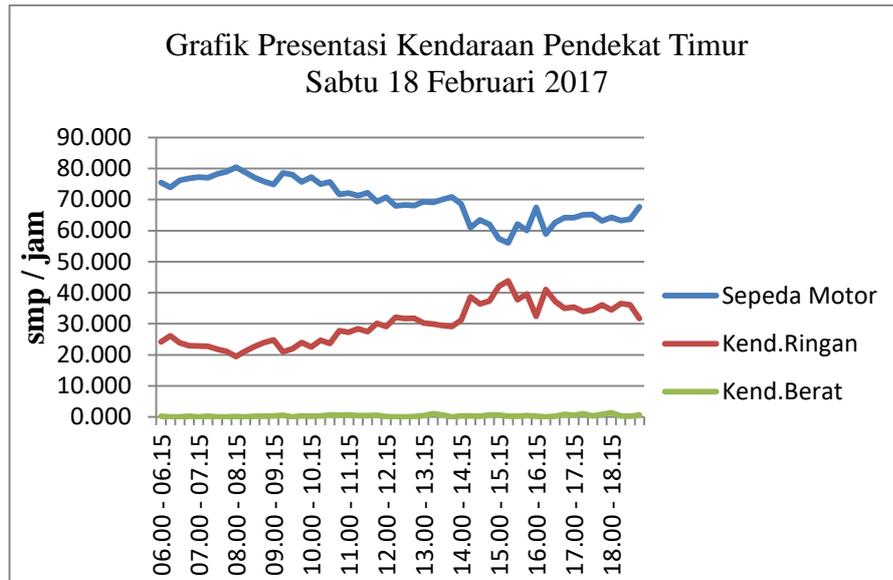
Gambar 4.15 Grafik Peresentase Jenis Kendaraan pada Pendekat Utara



Gambar 4.16 Grafik Peresentase Jenis Kendaraan pada Pendekat Selatan



Gambar 4.17 Grafik Peresentase Jenis Kendaraan pada Pendekat Barat



Gambar 4.18 Grafik Peresentase Jenis Kendaraan pada Pendekat Timur

Sumber : Pengolahan data peresentase kendaraan per hari

Dan yang terakhir pada hari sabtu 18 februari 2017 diketahui bahwa pada akhir pekan sangat banyak jumlah kendaraan yang melintas terutama sepeda motor seperti pada grafik diatas masih lebih mendominan dari pada kendaraan ringan dan kendaraan berat. Karena sepeda motor sangat memepercepat aktivitas masyarakat dalam berkendara dan dapat menghindari kemacetan yang terjadi di persimpangan.

4.5 Pengolahan Data Antrian

Antrian adalah jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat (kend; smp). Sedangkan, panjang antrian yaitu panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat(m). Berdasarkan data survey diperoleh dari lokasi studi, jumlah kendaraan dan panjang antrian yang terjadi pada saat jam puncak pada ruas Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang dibagi dalam 3 (tiga) kondisi yaitu :

- a. Pagi jam 07.00-08.00 WIB, dimana pada jam- jam tersebut aktifitas di pagi hari sudah dimulai, misalnya ke sekolah, kampus, kantor, pasar, dan lain- lain.
- b. Siang jam 12.30-13.30 WIB, dimana pada waktu ini merupakan jam makan siang selain itu pada jam – jam tersebut kegiatan sudah berakhir, pulang kantor, dan pelajar atau mahasiswa yang melewati ruas jalan tersebut.
- c. Sore hari 16.45-17.45 WIB, dimana jam – jam tersebut merupakan waktu untuk pulang setelah seharian beraktifitas di kantor, sekolahan, dan lain- lain, kemudian dilanjutkan kembali aktifitas pada malam hari.

Survey dilaksanakan bersamaan dengan pengumpulan data arus lalu lintas selama 3 (tiga) hari yaitu pada hari Senin 13 Februari 2017, Rabu 15 Februari 2017, Sabtu 18 Februari 2017. Masing- masing hari survey dilakukan 13 jam secara manual, yaitu pada pukul 06:00 - 19:00 WIB. Survey dilakukan pada Jalan Jalan Ranu Grati (Barat) dan Jalan Danau Toba (Timur). Semua pendekat memiliki waktu sinyal merah rata – rata 30 detik, kuning 3 detik, hijau 45 detik, sehingga untuk waktu sinyal satu siklus 78 detik.

Surveyor mencatat jumlah kendaraan untuk setiap jenis kendaraan (sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat) yang berhenti pada waktu sinyal merah dan pajang antrian kendaraan (m). Kemudian dicatat sisa antrian setiap jenis kendaraan (sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat) yang tidak lolos pada waktu sinyal hijau pertama dan sisa pajang antrian kendaraan (m). Untuk lebih jelasnya formulir survey data antrian bisa dilihat pada lampiran dan berikut adalah data panjang antrian maksimal setiap siklus waktu dan harinya.

- Analisa panjang antrian pada simpang Jl. Ranu Grati (Barat)
 - a) Analisa jam puncak persimpang

Tabel 4.11 Panjang antrian pada Jl. Ranu Grati hari Senin, 13 Februari 2017

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	panjang (m)	panjang (m)	panjang (m)
Jl. Ranu Grati	199	148	151

Sumber : Pengolahan Data Volume Arus Lalu Lintas

Jadi dari perbandingan antara pagi, siang, dan sore diatas, maka dapat di simpulkan bahwa antrian puncak yang terjadi pada kaki simpang Jl. Ranu Grati pada hari Senin, 13 februari 2017 terjadi pada Pagi hari, pukul 07.32.15 di siklus ke 76 dengan panjang antrian maksimum 199 meter.

Tabel 4.12 Panjang antrian pada Jl. Ranu Grati hari Rabu, 15 Februari 2017

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	Panjang (m)	Panjang (m)	Panjang (m)
Jl. Ranu Grati	103	96	104

Sumber : Pengolahan Data Volume Arus Lalu Lintas

Jadi dari perbandingan antara pagi, siang, dan sore diatas, maka dapat di simpulkan bahwa antrian puncak yang terjadi pada

kaki simpang Jl. Ranu Grati pada hari Rabu, 15 Februari 2017 terjadi pada sore hari, pukul 17.20.10 di siklus ke 531 dengan panjang antrian maksimum 104 meter.

Tabel 4.13 Panjang antrian pada Jl. Ranu Grati hari Sabtu, 18 Februari 2017

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	panjang (m)	panjang (m)	panjang (m)
Jl. Ranu Grati	103	96	104

Sumber : Pengolahan Data Volume Arus Lalu Lintas

Jadi dari perbandingan antara pagi, siang, dan sore diatas, maka dapat di simpulkan bahwa antrian puncak yang terjadi pada kaki simpang Jl. Ranu Grati pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 terjadi pada sore hari, pukul 17.20.10 di siklus ke 531 dengan panjang antrian maksimum 104 meter.

- Perbandingan titik puncak antara hari kerja dan hari libur

Perbandingan titik puncak antara hari kerja dan hari libur yang terjadi pada kaki simpang Jl. Ranu Grati (Barat) dapat dilihat pada data grafik sebagai berikut:

- Hari kerja :

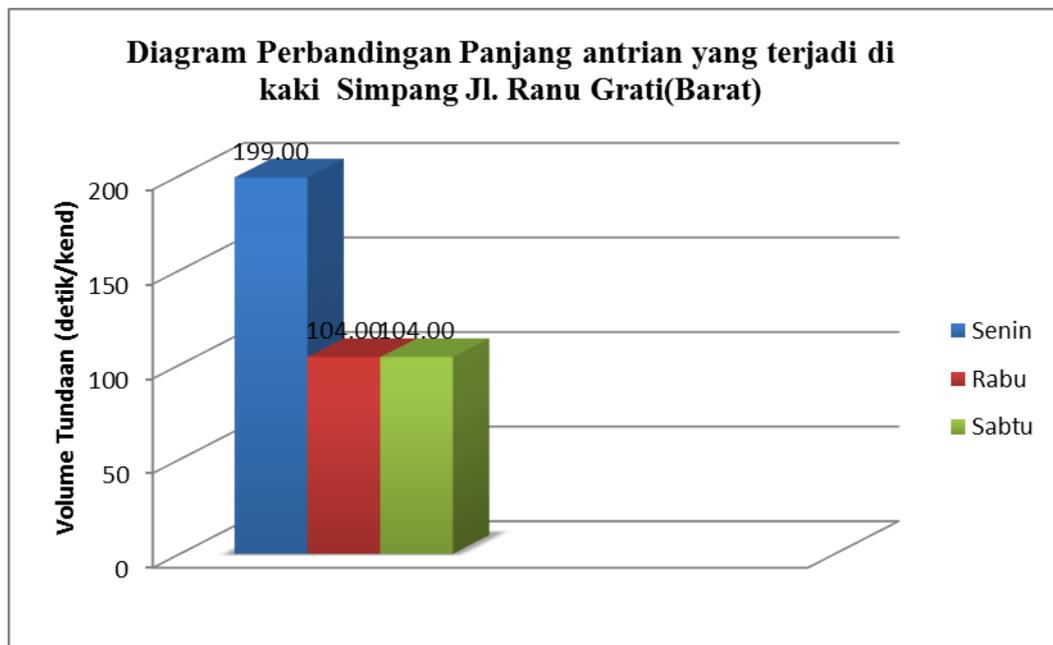
Senin = 199.00 Meter, terjadi pada pagi hari pada pukul 07.32.15

Rabu = 104.00 Meter, terjadi pada siang hari pada pukul 17.20.10

- Hari Libur

Sabtu = 104.00 Meter, terjadi pada sore hari pada pukul 17.20.10

Panjang antrian dalam 3hari diatas Jl. Ranu Grati (Barat) dapat di lihat pada diagram berikut:



Gambar 4.19 Diagram Perbandingan Panjang Antrian

Dari data dan diagram perbandingan kepadatan Panjang antrian diatas dapat kita lihat bahwa Panjang antrian tertinggi terjadi pada hari Senin di Pagi hari pukul 07.32.15 dengan panjang antrian 199 meter, panjang antrian tertinggi berikutnya terjadi pada hari Rabu di Siang hari pukul 15.06.42 dengan panjang antrian mencapai 105 meter, dan panjang antrian terendah dalam tiga hari survey di Jl. Ranu Grati terjadi pada hari sabtu di siang hari pada pukul 12.51.57 dengan panjang antrian mencapai 96 meter.

Karena panjang antrian tertinggi terjadi pada pendekat barat hari Senin, 13 Februari 2017 yang mana panjang antriannya mencapai 199 meter, maka disimpulkan bahwa panjang antrian maksimal pada kaki simpang pendekat barat Jl. Ranu Grati terjadi pada hari Kerja, yaitu hari Senin, 13 Februari 2017 pada siang hari pukul 07.32.15.

b) Analisa jam puncak persimpang

Tabel 4.14 Panjang antrian pada Jl. Danau Toba hari Senin, 13 Februari 2017

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	panjang (m)	panjang (m)	panjang (m)
Jl. Danau Toba	245	229	262

Sumber : Pengolahan Data Volume Arus Lalu Lintas

Jadi dari perbandingan antara pagi, siang, dan sore diatas, maka dapat di simpulkan bahwa antrian puncak yang terjadi pada kaki simpang Jl. Danau Toba pada hari Senin, 13 february 2017 terjadi pada Pagi hari, pukul 16.48.05 di siklus ke 506 dengan panjang antrian maksimum 262 meter.

Tabel 4.15 Panjang antrian pada Jl. Danau Toba hari Rabu, 15 Februari 2017

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	Panjang (m)	Panjang (m)	Panjang (m)
Jl. Danau Toba	91	97	101

Sumber : Pengolahan Data Volume Arus Lalu Lintas

Jadi dari perbandingan antara pagi, siang, dan sore diatas, maka dapat di simpulkan bahwa antrian puncak yang terjadi pada kaki simpang Jl. Danau Toba pada hari Rabu, 15 Februari 2017 terjadi pada siang hari, pukul 17.12.28 di siklus ke 525 dengan panjang antrian maksimum 101 meter.

Tabel 4.16 Panjang antrian pada Jl. Danau Toba hari Sabtu, 18 Februari 2017

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	panjang (m)	panjang (m)	panjang (m)
Jl. Danau Toba	85	93	102

Sumber : Pengolahan Data Volume Arus Lalu Lintas

Jadi dari perbandingan antara pagi, siang, dan sore diatas, maka dapat di simpulkan bahwa antrian puncak yang terjadi pada kaki simpang pendekat Timur Jl. Danau toba pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 terjadi pada sore hari, pukul 17.20.29 di siklus ke 531 dengan panjang antrian maksimum 104 meter.

- Perbandingan titik puncak antara hari kerja dan hari libur

Perbandingan titik puncak antara hari kerja dan hari libur yang terjadi pada kaki simpang Jl. Danau Toba (Timur) dapat dilihat pada data grafik sebagai berikut:

- Hari kerja :

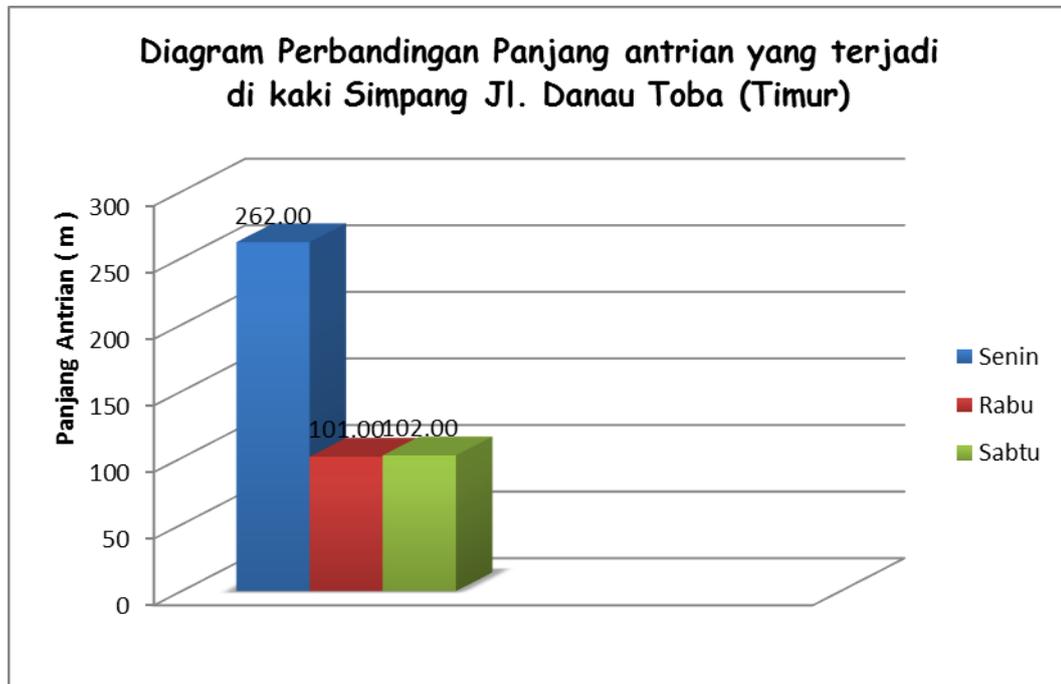
Senin = 262.00 Meter, terjadi pada sore hari pada pukul 16.48.05

Rabu = 101.00 Meter, terjadi pada siang hari pada pukul 17.12.28

- Hari Libur

Sabtu = 102.00 Meter, terjadi pada sore hari pada pukul 17.20.29

Panjang antrian dalam 3hari diatas Jl. Ranu Grati (Barat) dapat di lihat pada diagram berikut:



Gambar 4.20 Diagram Perbandingan Panjang Antrian

Dari data dan diagram perbandingan kepadatan Panjang antrian diatas dapat kita lihat bahwa Panjang antrian tertinggi terjadi pada pendekatan timur Jl. Danau Toba hari Senin di Sore hari pukul 16.48.05 dengan panjang antrian 262 meter, panjang antrian tertinggi berikutnya terjadi pada pendekatan barat Jl. Rabu Grati hari Rabu di Sore hari pukul 17.20.10 dengan panjang antrian mencapai 104 meter, dan panjang antrian terendah dalam tiga hari survey di Jl. Danau Toba terjadi pada hari sabtu di Pagi hari pada pukul 07.29.50 dengan panjang antrian mencapai 85 meter.

Karena panjang antrian tertinggi terjadi pada hari Senin yang mana panjang antriannya mencapai 262 meter, maka disimpulkan bahwa panjang antrian maksimal pada kaki simpang Jl. Danau Toba terjadi pada hari Pulang Kerja, yaitu hari Senin, 13 Februari 2017 pada siang hari pukul 16.48.05.

4.6 Perbandingan Panjang Antrian Survey Lapangan dan Perhitungan MKJI 1997 pada Pedekat Barat dan Timur

Tabel 4.17 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Barat)

Periode Jam Puncak Pagi

No.	Hari	Survey Lapangan	MKJI 1997
1.	Senin, 13 Februari 2017	199 m	386 m
2.	Rabu, 15 Februari 2017	103 m	91 m
3.	Sabtu, 18 Februari 2017	103 m	133 m

Pada tabel diatas dapat dilihat Panjang antrian antara Survey lapangan dan perhitungan MKJI 1997 terdapat perbedaan yang signifikan pada hari Senin, 13 Februari 2017 sebesar (-) 93.970 % , hari Rabu, 15 Februari 2017 sebesar (+) 11.650 % , dan pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 sebesar (-) 29.127 %.

Tabel 4.18 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Barat)

Periode Jam Puncak Siang

No.	Hari	Survey Lapangan	MKJI 1997
1.	Senin, 13 Februari 2017	148 m	605 m
2.	Rabu, 15 Februari 2017	91 m	131 m
3.	Sabtu, 18 Februari 2017	96 m	136 m

Pada tabel diatas dapat dilihat Panjang antrian antara Survey lapangan dan perhitungan MKJI 1997 terdapat perbedaan yang signifikan pada hari Senin, 13 Februari 2017 sebesar (-) 308.79 % , hari Rabu, 15 Februari 2017 sebesar (-) 24.761 % , dan pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 sebesar (-) 41.67%.

Tabel 4.19 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Barat)

Periode Jam Puncak Sore

No.	Hari	Survey Lapangan	MKJI 1997
1.	Senin, 13 Februari 2017	151 m	847 m
2.	Rabu, 15 Februari 2017	104 m	127 m
3.	Sabtu, 18 Februari 2017	104 m	127 m

Pada tabel diatas dapat dilihat Panjang antrian antara Survey lapangan dan perhitungan MKJI 1997 terdapat perbedaan yang signifikan pada hari Senin, 13 Februari 2017 sebesar (-) 460.92 % , hari Rabu, 15 Februari 2017 sebesar (-) 22.115 % , dan pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 sebesar (-) 22.115 %.

Tabel 4.20 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Timur)

Periode Jam Puncak Pagi

No.	Hari	Survey Lapangan	MKJI 1997
1.	Senin, 13 Februari 2017	245 m	84 m
2.	Rabu, 15 Februari 2017	91 m	87 m
3.	Sabtu, 18 Februari 2017	85 m	81 m

Pada tabel diatas dapat dilihat Panjang antrian antara Survey lapangan dan perhitungan MKJI 1997 terdapat perbedaan yang signifikan pada hari Senin, 13 Februari 2017 sebesar (+) 65.715 % , hari Rabu, 15 Februari 2017 sebesar (+) 4.396 % , dan pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 sebesar (+) 4.706 %.

Tabel 4.21 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Timur)

Periode Jam Puncak Siang

No.	Hari	Survey Lapangan	MKJI 1997
1.	Senin, 13 Februari 2017	229 m	68 m
2.	Rabu, 15 Februari 2017	97 m	70 m
3.	Sabtu, 18 Februari 2017	93 m	64 m

Pada tabel diatas dapat dilihat Panjang antrian antara Survey lapangan dan perhitungan MKJI 1997 terdapat perbedaan yang signifikan pada hari Senin, 13 Februari 2017 sebesar (+) 70.305 % , hari Rabu, 15 Februari 2017 sebesar (+) 27.835 % , dan pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 sebesar (+) 31.182 %.

Tabel 4.22 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Timur)

Periode Jam Puncak Sore

No.	Hari	Survey Lapangan	MKJI 1997
1.	Senin, 13 Februari 2017	629 m	54 m
2.	Rabu, 15 Februari 2017	101 m	70 m
3.	Sabtu, 18 Februari 2017	102 m	49 m

Pada tabel diatas dapat dilihat Panjang antrian antara Survey lapangan dan perhitungan MKJI 1997 terdapat perbedaan yang signifikan pada hari Senin, 13 Februari 2017 sebesar (+) 91.414 % , hari Rabu, 15 Februari 2017 sebesar (+) 30.70 % , dan pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 sebesar (+) 51.970 %.

4.6 Pengolahan Data Tundaan

Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal:

- 1) TUNDAAN LALU LINTAS (DT) karena interaksi lalu-lintas dengan gerakan lainnyapada suatu simpang.
- 2) TUNDAAN GEOMETRI (DG) karena perlambatan dan percepatan saat membelok padasuatu simpang dan/atau terhenti karena lampu merah.

Waktu sinyal per satu siklus adalah 78 detik di mana untuk waktu merah adalah 30 detik, waktu hijau 45 detik, dan waktu kuning adalah 3 detik. Surveyor mencatat jumlah kendaraan henti setiap 1 menit pada saat lampu merah dan dicatat setiap periode 15 detik dan pada akhirnya sampai pada 60 detik. Kemudian, dicatat kendaraan total berhenti dan dicatat juga kendaraan yang menerus atau yang rata-

rata kendaraan yang berbelok kiri tanpa mengikuti isyarat lampu merah dan juga kendaraan yang tidak kena lampu merah tapi langsung jalan.

Tabel data tundaan pada Senin, 13 Februari 2017, Rabu 15 Februari 2017, Sabtu 18 Februari 2017 pada Jl. Ranu Grati – Jl. Danau Toba dalam satu siklus.

Tabel 4.23 Perhitungan Tundaan Survey Lapangan

Senin, 13 Februari 2017

Pendekat	Waktu	Rata - Rata Tundaan Lapangan detik/kend
Jl. Ranu Grati (Barat)	Pagi	33.932
Jl. Danau Toba (Timur)	Pagi	45.419
Rata - Rata Tundaan detik/kendaraan		45.419
Jl. Ranu Grati (Barat)	Siang	30.326
Jl. Danau Toba (Timur)	Siang	37.200
Rata - Rata Tundaan detik/kendaraan		37.200
Jl. Ranu Grati (Barat)	Sore	30.261
Jl. Danau Toba (Timur)	Sore	37.200
Rata - Rata Tundaan detik/kendaraan		37.200
Rata - Rata Tundaan simpang detik/kendaraan		39.939

Tabel 4.24 Perhitungan Tundaan Survey Lapangan

Rabu, 15 Februari 2017

Pendekat	Waktu	Rata - Rata Tundaan Lapangan detik/kend
Jl. Ranu Grati (Barat)	Pagi	28.182
Jl. Danau Toba (Timur)	Pagi	42.730
Rata - Rata Tundaan detik/kendaraan		42.730
Jl. Ranu Grati (Barat)	Siang	33.932
Jl. Danau Toba (Timur)	Siang	46.500
Rata - Rata Tundaan detik/kendaraan		46.500
Jl. Ranu Grati (Barat)	Sore	26.713
Jl. Danau Toba (Timur)	Sore	35.159
Rata - Rata Tundaan detik/kendaraan		35.159
Rata - Rata Tundaan simpang detik/kendaraan		41.463

Tabel 4.25 Perhitungan Tundaan Survey Lapangan

Sabtu, 18 Februari 2017

Pendekat	Waktu	Rata - Rata Tundaan Lapangan detik/kend
Jl. Ranu Grati (Barat)	Pagi	36.446
Jl. Danau Toba (Timur)	Pagi	39.662
Rata - Rata Tundaan detik/kendaraan		39.662
Jl. Ranu Grati (Barat)	Siang	36.000
Jl. Danau Toba (Timur)	Siang	20.777
Rata - Rata Tundaan detik/kendaraan		36.000
Jl. Ranu Grati (Barat)	Sore	32.480
Jl. Danau Toba (Timur)	Sore	26.040
Rata - Rata Tundaan detik/kendaraan		32.480
Rata - Rata Tundaan simpang detik/kendaraan		36.047

Tabel 4.26 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Barat)

Periode Jam Puncak Pagi

No.	Hari	Survey Lapangan	MKJI 1997
1.	Senin, 13 Februari 2017	33.932 kend/det	235.19 kend/det
2.	Rabu, 15 Februari 2017	28.182 kend/det	17.32 kend/det
3.	Sabtu, 18 Februari 2017	36.446 kend/det	59.38 kend/det

Pada tabel diatas dapat dilihat Tundaan antara Survey lapangan dan perhitungan MKJI 1997 terdapat perbedaan yang signifikan pada hari Senin, 13 Februari 2017 sebesar (-) 593.121 % , hari Rabu, 15 Februari 2017 sebesar (+) 38.542 % , dan pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 sebesar (-) 62.950 %.

Tabel 4.27 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Barat)

Periode Jam Puncak Siang

No.	Hari	Survey Lapangan	MKJI 1997
1.	Senin, 13 Februari 2017	30.326 kend/det	361.74 kend/det
2.	Rabu, 15 Februari 2017	33.932 kend/det	55.34 kend/det
3.	Sabtu, 18 Februari 2017	36.000 kend/det	68.01 kend/det

Pada tabel diatas dapat dilihat Tundaan antara Survey lapangan dan perhitungan MKJI 1997 terdapat perbedaan yang signifikan pada hari Senin, 13 Februari 2017 sebesar (-) 91.616 % , hari Rabu, 15 Februari 2017 sebesar (-) 63.090 % , dan pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 sebesar (-) 88.917 %.

Tabel 4.28 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Barat)

Periode Jam Puncak Sore

No.	Hari	Survey Lapangan	MKJI 1997
1.	Senin, 13 Februari 2017	30.261 kend/det	502.73 kend/det
2.	Rabu, 15 Februari 2017	26.713 kend/det	45.96 kend/det
3.	Sabtu, 18 Februari 2017	26.040 kend/det	9.620 kend/det

Pada tabel diatas dapat dilihat Tundaan antara Survey lapangan dan perhitungan MKJI 1997 terdapat perbedaan yang signifikan pada hari Senin, 13 Februari 2017 sebesar (-) 93.980 % , hari Rabu, 15 Februari 2017 sebesar (-) 72.051 % , dan pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 sebesar (-) 63.056 %.

Tabel 4.29 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Timur)

Periode Jam Puncak Pagi

No.	Hari	Survey Lapangan	MKJI 1997
1.	Senin, 13 Februari 2017	45.419 kend/det	14.27 kend/det
2.	Rabu, 15 Februari 2017	42.730 kend/det	14.71 kend/det
3.	Sabtu, 18 Februari 2017	39.446 kend/det	13.79 kend/det

Pada tabel diatas dapat dilihat Tundaan antara Survey lapangan dan perhitungan MKJI 1997 terdapat perbedaan yang signifikan pada hari Senin, 13 Februari 2017 sebesar (+) 68.581 % , hari Rabu, 15 Februari 2017 sebesar (+) 65.574 % , dan pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 sebesar (+) 65.040 % .

Tabel 4.30 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Timur)

Periode Jam Puncak Siang

No.	Hari	Survey Lapangan	MKJI 1997
1.	Senin, 13 Februari 2017	37.200 kend/det	11.88 kend/det
2.	Rabu, 15 Februari 2017	46.500 kend/det	12.10 kend/det
3.	Sabtu, 18 Februari 2017	20.777 kend/det	11.40 kend/det

Pada tabel diatas dapat dilihat Tundaan antara Survey lapangan dan perhitungan MKJI 1997 terdapat perbedaan yang signifikan pada hari Senin, 13 Februari 2017 sebesar (+) 68.064 % , hari Rabu, 15 Februari 2017 sebesar (+) 73.97 % , dan pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 sebesar (+) 45.131 % .

Tabel 4.31 Perbandingan Survey dan MKJI 1997 (Pendekat Timur)

Periode Jam Puncak Sore

No.	Hari	Survey Lapangan	MKJI 1997
1.	Senin, 13 Februari 2017	37.200 kend/det	10.24 kend/det
2.	Rabu, 15 Februari 2017	35.159 kend/det	12.10 kend/det
3.	Sabtu, 18 Februari 2017	26.040 kend/det	9.62 kend/det

Pada tabel diatas dapat dilihat Tundaan antara Survey lapangan dan perhitungan MKJI 1997 terdapat perbedaan yang signifikan pada hari Senin, 13 Februari 2017 sebesar (+) 72.473 % , hari Rabu, 15 Februari 2017 sebesar (+) 65.584 % , dan pada hari Sabtu, 18 Februari 2017 sebesar (+) 64.439 %.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

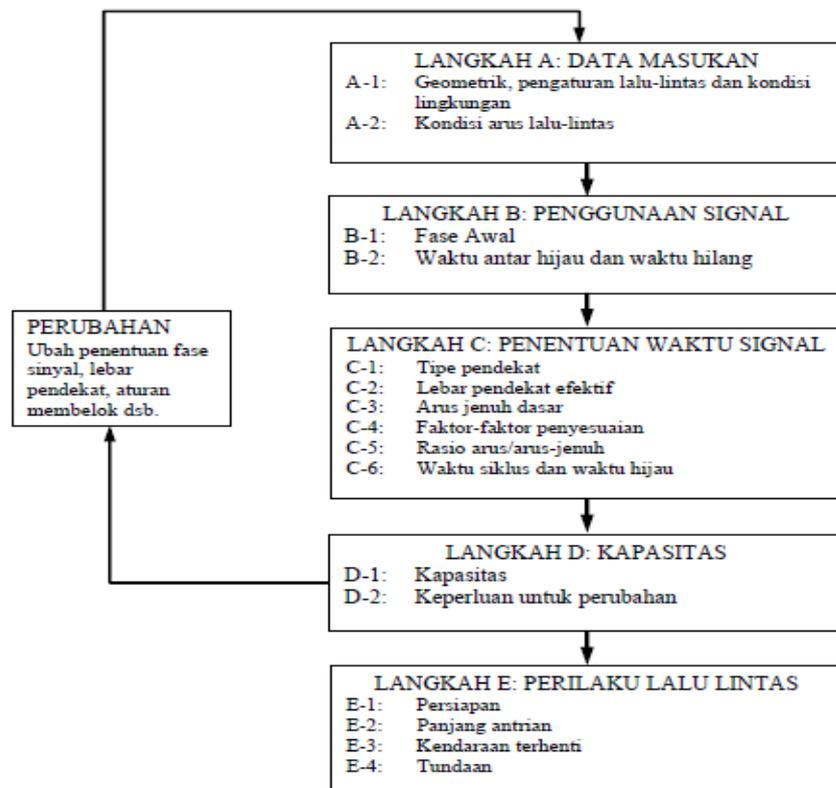
Pada bab ini akan dilakukan evaluasi dari data perhitungan hasil survey pada simpang dan ruas Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang. Untuk melihat karakteristik kinerja simpang dan karakteristik kinerja ruas jalan dalam menentukan tingkat pelayanan jalan kondisi saat ini. Untuk menentukan kinerja simpang maka dievaluasi dan dianalisa volume kendaraan, panjang antrian kendaraan, dan tundaan. Sedangkan, analisa kinerja ruas Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang dengan menentukan arus dan komposisi arus lalu lintas, kecepatan arus bebas, kapasitas, dan derajat kejenuhan untuk menentukan tingkat pelayanan jalan kondisi saat ini.

Dalam menganalisa data perhitungan hasil survey, akan menggunakan metode perhitungan yang terdapat pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015. Hasil analisa yang didapatkan akan dievaluasi dan dibandingkan antara analisa dilapangan dan analisa menggunakan MKJI 1997 agar dapat memberikan alternative penyelesaian masalah dan prediksi kinerja simpang dan ruas Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang jika solusi yang didapatkan dari penelitian ini diterapkan.

5.2 Karakteristik Arus Lalu Lintas Simpang

5.2.1 Analisa Kinerja Simpang Kondisi Eksisting

Pertigaan Jalan Ranu Grati merupakan jalan yang dekat dengan Persimpangan Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang sehingga pergerakan arus kendaraan yang sangat berpengaruh adalah pergerakan arus pada simpang. Untuk melihat pengaruh simpang bersinyal terhadap kinerja ruas Jalan Raya Karanglo besarnya pengaruh volume lalu lintas terhadap kelancaran yang lewat akan mempengaruhi kondisi lalu lintas. Analisa kinerja simpang kondisi eksisting akan dianalisa mengacu pada MKJI 1997 untuk menentukan langkah langkah perencanaan simpang bersinyal.



Gambar 5.1 Bagan Alir Perhitungan Simpang Bersinyal

Sumber : (MKJI 1997, Simpang Bersinyal :2-36)

Langkah- langkah Perencanaan simpang bersinyal dalam tabel- tabel formulir SIG sesuai dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia antara lain:

Langkah A : Mengisi data yang ada pada tabel formulir SIG – I sesuai kondisi lapangan yang ada

Kota : Malang

Ukuran kota : ± 856.410 jiwa

Hari/tanggal : Senin, 13 Februari 2017

Jumlah fase lampu lalu lintas : 2 fase

1. Kode Pendekat, kode pendekat ditunjukkan berdasarkan arah mata angin.

2. Tipe Lingkungan Jalan :

- a. Jl. Sawojajar (Utara) : Komersial
- b. Jl. Simp Ranu Grati (Selatan) : Pemukiman
- c. Jl. Ranu Grati (Barat) : Komersial
- d. Jl. Danau Toba (Timur) : Komersial

3. Hambatan Samping

- a. Jl. Sawojajar : Sedang
- b. Jl. Simp Ranu Grati : Rendah
- c. Jl. Ranu Grati : Tinggi
- d. Jl. Danau Toba : Sedang

4. Median, pada Persimpangan Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang tidak memiliki median, begitu juga pada Jalan Saowjajar – Jalan Simpang Ranu Grati tidak memiliki median.

5. Kelandaian, kelandaian pada Persimpangan Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang adalah ± 1 .
6. Belok Kiri diperbolehkan, pada Persimpangan Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba dan Jalan Sawojajar – Jalan Simpang Ranu Grati untuk ke empat lengan simpangnya di perbolehkan untuk belok kiri tanpa harus berhenti pada saat lampu merah.
7. Jarak Ke kendaraan Parkir, Jarak Kendaraan parkir diasumsikan 1, karena daerah lengan simpang ada tempat parkir. Adapun lokasi parkir di wilayah pertokoan.
8. LU : $W_A = 6.6$ $W_{MASUK} = 6.6$ $W_{LTOR} = 1.6$ $W_{KELUAR} = 6.6$
 LS : $W_A = 4.5$ $W_{MASUK} = 4.5$ $W_{LTOR} = 1.2$ $W_{KELUAR} = 4.5$
 LB : $W_A = 4.5$ $W_{MASUK} = 4.5$ $W_{LTOR} = 1.7$ $W_{KELUAR} = 4.5$
 LT : $W_A = 7.0$ $W_{MASUK} = 7.0$ $W_{LTOR} = 1.7$ $W_{KELUAR} = 7.0$

Sedangkan, untuk mengisi pada kaki simpang berikutnya dapat ditentukan dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada tabel SIG – I pada lampiran.

Langkah B: Langkah untuk mengisi data yang ada pada tabel formulir SIG – II dalam menentukan arus lalu lintas adalah sebagai berikut.:

Tabel 5.1 Nilai Tipe Pendekat Terlindung dan Terlawan

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

Sumber : Dirjen. Bina Marga, MKJI : Simpang Bersinyal, 1997, hal 2-10

1. Kode Pendekat, Kode pendekat ditunjukkan berdasarkan arah mata angin.
2. Arah, pada kolom arah menunjukkan arah kendaraan belok kiri, lurus atau belok kanan dan total dari kendaraan.
3. Kendaraan/jam, jumlah kendaraan sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV) yang belok kiri, lurus, dan belok kanan dalam setiap jam nya.
4. smp/jam (Terlindung),terlindung/terlawan yaitu yang sesuai, tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan yang di ijinan. Smp/jam yaitu hasil perkalian antara kendaraan/jam dengan ekivalen mobil penumpang (emp) yang terlindung.
5. smp/jam (Terlawan), terlindung/terlawan yaitu yang sesuai, tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan yang di ijinan. Smp/jam yaitu hasil perkalian antara kendaraan/jam dengan ekivalen mobil penumpang (emp) yang terlawan.
6. Kendaraan/jam, cara menentukannya sama dengan langkah ke -3 hanya tipe kendarannya yang diganti.
7. smp/jam (terlindung), cara menentukannya sama dengan langkah ke-4.
8. smp/jam (terlawan), cara menentukannya sama dengan langkah ke-5.
9. Kendaraan/jam, cara menentukannya sama dengan langkah ke-3 hanya tipe kendarannya yang diganti.
10. smp/jam (Terlindung), cara menentukannya sama dengan langkah ke-4.
11. smp/jam (Terlawan), cara menentukannya sama dengan langkah ke-5.
12. Kendaraan/jam, penjumlahan dari kendaraan/jam pada kolom 3,6 dan 9 pada setiap arah.

13. smp/jam (Terlindung), penjumlahan dari kendaraan/jam pada kolom 4,7 dan 10 pada setiap arah.
14. smp/jam (Terlawan), penjumlahan dari kendaraan/jam pada kolom 5,8 dan 11 pada setiap arah.
15. Rasio Berbelok PLT, langkah perhitungan seperti dibawah.
16. Rasio Berbelok PRT, langkah perhitungan seperti dibawah.

Contoh perhitungan mencari P_{LT} dan P_{RT} untuk pengisian formulir SIG-II.
 Perhitungan arus kendaraan pada kaki simpang Jl. Ranu Grati, Senin 13 Februari 2017 pada jam puncak pagi hari .

- Arus kendaraan Belok Kiri :
 - a. Sepeda Motor : 94 smp/jam = 471 kend/jam
 - b. Kendaraan Ringan : 133 smp/jam = 133 kend/jam
 - c. Kendaraan Berat : 5.2 smp/jam = 4 kend/jam
 - d. Jumlah : 72.40 smp/jam = 116 kend/jam
- Arus kendaraan Belok Kanan
 - a. Sepeda Motor : 54 smp/jam = 156 kend/jam
 - b. Kendaraan Ringan : 47 smp/jam = 57 kend/jam
 - c. Kendaraan Berat : 2.6 smp/jam = 2 kend/jam
 - d. Jumlah : 78.6 smp/jam = 164 kend/jam
- Total Arus Kendaraan smp/jam
 - a. Sepeda Motor : 94 + 54 = 148
 - b. Kendaraan Ringan : 133 + 47 = 180

$$\text{c. Kendaraan Berat} \quad : \quad 5.2 + 2.6 \quad = \quad 7.8$$

$$\text{d. Jumlah} \quad = \quad 406 \text{ smp/jam}$$

➤ Total Arus Kendaraan kend/jam

$$\text{a. Sepeda Motor} \quad : \quad 471 + 156 \quad = \quad 627$$

$$\text{b. Kendaraan Ringan} \quad : \quad 133 + 57 \quad = \quad 190$$

$$\text{c. Kendaraan Berat} \quad : \quad 4 + 2 \quad = \quad 6$$

$$\text{d. Jumlah} \quad = \quad 823 \text{ kend/jam}$$

Untuk menghitung Rasio kendaraan belok kiri (P_{LT}) maka, digunakan rumus

$$P_{LT} = \frac{LT \text{ (kend/jam)}}{\text{Total (kend/jam)}} \quad \text{dimana :}$$

P_{LT} : Rasio kendaraan belok kiri (kend/jam)

LT : Arus kendaraan belok kiri (kend/jam)

Total : Total arus kendaraan per lengan simpang (kend/jam)

➤ Rasio Kendaraan Belok Kiri :

$$P_{LT} = 72.40 / 406 = 0.178$$

Untuk menghitung Rasio kendaraan belok kanan (P_{RT}) maka, digunakan rumus :

$$P_{RT} = \frac{RT \text{ (kend/jam)}}{\text{Total (kend/jam)}} \quad \text{dimana :}$$

P_{RT} : Rasio kendaraan belok kanan (kend/jam)

RT : Arus kendaraan belok kanan (kend/jam)

Total : Total arus kendaraan per lengan simpang (kend/jam)

➤ Rasio Kendaraan Belok Kanan :

$$P_{RT} = 78.6 / 406 = 0.193$$

17. Arus UM (Kend/ jam), arus kendaraan tak bermotor pada kaki simpang Jl. Ranu Grati pada jam puncak siang.

- Kendaraan Belok kiri = 4 kend/jam
- Kendaraan Lurus = 2 kend/jam
- Kendaraan belok kanan = 2 kend/jam
- Total kendaraan tak bermotor = 8 kend/jam

18. Rasio UM/MV : Yaitu pembagian antara jumlah total UM yang belok kiri lurus dan belok kanan dengan jumlah total kendaraan bermotor MV.

Untuk menghitung Rasio kendaraan (P_{UM}) maka, digunakan rumus :

$$P_{UM} = Q_{UM} / Q_{UMV} \quad \text{dimana :}$$

P_{UM} : Rasio kendaraan tak bermotor (kend/jam)

Q_{UM} : Arus kendaraan tak bermotor (kend/jam)

Q_{MV} : Total arus kendaraan per lengan simpang (kend/jam)

➤ Rasio Kendaraan:

$$P_{UM} = 8 / 406 = 0.019$$

Sedangkan, untuk mengisi pada kaki simpang berikutnya dapat ditentukan dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada tabel SIG – II pada lampiran.

Langkah C : Langkah untuk menentukan waktu antar hijau dan waktu hilang pada tabel formulir SIG – III adalah sebagai berikut :

Dimana :Merah Semua
$$= \left\{ \frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right\}_{MAX}$$

L_{EV}, L_{AV} : Jarak dari garis henti ke titik konflik masing – masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m).

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

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

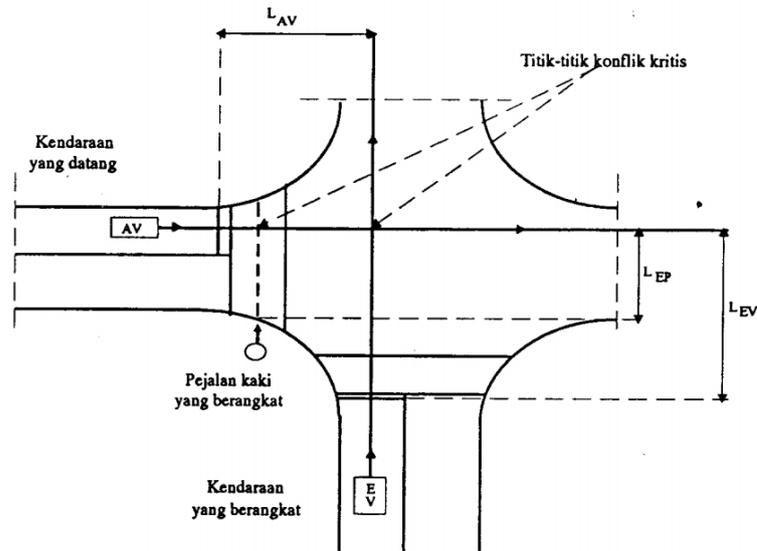
Kecepatan kendaraan yang datang V_{AV} : 10 m/det (Kendaraan bermotor)

Kecepatan kendaraan yang berangkat V_{EV} : 10 m/det (Kendaraan bermotor).

Panjang kendaraan yang berangkat I_{EV} : 5 m (LV atau HV)
2 m (MC atau UM)

Contoh untuk menentukan titik konflik dan jarak kendaraan berangkat kendaraan datang pada Persimpangan Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang yaitu :

1. Menentukan jarak dari garis henti ke titik konflik masing – masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang. (L_{EV} dan L_{AV}). Penentuan ini dilakukan dengan menggambar kejadian dengan titik konflik. Gambar dapat dilihat pada gambar.



Gambar 5.2 Titik Konflik Kritis dan Jarak Untuk Menentukan Keberangkatan dan Kedatangan

2. Nilai – nilai untuk V_{EV} , V_{AV} dan I_{EV} pada perempatan ini diambil:
 Kecepatan kendaraan yang datang (V_{AV}) = 10 m/detk (kend. bermotor)
 Kecepatan kendaraan yang berangkat (V_{EV}) = 10 m/detk (kend. bermotor)
 Panjang kendaraan yang berangkat (I_{EV}) = 5 m (LV atau HV)
3. Penentuan waktu merah semua dari fase 1 ke fase 2 adalah pembulatan ke nilai yang lebih besar dari perhitungan waktu merah semua.

Simpang Utara

$L_{EV} = 12.5 \text{ m}$

$L_{AV} = 4.19 \text{ m}$

$V_{EV} = 10 \text{ m/det}$

$V_{AV} = 10 \text{ m/det}$

$I_{EV} = 5 \text{ m}$

Fase 1 simpang utara

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{Merah semua} &= \left[\frac{(12.5 + 5)}{10} - \frac{4.19}{10} \right] \\ &= 1.330 \text{ det} \end{aligned}$$

Simpang Selatan

$$L_{EV} = 3.12 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 13.7 \text{ m}$$

$$V_{EV} = 10 \text{ m/det}$$

$$V_{AV} = 10 \text{ m/det}$$

$$I_{ev} = 5 \text{ m}$$

Fase 1 simpang selatan

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{Merah semua} &= \left[\frac{(3.12 + 5)}{10} - \frac{13.7}{10} \right] \\ &= -0.563 \text{ det} \end{aligned}$$

Simpang Barat

$$L_{EV} = 13.7 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 3.12 \text{ m}$$

$$V_{EV} = 10 \text{ m/det}$$

$$V_{AV} = 10 \text{ m/det}$$

$$I_{ev} = 5 \text{ m}$$

Fase 1 simpang utara

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{Merah semua} &= \left[\frac{(13.7 + 5)}{10} - \frac{3.12}{10} \right] \\ &= 1.563 \text{ det} \end{aligned}$$

Simpang Timur

$$L_{EV} = 4.19 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 12.5 \text{ m}$$

$$V_{EV} = 10 \text{ m/det}$$

$$V_{AV} = 10 \text{ m/det}$$

$$I_{ev} = 5 \text{ m}$$

Fase 1 simpang utara

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]$$

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(4.19 + 5)}{10} - \frac{12.5}{10} \right]$$

$$= -0.331 \text{ det}$$

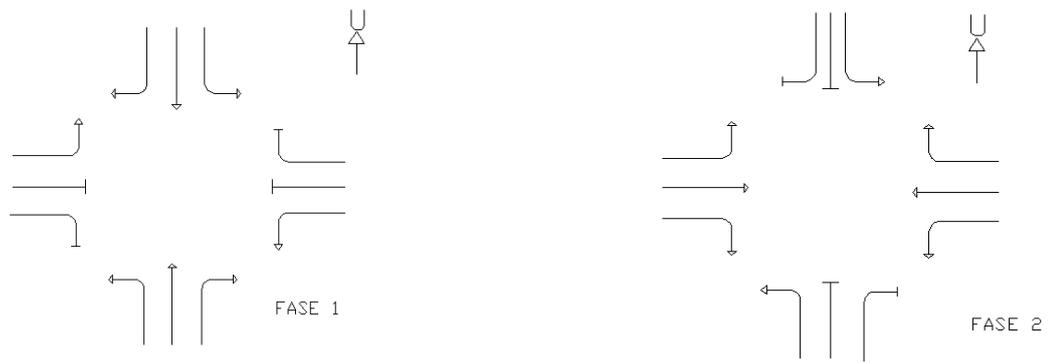
4. Waktu kuning total didapatkan dari 3 detik dikasih 2 fase maka diperoleh 4 detik.

$$\begin{aligned} 5. \text{ Waktu hilang total (LTI)} &= \sum (\text{Merah semua} + \text{waktu kuning}) \\ &= (6 + 4) \\ &= 10.00 \text{ detik} \end{aligned}$$

Contoh pengisian selanjutnya dapat dilihat pada formulir SIG-III pada lampiran.

Langkah D : Langkah untuk menentukan waktu sinyal dan kapasitas pada tabel formulir SIG – IV. Mengisi data seperti tabel formulir SIG –I sesuai dengan kondisi lapangan yang ada.

1. Kode Pendekat, kode pendekat ditunjukkan berdasarkan arah mata angin.
2. Hijau dalam fase nomor.
3. Tipe Pendekat.



Gambar 5.3 2Fase pada Simpang Sawojajar

4. Rasio kendaraan berbelok (PLTOR) merupakan, rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat.
5. Rasio kendaraan berbelok (PLT) merupakan, rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat yang belok ke kiri.

Pendekat utara = 1.00

Pendekat selatan = 1.00

Pendekat timur = 1.00

Pendekat timur = 1.00

6. Rasio kendaraan berbelok (PRT) merupakan, rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat yang belok ke kanan.

Pendekat utara = 0.942

Pendekat selatan = 0.503

Pendekat timur = 0.061

Pendekat timur = 0.072

7. Arus RT smp/jam (Arah Dari), kendaraan belok kanan dalam smp/jam dalam arahnya sendiri (Q_{RT}).

Pendekat utara = 0 smp/jam

Pendekat selatan = 0 smp/jam

Pendekat timur = 0 smp/jam

Pendekat timur = 0 smp/jam

8. Arus RT smp/jam (Arah Lawan), kendaraan belok kanan dalam smp/jam dalam arahnya berlawanan (Q_{RTO}).

Pendekat utara = 0.942 smp/jam

Pendekat selatan = 0.502 smp/jam

Pendekat timur = 0.060 smp/jam

Pendekat timur = 0.0718 smp/jam

9. Lebar efektif (m), $W_{LTOR} \geq 2$ m dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LTOR dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat selama sinyal merah.

Contoh untuk menentukan lebar efektif pada Persimpangan Jalan seperti

yang terlihat pada perhitungan dibawah:

Pendekat Utara:

W_A = Lebar pendekat = 7,0 m

W_{MASUK} = Lebar masuk = 7,0 m

W_{LTOR} = Kiri = 3,5 m

W_e = W_{MASUK} = 7,0 m

$W_{KELUAR} < W_e \times (1 - PRT)$ = 7,0 m

Pendekat Selatan:

W_A = Lebar pendekat = 4.5 m

W_{MASUK} = Lebar masuk = 4.5 m

$$W_{L\text{TOR}} = \text{Kiri} = 1.2 \text{ m}$$

$$W_e = W_{\text{MASUK}} = 4.5 \text{ m}$$

$$W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - \text{PRT}) = 4.5 \text{ m}$$

Pendekat Barat:

$$W_A = \text{Lebar pendekat} = 4.5 \text{ m}$$

$$W_{\text{MASUK}} = \text{Lebar masuk} = 4.5 \text{ m}$$

$$W_{L\text{TOR}} = \text{Kiri} = 1.7 \text{ m}$$

$$W_e = W_{\text{MASUK}} = 4.5 \text{ m}$$

$$W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - \text{PRT}) = 4.5 \text{ m}$$

Pendekat Timur:

$$W_A = \text{Lebar pendekat} = 7.0 \text{ m}$$

$$W_{\text{MASUK}} = \text{Lebar masuk} = 7.0 \text{ m}$$

$$W_{L\text{TOR}} = \text{Kiri} = 1.7 \text{ m}$$

$$W_e = W_{\text{MASUK}} = 7.0 \text{ m}$$

$$W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - \text{PRT}) = 7.0 \text{ m}$$

➤ **Rasio kendaraan berbelok**

Dari tabel formulir SIG –II (data pada Senin, 13 Februari 2017 jam puncak pagi hari) didapatkan:

$$\text{PRT} = 0,942 \quad \text{Simpang Utara}$$

$$\text{PLT} = 1.000$$

$$\text{PRT} = 0.503 \quad \text{Simpang Selatan}$$

$$\text{PLT} = 1.000$$

$$\text{PRT} = 0.061 \quad \text{Simpang Barat}$$

$$PLT = 1.000$$

$$PRT = 0.072 \quad \text{Simpang Timur}$$

$$PLT = 1.000$$

➤ **Arus RT smp/jam**

Arus RT smp/jam dibedakan arah dari (kendaraan terlindung) dan arah lawan (kendaraan terlawan), data di ambil pada formulir SIG-II pada arus belok kanan (RT) Senin, 13 Februari 2016 jam puncak pagi.

❖ Kaki simpang Jalan Sawojajar (Utara)

$$\text{Arah terlindung} = 0 \quad \text{kend/det}$$

$$\text{Arah terlawan} = 599 \quad \text{kend/det}$$

❖ Kaki simpang Jalan Simpang Ranu Grati (Selatan)

$$\text{Arah terlindung} = 0 \quad \text{kend/det}$$

$$\text{Arah terlawan} = 78.6 \quad \text{kend/det}$$

❖ Kaki simpang Jalan Ranu Grati (Barat)

$$\text{Arah terlindung} = 0 \quad \text{kend/det}$$

$$\text{Arah terlawan} = 1703.9 \quad \text{kend/det}$$

❖ Kaki simpang Jalan Danau Toba (Timur)

$$\text{Arah terlindung} = 0 \quad \text{kend/det}$$

$$\text{Arah terlawan} = 1621.5 \quad \text{kend/det}$$

10. Nilai dasar smp/jam (Hijau), menghitung arus jenuh dasar dengan rumus:

$$So = 600 \times We$$

Contoh perhitungan untuk menentukan nilai dasar pada Persimpangan Jalan Jalan Sawojajar seperti dibawah.

- a. Jalan Sawojajar (Utara) = 600 x 3.3 = 1980 smp/jam
- b. Jalan Simp Ranu Grati (Selatan) = 600 x 4.5 = 2700 smp/jam
- c. Jalan Ranu Grati (Barat) = 600 x 4.5 = 2700 smp/jam
- d. Jalan Danau Toba (Timur) = 600 x 7 = 4200 smp/jam

11. Faktor – faktor penyesuaian semua tipe pendekat (Ukuran Kota F_{CS})

Tabel 5.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota
$\leq 3,0$	1,05
1,0 - 3,0	1,00
5,0 - 1,0	0,94
0,1-0,5	0,83
$\leq 0,1$	0,82

Sumber :(MKJI 1997 , *Simpang Bersinyal* : 2-53)

Berdasarkan sumber dari buku Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kota Malang Tahun 2011 - 2015, perkembangan penduduk kota Malang 0.5 – 1.0 jiwa. Sehingga, digunakan nilai F_{CS} = 0.94

1.2 Faktor – faktor penyesuaian semua tipe pendekat (Hambatan Samping F_{SF})

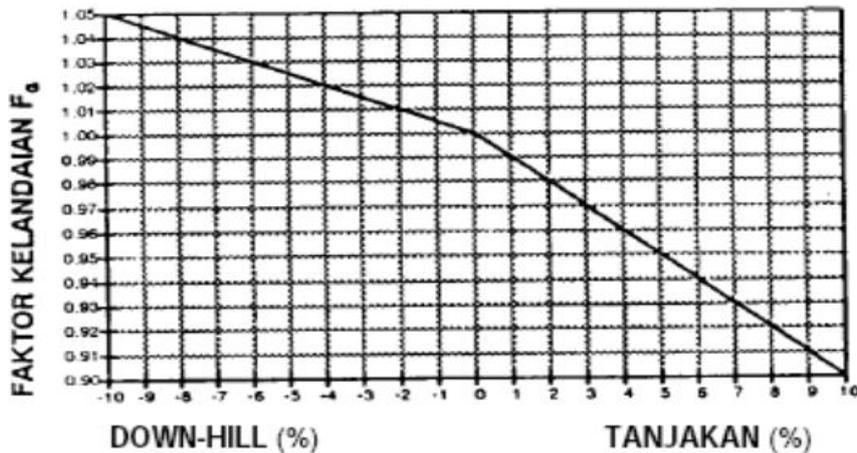
Tabel 5.3 Faktor Penyesuaian untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (FSF)

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
Pemukiman RES	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,0	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	0,98	0,93	0,90	0,88

Sumber: (MKJI 1997, Simbang Bersinyal :2-53)

Digunakan nilai F_{SF} terlindung dan terlawan = 0,93

12. Faktor – faktor penyesuaian semua tipe pendekatan (Kelandaian F_G)



Gambar 5.4 Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (F_G)

Sumber: (MKJI 1997, Simbang Bersinyal :2-54)

Digunakan nilai $F_G = 1,00$ karena daerah lokasi studi termasuk datar.

13. Faktor – faktor penyesuaian semua tipe pendekat (Parkir F_P)

Untuk menentukan faktor penyesuaian parkir digunakan rumus seperti dibawah :

$$F_P = (L_P/3 - (W_A - 2) \times (L_P/3 - g) / W_A) / g$$

dimana :

L_P = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m)

W_A = Lebar pendekat (m)

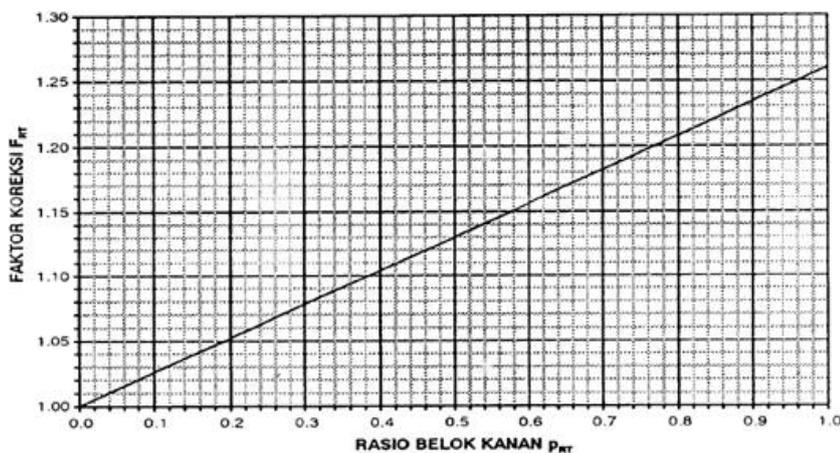
G = Waktu hijau pada pendekat.

$$\begin{aligned} \text{maka, } F_P &= (1/3 - (4.5 - 2) \times (1/3 - 4.5) / 4.5) / 4.5 \\ &= 1.00 \end{aligned}$$

Digunakan nilai $F_P = 1.00$

14. Faktor – faktor penyesuaia Belok Kanan (F_{RT})

Menentukan faktor penyesuaian untuk belok kanan bisa menggunakan rumus $F_{RT} = 1.0 + P_{RT} \times 0.26$ atau dengan gambar grafik 5.2.3 dibawah.



Gambar 5.5 Grafik Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kanan (F_{RT})

Sumber : (MKJI 1997, *Simpang Bersinyal* :2-55)

Contoh perhitungan mencari faktor penyesuaian belok kanan pada
Persimpangan Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba sebagai berikut:

- Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Sawojajar (Utara)

$$\begin{aligned} \text{FRT} &= 1 + (\text{PRT}) \times 0.26 \\ &= 1 + (0.942 \times 0.26) \\ &= 1,245 \end{aligned}$$

- Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Simpang Ranu Grati (Selatan)

$$\begin{aligned} \text{FRT} &= 1 + (\text{PRT}) \times 0.26 \\ &= 1 + (0.503 \times 0.26) \\ &= 1.131 \end{aligned}$$

- Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Ranu Grati (Barat)

$$\begin{aligned} \text{FRT} &= 1 + (\text{PRT}) \times 0.26 \\ &= 1 + (0.061 \times 0.26) \\ &= 1.0016 \end{aligned}$$

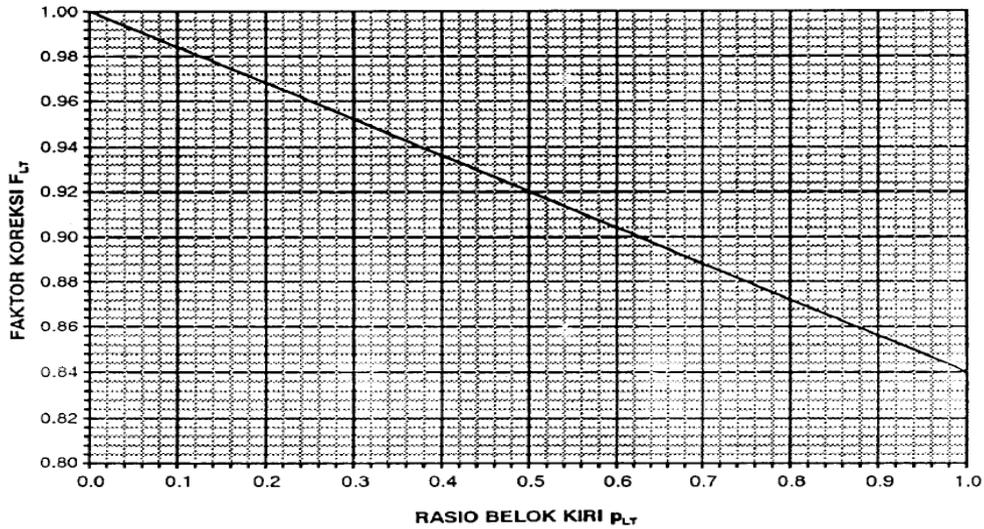
- Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Danau Toba (timur)

$$\begin{aligned} \text{FRT} &= 1 + (\text{PRT}) \times 0.26 \\ &= 1 + (0.072 \times 0.26) \\ &= 1,019 \end{aligned}$$

15. Faktor –faktor penyesuaia Belok Kiri (F_{LT})

Menentukan faktor penyesuaian untuk belok kiri bisa menggunakan rumus:

$F_{RT} = 1.0 + P_{LT} \times 0.16$ atau dengan gambar grafik 5.2.4 dibawah.



Gambar 5.6 Grafik Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kiri (F_{LT})

Sumber : Sumber: (MKJI 1997 , Simpang Bersinyal :2-56)

Contoh perhitungan mencari faktor penyesuaian belok kiri pada Persimpangan Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba sebagai berikut:

- Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Sawojajar (Utara)

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1 - (PLT \times 0.16) \\ &= 1 - (1.000 \times 0.16) \\ &= 0.840 \end{aligned}$$

- Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Simp Ranu Grati (Selatan)

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1 - (PLT \times 0.16) \\ &= 1 - (1.000 \times 0.16) \\ &= 0.840 \end{aligned}$$

- Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Ranu Grati (Barat)

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1 - (PLT \times 0.16) \\ &= 1 - (1.000 \times 0.16) \end{aligned}$$

$$= 0.840$$

- Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Danau Toba (Timur)

$$\begin{aligned} \text{FRT} &= 1 - (\text{PLT} \times 0.16) \\ &= 1 - (1.000 \times 0.16) \\ &= 0.840 \end{aligned}$$

16. Nilai di sesuaikan smp/jam hijau (S), dengan menggunakan rumus:

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ smp/jam hijau}$$

Contoh Perhitungan Arus jenuh yang disesuaikan pada kaki Jl. Ranu Grati (Barat), Senin, 13 Februari 2017 jam puncak pagi :

$$\begin{aligned} S &= S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\ S &= 2700 \times 0.94 \times 0.93 \times 1 \times 1 \times 1.016 \times 1 \\ &= 2397.653 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

17. Arus lalu lintas smp/ jam (Q) , masukan arus lalu lintas masing – masing pendekat. Arus lalu lintas diambil dari data volume, misalnya pada kaki lengan utara Jl. Ranu Grati – Jl. Danau Toba Senin, 13 Februari 2017 jam puncak pagi adalah 174 smp/jam.

18. Rasio arus (FR), menghitung rasio arus lengan utara Jl. Ranu Grati. Senin, 13 Februari 2016 jam puncak pagi dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{FR} &= Q / S \\ \text{FR} &= 1704 / 2397.653 \\ &= 0.711 \\ \text{IFR} &= \text{Jumlah dari rasio FR pada seluruh kaki simpang.} \\ \text{IFR} &= 0.295 + 0.059 + 0.711 + 0.434 \end{aligned}$$

$$= 1.005$$

$$19. \text{ Rasio fase (PR)} = \text{FRcrit} / \text{IFR}$$

$$\text{PR} = 0.711 / 1.005$$

$$= 0.707$$

20. Waktu hijau (detik), analisa kondisi eksisting diisikan waktu hijau yang ada.

21. Kapasitas(smp/jam), analisa kapasitas masing – masing pendekat dengan menggunakan rumus :

$$C = S \times g / c \text{ (smp/jam)}$$

Contoh perhitungan kapasitas pada Persimpangan Jalan Ranu Grati – Jalan

Danau toba Senin, 13 Februari 2017 jam puncak pagi:

❖ Waktu hilang pada simpang :

$$\text{LTI} = \sum (\text{merah semua} + \text{kuning})$$

$$= 10 \text{ detik}$$

❖ Waktu Siklus = 75 detik

$$\text{CU} = g/c \times S = 20 / 75 \times 2154.886 = 574.6 \text{ smp/jam}$$

$$\text{CS} = g/c \times S = 20 / 75 \times 2668.951 = 711.7 \text{ smp/jam}$$

$$\text{CB} = g/c \times S = 45 / 75 \times 2397.653 = 1439 \text{ smp/jam}$$

$$\text{CT} = g/c \times S = 45 / 75 \times 3740.168 = 2244 \text{ smp/jam}$$

22. Derajat kejenuhan, menghitung derajat kejenuhan masing – masing pendekat dengan rumus :

$$\text{DS} = Q / C$$

Contoh perhitungan derajat kejenuhan pada Jalan Ranu Grati – Jalan Danau

Toba. Senin, 13 Februari 2017 Jam Puncak Pagi :

$$DSU = Q/C = 635 / 574.6 = 1.11$$

$$DSS = Q/C = 156 / 711.7 = 0.22$$

$$DSB = Q/C = 1704 / 1439 = 1.18$$

$$DST = Q/C = 1622 / 2244 = 0.72$$

Langkah E : Langkah untuk menentukan panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti, dan tundaan pada tabel formulir SIG – V. Mengisi data yang diperlukan sesuai dengan tabel formulir SIG –IV.

➤ **Langkah Menentukan Kinerja Simpang Bersinyal**

❖ Panjang Antrian .

Untuk $DS < 0,5$: $NQ1 = 0$ jika $DS > 0,5$ $NQ1$ bisa dihitung dengan rumus

sebagai berikut:
$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right]$$

Dimana : $NQ1$ = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = Derajat kejenuhan

Gr = Rasio hijau

C = Kapasitas smp/jam

Untuk menentukan $NQ2$ digunakan rumus :
$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Dimana :

$NQ2$ = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat kejenuhan

Gr = Rasio hijau

C = Kapasitas smp/jam

Qmasuk = Arus lalu lintas pada tempat masuk diluar LTOR

Antrian pada kaki simpang lengan Utara Jalan Ranu Grati pada jam puncak pagi :

$$NQ_1 = 0.25 \times 1438.59 \times \left[(1.18 - 1) + \sqrt{(1.18 - 1)^2 + \frac{8 \times (1.18 - 0.5)}{1438.59}} \right]$$

$$NQ_1 = 136.27 \text{ smp/jam}$$

$$NQ_2 = 75 \times \frac{1 - 0.60}{1 - 0.60 \times 1.18} \times \frac{1704}{3600}$$

$$NQ_2 = 49.07 \text{ smp}$$

❖ Jumlah Kendaraan Terhenti

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$NQ = 136.27 + 49.07$$

$$NQ = 185.34$$

❖ Perhitungan Panjang Antrian

$$QL = \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{masuk}}} = \frac{136.27 \times 20}{4.5} = 605.63 \text{ m}$$

Untuk mencari nilai NS digunakan rumus :

$$NS = 0.9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

dimana ,

C = Waktu siklus (detik)

Q = Arus Lalu Lintas (kend/detik) maka,

$$\begin{aligned}NS &= 0.9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \\ &= 0.9 \times \frac{185.34}{1704 \times 75} \times 3600 \\ &= 4.70 \text{ stop/jam}\end{aligned}$$

Untuk mencari nilai N_{SV} digunakan rumus:

$N_{SV} = Q \times NS$ (kend/jam) maka,

$$\begin{aligned}N_{SV} &= Q \times NS \\ &= 1704 \times 4.70 \\ &= 8007 \text{ det/kend}\end{aligned}$$

❖ Tundaan

Untuk mencari tundaan digunakan rumus : $DT = c \times A + \frac{NQ \times 3600}{C}$

dimana: DT = Tundaan lalu lintas rata –rata (det/kend)

c = waktu siklus yang disesuaikan

$$A = \frac{0.5 \times (1 - gr)^2}{(1 - GR \times DS)}$$

DS = derajat kejenuhan dari kolom 4

GR = Rasio hijau (q/c) dari kolom 5

NQ1 = jumlah kend yang tersisa dari fase hijau sebelumnya dari kolom 6

C = Kapasitas (smp/jam) dari kolom 3

$$DT = 75 \times 0.28 + \frac{136.27 \times 3600}{1438.59}$$
$$= 361.74 \text{ detik/smp (kolom 13)}$$

Tundaan rata – rata (D)

$$DG_j = (1 - P_{sv}) \times P_T \times 6 + (P_{sv} \times 4)$$

$$DG_j = (1 - 4.70) \times 1 \times 6 + (4.70 \times 4)$$

$$DG_j = 17.45$$

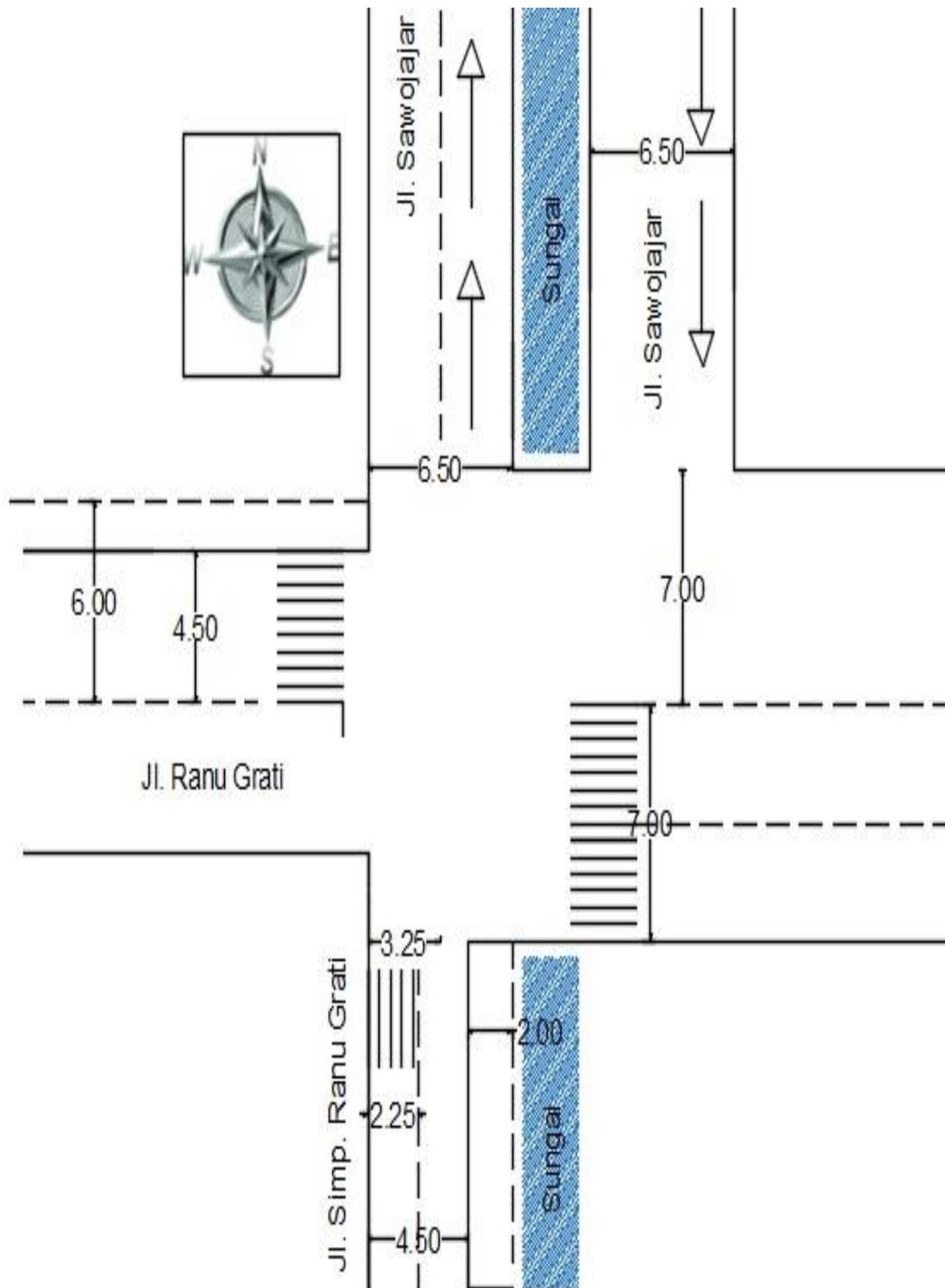
$$\begin{aligned} \text{Tundaan rata – rata (D)} &= DT + DG \\ &= 361.74 + 17.45 \\ &= 379.18 \text{ detik/smp (kolom 15)} \end{aligned}$$

$$D_{Tot} = D \times Q$$

$$D_{Tot} = 379.18 \times 1704$$

$$D_{Tot} = 646090.71$$

Perhitungan selengkapnya bias dilihat pada formulir SIG - 1 sampai dengan formulir SIG –V untuk semua lengan simpang pada persimpangan Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba, mulai hari Senin 13 Februari 2017, Rabu 15 Februari 2017, Sabtu 18 Februari 2017 pada semua jam puncak baik jam puncak pagi, siang, dan sore.



Gambar 5.7 Kondisi Eksisting Jl. Ranu Grati – Jl. Danau Toba

5.2.2 Evaluasi Nilai Derajat Kejenuhan (DS) Pada Kondisi Eksisting

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni lebar pendekat, hambatan samping, ukuran kota, median jalan utama, dan rasio berbelok. Berikut ini hasil pengolahan data dari derajat kejenuhan (DS) pada kondisi eksisting selama waktu periode pengamatan setiap jam puncak pagi, siang dan sore.

Dari hasil perhitungan , pada hari Senin, 13 Februari 2017 didapat untuk jam puncak pagi hari pukul 07.00 – 08.00, derajat kejenuhan untuk setiap pendekat melebihi 0.85 dan derajat kejenuhan paling tinggi adalah pada pendekat barat dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 1.11. Pada jam puncak siang hari pukul 12.30 – 13.30, nilai derajat kejenuhan untuk setiap pendekat melebihi 0.85 dan derajat kejenuhan paling tinggi ada pada pendekat barat dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 1.18. Dan pada jam puncak sore hari pukul 16.45 – 18.15, nilai derajat kejenuhan juga melebihi 0.85, yang dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997, derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada pendekat barat dengan nilai derajat kejenuhan 1.26.

Pada Hari Rabu, 24 Februari 2016 didapat untuk jam puncak pagi hari 07.00 – 08.00, nilai derajat kejenuhan ada yang melebihi 0.85 (pendekat barat), yang dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997, derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada pendekat utara dengan nilai derajat kejenuhan 1.15. Pada jam puncak siang hari pukul 14.30 – 15.30, derajat kejenuhan

untuk setiap pendekat melebihi 0.85 dan derajat kejenuhan paling tinggi adalah pada pendekat barat dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 0.99. Dan pada jam puncak sore hari pukul 17.00 – 18.00, derajat kejenuhan untuk setiap pendekat melebihi 0.85 dan derajat kejenuhan paling tinggi adalah pada pendekat utara dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 1.02.

Pada Hari Sabtu, 27 Februari 2016 didapat untuk jam puncak pagi hari 07.30 – 08.30, nilai derajat kejenuhan melebihi 0.85 (pendekat timur), yang dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997, derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada pendekat utara dengan nilai derajat kejenuhan 1.11. Pada jam puncak siang hari 12.45 – 13.45, nilai derajat kejenuhan melebihi 0.85 (pendekat timur), yang dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997, derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada pendekat utara dengan nilai derajat kejenuhan 1.13. Dan pada jam puncak sore hari pukul 17.00 – 18.00, nilai derajat kejenuhan juga melebihi 0.85 (pendekat timur), yang dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997, derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada pendekat barat dengan nilai derajat kejenuhan 1.08.

Dari hasil pengamat survey lapangan selama 3 hari dan di hitung menggunakan rumus MKJI 1997, arus kendaraan paling tinggi terjadi pada jam puncak pagi dan sore hari karena total arus lalu lintasnya paling tinggi sehingga derajat kejenuhannya juga tinggi. Semakin tinggi arus lalu lintas, semakin tinggi pula nilai derajat kejenuhannya. Apabila nilai derajat kejenuhan melebihi dari nilai tersebut, maka diperlukan suatu perencanaan untuk mengurangi nilai derajat kejenuhannya.

Tabel 5.4 Derajat Kejenuhan

Hari/ tanggal	Waktu	Pendekat	Derajat Kejenuhan
Senin, 13 Februari 2017	07.00-08.00	Utara	1.00
		Selatan	0.21
		Barat	1.11
		Timur	0.81
	12.30-13.30	Utara	1.11
		Selatan	0.22
		Barat	1.18
		Timur	0.74
	16.45-17.45	Utara	1.06
		Selatan	0.21
		Barat	1.26
		Timur	0.63
Rabu, 15 Februari 2017	07.00-08.00	Utara	1.15
		Selatan	0.38
		Barat	1.84
		Timur	0.82
	14.30-15.30	Utara	0.98
		Selatan	0.38
		Barat	0.99
		Timur	0.73
	17.15-18.15	Utara	1.02
		Selatan	0.37
		Barat	0.98
		Timur	0.73
Sabtu, 18 Februari 2017	07.30-08.30	Utara	1.11
		Selatan	0.21
		Barat	1.00
		Timur	0.88
	12.45 – 13.45	Utara	1.13
		Selatan	0.22
		Barat	1.01
		Timur	0.70
	17.00 – 18.00	Utara	1.02
		Selatan	0.21
		Barat	1.08
		Timur	0.59

Sumber : Hasil Analisa MKJI 1997

5.2.3 Evaluasi Analisa Antrian Pada Kondisi Eksisting

Survey antrian dilakukan untuk memperoleh jumlah kendaraan yang antri pada lajur - lajur lengan simpang akibat durasi sinyal merah. Survey ini dilakukan baik selama sinyal merah maupun pada permulaan sinyal hijau dan hasil yang diperoleh digunakan untuk memperoleh jumlah antrian dan panjang antrian. Antrian adalah jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat (kend/smp) sedangkan, panjang antrian adalah panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat (m).

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 nilai panjang antrian diperoleh dari kendaraan yang tersisa pada fase sebelumnya (NQ1) ditambah dengan jumlah kendaraan yang datang selama waktu merah (NQ2). Nilai NQ1 ditentukan oleh besarnya derajat kejenuhan (DS). Untuk $DS \leq 0.5$ nilai NQ1 = 0, sedangkan untuk $DS > 0.5$ maka nilai NQ1 dapat dihitung.

Nilai DS yang besar akan menghasilkan nilai NQ1 dan NQ2 yang besar pula. Akibat arus yang besar, akan berpengaruh terhadap panjang antriannya. Panjang antrian yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh nilai NQ_{MAX} tetapi juga dipengaruhi oleh lebar masuknya.

Dari hasil perhitungan MKJI 1997 selama 3 periode yaitu periode periode pagi, siang, dan sore pada hari Senin, 13 Februari 2017, Rabu, 15 Februari 2017, dan Sabtu, 18 Februari yaitu sebagai berikut :

Senin, 13 Februari 2017

Panjang Antrian hasil perhitungan MKJI 1997

Jl. Sawojajar: 74 meter (Pagi), 213 meter (Siang), 143 meter (Sore)

Jl. Simp. Ranu Grati : 10 meter (Pagi), 11 meter (Siang), 10 meter (Sore)

Jl. Ranu Grati : 386 meter (Pagi), 605 meter (Siang), 847 meter (Sore)

Jl. Danau Toba: 84 meter (Pagi), 68 meter (Siang), 54 meter (Sore)

Rabu, 15 Februari 2017

Panjang Antrian hasil perhitungan MKJI 1997

Jl. Sawojajar: 276 meter (Pagi), 69 meter (Siang), 93 meter (Sore)

Jl. Simp. Ranu Grati : 20 meter (Pagi), 20 meter (Siang), 19 meter (Sore)

Jl. Ranu Grati : 91 meter (Pagi), 131 meter (Siang), 127 meter (Sore)

Jl. Danau Toba: 87 meter (Pagi), 70 meter (Siang), 70 meter (Sore)

Sabtu, 18 Februari 2017

Panjang Antrian hasil perhitungan MKJI 1997

Jl. Sawojajar: 221 meter (Pagi), 241 meter (Siang), 88 meter (Sore)

Jl. Simp. Ranu Grati : 10 meter (Pagi), 11 meter (Siang), 10 meter (Sore)

Jl. Ranu Grati : 133 meter (Pagi), 136 meter (Siang), 281 meter (Sore)

Jl. Danau Toba: 81 meter (Pagi), 64 meter (Siang), 49 meter (Sore)

➤ Dari data diatas dapat diketahui bahwa pada perhitungan panjang antrian menggunakan MKJI 1997 dimasing-masing periode, antrian terpanjang terjadi pada **lengan Jl. Ranu Grati** yaitu sebesar **131- 605 meter**. Lengan ini memiliki antrian terpanjang karena hanya memiliki lebar jalan +/- 4,5 meter dan diberlakukan jalur 2 arah yang mana ketika kendaraan ringan seperti mobil box atau mobil sedan

bersamaan masuk lengan Mergan dari arah yang berlawanan, pengendara harus benar-benar pelan bahkan tak jarang salah satu mobil tersebut harus berhenti ke arah tepi (mengalah) untuk memberikan ruang kepada mobil yang lain sehingga dampaknya pun kendaraan yang dibelakangnya ikut berhenti dalam beberapa waktu yang menyebabkan terjadinya antrian yang cukup panjang, ditambah lagi keadaan dari jalan tersebut banyak sekali bagian yang rusak dan berlobang yang sangat mengganggu sekali kenyamanan pengendara.

5.2.4 Evaluasi Analisa Tundaan Pada Kondisi Eksisting

Tundaan yang terjadi pada simpang bersinyal dapat diakibatkan oleh lalu lintas (DT) dan tundaan akibat geometrik (DG). Tundaan akibat lalu lintas didasarkan pada gerakan masing-masing kendaraan yang secara bersama melewati simpang. Tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu simpang dibandingkan terhadap situasi tanpa simpang.

Tabel 5.5 Nilai Tundaan Pada Simpang Bersinyal

Jl. Ranu Grati – Jl. Danau Toba (Pendekat Utara)

TANGGAL	HARI / WAKTU	NILAI TUNDAAN (det/smp)	TINGKAT PELAYANAN
13 Feb 2015	SENIN PAGI	104.27	F
13 Feb 2015	SENIN SIANG	249.53	F
13 Feb 2015	SENIN SORE	176.28	F
15 Feb 2017	RABU PAGI	319.76	F
15 Feb 2017	RABU SIANG	83.51	F
15 Feb 2017	RABU SORE	126.72	F
18 Feb 2017	SABTU PAGI	261.11	F
18 Feb 2017	SABTUSIANG	282.67	F
18 Feb 2017	SABTU SORE	121.18	F

Tabel 5.6 Nilai Tundaan Pada Simpang Bersinyal

Jl. Ranu Grati – Jl. Danau Toba (Pendekat Selatan)

TANGGAL	HARI / WAKTU	NILAI TUNDAAN (det/smp)	TINGKAT PELAYANAN
13 Feb 2015	SENIN PAGI	19.52	C
13 Feb 2015	SENIN SIANG	19.60	C
13 Feb 2015	SENIN SORE	19.54	C
15 Feb 2017	RABU PAGI	21.44	C
15 Feb 2017	RABU SIANG	21.53	C
15 Feb 2017	RABU SORE	21.35	C
18 Feb 2017	SABTU PAGI	19.47	C
18 Feb 2017	SABTUSIANG	19.61	C
18 Feb 2017	SABTU SORE	19.54	C

Tabel 5.7 Nilai Tundaan Pada Simpang Bersinyal

Jl. Ranu Grati – Jl. Danau Toba (Pendekat Barat)

TANGGAL	HARI / WAKTU	NILAI TUNDAAN (det/smp)	TINGKAT PELAYANAN
13 Feb 2015	SENIN PAGI	235.19	F
13 Feb 2015	SENIN SIANG	361.74	F
13 Feb 2015	SENIN SORE	502.73	F
15 Feb 2017	RABU PAGI	17.32	B
15 Feb 2017	RABU SIANG	55.34	E
15 Feb 2017	RABU SORE	45.96	E
18 Feb 2017	SABTU PAGI	59.38	E
18 Feb 2017	SABTUSIANG	68.01	F
18 Feb 2017	SABTU SORE	174.32	F

Tabel 5.8 Nilai Tundaan Pada Simpang Bersinyal

Jl. Ranu Grati – Jl. Danau Toba (Timur)

TANGGAL	HARI / WAKTU	NILAI TUNDAAN (det/smp)	TINGKAT PELAYANAN
13 Feb 2015	SENIN PAGI	14.27	B
13 Feb 2015	SENIN SIANG	11.88	B
13 Feb 2015	SENIN SORE	10.24	B
15 Feb 2017	RABU PAGI	14.71	B
15 Feb 2017	RABU SIANG	12.10	B
15 Feb 2017	RABU SORE	12.10	B
18 Feb 2017	SABTU PAGI	13.79	B
18 Feb 2017	SABTUSIANG	11.40	B
18 Feb 2017	SABTU SORE	9.62	A

- Sesuai dengan hasil perhitungan yang sudah di dapat seperti yang tertera pada tabel diatas yang merupakan nilai tundaan dengan perhitungan MKJI, nilai tersebut merupakan hasil rata-rata dari tundaan total yang terjadi di 4 lengan simpang yaitu Jl. Sawojajar - Jl. Simp ranu Grati - Jl. Ranu Grati - Jl. Danau Toba. Dari tabel tersebut dapat diketahui nilai tundaan berkisar antara 9.62 – 502.73 detik/smp.
- Dari data di atas, dapat diketahui pula tundaan terbesar selama 3 hari survey yaitu terjadi pada hari **Senin Sore** dengan besar tundaan sebesar **502.75 det/smp.**
- Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : PM 96 TAHUN 2015 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan, tingkat pelayanan simpang diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 5.9 Persimpangan Prioritas STOP

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik/Kend)	Load Factor
A	$\leq 5,0$	0,0
B	5,10 - 15,0	$\leq 0,1$
C	15,1 - 25,0	$\leq 0,3$
D	25,1 - 40,0	$\leq 0,7$
E	40,1 - 60,0	$\leq 1,0$
F	≥ 60	NA

Sumber : (Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2002/156)

Dari hasil perhitungan diatas, simpang tersebut pada pagi hari termasuk dalam kategori tingkat pelayanan E-F dengan tundaan rata-rata >60 det/kendaraan, sedangkan pada siang hari termasuk dalam kategori tingkat pelayanan E-F, dan pada Sore hari termasuk dalam kategori tingkat pelayanan E-F hingga melebihi >60 det/kendaraan untuk hari senin sore. Yaitu yang berarti bahwa kondisi tingkat pelayanan kategori E arus tidak stabil dengan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan dan kecepatan sangat rendah, kepadatan lalu lintas tinggi karena hambatan internal lalu lintas tinggi, pengemudi mulai merasakan kemacetan-kemacetan pendek. Hasil tersebut menunjukkan tundaan yang terjadi pada simpang tak bersinyal Jl. Ranu Grati – Jl. Danau Toba Kota Malang sudah melebihi kapasitas tingkat pelayanan.

5.3 Alternatif Untuk Perbaikan Kinerja Simpang

Dari evaluasi yang telah dilakukan sebelumnya didapatkan hasil yang melebihi dari syarat yang telah ditentukan baik itu derajat kejenuhan (DS), maupun tundaan yang mengacu pada syarat yang telah ditentukan didalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) dan Peraturan Menteri Pehubungan No. 96 Tahun 2015. Dari nilai derajat kejenuhan (DS) dan tundaan yang dihasilkan, dampaknya terdapat pada biaya konsumsi bahan bakar yang digunakan, yang dimana ketika nilai derajat kejenuhan yang tinggi akan menghasilkan tundaan yang besar dan tundaan yang besar akan mengakibatkan borosnya biaya konsumsi bahan bakar yang digunakan. Sehingga langkah selanjutnya yang dilakukan adalah merencanakan perbaikan dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja simpang pada persimpang Jalan Ranu Grati – Jl. Danau Toba. Ada 3 skenario alternatif perbaikan yang akan dilakukan dan pada akhirnya akan dipilih satu alternatif terbaik untuk perbaikan kinerja simpang ini. Pemilihan alternatif terbaik mengacu pada nilai derajat kejenuhan dan nilai tundaan yang dihasilkan. Akan tetapi selain itu akan ditinjau kembali alternatif mana yang paling efektif untuk direncanakan dengan kondisi eksisting di lapangan.

❖ Alternatif 1 : Optimasi Waktu Siklus

Optimasi waktu siklus dilakukan dengan penentuan waktu siklus (c) dan waktu hijau (gi) pada masing- masing fase dan waktu yang diambil sebagai pengoptimalan adalah volume tertinggi selama 3 hari pengamatan survey, yaitu pada hari Senin, 13 Februari 2017

➤ Waktu Siklus

$$C = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - \sum FR_{crit})$$

Dimana:

C = Waktu siklus sinyal (detik)

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

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

FR_{crit} = Nilai FR tertinggi dari semua pendekatan yang berangkat pada suatu fase sinyal.

$\sum (FR_{crit})$ = Rasio arus simpang = jumlah FR_{crit} dari semua fase pada siklus tersebut.

Jika waktu siklus tersebut lebih kecil dari nilai yang didapat kan dari perhitungan maka ada resiko terjadinya tingkat kejenuhan pada simpang. Waktu siklus yang terlalu panjang akan menyebabkan meningkatnya tundaan rata-rata. Jika nilai $\sum(FR_{crit})$ mendekati atau lebih dari 1 maka simpang sangat jenuh dan rumus tersebut dan menghasilkan nilai waktu siklus yang sangat tinggi atau negative. Berikut contoh untuk merencanakan optimasi waktu siklus pada jam puncak siang hari (pukul 12.30 – 13.30) :

Diketahui :

Jumlah waktu hilang per siklus (LTI)= 10 detik

(FR_{crit}) pendekatan Selatan = Q/S = 0.052

(FR_{crit}) pendekatan Barat = Q/S = 0.711

(FR_{crit}) pendekatan Timur = Q/S = 0.556

Jumlah FR_{crit} dari semua fase ($\sum FR_{crit}$) = 0.763

$$C = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - \sum FR_{crit})$$

$$\begin{aligned}
&= (1,5 \times 10 + 5) / (1 - 0.763) \\
&= 20 / 0.237 \\
&= 80 \text{ detik}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan waktu siklus maka diketahui waktu siklus sebesar 80 detik

➤ Waktu Hijau

Kinerja suatu simpang bersinyal pada umumnya lebih terkait terhadap kesalahan-kesalahan dalam pembagian waktu hijau daripada panjangnya waktu siklus. Dalam menentukan waktu hijau menggunakan rumus:

$$\text{Waktu Hijau (gi)} = (c - LTI) \times FR_{crit}$$

Diketahui :

$$\text{Waktu siklus yang disesuaikan (c)} = 80 \text{ detik}$$

$$(FR_{crit}) \text{ arus fase pendekat Selatan} = FR / (\sum FR_{crit}) = 0.068$$

$$(FR_{crit}) \text{ arus fase pendekat Barat} = FR / (\sum FR_{crit}) = 0.932$$

$$(FR_{crit}) \text{ arus fase pendekat Timur} = FR / (\sum FR_{crit}) = 0.730$$

Diambil nilai (FR_{crit}) tertinggi 0,932 maka waktu hijau adalah :

$$\begin{aligned}
\text{Waktu Hijau Pendekat Barat (g)} &= (c - LTI) \times FR_{crit} \\
&= (80 - 10) \times 0.932 \\
&= 70 \times 0.932 \\
&= 55 \text{ detik}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan waktu hijau pendekat barat 55 detik dengan panjang siklus 78 detik. Untuk perhitungan optimasi siklus pada semua pendekat jam puncak pagi hingga sore hari bisa dilihat pada tabel di bawah.

Optimasi waktu siklus dilakukan dengan merubah waktu sinyal pada pagi hari 78 detik, siang hari 80 detik, dan sore hari 80 detik, optimasi dilakukan dengan tujuan untuk memperkecil tundaan rata-rata dari persimpangan.

Dari hasil perhitungan diatas bisa dilihat arus lalu lintas kendaraan maksimum terjadi pada siang hari dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 1.07 panjang antrian sebesar 287 m, dan tundaan rata – rata kendaraan sebesar 162.50 det/kend. Selisih perbedaan antara kondisi eksisting yang telah dianalisa dengan menggunakan MKJI 1997 dengan menggunakan alternatif 1 sudah berkurang namun masih belum optimal, dengan nilai derajat kejenuhan alternatif 1 berkurang dari pada kondisi eksisting yang telah dianalisa menggunakan MKJI 1997 rata – rata sebesar 9.32 %, pengurangan panjang antrian rata – rata sebesar 52.56 %, dan nilai tundaan rata – rata kendaraan alternatif 1 sudah berkurang namun belum optimal dari pada kondisi eksisting yang telah dianalisa menggunakan MKJI 1997 rata – rata sebesar 55.07 %. Untuk perhitungan lebih lengkapnya dapat di lihat pada tabel Senin, 13 Februari 2017.

Tabel 5.10 Kinerja Simbang Alternatif 1 (Optimasi Waktu Siklus)

Jam puncak	Pendekat	Arus lalulintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang antrian (m)	Derajat Kejenuhan	LOS
Pagi	S	199	16	78	25.39	13.33	0.38	C
	B	1608	52		60.14	142.22	1.00	E
	T	2116	52		13.39	142.86	0.85	B
Siang	S	138	17	80	24.00	11.31	0.24	C
	B	1704	53		162.50	287.79	1.07	F
	T	2073	53		13.33	91.43	0.84	B
Sore	S	177	16	80	25.88	8.89	0.35	C
	B	1808	54		241.84	448.05	1.12	E
	T	1772	54		9.00	68.57	0.70	B

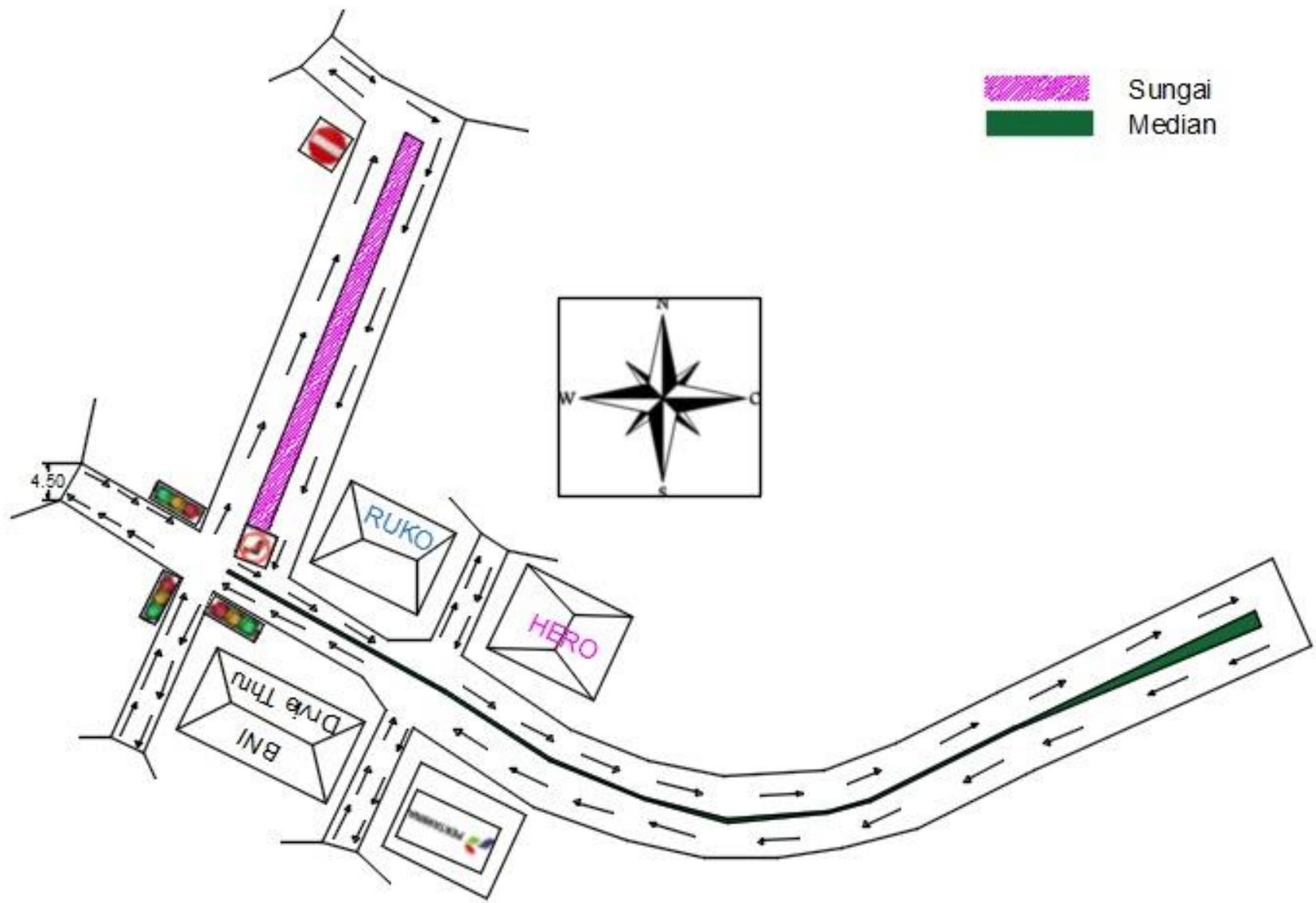
Sumber : Hasil Perhitungan MKJI 1997

Dari table diatas dapat di lihat kinerja simbang alternatif 1 (optimasi waktu) bahwa dengan hanya dengan optimasi waktu masih kurang optimum dalam memperbaiki kinerja simbang. Sehingga, harus di tambah dengan alternatif perbaikan kinerja simbang yang lainnya.

Tabel 5.11 Matrik Perbandingan Kondisi Eksisting dan Alternatif 1

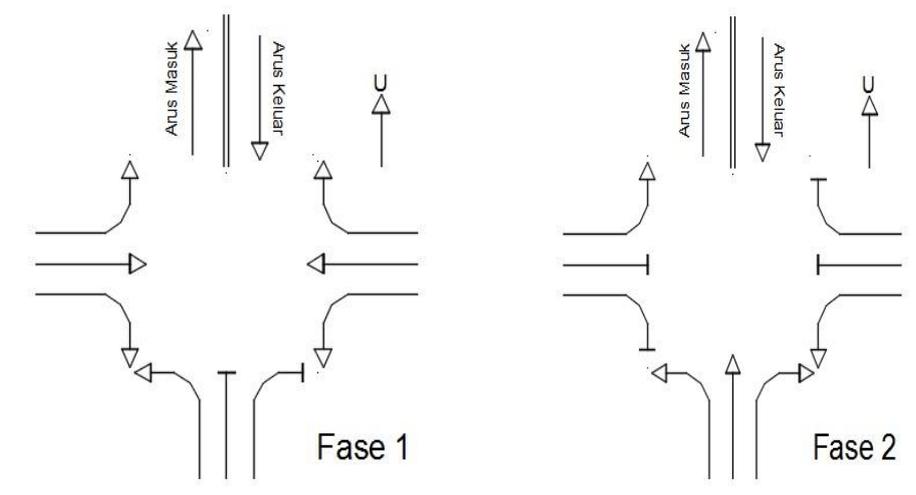
Kondisi	Derajat Kejenuhan (DS)	Panjang Antrian (m)	Tundaan (kend/det)	Keterangan
Eksisting	1.18	605 m	361.74	F
Alternatif 1	1.07	287.79 m	162.50	F

Sumber : Hasil Perhitungan MKJI 1997

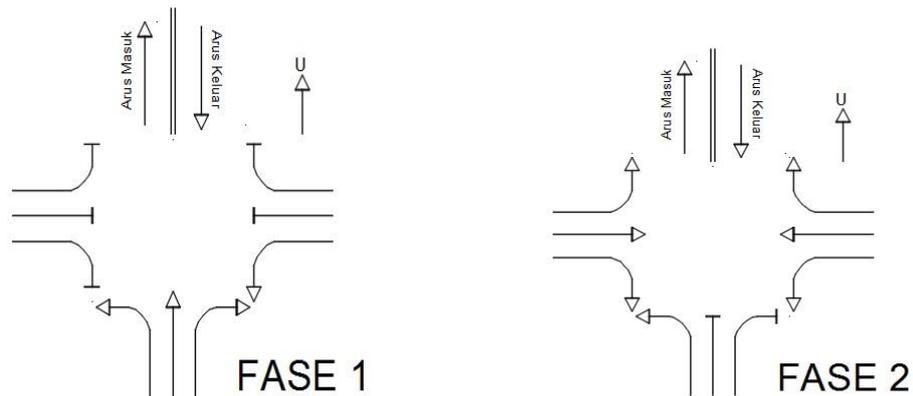


❖ **Alternatif 2 : Kombinasi Pelebaran Geometrik & Larangan Belok Kiri Langsung Pada Pendekat Timur (Harus Mengikuti Isyarat Lampu Lalu Lintas)**

Untuk alternatif berikutnya adalah penambahan lebar pendekat pada Jl. Ranu Grati (Barat) dan larangan belok kiri langsung, yang dimana pendekat barat dan timur kedua fase haru mengikuti isyarat lampu lalu lintas. Serta pada pendekat Jl. Sawojajar 1 (Utara) alihkan menjadi jalan satu arah untuk arus masuk pada setiap pendekat dan pada Jl. Sawojajar 2 menjadi arus keluar dari arah Jl. Sawojajar 1 karena dapat mengurangi Derajat Kejenuhan dan mengurangi angka terjadinya kecelakaan pada ruas Jl. Sawojajar.



Gambar 5.8 Kondisi Eksisting Fase Pergerakan Lalu Lintas



Gambar 5.8 Kondisi Eksisting Alternatif 2

Tabel 5.12 Data Perhitungan Pelebaran Geometrik

Hari	Waktu	Lebar Pendekatan	FR (kolom 19)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan (Kend/Jam)
Senin, 13 Feb 2017	07.00	6.5 m	0.052	0.19	6.15	19.89
	-	6 m	0.668	1.11	140.00	234.37
	08.00	7 m	0.564	0.94	68.57	26.41
	12.15	6.5 m	0.055	0.21	10.18	20.00
	-	6 m	0.635	1.06	120.00	138.34
	13.15	7 m	0.672	1.12	91.43	244.04
	16.45	6.5 m	0.054	0.20	6.15	19.95
	-	6 m	0.597	0.99	110	54.51
	17.45	7 m	0.675	1.13	120	254.12

Sumber : Hasil Perhitungan MKJI 1997

Contoh perhitungan pada tabel 5.6 perhitungan penambahan lebar pendekatan pada hari senin, 13 Februari 2017 pada jam puncak siang pukul 12.30 – 13.30 :

a. Jl. Simp Ranu Grati (Selatan)

- Lebar Efektif = 6.5 m
- FR = Q / S
= $199 / 3698.069$
= 0.055
- Derajat Kejenuhan (DS) = Q / C

$$= 205 / 986.2$$

$$= 0.21$$

$$\begin{aligned} - \text{ Panjang Antrian (m)} &= (NQMAX \times g) / Wmasuk \\ &= (3.31 \times 20) / 6.5 \\ &= 10.18 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Tundaan (kend/jam)} &= c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{C} \\ &= 75 \times 0.28 + \frac{-0.37 \times 3600}{986.15} \\ &= 20.00 \text{ (kend/jam)} \end{aligned}$$

Tingkat pelayanan pada Jl. Simp Ranu Grati (Selatan) adalah C.

b. Jl. Ranu Grati

$$- \text{ Lebar Efektif} = 6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} - \text{ FR} &= Q / S \\ &= 1704 / 2685.372 \\ &= 0.635 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Derajat Kejenuhan (DS)} &= Q / C \\ &= 1704 / 1611 \\ &= 0.106 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Panjang Antrian (m)} &= (NQMAX \times g) / Wmasuk \\ &= (36.00 \times 45) / 6 \\ &= 120 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Tundaan (kend/jam)} &= c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{C} \\ &= 75 \times 0.22 + \frac{54.57 \times 3600}{1611.18} \\ &= 138.34 \text{ (kend/jam)} \end{aligned}$$

Tingkat pelayanan pada Jl. Ranu Grati (Barat) adalah F.

c. Jl. Danau Toba

- Lebar Efektif = 7 m
- FR = Q / S
= $2116 / 3729.739$
= 0.567
- Derajat Kejenuhan (DS) = Q / C
= $2073 / 1851$
= 1.12
- Panjang Antrian (m) = $(NQMAX \times g) / W_{masuk}$
= $(32.00 \times 45) / 7$
= 120.00 m
- Tundaan (kend/jam) = $c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{C}$
= $75 \times 0.18 + \frac{54.57 \times 3600}{1850.51}$
= 138.34 (kend/jam)

Tingkat pelayanan pada Jl. Danau Toba (Timur) adalah F.

Dari hasil perhitungan diatas bisa dilihat arus lalu lintas kendaraan maksimum terjadi pada pagi hari (pendekat barat) dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 1.06, panjang antrian sebesar 120 m, dan tundaan rata – rata kendaraan sebesar 138.34 det/kend. Selisih perbedaan antara kondisi eksisting yang telah dianalisa dengan menggunakan MKJI 1997 dengan menggunakan alternatif 2 yakni, dengan nilai rata – rata pengurangan derajat kejenuhan sebesar 10.16 %, dengan nilai panjang antrian alternatif 2 berkurang dari pada kondisi eksisting yang telah dianalisa

menggunakan MKJI 1997 rata – rata sebesar 80.16 %, dan pengurangan tundaan rata – rata kendaraan sebesar 61.75 %. Jika dilihat dari rata – rata tundaan simpang sebesar 139.60 detik/kend. Dapat disimpulkan bahwa dengan hanya menggunakan pelebaran geometrik dan larangan belok kiri langsung pada pendekat barat dan timur (harus mengikuti isyarat lampu lalu lintas) masih kurang optimum dalam memperbaiki kinerja simpang. Sehingga, harus ditambah dengan alternatif perbaikan kinerja simpang yang lain dan untuk perhitungan serta lengkap dari tabel diatas dapat dilihat pada lampiran terkait alternative ke 2 pada perubahan formulir SIG 1-5.

Tabel 5.13 Kinerja Simpang Alternatif 2 (Pelebaran Geometrik & Larangan)

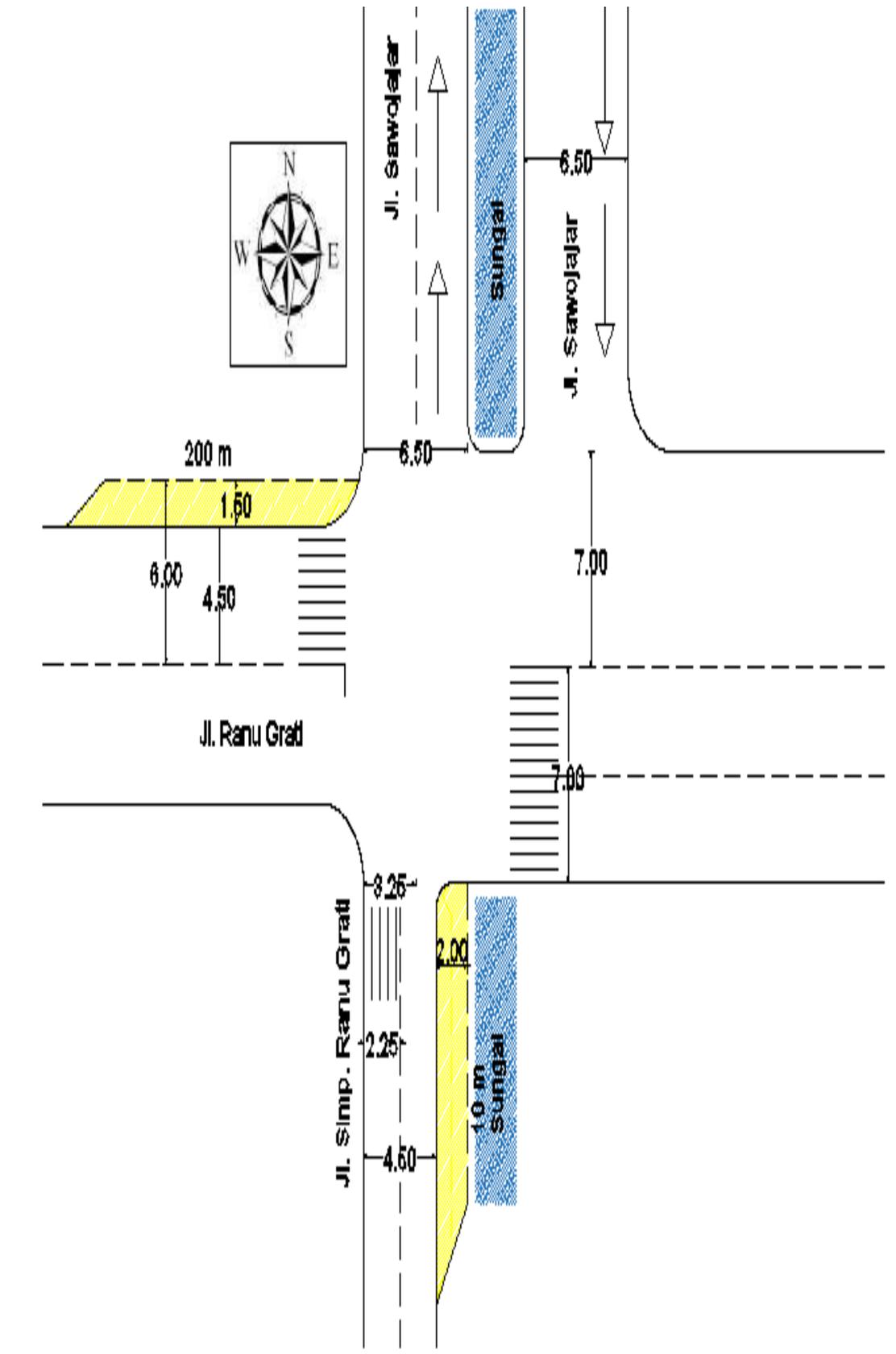
Jam puncak	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang antrian (m)	Derajat Kejenuhan	LOS
Pagi	S	199	20	75	19.95	6.15	0.20	C
	B	1608	45		54.51	110	0.99	E
	T	2116	45		254.12	42	1.13	F
Siang	S	986	20	75	20.00	10.18	0.21	C
	B	1704	45		138.34	120	1.06	F
	T	2073	45		244.34	91	1.12	F
Sore	S	192	20	75	19.89	6.15	0.19	C
	B	1793	45		234.37	140	1.11	F
	T	1772	45		26.41	68	0.94	D

Sumber : Hasil Perhitungan MKJI 1997

Tabel 5.14 Matrik Perbandingan Kondisi Eksisting dan Alternatif 2

Kondisi	Derajat Kejuhan (DS)	Panjang Antrian (m)	Tundaan (kend/det)	Keterangan
Eksisting	1.18	605 m	361.74	F
Alternatif 2	1.06	120 m	138.4	F

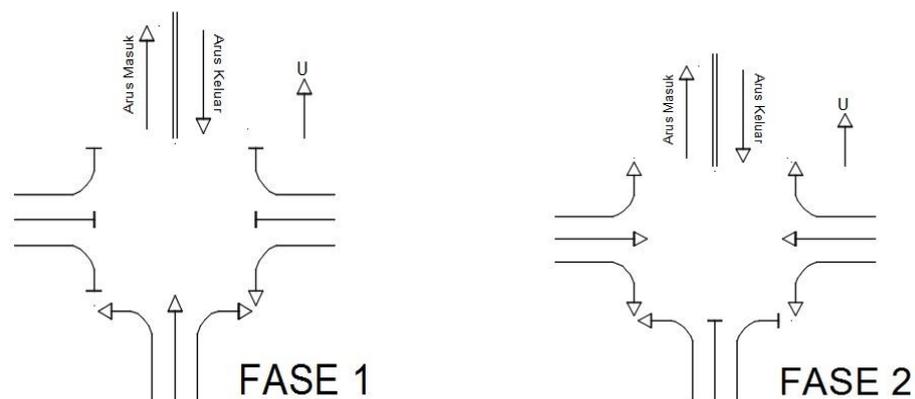
Sumber : Hasil Perhitungan MKJI 1997



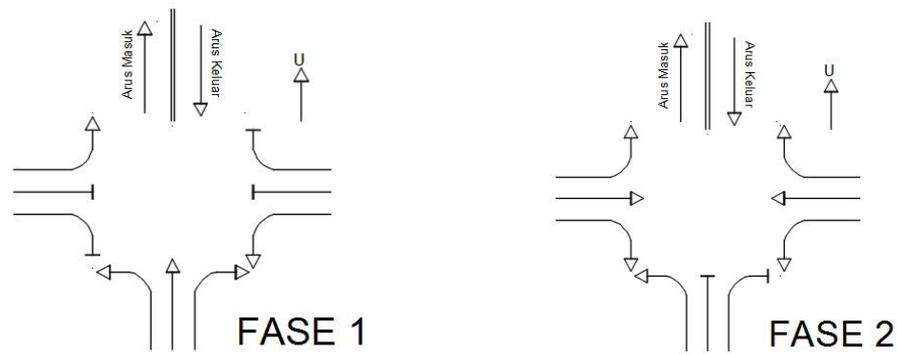
Gambar 5.9 Kondisi Eksisting Setelah Ditimpa Dengan Pelebaran Jalan

❖ **Alternatif 3 : Kombinasi Alternatif 1 & Alternatif 2 Terkait Optimasi Waktu Siklus & Pelebaran Geometrik serta Belok kiri Secara Langsung pada Pendekat Barat dan Timur**

Untuk alternatif berikutnya adalah kombinasi dari alternatif 1 dan alternatif 2 yang mana dari kombinasi alternatif ini dapat menurunkan tingkat derajat kejenuhan dan tundaan rata-rata pada persimpangan Jl. Ranu Grati – Jl. Danau Toba Kota Malang. Waktu yang diambil sebagai pengoptimalan adalah volume tertinggi selama 3 hari pengamatan survey, yaitu pada hari Senin, 13 Februari 2017 dan berikut adalah hasil pengoptimalan persimpangan dengan mengkombinasikan alternatif 1 dan alternatif 2.



Gambar 5.10 Kondisi Eksisting Alternatif 2



Gambar 5.11 Kondisi Eksisting Alternatif 3

Dari hasil perhitungan diatas bisa dilihat arus lalu lintas kendaraan maksimum terjadi pada siang hari dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 0.80, panjang antrian sebesar 91.22 m, dan tundaan rata – rata kendaraan sebesar 12.38 det/kend. Selisih perbedaan antara kondisi eksisting yang telah dianalisa dengan menggunakan MKJI 1997 dengan menggunakan alternatif 3 yakni, dengan nilai pengurangan rata-rata derajat kejenuhan sebesar 32.20 %, pengurangan panjang antrian rata-rata sebesar 84.95%, dan pengurangan tundaan rata – rata kendaraan sebesar 96.57 %. Untuk perhitungan serta hasil lengkap dari tabel di atas dapat dilihat pada lampiran terkait alternatif ke 3 pada perubahan formulir SIG 1-5.

Tabel 5.15 Perbandingan Alternatif

	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
DS	1.18	1.00	1.06	0.80
Panjang Antrian	605.63	287.79	120	91.22
Tundaan	361.74	162.50	138.34	12.38

Sumber: Perhitungan MKJI 1997

Dari hasil tabel diatas dapat dilihat arus lalu lintas kendaraan maksimum terjadi pada siang hari dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 0.80, panjang antrian sebesar 91.22 m, dan tundaan rata-rata kendaraan sebesar 12.38 kend/det. Selisih perbedaan antara kondisi eksisting yang telah dianalisa dengan menggunakan MKJI 1997 dengan menggunakan alternatif 3 yakni, dengan nilai pengurangan rata-rata derajat kejenuhan sebesar 75.30 %, pengurangan panjang antrian rata-rata sebesar 92.99 %, dan pengurangan tundaan rata-rata kendaraan sebesar 98.133 %. Untuk perhitungan serta hasil lengkap dari tabel di atas dapat dilihat pada lampiran terkait alternatif ke 3 pada perubahan formulir SIG 1-5.

Tabel 5.16 Kinerja Simpang Alternatif 3 (Pelebaran Geometrik & Optimasi Waktu Siklus serta Belok Kiri Langsung)

Jam puncak	Pen dekat	Arus lalulintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tunda an rata-rata (det/ke nd)	Panjan g antrian (m)	Derajat Kejenu han	LOS
Pagi	S	199	16	78	24.52	6.15	0.26	C
	B	1608	52		10.39	77	0.67	B
	T	2116	52		13.39	120	0.67	B
Siang	S	986	17	80	24.77	11	0.26	C
	B	1704	53		12.38	91	0.80	B
	T	2073	53		13.94	101	0.85	B
Sore	S	192	16	80	25.23	10	0.24	C
	B	1793	54		12.89	98	0.83	B
	T	1772	54		9.00	69	0.70	B

Tabel 5.17 Matrik Perbandingan Kondisi Eksisting dan Alternatif 3

Kondisi	Derajat Kejuhan (DS)	Panjang Antrian (m)	Tundaan (kend/det)	Keterangan
Eksisting	1.18	605 m	361.74	F
Alternatif 3	0.80	91 m	12.38	B

Sumber : Hasil Perhitungan MKJI 1997

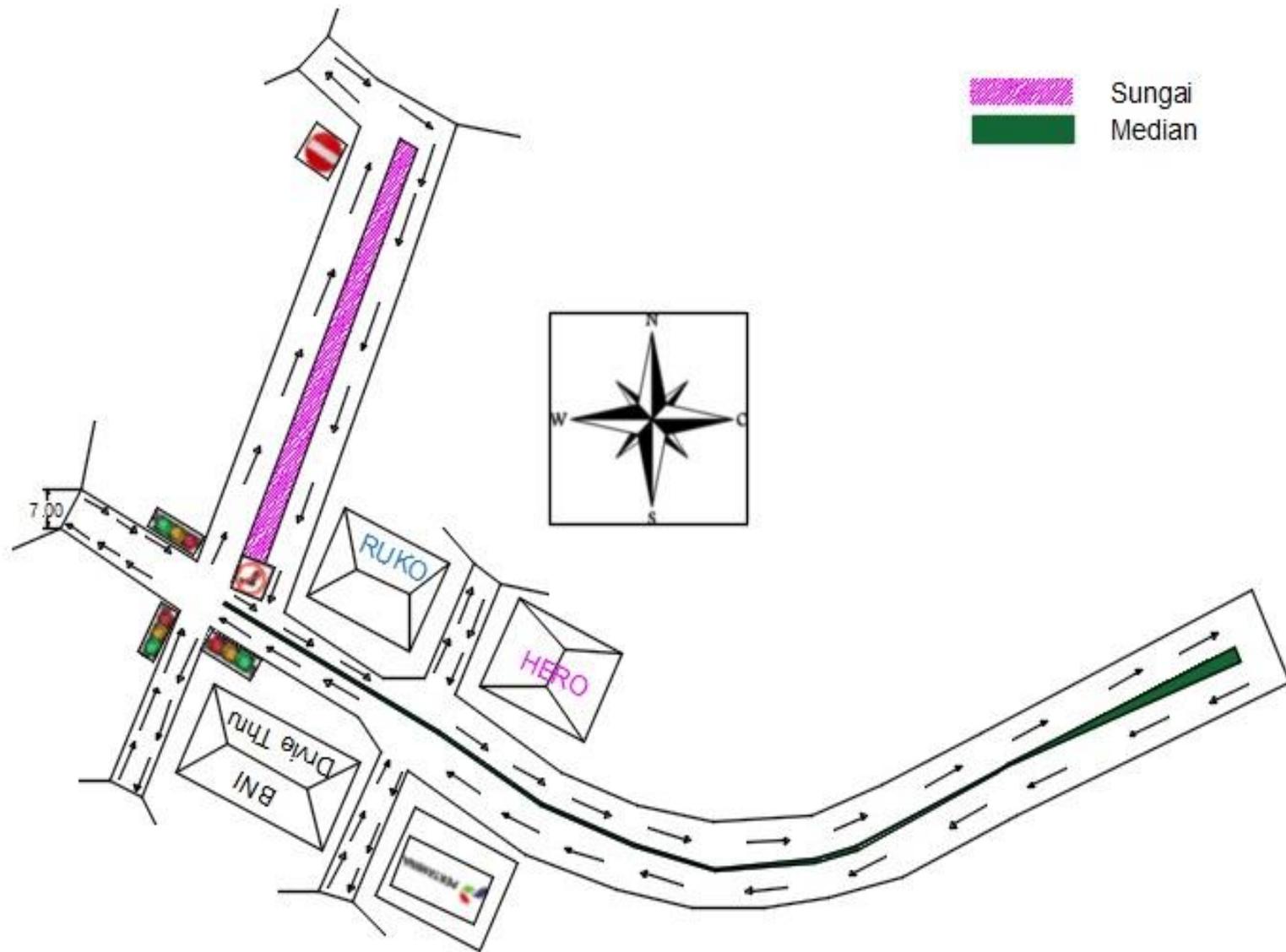
5.4 Usulan Pemecahan Masalah

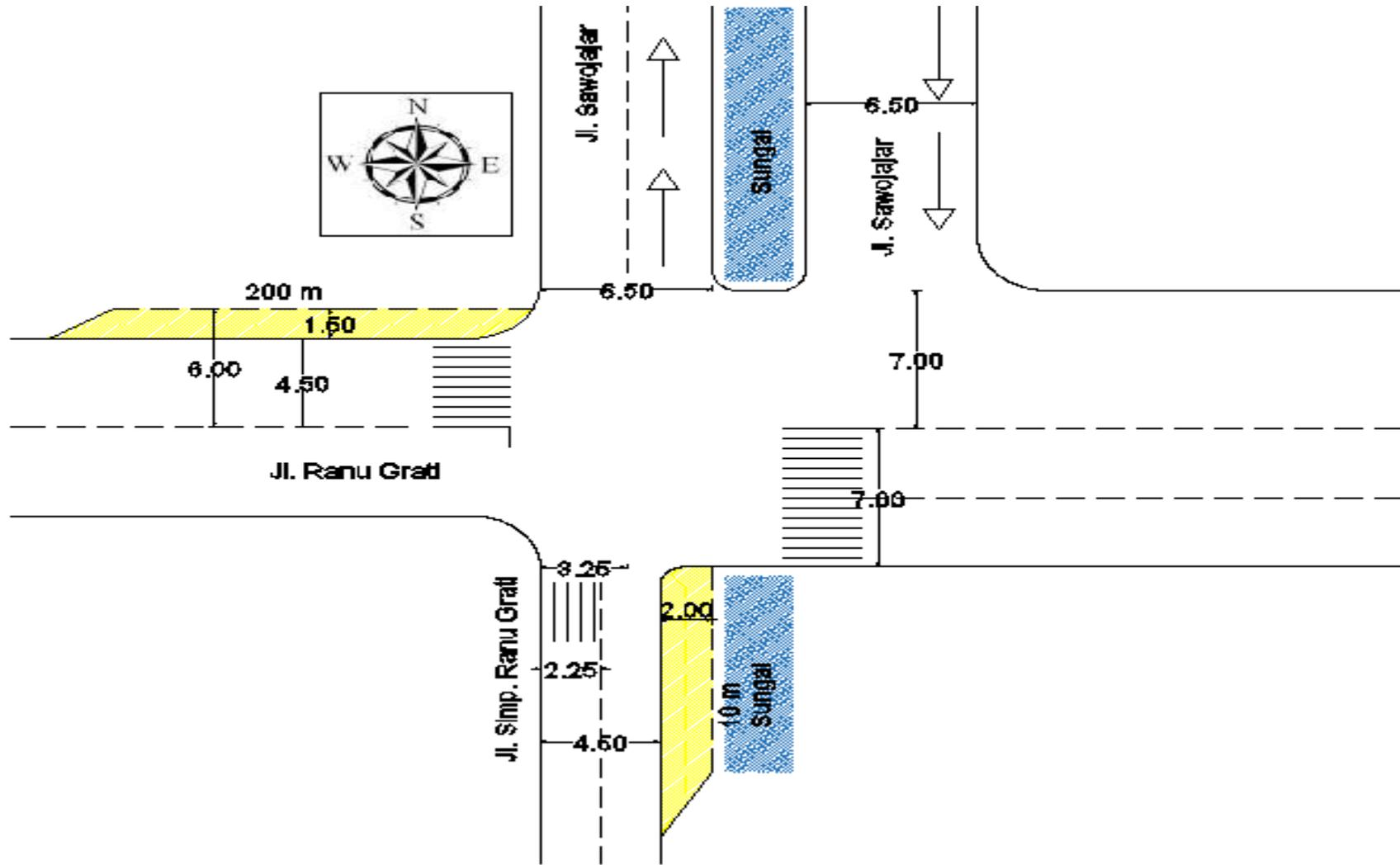
Setelah direncanakan alternatif perbaikan untuk meningkatkan kinerja persimpangan Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang , selanjutnya adalah memilih alternatif yang terbaik dari ke tiga alternatif yang telah direncanakan. Waktu yang diambil adalah selama 3 hari pengamatan survey dilapangan, dilakukan pengumpulan data dan kemudian diolah menggunakan MKJI 1997. Setelah itu dibandingkan dengan setiap alternatif perbaikan yang telah dilakukan. Berikut adalah tabel perbandingan pengurangan atau penambahan rata – rata selisih perbedaan nilai derajat kejuhan, panjang antrian, dan tundaan rata – rata.

Dari hasil perhitungan diatas bisa dilihat perbandingan selisih nilai derajat kejuhan, panjang antrian, dan tundaan rata – rata dari setiap alternatif dari 3 hari pengamatan survey. Untuk alternatif ke 1, nilai derajat kejuhan berkurang dari nilai kondisi eksisting lapangan sebesar rata – rata 9.322 % , nilai panjang antrian berkurang dari kondisi eksisting lapangan sebesar rata-rata 52.480 % , dan nilai tundaan rata – rata berkurang dari kondisi eksisting sebesar rata - rata 55.078 %.

Untuk alternatif ke 2, nilai derajat kejenuhan berkurang sebesar rata – rata 10.170 %, nilai panjang antrian berkurang sebesar rata – rata 80.186 %, dan nilai tundaan rata – rata berkurang sebesar rata – rata 61.746 %. Dan untuk alternatif ke 3, nilai derajat kejenuhan berkurang sebesar rata – rata 32.20 %, nilai panjang antrian berkurang sebesar rata – rata 84.937 %, dan nilai tundaan rata – rata berkurang sebesar rata – rata 95.978 %.

Sehingga dipilih alternatif ke tiga yang dapat direkomendasikan, karena alternatif ini memiliki nilai tundaan rata – rata paling sedikit dari setiap alternatif, untuk nilai derajat kejenuhan lebih sedikit dari alternatif ke 1 dan alternatif ke 2, dan nilai panjang antrian paling sedikit dari setiap alternatif.





Tabel 5.18 Matrik Perbandingan Setiap Analisa

No	kondisi	derajat kejenuhan	Panjang Antrian	Tundaan det/kend	Kolerasi	Keterangan
1	Eksisting	1,18	605,00	361.740	Nilai DS Eksisting	Tidak Layak
2	Alternatif 1 Optimasi Waktu Siklus	1,07	287.790	162.500	Nilai DS lebih kecil dari eksisting, tetapi DS juga lebih dari 0,85 dan tundaan rata-rata 162.500 dengan tingkat pelayanan F	Tidak Layak
3	Alternatif 2 Kombinasi Pelebaran Geomterik & Larangan Belok Kiri Langsung	1,06	120	138.34	Nilai DS lebih kecil dari eksisting, tetapi DS juga lebih dari 0,85 dan tundaan rata-rata 138.34 dengan tingkat pelayanan F	Tidak Layak
4	Alternatif 3 Kombinasi Alternatif 1 & Alternatif 2	0,80	91.22	12.38	Nilai DS lebih kecil dari eksisting, tetapi DS bisa berkurang dari 0,85 dan tundaan rata-rata 12.38 dengan tingkat pelayanan B	Layak

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan evaluasi lalu-lintas kondisi saat ini (eksisting) dan hasil perhitungan alternatif perbaikan dapat diperoleh kesimpulan:

1. Karakteristik pada Jl. Ranu Grati – Jl. Danau Toba Kota Malang dalam upaya mengatasi masalah lalu lintas dengan melakukan tindakan untuk menambah kapasitas ruang jalan ataupun memaksimalkan lebar efektif yang sesuai dengan kapasitas arus lalu lintas dengan melakukan pelebaran jalan serta pengaturan simpang agar tingkat kecelakaan dan tundaan bisa di minimumkan secara maksimal dan efektif.
2. Kinerja simpang Jl. Ranu Grati – Jl. Danau Toba Kota Malang pada hari senin 13 Februari 2017 dapat dilihat dari nilai kapasitas Pendekat utara 574.6 smp/jam, derajat kejenuhan 1.11, panjang antrian 213.73 m dan tundaan 249.53 kend/det (tingkat pelayanan F). Pada pendekat Selatan nilai kapasitas 711.72 smp/jam, derajat kejenuhan 0.22, panjang antrian 11.27 m, dan tundaan 19.60 kend/det (tingkat pelayanan C). Pada pendekat Barat nilai kapasitas 1438.59 smp/jam, derajat kejenuhan 1.18, panjang antrian 605.63 m dan tundaan 361.74 kend/det (tingkat pelayanan F). pada pendekat Timur nilai kapasitas 2244.10 smp/jam, derajat kejenuhan 0.72,

panjang antrian 68.15 m dan tundaan 11.88 kend/det (tingkat pelayanan B).

3. Alternatif yang paling sesuai untuk mengatasi permasalahan studi ini adalah alternatif 3 dengan pengaturan optimasi Traffic Light dan penambahan lebar pendekat, Wmasuk selebar 1.5 m sepanjang 200 m pada pendekat barat dan Wmasuk 2 m sepanjang 10 m pada pendekat selatan serta belok kiri secara langsung yaitu dengan mengatur circle time dan pelebaran jalan pendekat barat. Dapat di lihat alternatif 3 pada hari Senin, 13 Februari 2017 pada Pada pendekat Barat 785.84 smp/jam, derajat kejenuhan 0.26, panjang antrian 11.66 m dan tundaan 24.77 kend/det (tingkat pelayanan C). Pada pendekat Barat 2117.93 smp/jam, derajat kejenuhan 0.80, panjang antrian 91.21 m dan tundaan 12.38 kend/det (tingkat pelayanan B). Pada pendekat Timur 2432.46 smp/jam, derajat kejenuhan 0.85, panjang antrian 101.99 m dan tundaan 13.94 kend/det (tingkat pelayanan B).

6.2. Saran

Demi tercapainya tujuan dari dilaksanakannya evaluasi pengendalian simpang ini, beberapa saran yang akan disampaikan adalah sebagai berikut :

- a. Seharusnya pada simpang tersebut di tambahkan rambu lalu lintas pengalihan dari Jl. Sawojajar 1 ke Jl. Sawojajar 2, agar pengendara tidak seenaknya memasuki area yang telah di berlakukan satu arah.
- b. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan untuk melakukan survey dengan teliti. Misalnya dalam pengambilan data, tata cara survey harus

sistematis, pendataan kebutuhan jumlah surveyor maupun peralatan survei yang memadai. Juga untuk mempertimbangkan solusi alternatif lain yang lebih maksimal.

- c. Tingkat pelayanan F masih sangat buruk maka seharusnya alternatif yang sesuai dengan keadaan eksisting jalan tersebut adalah pelebaran pada Jl. Ranu Grati (Barat) dan Jl. Simp Ranu Grati (Selatan) serta penambahan median pada Jl. Danau Toba.

DAFTAR PUSTAKA

- (1). Kristanto, Hendri. *Evaluasi Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Bangak di Kabupaten Boyolali)*. 2013
- (2). Kurrahman, Taufik. *Evaluasi dan Perencanaan Simpang Empat Bersinyal Menggunakan Manual Kapasita Jalan Indonesia*. Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas WisnuwardhanaMalang.
<https://www.google.com/search?q=evaluasi+dan+perencanaan+simpang+empat+bersinya+l+menggunakan>manual+kapasitas+jalan+indonesia>. Mei 2107
- (3). Manual Kapasitas Jalan di Indonesia. 1997. Direktorat Jendral Bina Marga Direktorat Bina Jalan Kota (Binkot).
- (4). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015. Direktur Jendral Perhubungan Darat
- (5). Pramoto, Yoga. *Manajemen Lalu Lintas Untuk Mengatasi Masalah Tundaan Pada Ruas JL. Ranu grati Kota Malang*. Universitas Brawijaya Malang.
https://id.wikibooks.org/wiki/Manajemen_Lalu_Lintas/Sistem_satu_arah. 2 Mei 2017
- (6). Pangestu, Bakti. *Evaluasi Kebijakan Satu Arah di Jalan Let.Jend. Suwarto Kota Banjar, Jawa Barat*. <https://www.google.com/search?q=perhitungan+satu+arah+simpang+bersinyal&ie>, 14 April 2017
- (7). Sianturi, Rafika Mayaecca. *Studi Analisa Kemacetan Jalan Arteri Malang – Surabaya Pada Titik Pertigaan Jalan Raya Karanglo Di Kabupaten Malang*. April 2017