

SKRIPSI
EVALUASI SIMPANG TAK BERSINYAL YANG BERDEKATAN
DENGAN PINTU PERLINTASAN KA PADA PERSIMPANGAN
JL. CILIWUNG – JL. KARYA TIMUR KOTA MALANG



Disusun oleh :

ARIESTA DHARMA PAMUNGKAS
1221042

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2016

SKRIPSI

**EVALUASI SIMPANG TAK BERSINYAL YANG BERDEKATAN
DENGAN PINTU PERLINTASAN KA PADA PERSIMPANGAN
JL. CILIWUNG – JL. KARYA TIMUR KOTA MALANG**



Disusun oleh :

**ARIESTA DHARMA PAMUNGKAS
1221042**

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

2016

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**EVALUASI SIMPANG TAK BERSINYAL YANG BERDEKATAN DENGAN PINTU
PERLINTASAN KA PADA PERSIMPANGAN JL. CILIWUNG –
JL. KARYA TIMUR KOTA MALANG**

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada hari : Sabtu

Tanggal : 13 Agustus 2016

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1*

Disusun Oleh :

Ariesta Dharma Pamungkas

12.21.042

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. Togi H. Naingeolan MS)

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

2016

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**EVALUASI SIMPANG TAK BERSINYAL YANG BERDEKATAN DENGAN PINTU
PERLINTASAN KA PADA PERSIMPANGAN JL. CILIWUNG –
JL. KARYA TIMUR KOTA MALANG**

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil
Institut Teknologi Nasional Malang*

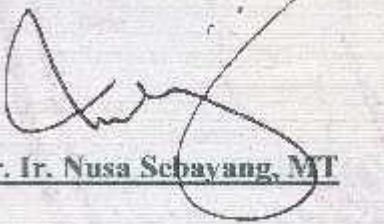
Disusun Oleh :

Ariesta Dharma Pamungkas

12.21.042

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing 1



Dr. Ir. Nusa Schayang, MT

Dosen Pembimbing 2



Drs. Kamidjo Rahardjo, ST., MT

Malang, Agustus 2016

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

Institut Teknologi Nasional Malang



Ir. Agus Santosa, MT

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2016

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ariesta Dharma Pamungkas

NIM : 12.21.042

Program studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul :

**"EVALUASI SIMPANG TAK BERSINYAL YANG BERDEKATAN
DENGAN PINTU PERLINTASAN KA PADA PERSIMPANGAN JL.
CILIWUNG – JL. KARYA TIMUR KOTA MALANG"**

adalah hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau meniadur seluruhnya dari hasil karya orang lain kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2016

Yang membuat pernyataan,



(Ariesta Dharma Pamungkas)

ABSTRAKSI

Ariesta Dharma Pamungkas, 2016, *Evaluasi Simpang Tak Bersinyal yang Berdekatan Dengan Pintu Perlindungan KA Pada Persimpangan Jl. Ciliwung - Jl. Karya Timur Kota Malang*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT dan Drs. Kamidjo Raharjo, ST, MT

Kata Kunci : Kinerja simpang, Simpang Tak Bersinyal, Derajat Kejenuhan, Panjang Antrian, Tundaan.

Simpang Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur merupakan simpang tak bersinyal dengan empat lengan. Padatnya arus lalu-lintas diakibatkan Jl. Ciliwung merupakan jalan poros yang menghubungkan perumahan dengan pusat pendidikan dan pusat perekonomian. Selain itu, simpang Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur ini juga berdekatan dengan pintu perlindungan KA yang sewaktu-waktu ditutup, dan kendaraan dari sisi arah timur berhenti di tengah simpang sehingga menimbulkan kekacauan lalu-lintas. Oleh sebab dilakukan studi ini dengan tujuan untuk memberikan alternatif optimalisasi simpang tersebut agar kemacetan yang terjadi selama ini dapat berkurang atau diharapkan tidak terjadi lagi.

Pengambilan data dilakukan selama 3 hari yakni Senin 21 Maret 2016, Rabu 23 Maret 2016 dan Sabtu 27 Maret 2016 dengan mengambil jam puncak pagi hari pada pukul 06.00 WIB – 08.00 WIB, siang hari pada pukul 11.00 WIB – 13.00 WIB, dan sore hari pada pukul 16.00 WIB – 18.00 WIB. Metode pengambilan data yang dilakukan adalah volume kendaraan, antrian dan lama waktu pintu perlindungan kereta ditutup. Analisa kinerja simpang tak bersinyal ini menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 untuk perhitungan derajat kejenuhan. Sedangkan untuk tingkat pelayanan menggunakan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 PM Tahun 2015.

Pada kondisi eksisting didapatkan volume total 4655.9 smp/jam, kapasitas 2577.24 smp/jam dengan derajat kejenuhan sebesar 1.807, antrian sebesar 153.9 m pada pendekat Timur, dan nilai tundaan yang tak terhingga sesuai perhitungan MKJI 1997. Ada perbedaan kondisi lalu-lintas pada saat lalu-lintas normal dan ketika palang pintu perlindungan KA ditutup, yaitu bertambahnya panjang antrian pada pendekat timur dan barat. Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa simpang tak bersinyal Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur perlu dilakukan suatu perencanaan perbaikan untuk mengoptimalkan kinerja simpang tersebut. Pada studi ini dilakukan 4 alternatif perbaikan yang direncanakan yaitu pelebaran geometrik jalan pada setiap simpang, perencanaan simpang bersinyal 2 fase, dan perencanaan simpang bersinyal 2 fase dan 3 fase dengan pelebaran geometrik. Dari keempat alternatif tersebut dipilih alternatif ketiga yaitu perencanaan simpang bersinyal 2 fase dengan pelebaran geometrik. Pada alternatif yang dipilih ini direncanakan lampu lalu lintas 2 fase dengan perencanaan pelebaran geometrik sebesar 2 m pada tiap-tiap pendekat. Dari hasil perhitungan diperoleh waktu siklus pada pagi hari 61 detik, siang hari 49 detik, dan sore hari 56 detik. Kapasitas pada masing-masing pendekat $C_U = 851.85$ smp/jam, $C_S = 810.98$ smp/jam, $C_T = 1122.03$ smp/jam, dan $C_B = 1102.11$ smp/jam. Tundaan maksimum yang diperoleh dari perhitungan pada alternatif ini sebesar 16.822 det/kend, dengan panjang antrian 87.644 m dan dalam tingkat pelayanan kategori C. Pemasangan lampu sinyal akan dikoordinasikan dengan pergerakan pintu perlindungan KA dengan perpanjangan waktu siklus hijau pada pendekat Barat dan Timur (Jl. Ciliwung) sebesar 30 detik untuk mengurangi panjang antrian akibat penutupan pintu perlindungan KA yang lewat.

KATA PENGANTAR

Penulis memanjatkan puja dan puji syukur kehadiran Allah SWT. Yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Evaluasi Simpang Tak Bersinyal yang Berdekatan Dengan Pintu Perlintasan KA Pada Persimpangan Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur Kota Malang” ini dengan baik.

Tak lepas dari berbagai kesulitan yang muncul, namun berkat petunjuk dan bimbingan dari semua pihak yang telah membantu, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang merupakan syarat untuk kelulusan program studi teknik sipil S-1 ITN Malang. Sehubungan dengan hal tersebut, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP)
3. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1
4. Bapak Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT selaku Dosen Pembimbing I
5. Bapak Drs. Kamidjo Rahardjo, ST., MT Selaku Dosen Pembimbing II

Akhir kata, semoga Skripsi ini dapat memberikan kontribusi bagi terselenggaranya pendidikan yang berkualitas dan bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAKSI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI, ISTILAH, DAN DEFINISI	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Maksud dan Tujuan Penulisan.....	4
1.6 Manfaat Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Simpang Tak Bersinyal.....	6
2.2 Konflik Dan Pergerakan Pada Persimpangan	7
2.2.1 Konflik Pada Persimpangan	7

2.3 Jenis – Jenis Pengaturan Simpang.....	8
2.4 Karakteristik Lalu-lintas.....	9
2.5 Data Masukan.....	11
2.6 Kapasitas Persimpangan Jalan.....	13
2.6.1 Kapasitas	13
2.6.2 Rasio Arus / Rasio Arus Jenuh	14
2.7 Kondisi Arus Lalu-lintas.....	15
2.7.1 Kondisi Lingkungan.....	17
2.7.2 Lebar Pendekat (W) dan Tipe Simpang (IT).....	18
2.7.3 Kapasitas Dasar.....	20
2.7.4 Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (Fw).....	20
2.7.5 Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama (F_M).....	20
2.7.6 Faktor Penyesuaian Kota (F_{CS}).....	21
2.7.7 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, Dan Kendaraan Tak Bermotor.....	21
2.7.8 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT}).....	22
2.7.9 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT}).....	22
2.7.10 Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor (F_{MI}).....	23
2.8 Kinerja Simpang Tak Bersinyal.....	23
2.8.1 Derajat Kejenuhan (DS).....	23
2.8.2 Tundaan (D).....	24
2.8.3 Peluang Antrian (P).....	27
2.9 Tingkat Pelayanan Persimpangan Jalan.....	28
2.10 Studi Terdahulu.....	30

BAB III METODOLOGI	32
3.1 Tinjauan Umum.....	32
3.1.1 Lokasi dan Obyek Studi	32
3.2 Pengumpulan Data	34
3.2.1 Pengumpulan Data Primer	35
3.2.2 Pengumpulan Data Sekunder	35
3.3 Jenis Survey, Penempatan, Dan Jumlah Survey.....	35
3.3.1 Langkah Pengambilan Data (Survey)	37
3.3.2 Titik Penempatan Surveyor.....	41
3.6 Flowchart (Bagan Alir)	43
 BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	 44
4.1 Data Geometrik, Arah Pergerakan Arus Lalu-lintas, Dan Kondisi Lingkungan Saat Ini.....	45
4.2 Data Arus Lalu-lintas.....	48
4.3 Penentuan Jam-Jam Puncak.....	49
 BAB V PERHITUNGAN DAN ANALISA.....	 69
5.1 Analisa Simpang Tak Bersinyal.....	69
5.1.1 Analisa Simpang Tak Bersinyal Menurut MKJI 1997.....	69
5.1.2 Evaluasi Nilai Derajat Kejenuhan (DS) Pada Kondisi Eksisting	83
5.2 Alternatif Untuk Perbaikan Sistem Pengendalian Simpang.....	85
5.2.1 Alternatif Perbaikan 1 : Pelebaran Geometrik Jalan Pada Masing- masing Pendekat.....	86

5.2.2 Alternatif Perbaikan 2 : Perencanaan Simpang Bersinyal 2 Fase.....	102
5.2.3 Alternatif Perbaikan 3 : Simpang Bersinyal 2 Fase Dengan Perencanaan Pelebaran Geometrik.....	128
5.2.4 Alternatif Perbaikan 4 : Simpang Bersinyal 3 Fase Dengan Perencanaan Pelebaran Geometrik.....	155
5.3 Analisa Untuk Alternatif yang Direncanakan.....	167
5.4 Rekomendasi yang Dipilih.....	171
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	173
6.1 Kesimpulan.....	173
6.2 Saran.....	174

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

BAB I PENDAHULUAN

BAB II LANDASAN TEORI

❑ Gambar 2.1 Titik Konflik Dipersimpangan	8
❑ Gambar 2.2 Lebar Rata-rata Pendekat.....	18
❑ Gambar 2.3 Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w).....	20
❑ Gambar 2.4 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT}).....	22
❑ Gambar 2.5 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT}).....	23
❑ Gambar 2.6 Tundaan Lalu-lintas Simpang vs Derajat Kejenuhan.....	25
❑ Gambar 2.7 Tundaan Lalu-lintas Jalan Utama vs Derajat Kejenuhan.....	26
❑ Gambar 2.8 Rentang Peluang Antrian (QP%) Terhadap Derajat Kejenuhan (DS).....	27

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

❑ Gambar 3.1 Peta Jawa Timur.....	32
❑ Gambar 3.2 Peta Kota Malang.....	33
❑ Gambar 3.3 Kondisi Eksisting	33
❑ Gambar 3.4 Lokasi Simpang Tak Berinyal Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur.....	34
❑ Gambar 3.5 Denah Penempatan Surveyor.....	41
❑ Gambar 3.2 Flowchart Penelitian.....	36

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

❑ Gambar 4.1 Data Lengan Simpang	45
❑ Gambar 4.2 Grafik Arus Lalu-lintas Hari Rabu, 16 Maret 2016.....	51
❑ Gambar 4.3 Grafik arus total kendaraan per simpang hari Senin, 21 Maret 2016.....	54
❑ Gambar 4.4 Grafik arus total kendaraan per simpang hari Rabu, 23 Maret 2016.....	56
❑ Gambar 4.5 Grafik arus total kendaraan per simpang hari Sabtu, 26 Maret 2016.....	58
❑ Gambar 4.6 Grafik kombinasi arus lalulintas total.....	61
❑ Gambar 4.7 Grafik prosentase kendaraan pada hari kerja.....	62
❑ Gambar 4.8 Grafik prosentase kendaraan pada hari libur.....	63
❑ Gambar 4.9 Perbandingan Panjang Antrian Timur Hari Rabu, 23 Maret 2016.....	65
❑ Gambar 4.10 Perbandingan Panjang Antrian Barat Hari Rabu, 23 Maret 2016.....	66
❑ Gambar 4.11 Perbandingan Panjang Antrian Timur Hari Sabtu, 26 Maret 2016.....	67
❑ Gambar 4.12 Perbandingan Panjang Antrian Barat Hari Sabtu, 26 Maret 2016.....	68

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

❑ Gambar 5.1 Perencanaan Pelebaran Geometrik Simpang.....	87
❑ Gambar 5.2 Perencanaan 2 fase pada simpang Ciliwung.....	109
❑ Gambar 5.3 Grafik faktor penyesuaian untuk kelandaian (F_G).....	114

❑ Gambar 5.4 Grafik penyesuaian belok kiri (F_{LT}).....	115
❑ Gambar 5.5 Perencanaan 2 fase pada simpang Ciliwung.....	136
❑ Gambar 5.6 Grafik faktor penyesuaian untuk kelandaian (F_G).....	140
❑ Gambar 5.7 Grafik penyesuaian belok kiri (F_{LT}).....	141
❑ Gambar 5.8 Diagram Waktu Sinyal Lalu-lintas.....	153
❑ Gambar 5.9 Diagram Waktu Sinyal Kondisi Normal.....	153
❑ Gambar 5.10 Diagram Waktu Sinyal Saat KA Lewat.....	154
❑ Gambar 5.11 Diagram waktu sinyal lalu-lintas Pasca KA Lewat.....	154
❑ Gambar 5.12 Diagram Waktu Sinyal Lalu-lintas.....	173

DAFTAR TABEL

BAB I PENDAHULUAN

BAB II LANDASAN TEORI

❑ Tabel 2.1 Batas nilai variasi dalam data empiris untuk variabel-variabel masuka.....	7
❑ Tabel 2.2 Faktor Ekvivalen Mobil Penumpang.....	11
❑ Tabel 2.3 Ringkasan variabel-variabel masukan model kapasitas.....	14
❑ Tabel 2.4 Nilai Normal Faktor-k 14.....	16
❑ Tabel 2.5 Nilai Normal Komposisi Lalu-lintas.....	16
❑ Tabel 2.6 Nilai Normal Lalu-lintas Umum.....	17
❑ Tabel 2.7 Kelas Ukuran Kota.....	17
❑ Tabel 2.8 Tipe Lingkungan Jalan.....	18
❑ Tabel 2.9 Jumlah lajur dan lebar rata-rata pendekat minor dan utama.....	19
❑ Tabel 2.10 Kode Tipe Simpang.....	19
❑ Tabel 2.11 Kapasitas Dasar Menurut Tipe Simpang.....	20
❑ Tabel 2.12 Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama.....	21
❑ Tabel 2.13 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs).....	21
❑ Tabel 2.14 Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (FRSU).....	22
❑ Tabel 2.15 Faktor Penyesuaian Arus Jalan Minor.....	23
❑ Tabel 2.16 Kriteria tingkat pelayanan pada persimpangan tidak bersignal.....	28
❑ Tabel 2.17 Hubungan Kapasitas dengan Tingkat Pelayanan.....	29

BAB III METODOLOGI

❑ Tabel 3.1 Jam dan Aktivitas pada Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur.....	39
--	----

BAB IV ANALISA DATA

❑ Tabel 4.1 Data Geometrik Tiap Lengan.....	47
❑ Tabel 4.2 Jadwal Penutupan Pintu Perlintasan KA.....	48
❑ Tabel 4.3 Total arus keluar kendaraan per simpang hari Rabu, 16 Maret 2016.....	49
❑ Tabel 4.4 Total arus kendaraan per simpang hari Senin, 21 Maret 2016.....	53
❑ Tabel 4.5 Total arus kendaraan per simpang hari Rabu, 23 Maret 2016..	54
❑ Tabel 4.6 Total arus kendaraan per simpang hari Sabtu, 27 Maret 2016. .	56
❑ Tabel 4.7 Kombinasi Arus Lalu-lintas.....	58
❑ Tabel 4.8 Jam Puncak Arus Lalu-lintas.....	60
❑ Tabel 4.9 Prosentase kendaraan pada hari kerja.....	62
❑ Tabel 4.10 Prosentase kendaraan pada hari libur.....	63
❑ Tabel 4.11 Jadwal Penutupan Palang Pintu Perlintasan KA Hari Senin 21 Maret 2016 dan Rabu 23 Maret 2016.....	64
❑ Tabel 4.12 Jadwal Penutupan Palang Pintu Perlintasan KA Hari Sabtu 26 Maret 2016.....	65

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

❑ Tabel 5.1 Pengolahan data kondisi eksisting pada hari Senin, 21 Maret 2016.....	82
❑ Tabel 5.2 Hasil pengolahan data kondisi eksisting pada hari Senin, 21 Maret 2016.....	83

❑ Tabel 5.3 Hasil pengolahan data kondisi eksisting pada hari Rabu, 23 Maret 2016.....	84
❑ Tabel 5.4 Hasil Pengolahan Data Kondisi Eksisting pada Hari Sabtu, 27 Maret 2016.....	84
❑ Tabel 5.5 Pengolahan Data Alternatif 1 Pada Hari Senin, 21 Maret 2016.....	100
❑ Tabel 5.6 Hasil pengolahan data pada kondisi alternatif pertama.....	101
❑ Tabel 5.7 Data Geometrik dan Kondisi Lingkungan Simpang Ciliwung.....	104
❑ Tabel 5.8 Nilai emp Untuk Tipe Pendekat Terlindung dan Terlawan.....	105
❑ Tabel 5.9 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota.....	112
❑ Tabel 5.10 Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan kendaraan tak bermotor.....	113
❑ Tabel 5.11 Pengolahan data SIG IV alternatif 2 pada hari Senin Pagi, 21 Maret 2016.....	123
❑ Tabel 5.12 Pengolahan data SIG V alternatif 2 pada hari Senin Pagi, 21 Maret 2016.....	124
❑ Tabel 5.13 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 2 pada pagi hari.....	125
❑ Tabel 5.14 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 2 pada siang hari.....	126
❑ Tabel 5.15 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 2 pada sore hari.....	126

❑ Tabel 5.16 Data Geometrik dan Kondisi Lingkungan Simpang Ciliwung.....	130
❑ Tabel 5.17 Nilai emp Untuk Tipe Pendekat Terlindung dan Terlawan.....	131
❑ Tabel 5.18 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota.....	138
❑ Tabel 5.19 Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan kendaraan tak bermotor.....	139
❑ Tabel 5.20 Pengolahan data SIG IV alternatif 3 pada hari Senin Pagi, 21 Maret 2016.....	149
❑ Tabel 5.21 Pengolahan data SIG V alternatif 3 pada hari Senin Pagi, 21 Maret 2016.....	150
❑ Tabel 5.22 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 3 pada pagi hari.....	151
❑ Tabel 5.23 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 3 pada siang hari.....	151
❑ Tabel 5.24 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 3 pada sore hari.....	152
❑ Tabel 5.25 Hasil perhitungan waktu sinyal lampu isyarat lalu-lintas.....	153
❑ Tabel 5.26 Data Geometrik dan Kondisi Lingkungan Simpang Ciliwung.....	157
❑ Tabel 5.27 Nilai emp Untuk Tipe Pendekat Terlindung dan Terlawan.....	158

❑ Tabel 5.28 Pengolahan data SIG IV alternatif 4 pada hari Senin Pagi, 21 Maret 2016.....	163
❑ Tabel 5.29 Pengolahan data SIG V alternatif 4 pada hari Senin Pagi, 21 Maret 2016.....	164
❑ Tabel 5.30 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 4 pada pagi hari.....	165
❑ Tabel 5.31 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 4 pada siang hari.....	165
❑ Tabel 5.32 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 3 pada sore hari.....	166
❑ Tabel 2.33 Matriks Perbandingan Setiap Analisa.....	171
❑ Tabel 5.34 Hasil perhitungan waktu sinyal lampu isyarat lalu- lintas.....	173

DAFTAR NOTASI, ISTILAH, DAN DEFINISI

Notasi	Istilah	Definisi
A,B,C,D	Pendekat	Tempat masuknya kendaraan dalam suatu lengan persimpangan jalan. Pendekat jalan utama disebut B dan C, jalan minor A dan D
	Tipe Median Jalan Utama	Klasifikasi tipe median jalan utama tergantung pada kemungkinan menggunakan median tersebut untuk menyeberangi jalan utama dalam dua tahap.
W_x	Lebar Pendekat X (m)	Lebar dari bagian pendekat yang di perkeras, diukur di bagian tersempit, yang digunakan oleh lalu lintas yang bergerak. X adalah nama pendekat, apabila pendekat tersebut sering digunakan untuk parkir, lebar yang ada harus dikurangi 2m.
W_1	Lebar Rata-Rata Semua Pendekat X (m)	Lebar efektif rata-rata untuk semua pendekat pada persimpangan jalan.
W_{AD} (W_{BC})	Lebar Rata-Rata Pendekat Minor (Utama)	Lebar rata-rata pendekat pada jalan minor (AD) atau jalan utama (BC)

IT	Tipe Simpang	Kode untuk jumlah lengan simpang dan jumlah lajur pada jalan minor dan jalan utama simpang.
	Jumlah Lajur	Jumlah lajur, ditentukan dari lebar rata-rata pendekat minor/utama.
LT	Belok Kiri	Indeks untuk lalu lintas belok kiri
ST	Lurus	Indeks untuk lalu lintas belok lurus
RT	Belok Kanan	Indeks untuk lalu lintas belok belok kanan
T	Belok	Indeks untuk lalu lintas belok
P_{LT}	Rasio Belok Kiri	Rasio kendaraan belok kiri $P_{LT} = Q_{LT} / Q_{TOT}$
P_{RT}	Rasio Belok Kanan	Rasio kendaraan belok kanan $P_{RT} = Q_{RT} / Q_{TOT}$
Q_{TOT}	Arus Total	Arus kendaraan bermotor total pada persimpangan dinyatakan dalam kend/jam, smp/jam, atau LHRT
Q_{DH}	Arus Jam Rencana	Arus lalu lintas jam puncak untuk perencanaan
Q_{UM}	Arus Kendaraan Tak Bermotor	Arus kendaraan tak bermotor pada persimpangan
P_{UM}	Rasio Kendaraan Tak Bermotor	Rasio antar kendaraan tak bermotor dan kendaraan bermotor pada persimpangan

Q_{MA}	Arus Total Jalan Utama	Jumlah arus total yang masuk dari jalan utama (kend/jam atau smp/jam)
Q_W	Arus Total Jalan Minor	Jumlah arus total yang masuk dari jalan utama (kend/jam atau smp/jam)
P_{MI}	Rasio Arus Jalan Minor	Rasio arus jalan minor terhadap arus persimpangan total
D	Tundaan Minor	Waktu tempuh tambahan untuk melewati simpang bila dibandingkan dengan situasi tanpa simpang, yang terdiri dari tundaan lalu lintas dan tundaan geometrik. Tundaan lalu lintas (DT) = waktu menunggu akibat interaksi lalu lintas dengan lalu lintas yang berkonflik dan Tundaan Geometrik (DG) akibat perlambatan dan percepatan lalu lintas yang terganggu dan yang tidak terganggu
$LV \%$	% Kendaraan Ringan	% Kendaraan ringan dari seluruh kendaraan bermotor yang masuk ke persimpangan jalan, berdasarkan kendaraan/jam

HV %	% Kendaraan Berat	% Kendaraan berat dari seluruh kendaraan bermotor yang masuk ke persimpangan jalan, berdasarkan kendaraan/jam
MC %	% Sepeda Motor	% Sepeda motor dari seluruh kendaraan yang masuk ke persimpangan jalan, berdasarkan kendaraan/jam
Co	Kapasitas Dasar Smp/jam	Kapasitas persimpangan jalan total untuk suatu kondisi tertentu yang sudah ditentukan sebelumnya (kondisi dasar).
Fw	Faktor Penyesuaian Lebar Masuk	Faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar sehubungan dengan lebar masuk persimpangan jalan
FM	Faktor Penyesuaian Tipe Median Jalan Utama	Faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar sehubungan dengan tipe median jalan utama
F _{RSU}	Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor	Faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor
F _{LT}	Faktor Penyesuaian Belok Kiri	Faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat belok kiri

F_{RT}	Faktor Penyesuaian Belok Kanan	Faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat belok kanan
F_{MI}	Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor	Faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat rasio arus jalan minor.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan Raya merupakan salah satu prasarana transportasi yang sangat penting karena kelancaran dari perjalanan dan kenyamanan bagi pengendara serta pengguna jalan harus diperhatikan. Untuk memenuhi kelancaran setiap pergerakan tersebut maka diperlukan suatu system sarana transportasi yang baik. Pertumbuhan Kota Malang yang sangat cepat dengan diiringinya kegiatan perekonomian dengan intensitas yang sangat tinggi, memerlukan fasilitas penunjang dari system dan jaringan fasilitas transportasi yang optimal dan efisien. Perkembangan transportasi di Kota Malang secara umum dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk dan peran Kota Malang sebagai kota pendidikan. Dengan bertambahnya pertumbuhan penduduk mengakibatkan meningkatnya jumlah kepemilikan kendaraan pribadi dan permintaan angkutan umum, demikian pula untuk peranan Kota Malang sebagai kota pendidikan memberikan kesempatan yang tinggi pula terhadap kebutuhan pribadi maupun umum.

Persimpangan merupakan simpul pada jaringan jalan yang terjadi pertemuan dari beberapa ruas jalan dan lintasan kendaraan saling berpotongan antara satu dengan yang lainnya. Persimpangan-persimpangan yang tidak teratur secara optimal dapat menimbulkan masalah, antara lain kemacetan, tundaan (delay), kapasitas, tingkat pelayanan rendah dan lain-lain. Oleh karena itu persimpangan merupakan aspek yang sangat penting dalam pengendalian lalu lintas.

Salah satu persimpangan dengan volume lalu lintas dan kepadatan tinggi yang bermasalah adalah simpang tak bersinyal Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur Kota Malang. Beberapa pusat kegiatan di sekitar simpang adalah Royal ATK, Waroeng Steak & Shake, Perumahan, jalur alternatif menuju Jl. Sulfat dan Jl. Letjen S. Parman atau dan lain-lain sehingga banyak masyarakat yang melewati simpang tersebut. Di sekitar persimpangan tersebut sering kali juru parkir memberhentikan kendaraan yang jalan untuk memprioritaskan kendaraan yang akan keluar masuk tempat tersebut. Di daerah tersebut masih belum terdapat lampu lalu lintas (traffic light), dan hanya ada petugas “supeltas” yang berusaha menertibkan pengendara yang melewati persimpangan tersebut.

Yang menjadi inti masalah dari kemacetan pada simpang tersebut adalah adanya rel kereta api di simpang pendekat barat yang statusnya masih aktif dilalui kereta api. Diketahui melalui penjaga pos pintu perlintasan kereta api tersebut, pada jam-jam tertentu pintu perlintasan kereta api tersebut ditutup. Hal ini jelas sangat mengganggu ketika kondisi persimpangan tersebut padat palang kereta api ditutup sehingga kemacetan semakin parah.

Dari permasalahan yang ada di atas, maka perlu dilakukan penelitian pada persimpangan tersebut apakah sistem pengendalian sistem persimpangan tersebut sudah optimal atau belum, yang diharapkan nantinya dapat mengurangi jarak perjalanan dan biaya operasional kendaraan, memperkecil jarak tundaan (delay), meningkatkan kapasitas dan tingkat pelayanan jalan, serta meningkatkan efisiensi efektifitas persimpangan ketika pintu perlintasan KA ditutup, sehingga waktu perjalanan akan lebih cepat dan keselamatan pengendara serta pejalan kaki dapat ditingkatkan. Dengan mengambil permasalahan yang terjadi di persimpangan Jl.

Ciliwung – Jl. Karya Timur Kota Malang, maka penulis mengambil judul untuk “Tugas Akhir” yang berjudul “Evaluasi Sistem Pengendalian Simpang Tak Bersinyal Yang Berdekatan Dengan Pintu Perlintasan KA Pada Persimpangan Jl. Ciliwung - Jl. Karya Timur Kota Malang.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari hasil pra survey yang dilakukan di lokasi studi, maka secara umum dapat diidentifikasi beberapa masalah penyebab terjadinya kemacetan arus lalu lintas pada persimpangan empat Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur Kota Malang, diantaranya :

1. Ada perbedaan kondisi lalu-lintas pada kondisi lalu-lintas normal dan ketika palang pintu perlintasan KA ditutup.
2. Meningkatnya kemacetan ketika palang pintu rel kereta api ditutup.

1.3 Rumusan Masalah

Beberapa masalah yang timbul diantaranya :

1. Bagaimana perbedaan kondisi arus lalu lintas pada kondisi lalu-lintas normal dan ketika palang pintu perlintasan KA ditutup?
2. Apa langkah yang dilakukan untuk mengoptimalkan simpang tersebut pada saat kondisi pintu perlintasan KA ditutup?

1.4 Batasan Masalah

Dengan mempertimbangkan luasnya permasalahan yang timbul, serta keterbatasan waktu, tenaga, dan biaya, maka perlu adanya batasan masalah agar memperjelas dalam menganalisa permasalahan. Studi ini berjudul “Evaluasi Sistem Pengendalian pada Persimpangan Jl. Ciliwung - Jl. Karya Timur Kota Malang “. Yang mana batasan masalah dari studi ini adalah sebagai berikut :

1. Difokuskan untuk membandingkan kondisi arus lalu lintas pada saat kereta api melintas dan pada saat tidak ada kereta api melintas.
2. Tidak dilakukan survey panjang antrian dan tundaan pada simpang tersebut.
3. Mengevaluasi dengan menyesuaikan rambu eksisting / rambu yang telah ada, seperti larangan belok kanan untuk kendaraan dari arah barat ke arah timur.

1.5 Maksud dan Tujuan

Evaluasi sistem pengendalian simpang ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar kinerja simpang yang ada dan mengendalikan pergerakan arus lalu lintas yang terjadi di persimpangan Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur yang berdekatan dengan jalur kereta api Kota Malang dengan sistem pengendalian simpang yang sesuai dengan situasi dan kondisi yang telah ada pada lokasi persimpangan tersebut.

Adapun tujuan penulis mengadakan evaluasi system pengendalian simpang ini adalah untuk memberikan alternative pemecahan masalah karena kemacetan arus lalu lintas yang terjadi pada persimpangan tersebut sehingga kemacetan yang terjadi selama ini dapat berkurang atau diharapkan tidak terjadi

lagi. Selain itu diharapkan agar nantinya masyarakat dapat beraktivitas dan berjalan dengan lancar.

1.6 Manfaat Penulisan

Adapun manfaat studi yang dapat diambil dari penulisan ini yaitu :

1. Manfaat Umum adalah untuk memperlancar pergerakan arus lalu lintas pada simpang tak bersinyal Jl. Ciliwung - Jl. Karya Timur Kota Malang sehingga para pengguna jalan bisa melewati simpang dengan aman dan nyaman.
2. Sebagai bahan kajian dan masukan untuk studi selanjutnya.
3. Sebagai bahan masukan bagi Pemerintah Kota Malang dalam mengevaluasi dan memberikan solusi terhadap permasalahan yang terjadi pada simpang tersebut.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Simpang Tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal berlengan 3 dan 4 secara formil dikendalikan oleh aturan dasar lalu-lintas Indonesia yaitu memberi jalan pada kendaraan dari kiri. Ukuran-ukuran kinerja berikut dapat diperkirakan untuk kondisi tertentu sehubungan dengan geometri, lingkungan dan lalu-lintas dengan metode yang diuraikan dalam bab ini diantaranya :

- a) Kapasitas
- b) Derajat kejenuhan
- c) Tundaan
- d) Peluang antrian , serta Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)

Karena metode yang diuraikan dalam manual ini berdasarkan empiris, hasilnya akan selalu diperiksa dengan penilaian teknik lalu-lintas yang baik. Hal ini sangat penting apabila metoda digunakan di luar batas nilai variasi dari variabel dalam data empiris. Batas nilai ini ditunjukkan pada tabel 2.1, Penggunaan data tersebut akan menyebabkan kesalahan perkiraan kapasitas yang biasanya kurang dari $\pm 20\%$.

Tabel 2.1 Batas nilai variasi dalam data empiris untuk variabel-variabel masukan
(berdasarkan perhitungan dalam kendaraan)

Variabel	4-lengan			3-lengan		
	Min.	Rata-2	Maks.	Min.	Rata-2	Maks.
Lebar masuk	3,5	5,4	9,1	3,5	4,9	7,0
Rasio belok-kiri	0,10	0,17	0,29	0,06	0,26	0,50
Rasio belok-kanan	0,00	0,13	0,26	0,09	0,29	0,51
Rasio arus jalan simpang	0,27	0,38	0,50	0,15	0,29	0,41
%-kend ringan	29	56	75	34	56	78
%-kend berat	1	3	7	1	5	10
%-sepeda motor	19	33	67	15	32	54
Rasio kend tak bermotor	0,01	0,08	0,22	0,01	0,07	0,25

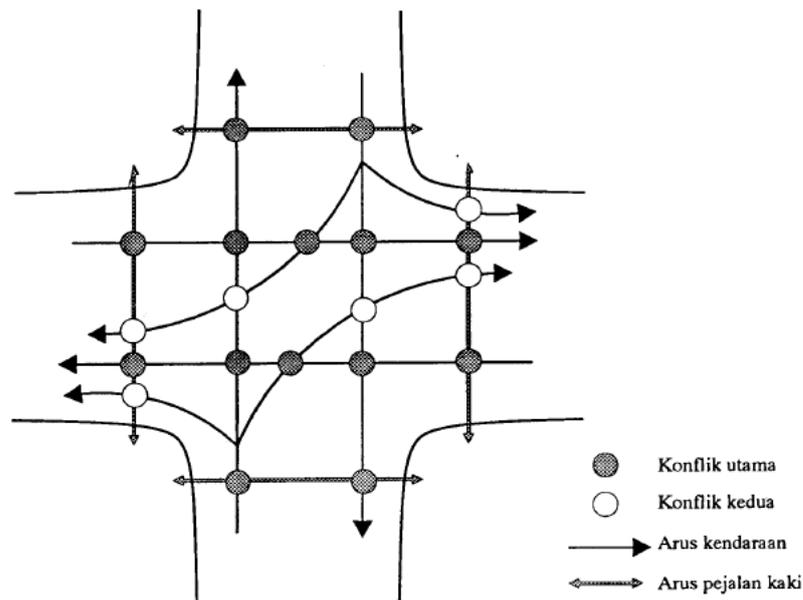
Metode ini menganggap bahwa simpang jalan berpotongan tegak lurus dan terletak pada alinyemen datar dan berlaku untuk derajat kejenuhan kurang dari 0,8 - 0,9. Pada kebutuhan lalu lintas yang lebih tinggi perilaku lalu-lintas menjadi lebih agresif dan ada risiko tinggi bahwa simpang tersebut akan terhalang oleh para pengemudi yang berebut ruang terbatas pada daerah konflik. Metoda ini diturunkan dari lokasi-lokasi, yang mempunyai perilaku lalu-lintas Indonesia yang diamati pada simpang tak bersinyal. Apabila perilaku ini berubah, misalnya karena pemasangan dan pelaksanaan rambu lalu-lintas BERHENTI atau BERI JALAN pada simpang tak bersinyal, atau melalui penegakan aturan hak jalan lebih dulu dari kiri (undang-undang lalu-lintas yang ada), maka metoda ini akan menjadi kurang sesuai.

2.2 Konflik Dan Pergerakan Pada Persimpangan

2.2.1 Konflik Pada Persimpangan

Persimpangan merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadinya konflik antara kendaraan yang satu dengan kendaraan yang lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki, oleh karena itu persimpangan

merupakan aspek penting dalam pengendalian lalu lintas. Satu penempatan jalan sebidang menghasilkan 16 titik konflik. Upaya memperlancar arus lalu lintas adalah dengan meniadakan titik konflik ini, misalnya dengan membangun pulau lalu lintas atau bundaran, memasang lampu lalu lintas yang mengatur giliran gerak kendaraan, menerapkan arus searah, menetapkan larangan belok kanan atau membangun simpang susun (Suwardjoko P.Warpani (dalam Robby, 2010:10))



Gambar 2.1 Titik Konflik Dipersimpangan

2.3 Jenis-Jenis Pengaturan Simpang

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, semakin tinggi tingkat kompleksitas suatu simpang, makin tinggi pula kebutuhan pengaturan simpangnya. Jenis pengaturan simpang sebidang dapat dikelompokkan menjadi (Alik Ansyori Alamsyah, 2008:104) :

- Pengaturan simpang tanpa lampu lalu lintas
- Pengaturan simpang dengan lampu lalu lintas

Setiap pemasangan lampu lalu lintas bertujuan untuk memenuhi satu atau lebih fungsi-fungsi sebagai berikut (Clarkson H Oglesby dan R.Gary Hicks, 1999:391) :

1. Mendapatkan gerakan lalu lintas yang teratur
2. Meningkatkan kapasitas lalu lintas pada perempatan jalan
3. Mengurangi frekuensi jenis kecelakaan tertentu
4. Mengkoordinasikan lalu lintas dibawah kondisi jarak sinyal yang cukup baik, sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan meneruspada kecepatan tertentu.
5. Memutuskan arus lalu lintas tinggi agar memungkinkan adanya penyeberangan kendaraan lain atau pejalan kaki
6. Mengatur penggunaan lalu lintas
7. Sebagai pengendali ramp pada jalan masuk menuju jalan bebas hambatan (entrance freeway)
8. Memustuskan arus lalu lintas bagi lewatnya kendaraan darurat (ambulance) atau pada jembatan gerak.

2.4 Karakteristik Lalu Lintas

Menurut MKJI 1997, arus lalulintas yaitu jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik pada jalan persatuan waktu, dinyatakan dalam kendaraan/jam (Q_{kend}), smp/jam (Q_{smp} atau LHRT (Lalulintas Harian Rata-Rata Tahunan)). Arus lalulintas secara keseluruhan dalam suatu lalulintas dapat digambarkan dengan 4 parameter, yaitu :

a. Karakteristik Volume Lalulintas

Volume lalulintas adalah jumlah kendaraan (mobil penumpang) yang melalui suatu titik tiap satuan waktu. Kebutuhan pemakaian jalan akan selalu berubah berdasarkan waktu dan ruang.

b. Kecepatan

Kecepatan menentukan jarak yang dijalani pengemudi kendaraan dalam waktu tertentu. Pemakai jalan dapat menaikkan kecepatan untuk memperpendek waktu perjalanan.

c. Kerapatan

Kerapatan adalah jumlah kendaraan yang menempati panjang ruas jalan tertentu atau lajur yang umumnya dinyatakan sebagai jumlah kendaraan tiap kilometer.

d. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah perbandingan dari volume (nilai arus) lalulintas terhadap kapasitasnya. Dalam MKJI, jika dianalisis tingkat kinerja jalannya, maka volume lalulintasnya dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp). Faktor yang mempengaruhi nilai emp antara lain:

1. Jenis jalan, seperti jalan luar kota atau jalan bebas hambatan.
2. Tipe alinyemen, seperti medan datar, berbukit, atau pegunungan.
3. Volume lalulintas.

2.5 Data Masukan

Data yang diperlukan dalam pola pengaturan lampu lalu lintas adalah (sumber: MKJI, 1997:2-39) :

1. Arus lalu lintas

Menghitung jumlah kendaraan menurut jenis dan arah pergerakan yang melalui titik pengamatan (memasuki persimpangan), dengan interval waktu 15 menit dan membagi jenis kendaraan menjadi kendaraan berat, kendaraan ringan, sepeda motor dan kendaraan tidak bermotor. Arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok kiri, belok kanan dan lurus) dari setiap jenis kendaraan yang mempunyai karakteristik pergerakan yang berbeda. Karena itu untuk menyamakan satuan dari masing-masing jenis kendaraan agar keluar dari antrian maka dikonversi dari gerakan perjam menjadi satuan mobil penumpang (smp) perjam dengan menggunakan ekuivalen mobil penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan, besarnya emp sesuai hasil penelitian dalam MKJI yaitu (MKJI, 1997: 2-10)

Tabel 2.2 Faktor Ekuivalen Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Emp Untuk Tiap Pendekat		
	APILL		TANPA
	Terlindung	Terlawan	APILL
Kendaraan Ringan (LV)	1.0	1.0	1.0
Kendaraan Berat (HV)	1.3	1.3	1.3
Sepeda Motor (MC)	0.2	0.4	0.5

Sumber : MKJI, 1997

Keterangan :

LV = Light vehicle (kendaraan ringan)

(meliputi mobil penumpang, oplet, mikrobis, pickup dan truk kecil, sesuai ketentuan binamarga, MKJI, 1997:1-6)

HV = Heavy vehicle (kendaraan berat)

(meliputi bis, truk 2 as dan truk 3 as sesuai ketentuan binmarga, MKJI, 1997 : 1-6)

MC = Motor Cycle (sepeda motor)

2. Data Geometrik

Elemen geometrik yang diukur adalah :

a. Tipe lingkungan jalan

- Komersial : tata guna lahan komersial (misalnya : toko, restoran, pasar, dan kantor) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
- Pemukiman : tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan
- Akses terbatas : jalan masuk langsung terbatas atau tidak sama sekali (misalnya karena adanya hambatan fisik, jalan samping dan sebagainya)

b. Lebar jalan

c. Jarak ke kendaraan parkir

Jarak normal antara garis henti dan kendaraan pertama yang diparkir disebelah hulu pendekat.

2.6 Kapasitas Persimpangan Jalan

Volume kendaraan yang dapat ditampung oleh suatu jalan lebih ditentukan oleh kapasitas persimpangan pada jalan tersebut dibandingkan dengan kapasitas jalan itu sendiri. Diantara dua persimpangan, jalan dibebani lalu lintas yang cukup besar sehingga hampir tidak ada ruang kosong. Pada perempatan ini biasanya lalu lintas diatur oleh lampu lalu lintas, sehingga tanpa lampu lalu lintas ini hampir seluruh lalu lintas akan mengalami kemacetan seperti yang terjadi pada simpang langsep-mergan lori malang ini. Perilaku lalu-lintas pada simpang tak bersinyal dalam hal aturan memberi jalan, disiplin lajur dan aturan antri sangat sulit digambarkan dalam suatu model perilaku seperti model berhenti/beri jalan yang berdasarkan pada pengambilan celah. Perilaku pengemudi berbeda sama sekali dengan yang ditemukan di kebanyakan negara Barat, yang menjadikan penggunaan metode manual kapasitas dari negara Barat menjadi tidak mungkin. Hasil yang paling menentukan dari perilaku lalu-lintas adalah bahwa rata-rata hampir dua pertiga dari seluruh kendaraan yang datang dari jalan minor melintasi simpang dengan perilaku "tidak menunggu celah", dan celah kritis yang kendaraan tidak memaksa lewat adalah sangat rendah yaitu sekitar 2 detik. Metode ini memperkirakan pengaruh terhadap kapasitas dan ukuran-ukuran terkait lainnya akibat kondisi geometri, lingkungan dan kebutuhan lalu-lintas.

2.6.1 Kapasitas

Kapasitas total untuk seluruh lengan simpang adalah hasil perkalian antara kapasitas dasar (C_0) yaitu kapasitas pada kondisi tertentu (ideal) dan faktor-faktor

penyesuaian (F), dengan memperhitungkan pengaruh kondisi lapangan terhadap kapasitas. Bentuk model kapasitas menjadi sebagai berikut:

$$C = C_0 \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \dots\dots\dots (2.1)$$

Variabel-variabel masukan untuk perkiraan kapasitas (smp/jam) dengan menggunakan model tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Ringkasan variabel-variabel masukan model kapasitas

Tipe Variabel	Uraian variabel dan nama masukan	Faktor model	
Geometri	Tipe simpang	IT	
	Lebar rata-rata pendekat	W _I	F _W
	Tipe median jalan utama	M	F _M
Lingkungan	Kelas ukuran kota	CS	F _{CS}
	Tipe lingkungan jalan,	RE	
	Hambatan samping	SF	
Lalu lintas	Rasio kendaraan tak bermotor	P _{UM}	F _{RSU}
	Rasio belok-kiri	P _{LT}	F _{LT}
	Rasio belok-kanan	P _{RT}	F _{RT}
	Rasio arus jalan minor	Q _{MI} /Q _{TOT}	F _{MI}

Sumber : MKJI, 1997

2.6.2 Rasio Arus / Rasio Arus Jenuh

Dihitung dengan rumus :

$$FR = \frac{Q}{S} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$IFR = \sum (FR_{crit}) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$PR = \frac{FR_{CRIT}}{IFR} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

IFR = Rasio arus simpang

PR = Rasio fase

2.7 Kondisi Arus Lalu-lintas

Data arus lalulintas dapat digunakan untuk menganalisis jam puncak pagi, jam puncak siang dan jam puncak sore. Data pergerakan lalulintas yang dibutuhkan yaitu volume dan arah gerakan lalulintas pada saat jam sibuk. Arus lalulintas diberikan dalam kend/jam, jika arus diberikan dalam LHRT (Lalulintas Harian Rata-rata Tahunan) maka harus disertakan faktor k untuk konversi menjadi arus per jam.

Klasifikasi kendaraan diperlukan untuk mengkonversikan kendaraan kedalam bentuk satuan mobil penumpang (smp) per jam dimana smp merupakan satuan arus lalulintas dari berbagai tipe kendaraan yang diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan faktor emp. Untuk mendapatkan nilai smp diperlukan faktor konversi emp.

(a) Perhitungan arus lalulintas dalam satuan mobil penumpang (smp) ditentukan sebagai berikut :

(1) Jika data arus lalulintas (kend/jam) klasifikasi per jam tersedia untuk masing-masing kendaraan. Maka, arus lalulintas dikonversikan ke dalam satuan smp/jam dengan mengalikan emp untuk masing-masing klasifikasi kendaraan.

(2) Jika data arus lalulintas per jam (bukan klasifikasi) tersedia untuk masing-masing kendaraan, beserta informasi tentang komposisi lalulintas keseluruhan dalam persen (%). Untuk mendapatkan arus total (smp/jam) masing-masing pergerakan dengan mengalikan arus (kend/jam) dengan F_{smp}

$$F_{smp} = \frac{emp_{LV} * LV\% + emp_{HV} + HV\% + emp_{MC} * MC\%}{100} \dots\dots\dots(1)$$

- (3) Jika data arus lalulintas tersedia dalam LHRT (Lalulintas Harian Rata-rata Tahunan), maka arus lalulintas yang diberikan dalam LHRT harus dikonversikan ke dalam satuan kend/jam dengan mengalikan terhadap faktor k :

$$Q_{DH} = k * LHRT \dots\dots\dots(2)$$

Arus dalam kend/jam dikonversikan dengan faktor smp (Fsmp) untuk mendapatkan arus dalam smp/jam

- (b) Nilai Normal Variabel Umum Lalulintas

Data lalulintas sering tidak ada atau kualitasnya kurang baik. Nilai normal diberikan dalam MKJI 1997 dapat digunakan sampai data yang lebih baik tersedia.

Tabel 2.4 Nilai Normal Faktor-k

Lingkungan jalan	Faktor-k - Ukuran kota	
	> 1 juta	≤ 1 juta
Jalan di daerah komersial dan jalan arteri	0,07-0,08	0,08-0,10
Jalan di daerah permukiman	0,08-0,09	0,09-0,12

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simbang Tak Bersinyal, hal 3-27

Tabel 2.5 Nilai Normal Komposisi Lalulintas

Ukuran kota Juta penduduk	Komposisi lalu-lintas kendaraan bermotor %			Rasio kendaraan tak bermotor (UM/MV)
	Kend. ringan LV	Kend. berat HV	Sepeda motor MC	
> 3 J	60	4,5	35,5	0,01
1 - 3 J	55,5	3,5	41	0,05
0,5 - 1 J	40	3,0	57	0,14
0,1 - 0,5 J	63	2,5	34,5	0,05
< 0,1 J	63	2,5	34,5	0,05

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simbang Tak Bersinyal, hal 3-27

Tabel 2.6 Nilai Normal Lalulintas Umum

Faktor	Normal
Rasio arus jalan minor P_{MI}	0,25
Rasio belok-kiri P_{LT}	0,15
Rasio belok-kanan P_{RT}	0,15
Faktor-smp, F_{smp}	0,85

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simbang Tak Bersinyal, hal 3-27

2.7.1 Kondisi Lingkungan

Data kondisi lingkungan yang dibutuhkan untuk menganalisis simpang tak bersinyal sesuai ketentuan MKJI 1997 adalah sebagai berikut :

1. Kelas Ukuran Kota

Kelas ukuran suatu kota ditunjukkan dalam Tabel 2.7 dengan dasar perkiraan jumlah penduduk :

Tabel 2.7 Kelas Ukuran Kota

Ukuran kota	Jumlah penduduk (juta)
Sangat kecil	< 0,1
Kecil	0,1 -0,5
Sedang	0,5- 1,0
Besar	1,0- 3,0
Sangat besar	> 3,0

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simbang Tak Bersinyal, hal 3-29

2. Tipe Lingkungan Jalan

Lingkungan jalan diklasifikasikan dalam kelas menurut tata guna tanah dan aksesibilitas jalan tersebut dari aktivitas di sekitarnya. Hal ini diterapkan dengan secara kualitatif dari pertimbangan teknik lalulintas dengan bantuan Tabel 2.7 :

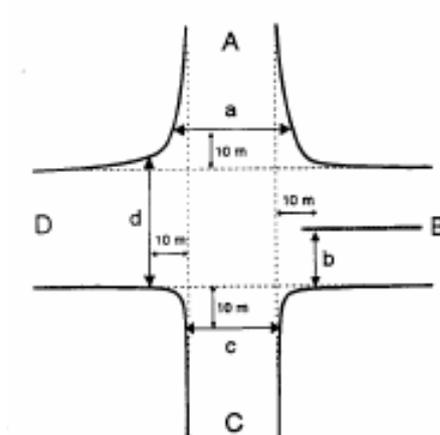
Tabel 2.8 Tipe Lingkungan Jalan

Komersial	Tata guna lahan komersial (misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
Permukiman	Tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
Akses terbatas	Tanpa jalan masuk atau jalan masuk langsung terbatas (misalnya karena adanya penghalang fisik, jalan samping dsb).

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-29

2.7.2 Lebar Pendekat (W) dan Tipe Simpang (IT)

- a. Lebar rata-rata pendekat minor dan utama W_{AC} dan W_{BD} dan Lebar rata-rata pendekat W_1



Gambar 2.2 Lebar rata-rata pendekat

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-32

$$W_{BD} = (W_B + W_D) / 2 \dots\dots\dots(4)$$

$$W_1 = (W_C + W_B + W_D) / 3 \dots\dots\dots(5)$$

b. Jumlah lajur

Jumlah lajur yang digunakan untuk keperluan perhitungan ditentukan dari lebar rata-rata pendekat jalan minor dan jalan utama sebagai berikut.

Tabel 2.9 Jumlah lajur dan lebar rata-rata pendekat minor dan utama

Lebar rata-rata pendekat minor dan utama W_{AC} , W_{BD}	Jumlah lajur (total untuk kedua arah)
$W_{BD} = (b+d)/2 < 5,5$	2
$\geq 5,5$	4
$W_{AC} = (a+c)/2 < 5,5$	2
$\geq 5,5$	4

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-32

c. Tipe Simpang

Menentukan nilai tipe simpang berdasar jumlah lengan dan jumlah lajur pada jalan utama dan jalan minor pada simpang.

Tabel 2.10 Kode tipe simpang

Kode IT	Jumlah lengan simpang	Jumlah lajur jalan minor	Jumlah lajur jalan utama
322	3	2	2
324	3	2	4
342	3	4	2
422	4	2	2
424	4	2	4

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-32

2.7.3 Kapasitas dasar (C_0)

Menentukan kapasitas dasar (C_0) dengan menggunakan Tabel 2.10

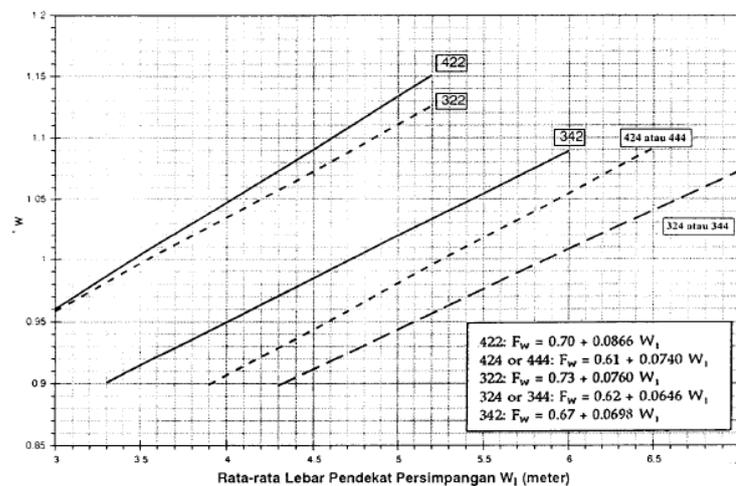
Tabel 2.11 Kapasitas Dasar Menurut Tipe Simpang

Tipe simpang IT	Kapasitas dasar smp/jam
322	2700
342	2900
324 atau 344	3200
422	2900
424 atau 444	3400

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-33

2.7.4 Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w)

Menentukan F_w diperoleh dari grafik yang menggunakan variable-variabel seperti : lebar rata - rata pendekat dan tipe simpang.



Gambar 2.3 Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_w)

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-33

2.7.5 Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama (F_M)

Untuk menentukan faktor median diperlukan suatu pertimbangan teknik lalu lintas. Median dikategorikan lebar jika kendaraan ringan standar dapat terlindung pada daerah median tanpa mengganggu arus berangkat pada jalan

utama. Faktor penyesuaian median jalan utama diperoleh dengan menggunakan Tabel 2.11

Tabel 2.12 Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama

Uraian	Tipe M	Faktor penyesuaian median, (F_M)
Tidak ada median jalan utama	Tidak ada	1,00
Ada median jalan utama, lebar < 3 m	Sempit	1,05
Ada median jalan utama, lebar \geq 3 m	Lebar	1,20

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-34

2.7.6 Faktor Penyesuaian Kota (F_{CS})

Faktor penyesuaian ukuran kota diperoleh dari Tabel 2.12 dengan variabel masukan adalah kota dan jumlah penduduk.

Tabel 2.13 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})

Ukuran kota CS	Penduduk Juta	Faktor penyesuaian ukuran kota F_{CS}
Sangat kecil	< 0,1	0,82
Kecil	0,1 -0,5	0,88
Sedan	0,5- 1,0	0,94
Besar	1,0-3,0	1,00
Sangat besar	> 3,0	1,05

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-34

2.7.7 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{RSU})

Menggunakan tabel 2.13 untuk menghitung faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor.

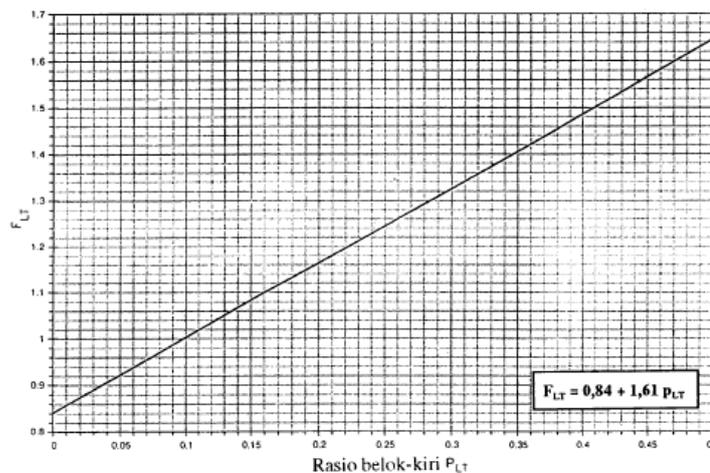
Tabel 2.14 Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (FRSU)

Kelas tipe lingkungan jalan RE	Kelas hambatan samping SF	Rasio kendaraan tak bermotor p_{UM}					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersial	tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Permukiman	tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses terbatas	tinggi/sedang/rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-35

2.7.8 Faktor penyesuaian belok kiri (FLT)

Variabel yang digunakan sebagai masukan adalah rasio belok-kiri (P_{LT}) dan dimasukkan ke dalam gambar untuk mencari F_{LT} nya.

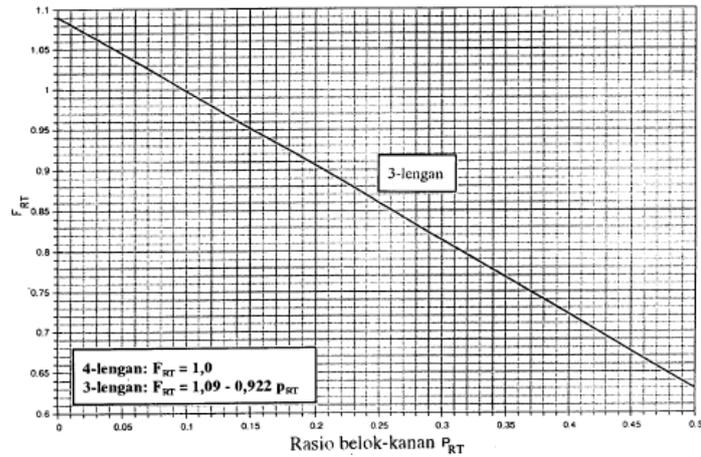


Gambar 2.4 Faktor penyesuaian belok kiri (FLT)

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-36

2.7.9 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (FRT)

Sedangkan untuk mencari faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) digunakan gambar 4. Dengan variabel masukan adalah rasio belok kanan (F_{RT}).



Gambar 2.5 Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT})

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-37

2.7.10 Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor (F_M)

Data masukan yang digunakan pada tabel 2.14 dalam mencari Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor (F_M) adalah rasio arus pada jalan minor (P_M) dan tipe simpang (IT).

Tabel 2.15 Faktor penyesuaian arus jalan minor (F_M).

IT	F _M	P _M
422	$1,19 \times P_M^2 - 1,19 \times P_M + 1,19$	0,1-0,9
424	$16,6 \times P_M^4 - 33,3 \times P_M^3 + 25,3 \times P_M^2 - 8,6 \times P_M + 1,95$	0,1-0,3
444	$1,11 \times P_M^2 - 1,11 \times P_M + 1,11$	0,3-0,9
322	$1,19 \times P_M^2 - 1,19 \times P_M + 1,19$	0,1-0,5
	$-0,595 \times P_M^2 + 0,595 \times P_M^3 + 0,74$	0,5-0,9
342	$1,19 \times P_M^2 - 1,19 \times P_M + 1,19$	0,1-0,5
	$2,38 \times P_M^2 - 2,38 \times P_M + 1,49$	0,5-0,9
324	$16,6 \times P_M^4 - 33,3 \times P_M^3 + 25,3 \times P_M^2 - 8,6 \times P_M + 1,95$	0,1-0,3
344	$1,11 \times P_M^2 - 1,11 \times P_M + 1,11$	0,3-0,5
	$-0,555 \times P_M^2 + 0,555 \times P_M + 0,69$	0,5-0,9

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-38

2.8 Kinerja Simpang Tak Bersinyal

2.8.1 Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus jalan 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. Persamaan dasar untuk menentukan derajat kejenuhan adalah sebagai berikut:

$$DS = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots(6)$$

dengan :

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

Derajat kejenuhan digunakan untuk menganalisis perilaku lalu lintas.

2.8.2 Tundaan (D)

Tundaan terdiri dari tundaan lalulintas dan tundaan geometrik. Tundaan lalu lintas adalah waktu yang diperlukan untuk menunggu akibat adanya interaksi antara lalulintas dengan lalulintas yang menimbulkan masalah kemacetan (konflik), dan tundaan geometrik adalah waktu tambahan yang disebabkan adanya perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok di persimpangan dan atau yang terhenti oleh perlintasan kereta api. Pada simpang tak bersinyal, tundaan terdiri dari : tundaan lalulintas simpang (DT_I), tundaan lalulintas jalan utama (DT_{MA}), tundaan lalulintas jalan minor (DT_{MI}), tundaan geometrik simpang (DG), dan tundaan simpang (D)

1. Tundaan Lalu-lintas Simpang (DT_I)

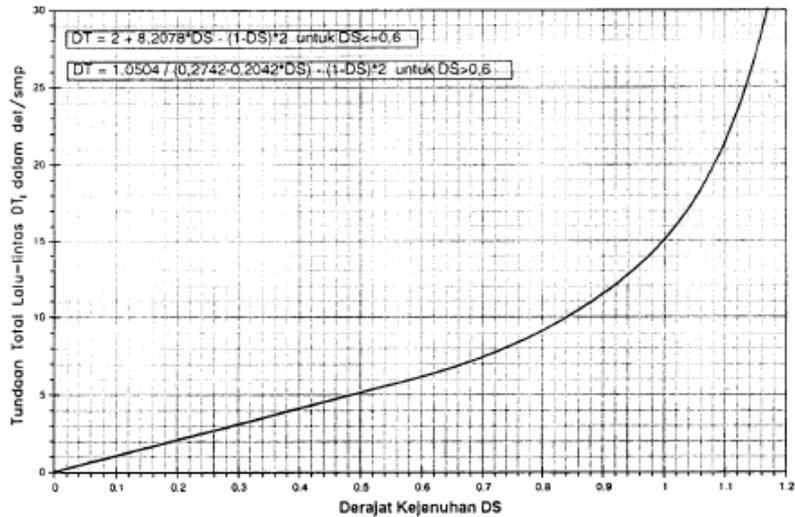
Tundaan lalulintas simpang adalah tundaan lalulintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan. Rumus yang digunakan untuk mencari DT_I adalah :

Untuk $DS \leq 0,6$

$$DT_I = 2 + 8,2078 \times DS - (1-DS) \times 2 \dots\dots\dots(7)$$

Untuk $DS > 0,6$

$$DT_I = 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times DS) - (1 - DS) \times 2 \dots\dots\dots(8)$$



Gambar 2.6 Tundaan lalulintas simpang vs derajat kejenuhan

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-40

2. Tundaan Lalulintas Jalan Utama (DT_{MA})

Tundaan lalulintas jalan utama adalah tundaan lalulintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan utama. Rumus yang digunakan untuk mencari DT_{MA} adalah:

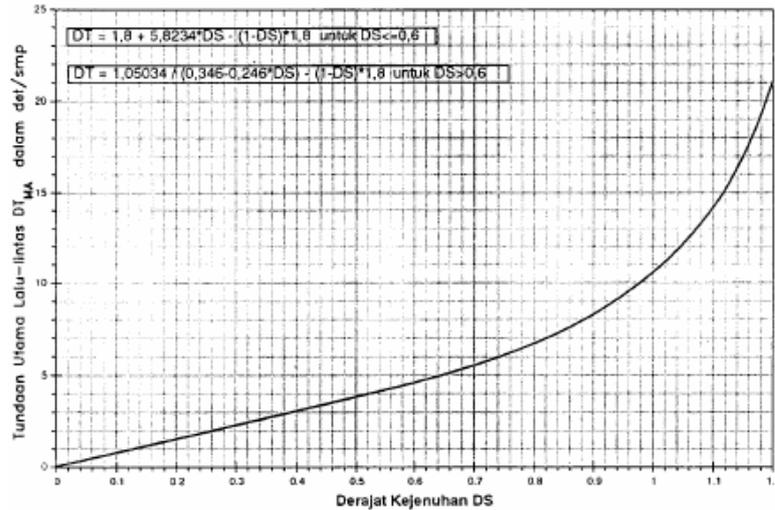
Untuk $DS \leq 0.6$

$$DT_{MA} = 1,8 + 5,8234 \times DS - (1 - DS) \times 1,8 \dots\dots\dots(9)$$

Untuk $DS > 0.6$

$$DT_{MA} = 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times DS) - (1 - DS) \times 1,8 \dots\dots(10)$$

Atau ditentukan dari kurva empiris hubungan antara DT_{MA} dengan DS berikut ini :



Gambar 2.7 Tundaan lalu lintas jalan utama vs derajat kejenuhan

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-41

3. Tundaan Lalulintas Jalan Minor (DT_{MI})

Tundaan lalulintas jalan minor rata-rata, ditentukan berdasarkan tundaan simpang rata-rata dan tundaan jalan utama rata-rata :

$$DT_{MI} = (Q_{TOT} \times DT - Q_{MA} \times DT_{MA}) / Q_{MI} \dots \dots \dots (11)$$

Dengan :

$$Q_{TOT} = \text{Arus total (smp/jam)}$$

$$DT_I = \text{Tundaan lalulintas simpang}$$

$$Q_{MA} = \text{Arus jalan utama}$$

$$DT_{MA} = \text{Tundaan lalulintas jalan utama}$$

$$Q_{MT} = \text{Arus jalan minor}$$

4. Tundaan Geometrik Simpang

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometrik rata rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang. Tundaan geometrik simpang dihitung dari rumus berikut.

Untuk $DS < 1,0$

$$DG = (1-DS) \times (P_T \times 6 + (1-P_T) \times 3) + DS \times 4$$

(det/smp).....(12)

Untuk $DS \geq 1,0$

$$DG = 4..... (13)$$

Dengan :

DG = Tundaan geometrik simpang

DS = Derajat kejenuhan

P_T = Rasio belok total

5. Tundaan Simpang (D)

Tundaan simpang dihitung sebagai berikut :

$$D = DG + DT_I \text{ (det/smp).....(14)}$$

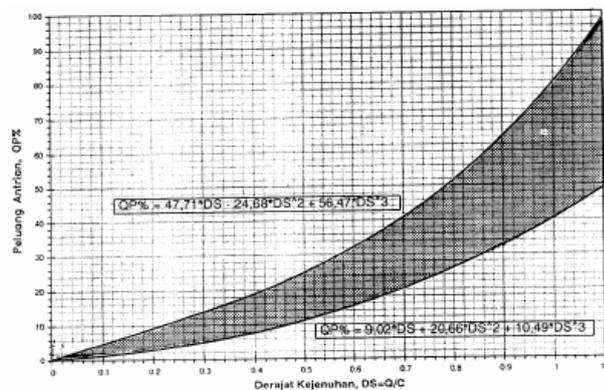
Dengan :

DG = Tundaan geomtrik simpang

DT_I = Tundaan lalulintas simpang

2.8.3 Peluang Antian (P)

Rentang-nilai peluang antrian ditentukan dari hubungan empiris antara peluang antrian dan derajat kejenuhan, lihat Gambar 2.8



Gambar 2.8 Rentang peluang antrian (QP%) terhadap derajat kejenuhan (DS)

Sumber : Dirjend. Bina Marga, MKJI 1997: Simpang Tak Bersinyal, hal 3-43

2.9 Tingkat Pelayanan Persimpangan Jalan

Tingkat pelayanan yang tidak memiliki signal ditetapkan berdasarkan kapasitas cadangan. Kriteria tingkat pelayanan untuk metodologi ini ditetapkan pada kondisi yang sangat umum, dan berhubungan dengan batas-batas tundaan secara umum pula.

Tabel 2.16 Kriteria tingkat pelayanan

Tingkat Pelayanan (LOS)	Tundaan (det/kend)
A	< 5
B	5 - 15
C	15 - 25
D	25 - 40
E	40 - 60
F	> 60

(Sumber :Peraturan Pemerintah No. 96 Tahun 2015)

Tingkat pelayanan merupakan kualitas berdasarkan hasil ukuran, yang penilainnya tergantung pada beberapa factor pengaruh, diantaranya kecepatan dan waktu perjalanan, gangguan lalu lintas, keamanan, layanan dan biaya operasional kendaraan.

Tingkat pelayanan dipengaruhi beberapa factor :

1. Kecepatan atau Waktu perjalanan.
2. Hambatan atau halangan lalu lintas (misalnya : jumlah berhenti perkilometer < kelambatan – kelambatan kecepatan secara tiba-tiba).
3. Kebebasan tiba-tiba.
4. Kenyamanan pengemudi

Tetapi semua factor tidak dapat dihitung dengan sebenarnya sehingga dipergunakan dua ukuran dalam menentukan tingkat pelayanan, yaitu :

1. Kecepatan, dimana biasa dipakai kecepatan rata-rata
2. Rasio antara volume lalu lintas dengan kapasitas

Tingkat pelayanan ditentukan dalam skala interval yang terdiri dari enam tingkat. Tingkat-tingkat ini disebut : A, B, C, D, E, F, dimana A merupakan tingkat pelayanan tertinggi. Apabila volume bertambah maka kecepatan berkurang oleh bertambahnya banyak kendaraan sehingga kecepatan pengemudi menjadi berkurang. Hubungan kapasitas dengan pelayanan dapat dilihat dalam table.

Tabel 2.17 Hubungan kapasitas dengan tingkat pelayanan

Tingkat Pelayanan	Karakteristik
A	Arus bebas : Volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih jalur yang dikehendakinya
B	Arus stabil : kecepatan sedikit terbatas oleh lalu-lintas, volume pelayanan yang dipakai untuk design jalus luar kota
C	Arus stabil : kecepatan dikontrol oleh lalu-lintas, volume pelayanan yang dipakai untuk jalan perkotaan
D	Mendekati arus yang tidak stabil : kecepatan rendah-rendah
E	Arus yang tidak stabil : kecepatan yang rendah dan berbeda-beda,
F	Arus yang terhambat : kecepatan rendah volume di atas kapasitas dan banyak berhenti

(Sumber : Warpani Swardjoko, Rekayasa Lalu Lintas, Brata Karya Aksara, Jakarta 1985)

2.10 Studi Terdahulu

Beberapa studi terdahulu yang serupa yaitu tentang kemacetan dan kinerja simpang yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu diantaranya sebagai berikut :

1. “*Studi Penanggulangan Kemacetan Pada Simpang Empat Pasar Lama (Jl. Sulawesi – Jl. Perintis Kemerdekaan – Jl. Dl. Panjaitan) Kota Banjarmasin*” dengan studi ini diperoleh nilai derajat kejenuhan (DS) di pendekatan timur pada jam puncak pagi 1,180, jam puncak siang 1,155 dan jam puncak sore 1,064, kondisi pendekatan timur tidak memenuhi ketentuan yang terdapat pada MKJI 1997 dimana nilai $DS < 0,75$. Alternatif perbaikan yang tepat untuk penanggulangan kemacetan pada simpang empat Pasar Lama agar diperoleh kinerja simpang empat bersinyal yang optimum yaitu direkomendasikan kondisi tempat parkir dan tempat bongkar muat barang yang menggunakan badan jalan dipindahkan ketempat yang sudah disediakan serta pembuatan pagar pembatas jalan untuk mencegah pejalan kaki dan kendaraan memotong jalan. Selain itu, juga dibuatkan jembatan penyeberangan untuk pejalan kaki, dari alternatif yang direkomendasikan tersebut terlihat adanya perbaikan kinerja simpang khususnya pada pendekatan timur yang ditunjukkan dari hasil derajat kejenuhan (DS) yaitu untuk jam puncak pagi 0,712, jam puncak siang yaitu 0,708, dan jam puncak sore yaitu 0,705 sehingga memenuhi ketentuan yang terdapat pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) yaitu $DS \leq 0,75$ (Robby Suprpto, 2010 ITN Malang).

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).

BAB III

METODOLOGI STUDI

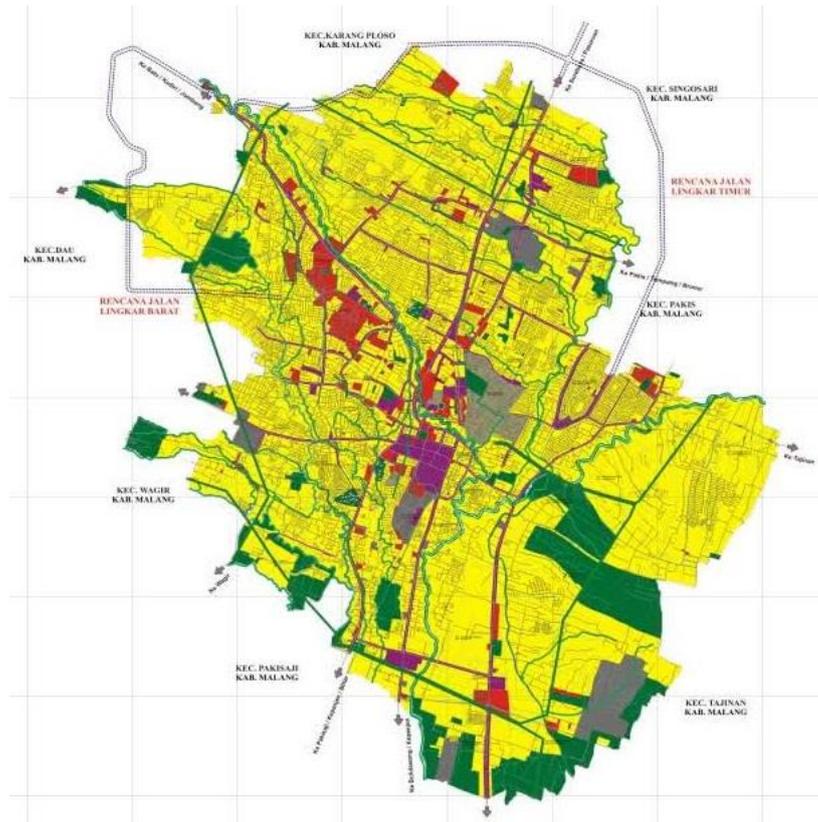
3.1 Tinjauan Umum

3.1.1 Lokasi dan Obyek Studi

Penulisan tugas akhir ini mengambil lokasi studi yaitu pada persimpangan Jl.Ciliwung – Jl. Karya Timur yang terletak di Kota Malang. Pemilihan obyek studi didasarkan karena daerah tersebut tidak terdapat signal dan hanya terdapat petugas pembantu lalu lintas (supeltas). Pada lingkungan sekitar umumnya merupakan daerah komersial sehingga menimbulkan kemacetan dan tundaan yang cukup tinggi terutama pada jam-jam sibuk, untuk itu perlu dilakukan penanganan yang lebih serius lagi. Dari obyek studi ini penulis ingin mengevaluasi system pengendalian simpang tersebut dan mengoptimalkan persimpangan tersebut agar tifak terjadi kemacetan.



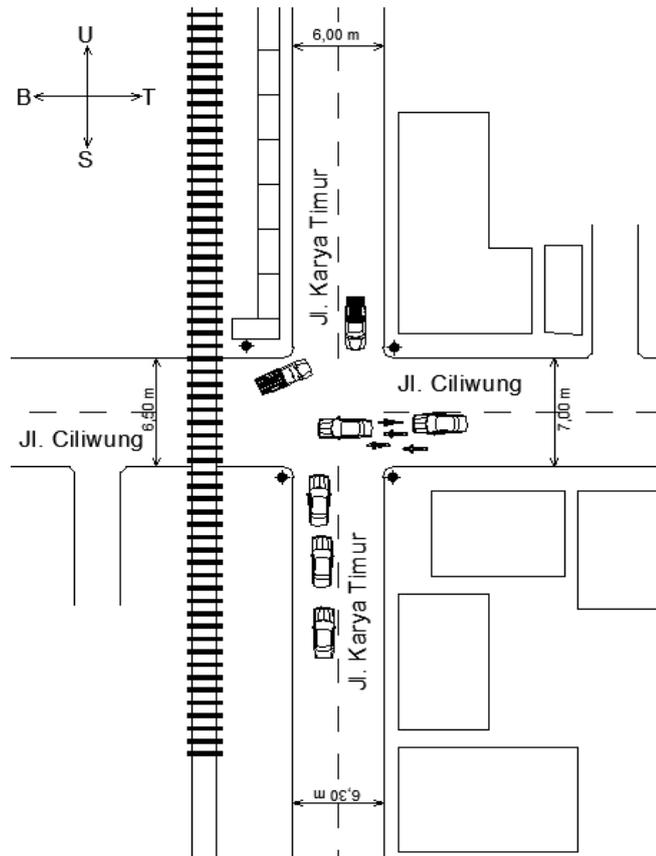
Gambar 3.1 Peta Jawa Timur



Gambar 3.2 Peta Kota Malang



Gambar 3.3 Kondisi Eksisting Simpang



Gambar 3.4 Lokasi Simpang Tak Bersinyal Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur, Malang

3.2 Pengumpulan Data

Dalam studi ini dibutuhkan dua macam data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapat dengan cara melalui survey langsung dilapangan, sedangkan untuk data sekunder di dapatkan dengan cara meminta keterangan atau data dari instansi-instansi pemerintah yang terkait. Dalam pengolahan data hasil survey penulis menggunakan metode perhitungan dan penyelesaian untuk keperluan alternative rencana diambil dari buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Binamarga.

3.2.1 Pengumpulan Data Primer

Data primer merupakan data yang didapat dilapangan dengan cara pengamatan secara langsung dilokasi studi. Data primer yang dibutuhkan diantaranya yaitu :

1. Data geometrik jalan
2. Data arus lalu lintas
3. Data waktu penutupan perlintasan kereta api

3.2.2 Pengumpulan Data Sekunder

Cara untuk mendapatkan data sekunder adalah dengan meminta keterangan atau penjelasan dan atau data dari PT. KAI. Data itu meliputi jadwal penutupan palang pintu perlintasan kereta api pada lokasi survey. Hal ini dimaksudkan agar kita mengetahui pada pukul berapa pintu perlintasan kereta api tersebut ditutup. Data-data ini digunakan untuk pendukung dari data primer.

3.3 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 geometric jalan dilakukan dengan cara mengukur langsung di lapangan, seperti :
 - berapa lebar pendekat
 - jumlah lajur
 - lebar bahu jalan dari ruas jalan yang ditinjau

- b. surveyor atau tenaga pengamat yang dibutuhkan minimal 2 (dua) orang untuk mengukur geometric jalan
- c. alat-alat yang digunakan antara lain :
 - alat pengukur panjang (roll meter)
 - alat tulis dan clipboard

2. Survey Volume Lalu Lintas

Pengumpulan data ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kepadatan lalu lintas suatu persimpangan berdasarkan volume lalu lintas terklarifikasi yang mencakup jenis kendaraan dan arah gerakan kendaraan, dengan melakukan pengamatan dan pencacahan langsung pada tiap-tiap kaki persimpangan dalam periode waktu yang telah ditentukan. Adapun asumsi dan batasan dalam pengambilan data ini antara lain :

- 1) Pengumpulan data ini dilakukan menyeluruh dan rinci serta secara manual.
- 2) Pengamatan dilakukan dengan jarak maksimum 25 m dari garis henti.
- 3) Kendaraan bermotor dibagi atas 3 (tiga) jenis yaitu kendaraan ringan, kendaraan berat, dan sepeda motor.

Data yang diamati yaitu jumlah dan jenis / klarifikasi kendaraan dan arah arus lalu lintas. Untuk mendapatkan hasil yang ideal diperlukan jumlah pengamat 1 orang untuk tiap kaki, tiap arah lalu lintas dan tiap jenis kendaraan. Langkah-langkah Pelaksanaan Pengamatan adalah sebagai berikut :

- a) Pengamat harus menempati posisi pada titik pengamatan sesuai pada peta titik lokasi surveyor yang telah ditentukan.

- b) Pandangan pengamat ke arah persimpangan dan menghadap arah datangnya kendaraan.
- c) Setiap pengamat menghitung kendaraan dengan interval pencatatan antara 5 s/d 15 menit sepanjang waktu pengumpulan data.
- d) Hasil pengamatan dicatat dalam formulir yang telah disediakan.

3. Survey Data antrian

Data ini diperoleh dengan cara menghitung panjang antrian tiap kendaraan yang berhenti di persimpangan.

4. Survey Data tundaan

Data ini diperoleh dengan cara menghitung waktu tundaan dari kendaraan yang mengalami antrian. Akan tetapi untuk data tundaan ini hanya diambil *sample* saja sehingga kendaraan yang dihitung hanya beberapa dari masing-masing antrian. Untuk pengambilannya dilakukan secara acak, yakni dari kendaraan yang antri paling depan, tengah dan antri paling belakang. Cara perhitungan waktu tundaannya adalah waktu kendaraan keluar dari kaki simpang dikurangi dengan waktu kendaraan berhenti pada kaki simpang. Untuk perhitungan waktu tundaannya menggunakan alat bantu *stopwatch*.

3.3.2 Langkah Pengambilan Data

Sebelum melakukan proses pengambilan data, langkah yang dilakukan pertama kali adalah penentuan lokasi pengamatan. Dimana penentuan lokasi ini berdasarkan pengamatan tentang permasalahan yang terjadi pada lokasi tersebut. Setelah diketahui permasalahannya maka yang dilakukan adalah menentukan survei apa saja yang dilakukan sesuai dengan permasalahan yang terjadi pada simpang tersebut. Langkah selanjutnya adalah menentukan waktu pengamatan.

Untuk penentuan waktu pengamatan hanya diambil pada jam-jam puncak pagi, siang, dan sore. Karena pada jam-jam tersebut banyak aktivitas yang terjadi pada sekitar simpang tersebut sehingga dengan banyaknya aktivitas tersebut maka terjadi permasalahan-permasalahan yang telah ditemukan dengan pengamatan sehingga waktu pengamatan hanya diambil pada jam puncak saja. Setelah menentukan waktu survei dan metode survei, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah mempersiapkan segala sesuatu yang dibutuhkan untuk survei yang akan dilakukan. Langkah terakhir yang dilakukan adalah menentukan jumlah surveyor untuk masing-masing survey. Berikut ini adalah rincian dari langkah pengambilan data yang telah dijelaskan sedikit diatas:

1. Menentukan waktu dan metode survei.

- a. Waktu Survei

Survei pengambilan data primer dilakukan dalam waktu 3 hari:

1. Survei lalu lintas dilaksanakan pada hari Senin, karena diperkirakan jumlah bangkitan kendaraan memuncak pada hari Senin dan merupakan hari pertama untuk melakukan aktivitas kerja, pendidikan, perdagangan dimana bisa berasal dari dalam atau luar kota
 2. Untuk hari kedua, survei dilaksanakan pada hari Kamis. Pada hari tersebut kegiatan normal, dimana bangkitan kendaraan berasal dari dalam kota, seperti kegiatan ke tempat kerja, sekolah, rekreasi, perdagangan dan olahraga.
 3. Hari terakhir survei dilaksanakan pada hari sabtu dikarenakan hari sabtu adalah akhir pekan sehingga akan banyak aktivitas yang

dilakukan yang menyebabkan jumlah kendaraan yang melintas akan bertambah dari hari normal.

a. Metode Survei

Survei dilakukan pada pagi hari yakni pukul 06.00 sampai pukul 08.00. Kemudian dilanjutkan pada siang hari yakni pada pukul 11.00 sampai pukul 13.00. Pada sore hari survei dimulai pada pukul 16.00 dan berakhir pada pukul 18.00.

Pengambilan data di lokasi studi harus menghindari kondisi – kondisi sebagai berikut :

- a. Kondisi waktu khusus, seperti hari libur kalender selain hari minggu, dan terjadi demonstrasi.
- b. Cuaca tidak normal, seperti hujan lebat, gempa bumi, gunung meletus, kebakaran dan banjir.
- c. Adanya halangan, seperti perbaikan jalan di lokasi studi.

Tabel 3.1 Jam dan Aktivitas pada Jl. Ciliwung-Jl. Karya Timur

Jam	Aktivitas
06.30-07.30	Kegiatan berangkat sekolah, berangkat bekerja, kegiatan perdagangan/industri
11.30-13.00	Kegiatan pulang sekolah, jam istirahat kantor, kegiatan perdagangan dan lain-lain
16.00-18.00	Kegiatan pulang kantor, kegiatan pulang kerja

2. Menyiapkan kebutuhan survei

a. Survei geometrik

1. Menyiapkan meteran rol untuk mengukur panjang jalan, lebar jalan, dan lebar bahu jalan.

2. Menyiapkan alat tulis dan lain-lain.

b. Survei volume lalulintas

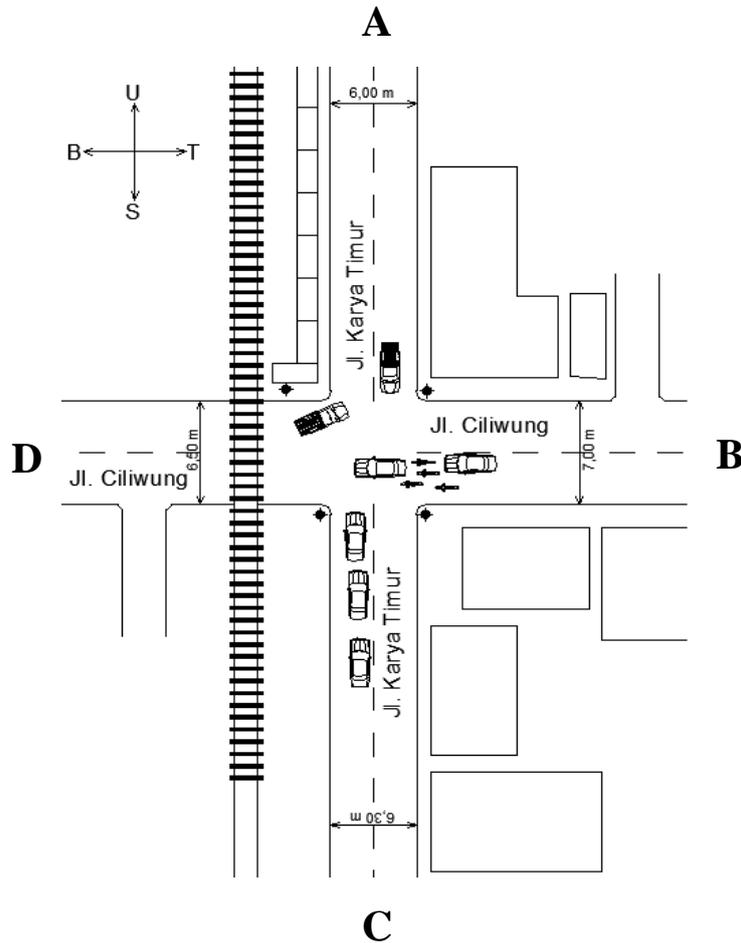
1. Menyiapkan formulir data volume lalu lintas.
2. *Handycam* untuk merekam kendaraan yang melintas.
3. Kamera untuk dokumentasi.
4. Alat kuantitatif *software Excel* serta perangkat lunaknya.
5. Alat tulis dan lain-lain yang dipakai sebagai sarana penelitian di lapangan.

c. Survei antrian dan tundaan

1. Menyiapkan formulir data antrian dan tundaan.
2. Alat kuantitatif *software Excel* serta perangkat lunaknya.

3.3.3 Titik Penempatan Surveyor

Pada tiap sisi masing-masing simpang ditempatkan orang surveyor untuk mengumpulkan dan mencatat hasil survey :



Gambar 3.5 Denah Penempatan Surveyor

Keterangan gambar 3.1 :

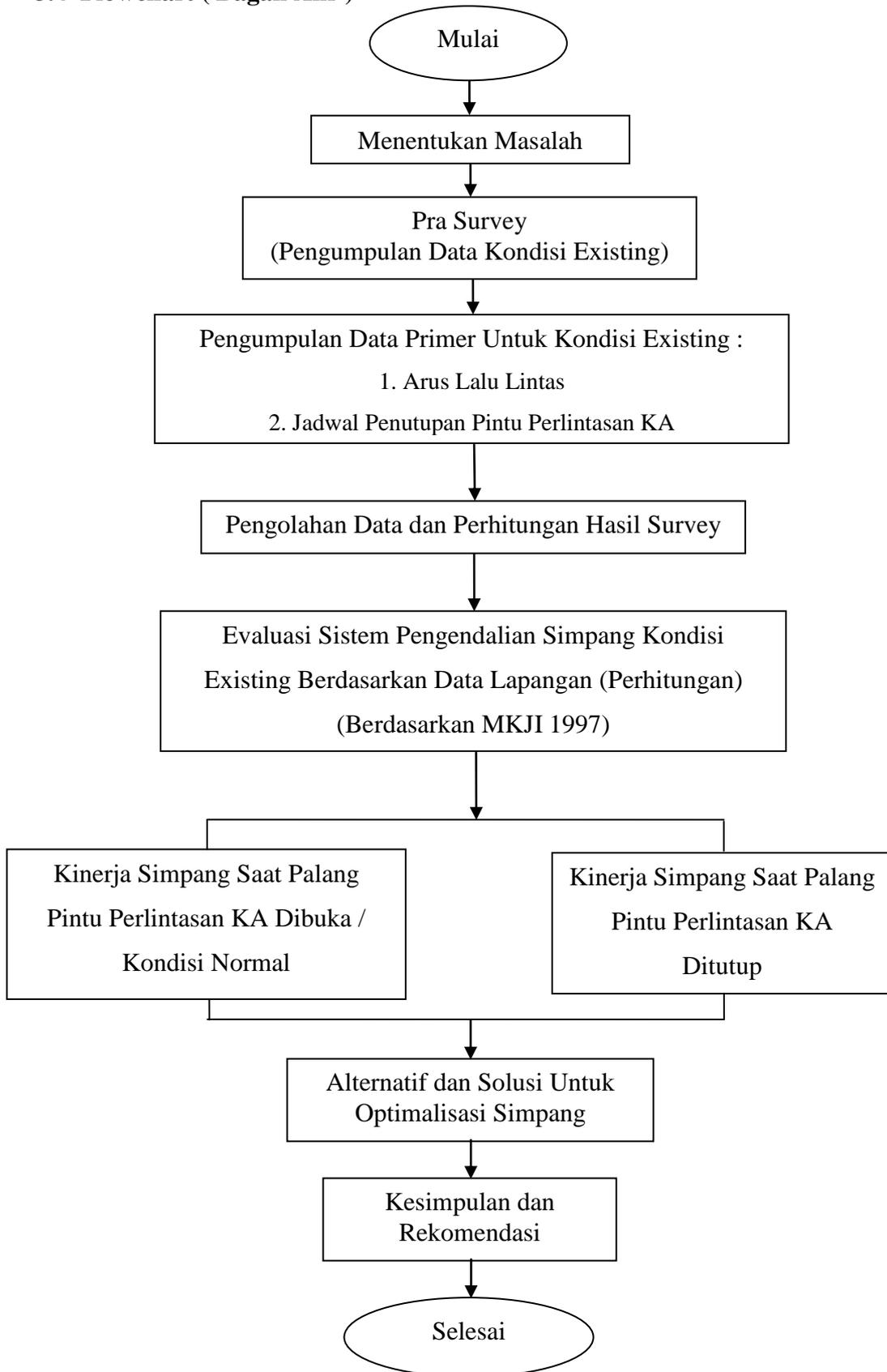
Pengumpulan data arus lalu lintas.

Setiap surveyor mencatat data jumlah kendaraan ringan, kendaraan berat, sepeda motor, dan kendaraan tak bermotor pada masing-masing persimpangan tiap 15 menit, berdasarkan arah :

- A untuk simpang barat dengan pergerakan belok kiri dan lurus.
- B untuk simpang timur dengan pergerakan belok kiri dan lurus.

- C untuk simpang timur dengan pergerakan belok kiri dan lurus.
- D untuk simpang timur dengan pergerakan belok kiri dan lurus.

3.4 Flowchart (Bagan Alir)



BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

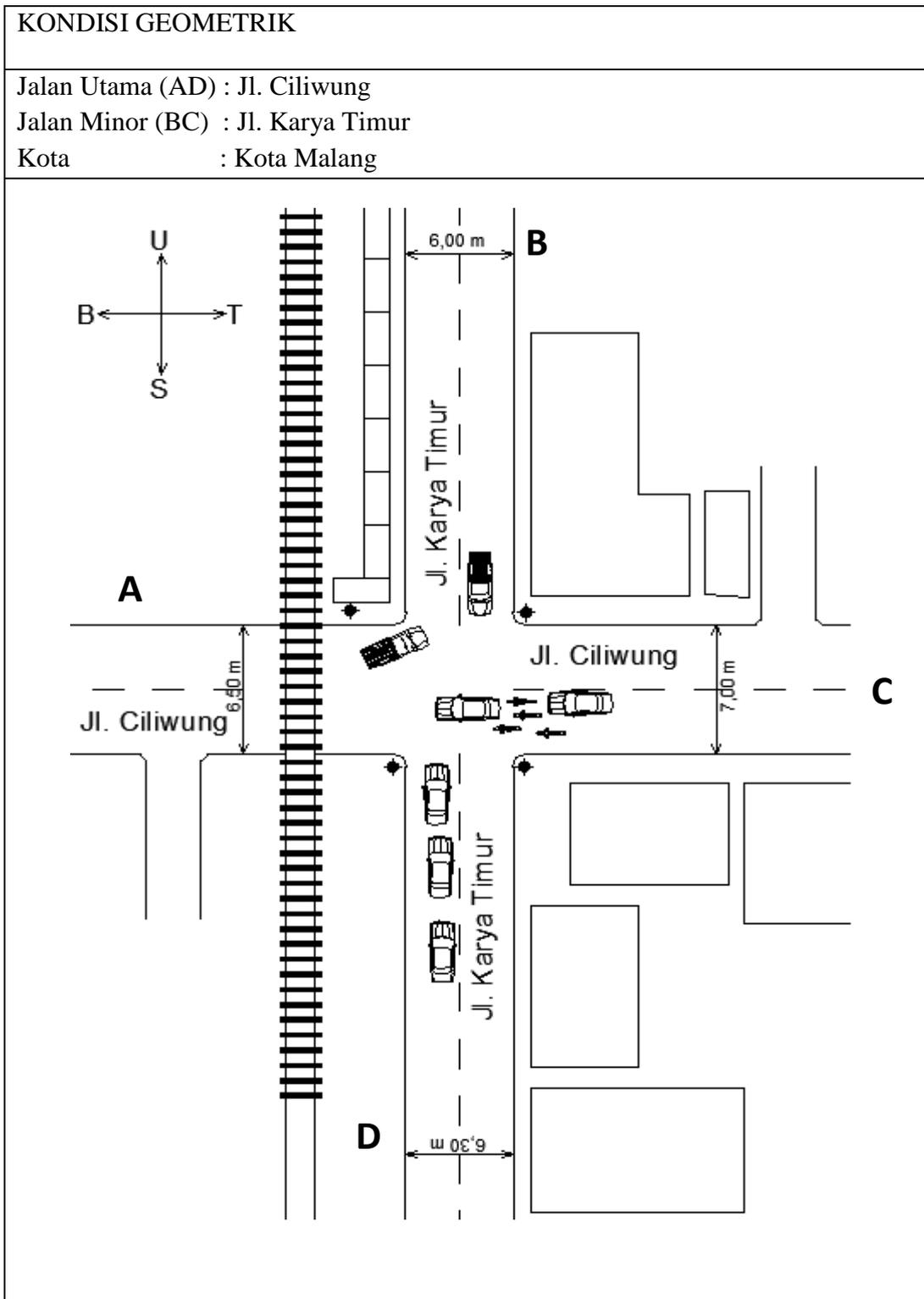
4.1. Data Geometrik, Arah Pergerakan Arus Lalu-Lintas, dan Kondisi lingkungan saat ini.

Dari hasil survey lapangan yang dilakukan secara langsung diperoleh data geometric, arah pergerakan lalu-lintas, jumlah kendaraan dan kondisi lingkungan lokasi studi pada saat ini (eksisting). Data geometric meliputi tipe jalan simpang, lebar jalur dan rambu-rambu eksisting.

Sedangkan data arah pergerakan arus lalu-lintas meliputi arah pergerakan arus lalu-lintas pada masing-masing ruas jalan yaitu arah pergerakan arus lurus (ST) dan arah pergerakan arus belok kiri (LT). Pada lokasi studi ini terdapat rambu larangan belok kanan, jadi tidak ada pergerakan arus belok kanan (RT). Data-data ini selanjutnya diperlukan untuk perhitungan evaluasi kinerja persimpangan.

Untuk kondisi lingkungan, data ini meliputi tipe lingkungan, ukuran kota dan hambatan akibat penutupan palang pintu perlintasan KA (jadwal kereta api yang lewat pada lokasi studi). Data-data ini akan dipergunakan untuk perhitungan evaluasi kinerja persimpangan maupun perhitungan alternatif perbaikan.

Data-data ini akan disajikan dalam bentuk table data sebagai berikut :



Gambar 4.1 Data lengan simpang Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur

Lebar pada keempat lengan persimpangan :

- **Jl. Karya Timur (Utara)**

Lebar Jalan : 6,00 meter

Jumlah Lajur : 2 Lajur

Lebar per Lajur : 3,00 meter

- **Jl. Karya Timur (Selatan)**

Lebar Jalan : 6,30 meter

Jumlah Lajur : 2 Lajur

Lebar per Lajur : 3,15 meter

- **Jl. Ciliwung (Barat)**

Lebar Jalan : 6,50 meter

Jumlah Lajur : 2 Lajur

Lebar per Lajur : 3,25 meter

- **Jl. Ciliwung (Timur)**

Lebar Jalan : 7,00 meter

Jumlah Lajur : 2 Lajur

Lebar per Lajur : 3,50 meter

Tabel 4.1. Data Geometrik Tiap Lengan Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur

Jalan	Lebar Jalan (m)	Lebar Pendekat (m)	Jumlah Lajur	Marka	Rambu – Rambu Eksisting
Ciliwung (Barat)	6,5	3,25	2	Tidak ada	
Ciliwung (Timur)	7,0	3,50	2	Tidak ada	
Karya Timur (Utara)	6,0	3,00	2	Tidak ada	
Karya Timur (Selatan)	6,3	3,15	2	Tidak ada	

Tabel 4.2. Jadwal Penutupan Pintu perlintasan KA Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur

JADWAL KERETA API MELINTAS PADA PINTU PERLINTASAN DEKAT SIMPANG JL. CILIWUNG - JL. KARYA TIMUR			
SESI	PALANG PINTU DITUTUP	KERETA LEWAT	WAKTU PALANG PINTU DITUTUP SAMPAI KERETA LEWAT (detik)
1	07.00	07.01	1
2	08.10	08.11	1
3	08.20	08.22	1
4	08.45	08.46	1
5	10.25	10.26	1
6	11.48	11.50	1
7	12.51	12.52	1
8	14.29	14.31	1
9	15.17	15.18	1
10	15.58	15.59	1
11	17.25	17.27	1
12	17.44	17.45	1
13	18.47	18.48	1
14	19.17	19.18	1

4.2 Data Arus Lalu-lintas

Pengambilan data volume lalu-lintas di lokasi dilakukan dengan 2 sesi pengamatan langsung, yang pertama dilakukan selama 1 hari penuh (16 jam), yaitu pada hari Rabu, 16 Maret 2016. Setelah itu maka diketahui jam-jam puncak untuk selanjutnya dilakukan pengambilan data di hari berikutnya, yaitu hari Senin, Rabu, dan Sabtu untuk survey volume lalu lintas, data survey dan data tundaan. Hasil dari pengamatan berupa data arus lalu-lintas dengan satuan kendaraan. Sedangkan data volume kendaraan yang diambil mencakup volume kendaraan pada masing-masing pergerakan dan jenis kendaraan sesuai dengan klasifikasi yang telah ditetapkan. Untuk data yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran.

4.3 Penentuan Jam – Jam Puncak

Pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.2 di bawah ini dijelaskan hasil survei pendahuluan arus lalu - lintas yang didapat dan telah diolah sehingga diketahui jam – jam puncaknya.

Tabel 4.3. Total arus keluar kendaraan per simpang hari Rabu, 16 Maret 2016

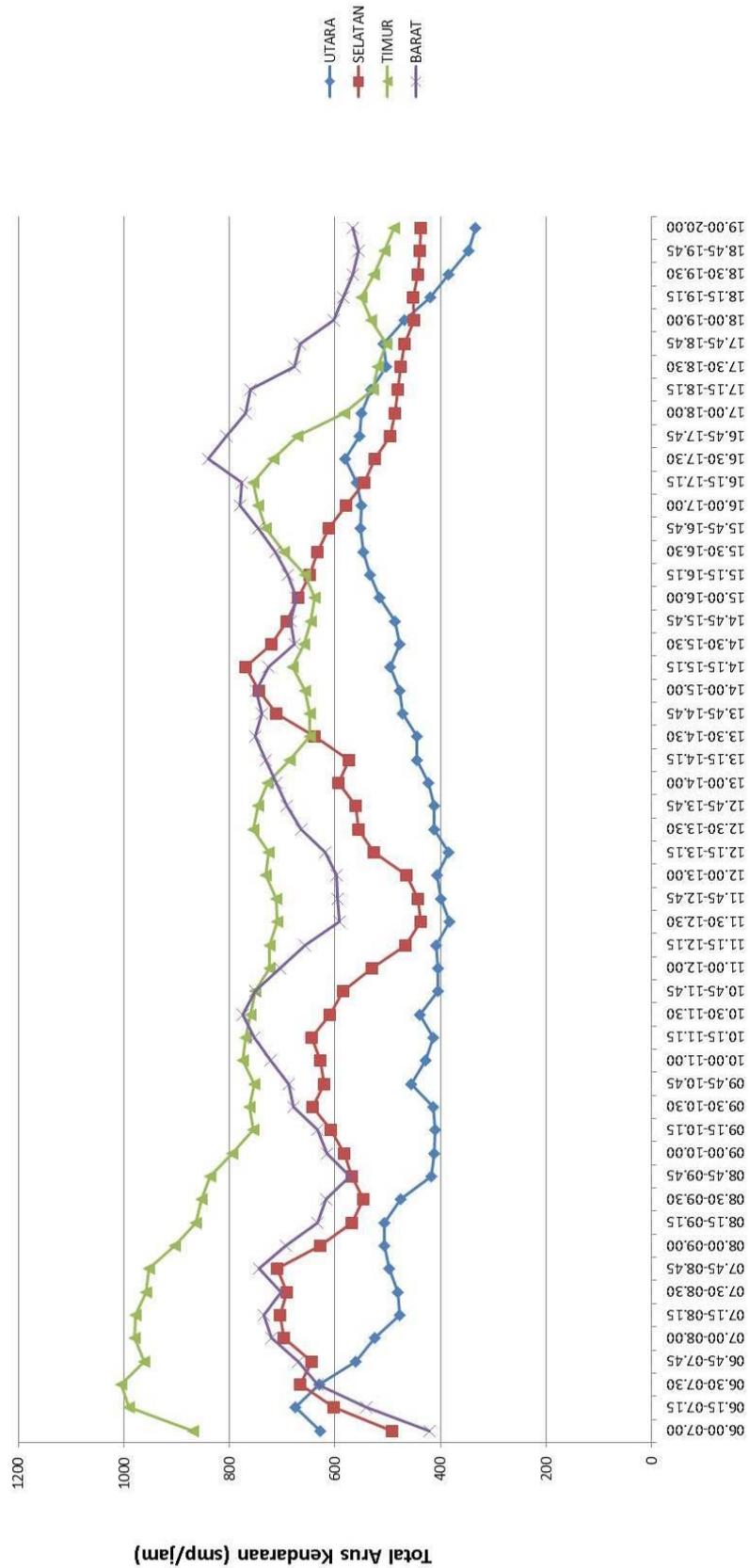
Periode Waktu	Jumlah Kendaraan				Total Arus (smp/jam)
	Utara (smp/jam)	Selatan (smp/jam)	Timur (smp/jam)	Barat (smp/jam)	
06.00-07.00	627.1	492.3	869.4	420.6	2409.4
06.15-07.15	674.3	603.2	990.8	540.8	2809.1
06.30-07.30	630.6	665.8	1005.6	634.2	2936.2
06.45-07.45	561.2	643.4	962.4	670.4	2837.4
07.00-08.00	523.7	696.4	980.4	719.6	2920.1
07.15-08.15	478.1	703.4	977.8	735.4	2894.7
07.30-08.30	480.8	692.2	957.3	703.1	2833.4
07.45-08.45	497	709	952.7	744.3	2903
08.00-09.00	505.5	628.1	904.5	692.7	2730.8
08.15-09.15	505.7	568.8	863	632.9	2570.4
08.30-09.30	475.9	545.4	853.7	617.4	2492.4
08.45-09.45	417.1	567.2	836.6	571.1	2392
09.00-10.00	412.1	582.8	795.4	615.6	2405.9
09.15-10.15	410.9	607.9	754.3	632.9	2406
09.30-10.30	414	642	762.4	678.7	2497.1
09.45-10.45	456.3	620.5	753.4	688.3	2518.5
10.00-11.00	428.8	627.9	775.2	723.1	2555
10.15-11.15	413	644.8	769.5	752.3	2579.6
10.30-11.30	438.4	610.6	760.8	774.4	2584.2
10.45-11.45	404	583.5	750.9	751.5	2489.9
11.00-12.00	404.8	530.6	723.3	703.2	2361.9
11.15-12.15	408.1	465.8	724.9	657.8	2256.6
11.30-12.30	382.2	437.1	709.7	590.7	2119.7
11.45-12.45	398.9	443.2	712.2	595.9	2150.2
12.00-13.00	405.7	464.2	730.6	596.9	2197.4
12.15-13.15	384.2	525.6	725.7	619	2254.5
12.30-13.30	412	554.4	755	663.6	2385
12.45-13.45	411.7	561.3	745.9	691.8	2410.7
13.00-14.00	423.4	594.2	728.2	711.6	2457.4
13.15-14.15	444	574	685.5	731.2	2434.7
13.30-14.30	444.5	638.8	647.4	750.4	2481.1

13.45-14.45	471.9	711.8	647.2	738.2	2569.1
14.00-15.00	477.5	744.4	656.9	749.5	2628.3
14.15-15.15	496.1	769.3	680	726.5	2671.9
14.30-15.30	477.2	720.7	659	677.1	2534
14.45-15.45	486.8	692	645.9	683.3	2508
15.00-16.00	515.8	669.3	639.1	673.6	2497.8
15.15-16.15	533.4	648.6	656.4	689.6	2528
15.30-16.30	546.8	633.4	696.4	714	2590.6
15.45-16.45	552.2	610.9	731.8	745.2	2640.1
16.00-17.00	549.6	578.8	745.8	780	2654.2
16.15-17.15	558.6	543.6	755.2	777	2634.4
16.30-17.30	581.6	525.3	716.2	839.4	2662.5
16.45-17.45	553.7	494.6	672.2	805	2525.5
17.00-18.00	549.5	485.5	583.4	768.6	2387
17.15-18.15	532.1	480.3	527.8	759.6	2299.8
17.30-18.30	502.4	476	519.4	676.8	2174.6
17.45-18.45	509	468.4	503	666	2146.4
18.00-19.00	469	450.8	532.4	602.6	2054.8
18.15-19.15	418.4	452	550.2	584.4	2005
18.30-19.30	385.3	442	526.2	567	1920.5
18.45-19.45	346	439	505.8	554.6	1845.4
19.00-20.00	334.6	438.2	488.4	567	1828.2

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per simpang

Pada tabel diatas diperoleh data untuk jam puncak masing-masing periode pengamatan. Data tersebut diperoleh dengan cara menentukan volume tertinggi selama waktu pengamatan sehari penuh sesuai prosedur survey. Dari pengamatan tersebut diambil yang paling tinggi dan data tersebut merupakan data yang akan dibuat untuk acuan sebagai jam puncak. Perolehan data jam puncak ini digunakan untuk perhitungan volume selanjutnya menggunakan Metode MKJI 1997. Berikut ini adalah grafik total arus kendaraan pada pukul 06.00 – 20.00 pada hari Rabu, 16 Maret 2016.

Arus Lalu Lintas Jl. Ciliwung - Jl. Karya Timur
Rabu, 16 Maret 2016



Periode Waktu

Gambar 4.2 Grafik Arus Lalu Lintas Hari Rabu, 16 Maret 2016

Pada grafik hasil pengolahan data survey arus lalu lintas di atas, terlihat perbedaan banyaknya kendaraan yang keluar pada masing-masing arah. Pada grafik di atas didapatkan nilai arus paling tinggi terdapat pada simpang Jl. Ciliwung (lengan timur) pada pukul 06.30 – 07.30 yaitu sebesar 1005,6 smp/jam dimana simpang lengan tersebut banyak kendaraan yang melintas dikarenakan banyaknya orang memulai aktivitas seperti mengantar anak sekolah, berangkat ke sekolah, berangkat kerja, membuka toko, dan aktivitas lainnya. Dari data tabel di atas, didapat jam puncak yang terdiri dari jam puncak pagi, jam puncak siang, dan jam puncak sore. Jam puncak pagi pada pukul 06.30 – 07.30 sebesar 2936,2 smp/jam, jam puncak siang pada pukul 14.15 – 15.15 sebesar 2671,9 smp/jam, dan jam puncak sore pada pukul 16.30 – 17.30 sebesar 2662,5 smp/jam.

Setelah didapat jam puncak pada survey pendahuluan, selanjutnya dilakukan survey sesi kedua pada hari Senin, Rabu, dan Sabtu dengan sesi pagi pukul 06.00-08.00 WIB, sesi siang pukul 13.40-15.40 WIB, dan sesi sore yaitu pukul 16.00-18.00 WIB. Formulir untuk pencatatan volume lalu lintas diambil dari Pedoman Pengumpulan Data Lalu Lintas Jalan Penerbit Direktorat Bina Marga Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota, yang terdiri dari tanggal survey, waktu pengambilan data, cuaca, arah pergerakan, jenis kendaraan, dan surveyor, survey ini dilakukan tiap 10 menit. Data Volume yang diambil mencakup volume kendaraan sesuai dengan klasifikasi yang telah ditetapkan, selanjutnya untuk keperluan perhitungan alternatif data volume ini akan dikonversikan kedalam satuan mobil penumpang (smp) sesuai jenis klasifikasi pada setiap kendaraan. Untuk memperlihatkan data volume yang didapat, bab ini akan menyajikan beberapa tabel, gambar dan grafik yang merupakan hasil pengolahan data volume

yaitu gambar fluktuasi volume lalu lintas dalam 3 hari selama 6 jam pengamatan/hari, yang ditunjukkan oleh perhitungan dibawah ini :

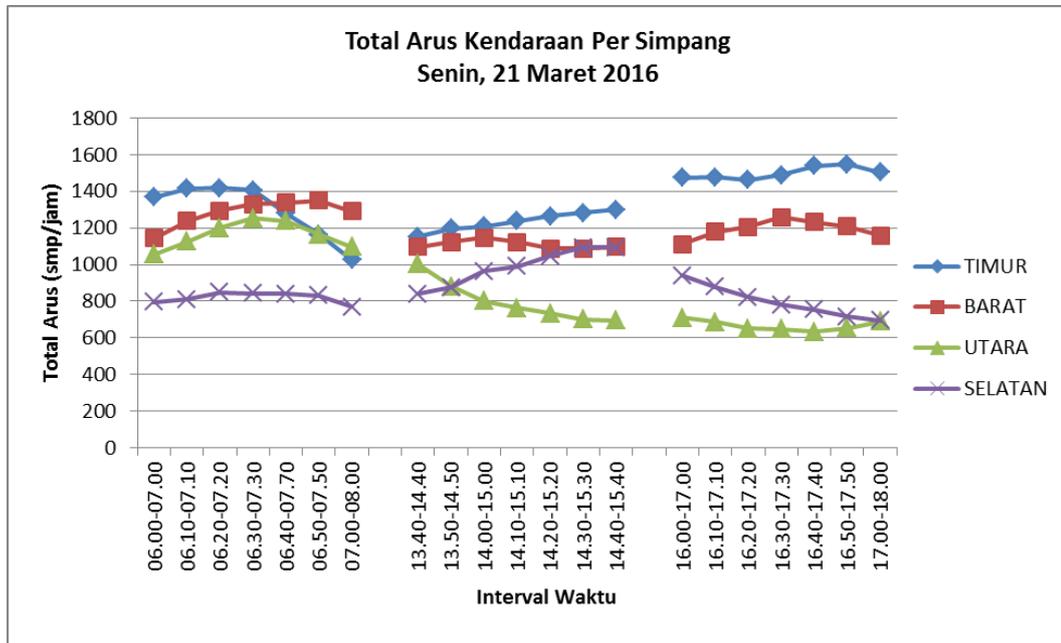
Tabel 4.4. Total arus kendaraan per simpang hari Senin, 21 Maret 2016

INTERVAL WAKTU	JUMLAH KENDARAAN				TOTAL ARUS (smp/jam)
	TIMUR (smp/jam)	BARAT (smp/jam)	UTARA (smp/jam)	SELATAN (smp/jam)	
06.00-07.00	1367.7	1144.5	1055.8	795.8	4363.8
06.10-07.10	1413.5	1238.8	1124.2	808.8	4585.3
06.20-07.20	1417.5	1294.1	1198.7	847.8	4758.1
06.30-07.30	1406.1	1329.6	1253.3	841.1	4830.1
06.40-07.70	1279.6	1338.2	1237.6	840.7	4696.1
06.50-07.50	1163.3	1349.4	1164.3	829.7	4506.7
07.00-08.00	1023.9	1291.3	1095.3	768.4	4178.9
13.40-14.40	1151.9	1097	1000.8	837.9	4087.6
13.50-14.50	1196.6	1123	880.3	874.4	4074.3
14.00-15.00	1208.8	1147.4	801.4	961.9	4119.5
14.10-15.10	1238.3	1121.5	763.8	989.9	4113.5
14.20-15.20	1265.4	1085.9	731.8	1045.4	4128.5
14.30-15.30	1283.2	1086.7	699.3	1093.5	4162.7
14.40-15.40	1299.9	1095.1	694.3	1093.3	4182.6
16.00-17.00	1474.5	1109.4	709	940.4	4233.3
16.10-17.10	1477	1178.6	684.6	878.1	4218.3
16.20-17.20	1462.1	1206.4	649.5	821.6	4139.6
16.30-17.30	1488.1	1259.5	648.3	781.6	4177.5
16.40-17.40	1538.3	1232	633.3	755	4158.6
16.50-17.50	1547	1208	652.6	716.5	4124.1
17.00-18.00	1503.2	1158.7	689.4	694.5	4045.8

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per simpang

Pada tabel di atas didapatkan total arus kendaraan pada hari Senin, 21 Maret 2016 dimana pada lengan Timur (Jl. Ciliwung) merupakan lengan simpang yang paling tinggi jumlahnya Dimana pada lengan simpang ini banyak kendaraan yang melintas dikarenakan banyaknya aktivitas yang terjadi dari arah Timur seperti sekolah, kantor, rumah makan, dan pertokoan. Jumlah total arus kendaraan pada keempat lengan simpang adalah 4830.1 smp/jam pukul 06.30 – 07.30 WIB, 4182.6 smp/jam pada pukul 14.40 – 15.40 WIB, dan 4233.3 smp/jam

pada pukul 16.00 – 17.00 WIB. Berikut ini adalah grafik dari arus total kendaraan per simpang pada hari Senin, 21 Maret 2016 :



Gambar 4.3 Grafik arus total kendaraan per simpang hari Senin, 21 Maret 2016

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per simpang

Untuk total arus kendaraan pada hari Rabu, 23 Maret 2016 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

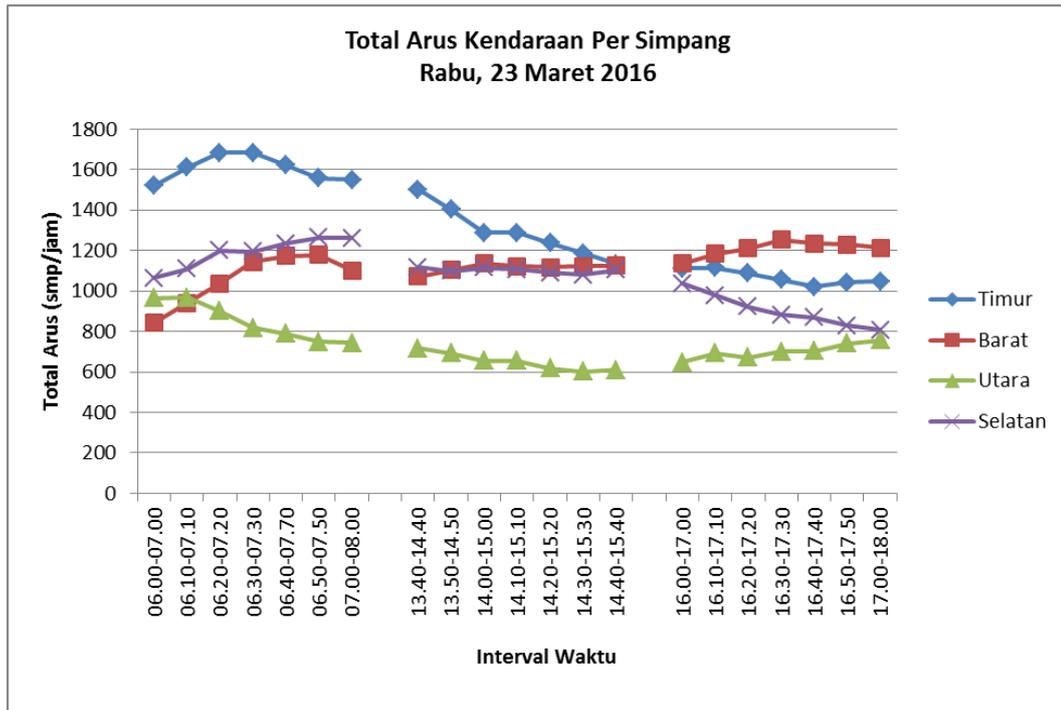
Tabel 4.5 Total arus kendaraan per simpang hari Rabu, 23 Maret 2016

INTERVAL WAKTU	JUMLAH KENDARAAN				TOTAL ARUS (smp/jam)
	TIMUR (smp/jam)	BARAT (smp/jam)	UTARA (smp/jam)	SELATAN (smp/jam)	
06.00-07.00	1521.2	843	965.4	1064.7	4394.3
06.10-07.10	1612.2	941.5	966.2	1108.5	4628.4
06.20-07.20	1683	1037.9	901	1200	4821.9
06.30-07.30	1683.3	1144.2	819.3	1193.2	4840
06.40-07.70	1622.1	1172.8	789.8	1235.7	4820.4
06.50-07.50	1558.3	1179	749.8	1265	4752.1
07.00-08.00	1549.8	1100.8	743.7	1261.4	4655.7
13.40-14.40	1502.1	1071.6	717.7	1116.8	4408.2
13.50-14.50	1401.4	1104.5	693.7	1099.5	4299.1
14.00-15.00	1287.7	1136.5	654.7	1114	4192.9
14.10-15.10	1288.3	1121.2	654.6	1107.6	4171.7

14.20-15.20	1238.4	1116.8	617	1090.3	4062.5
14.30-15.30	1185.2	1122.3	601.7	1079.7	3988.9
14.40-15.40	1133.4	1126.3	608.4	1102.4	3970.5
16.00-17.00	1110.7	1134.8	646.9	1037.2	3929.6
16.10-17.10	1114	1184.5	691.4	977.5	3967.4
16.20-17.20	1088.1	1209.5	672.2	922.3	3892.1
16.30-17.30	1054.8	1252	700.5	881.5	3888.8
16.40-17.40	1021.8	1235	702.5	868.2	3827.5
16.50-17.50	1043.3	1229.5	740	828.4	3841.2
17.00-18.00	1047.4	1212.5	757.2	806.4	3823.5

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per simpang

Pada tabel di atas didapatkan total arus kendaraan pada hari Rabu, 23 Maret 2016 dimana pada lengan Timur (Jl. Ciliwung) merupakan lengan simpang yang paling tinggi jumlahnya Dimana pada lengan simpang ini banyak kendaraan yang melintas dikarenakan banyaknya aktivitas yang terjadi dari arah Timur seperti sekolah, kantor, rumah makan, dan pertokoan. Jumlah total arus kendaraan pada keempat lengan simpang adalah 4840.0 smp/jam pukul 06.30 – 07.30 WIB, 4408.2 smp/jam pada pukul 13.40 – 14.40 WIB, dan 3967.4 smp/jam pada pukul 16.10 – 17.10 WIB. Berikut ini adalah grafik dari arus total kendaraan per simpang pada hari Rabu, 23 Maret 2016 :



Gambar 4.4 Grafik arus total kendaraan per simpang hari Rabu, 23 Maret 2016

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per simpang

Untuk total arus kendaraan pada hari Sabtu, 26 Maret 2016 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

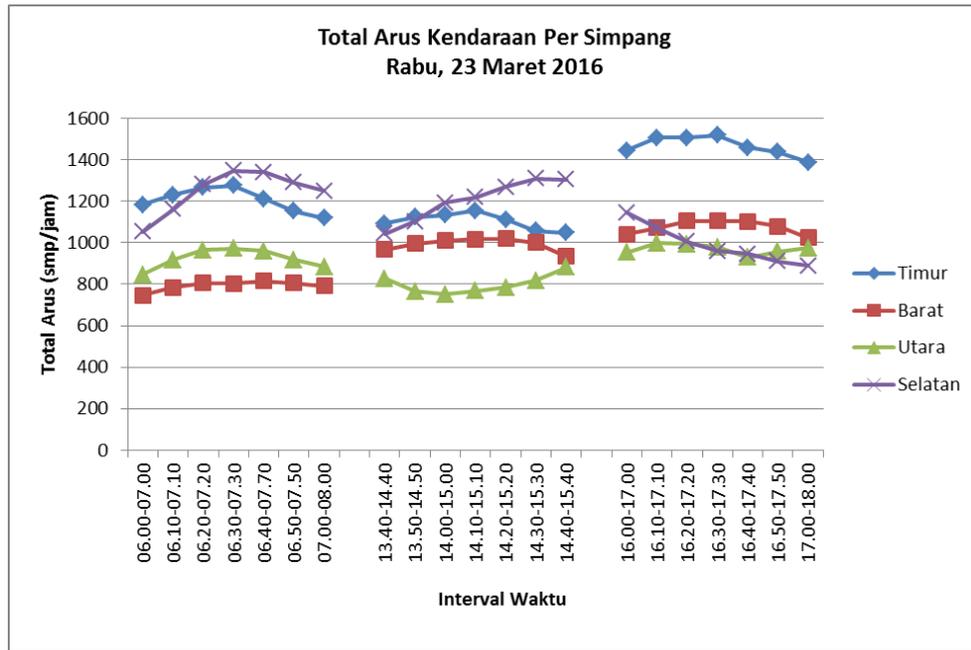
Tabel 4.6 Total arus kendaraan per simpang hari Sabtu, 27 Maret 2016

INTERVAL WAKTU	JUMLAH KENDARAAN				TOTAL ARUS (smp/jam)
	TIMUR (smp/jam)	BARAT (smp/jam)	UTARA (smp/jam)	SELATAN (smp/jam)	
06.00-07.00	1182.3	745.2	845.7	1051.1	3824.3
06.10-07.10	1230.6	784	915.9	1161.8	4092.3
06.20-07.20	1266.7	806.1	964.4	1279.1	4316.3
06.30-07.30	1276.4	803.6	971.9	1345.4	4397.3
06.40-07.70	1211.6	814.1	959.7	1340.1	4325.5
06.50-07.50	1150.8	806.4	917.7	1290.1	4165
07.00-08.00	1119.3	790	884.6	1249.5	4043.4
13.40-14.40	1092.8	967.8	825.8	1043.9	3930.3
13.50-14.50	1124.2	996.4	764.8	1102.4	3987.8
14.00-15.00	1132.8	1009.8	749.8	1191.2	4083.6
14.10-15.10	1154.9	1016.5	766.5	1218.6	4156.5
14.20-15.20	1111.6	1020.1	784	1268.1	4183.8
14.30-15.30	1057.3	1000.2	816.8	1307.8	4182.1

14.40-15.40	1046.3	933.7	881.9	1303.9	4165.8
16.00-17.00	1442.7	1040.6	952.9	1144.4	4580.6
16.10-17.10	1506.6	1071.3	997.9	1070.1	4645.9
16.20-17.20	1506.6	1103.9	991.9	1005.6	4608
16.30-17.30	1518	1104.3	978.9	959.8	4561
16.40-17.40	1457	1102.1	929.6	945.2	4433.9
16.50-17.50	1436	1077.6	958.3	909.8	4381.7
17.00-18.00	1386.5	1024.7	972.9	888.5	4272.6

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per simpang

Pada tabel di atas didapatkan total arus kendaraan pada hari Sabtu, 27 Maret 2016 dimana pada lengan Timur (Jl. Ciliwung) merupakan lengan simpang yang paling tinggi jumlahnya Dimana pada lengan simpang ini banyak kendaraan yang melintas dikarenakan banyaknya aktivitas yang terjadi dari arah Timur seperti sekolah, kantor, rumah makan, dan pertokoan. Jumlah total arus kendaraan pada keempat lengan simpang adalah 4397.3 smp/jam pukul 06.30 – 07.30 WIB, 4183.8 smp/jam pada pukul 14.20 – 15.20 WIB, dan 4645.9 smp/jam pada pukul 16.10 – 17.10 WIB. Berikut ini adalah grafik dari arus total kendaraan per simpang pada hari Sabtu, 26 Maret 2016 :



Gambar 4.5 Grafik arus total kendaraan per simpang hari Sabtu, 27 Maret 2016

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per simpang

Tabel dibawah ini merupakan kombinasi arus lalulintas per hari. Data ini diperoleh dari total arus kendaraan per simpang yang telah dijelaskan pada tabel-tabel diatas.

Tabel 4.7 Kombinasi arus lalulintas

Interval Waktu	Total Arus Kendaraan di Persimpangan (smp/jam)		
	Senin, 21 Maret 2016	Rabu, 23 Maret 2016	Sabtu, 27 Maret 2016
06.00-07.00	4363.8	4394.3	3824.3
06.10-07.10	4585.3	4628.4	4092.3
06.20-07.20	4758.1	4821.9	4316.3
06.30-07.30	4830.1	4840	4397.3
06.40-07.70	4696.1	4820.4	4325.5
06.50-07.50	4506.7	4752.1	4165
07.00-08.00	4178.9	4655.7	4043.4
13.40-14.40	4087.6	4408.2	3930.3
13.50-14.50	4074.3	4299.1	3987.8
14.00-15.00	4119.5	4192.9	4083.6
14.10-15.10	4113.5	4171.7	4156.5
14.20-15.20	4128.5	4062.5	4183.8
14.30-15.30	4162.7	3988.9	4182.1
14.40-15.40	4182.6	3970.5	4165.8

16.00-17.00	4233.3	3929.6	4580.6
16.10-17.10	4218.3	3967.4	4645.9
16.20-17.20	4139.6	3892.1	4608
16.30-17.30	4177.5	3888.8	4561
16.40-17.40	4158.6	3827.5	4433.9
16.50-17.50	4124.1	3841.2	4381.7
17.00-18.00	4045.8	3823.5	4272.6
Puncak	4830.1	4840	4645.9

Dari tabel di atas diperoleh data volume puncak pada masing-masing hari, yakni :

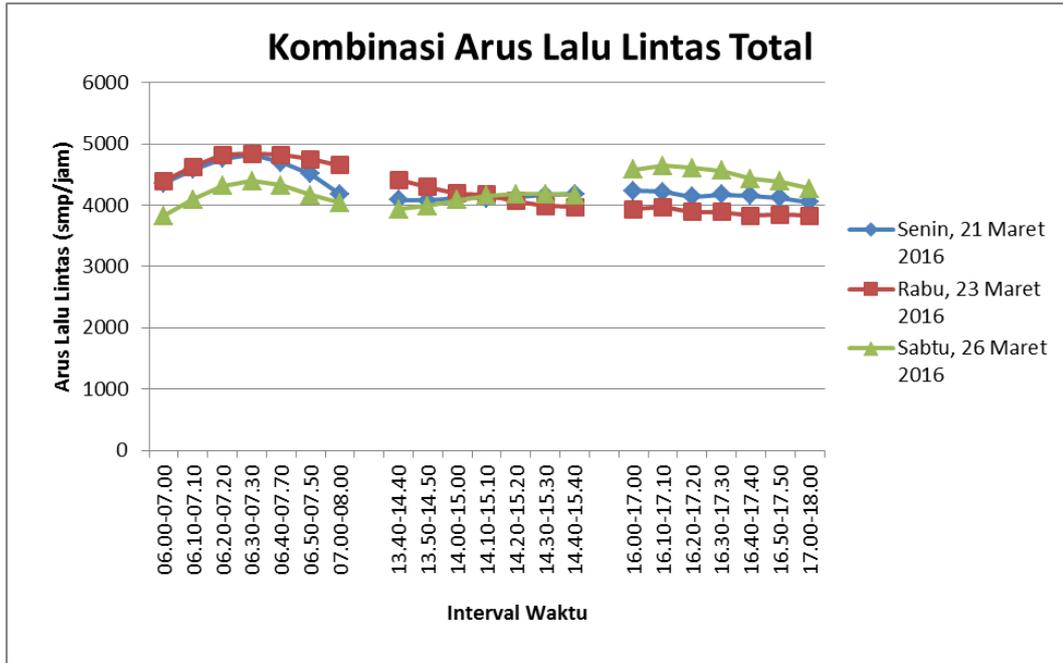
- Senin, 21 Maret 2016 pukul 06.30 – 07.30 WIB: 4830.1 smp/jam
- Rabu, 23 Maret 2016 pukul 06.30 – 07.30 WIB: 4840.0 smp/jam
- Sabtu, 27 Maret 2016 pukul 16.10 – 17.10 WIB: 4645.9 smp/jam

Dimana volume tertinggi terjadi pada hari sabtu pukul 06.30-07.30 WIB dengan volume sebesar 4840.0 smp/jam. Dari masing-masing waktu pengambilan data, yakni pagi, siang, dan sore hari, volume tertinggi terjadi pada pagi hari. Hal ini dikarenakan banyaknya aktivitas yang terjadi pada sekitar simpang Jl. Ciliwung. Setelah arus lalu lintasnya dikombinasikan, akan dapat diketahui jam puncak dari masing-masing periode waktu pengamatan selama 3 hari dengan mencari arus kendaraan maksimum. Arus kendaraan yang paling tinggi merupakan acuan untuk menentukan jam puncak. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Grafik 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.8 Jam puncak arus lalulintas

Interval Waktu	Total Arus Kendaraan di Persimpangan (smp/jam)		
	Senin, 21 Maret 2016	Rabu, 23 Maret 2016	Sabtu, 27 Maret 2016
06.00-07.00	4363.8	4394.3	3824.3
06.10-07.10	4585.3	4628.4	4092.3
06.20-07.20	4758.1	4821.9	4316.3
06.30-07.30	4830.1	4840	4397.3
06.40-07.70	4696.1	4820.4	4325.5
06.50-07.50	4506.7	4752.1	4165
07.00-08.00	4178.9	4655.7	4043.4
13.40-14.40	4087.6	4408.2	3930.3
13.50-14.50	4074.3	4299.1	3987.8
14.00-15.00	4119.5	4192.9	4083.6
14.10-15.10	4113.5	4171.7	4156.5
14.20-15.20	4128.5	4062.5	4183.8
14.30-15.30	4162.7	3988.9	4182.1
14.40-15.40	4182.6	3970.5	4165.8
16.00-17.00	4233.3	3929.6	4580.6
16.10-17.10	4218.3	3967.4	4645.9
16.20-17.20	4139.6	3892.1	4608
16.30-17.30	4177.5	3888.8	4561
16.40-17.40	4158.6	3827.5	4433.9
16.50-17.50	4124.1	3841.2	4381.7
17.00-18.00	4045.8	3823.5	4272.6

Pada tabel diatas diperoleh data untuk jam puncak masing-masing periode pengamatan. Data tersebut diperoleh dengan cara menentukan volume tertinggi selama waktu pengamatan yakni 3 hari. Dari ketiga hari pengamatan tersebut diambil yang paling tinggi dan data tersebut merupakan data yang akan dibuat untuk acuan sebagai jam puncak. Perolehan data jam puncak ini digunakan untuk perhitungan volume selanjutnya menggunakan Metode MKJI 1997.

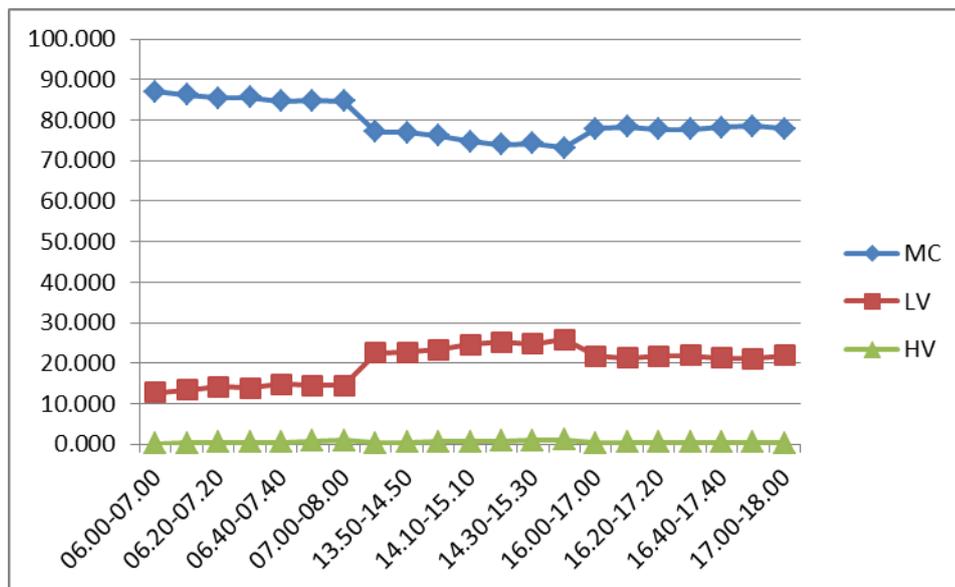


Gambar 4.6 Grafik kombinasi arus lalulintas total

Hasil dari grafik kombinasi arus lalulintas total diatas selama 3 hari pengamatan yakni pada hari Senin 21 Maret 2016, Rabu 23 Maret 2016, dan Sabtu 27 Maret 2016 adalah arus lalu-lintas tertinggi terjadi pada pagi dan sore hari dari ketiga hari pengamatan. Selanjutnya dianalisa seberapa besar prosentase kendaraan dari dan menuju setiap lengan. Dibawah ini adalah tabel prosentase kendaraan pada hari kerja da hari libur.

Tabel 4.9 Prosentase Kendaraan Pada Hari Kerja

PERIODE	JUMLAH KENDARAAN						
	Sepeda Motor	Kend. Ringan	Kend. Berat	Total Arus	Sepeda Motor	Kend. Ringan	Kend. Berat
	Pendekat Barat ke Timur (Lurus)			(kend/jam)	%	%	%
	(kend/jam)	(kend/jam)	(kend/jam)				
06.00-07.00	969	142	2	1113	87.062	12.758	0.180
06.10-07.10	995	155	3	1153	86.297	13.443	0.260
06.20-07.20	993	165	5	1163	85.383	14.187	0.430
06.30-07.30	980	159	5	1144	85.664	13.899	0.437
06.40-07.40	952	166	6	1124	84.698	14.769	0.534
06.50-07.50	925	158	8	1091	84.785	14.482	0.733
07.00-08.00	882	151	9	1042	84.645	14.491	0.864
13.40-14.40	1002	294	4	1300	77.077	22.615	0.308
13.50-14.50	1030	303	6	1339	76.923	22.629	0.448
14.00-15.00	1027	314	8	1349	76.130	23.277	0.593
14.10-15.10	1007	332	8	1347	74.759	24.647	0.594
14.20-15.20	989	338	10	1337	73.972	25.280	0.748
14.30-15.30	984	327	13	1324	74.320	24.698	0.982
14.40-15.40	902	318	13	1233	73.155	25.791	1.054
16.00-17.00	1141	319	5	1465	77.884	21.775	0.341
16.10-17.10	1191	324	6	1521	78.304	21.302	0.394
16.20-17.20	1210	339	8	1557	77.714	21.773	0.514
16.30-17.30	1203	340	6	1549	77.663	21.950	0.387
16.40-17.40	1208	329	7	1544	78.238	21.308	0.453
16.50-17.50	1177	316	7	1500	78.467	21.067	0.467
17.00-18.00	1107	311	4	1422	77.848	21.871	0.281



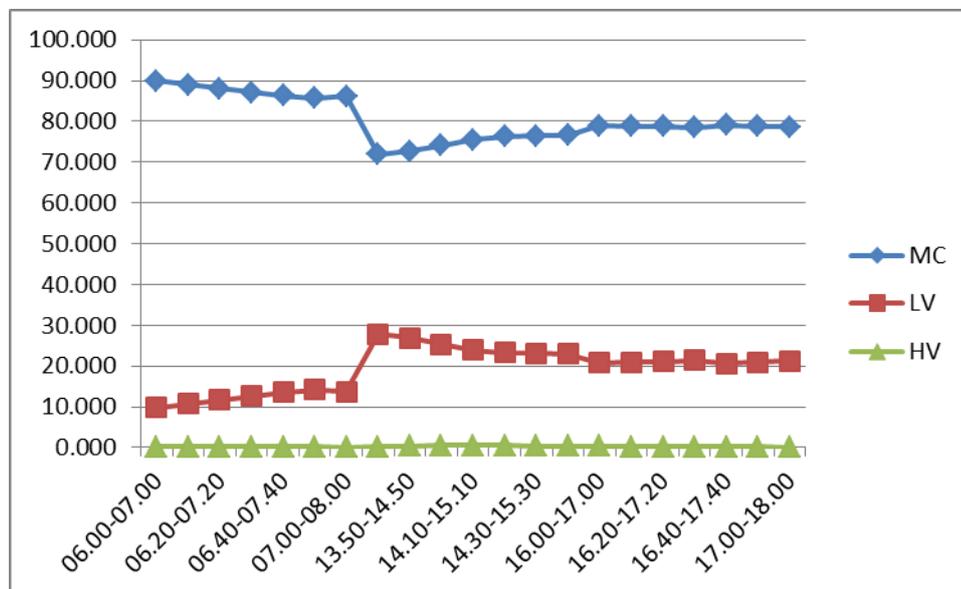
Gambar 4.7 Grafik Prosentase kendaraan pada hari kerja

Pada hari kerja, arus lalu-lintas pagi hari didominasi kendaraan dari lengan barat dan timur oleh sepeda motor (MC) sebesar 91.91% dan kendaraan ringan sebesar 7.66%. Pergerakan ini terjadi pada jam 06.00-07.00. Dan untuk arus lalu-lintas siang dan sore hari juga didominasi kendaraan dari lengan barat

dan timur dengan prosentase kendaraan sepeda motor lebih besar dari pada kendaraan ringan maupun kendaraan berat.

Tabel 4.10 Prosentase Kendaraan Pada Hari Kerja

PERIODE	JUMLAH KENDARAAN						
	Sepeda Motor	Kend. Ringan	Kend. Berat	Total Arus (kend/jam)	Sepeda Motor	Kend. Ringan	Kend. Berat
	Pendekat Barat ke Timur (Lurus)				%	%	%
	(kend/jam)	(kend/jam)	(kend/jam)				
06.00-07.00	1634	177	5	1816	89.978	9.747	0.275
06.10-07.10	1717	207	5	1929	89.010	10.731	0.259
06.20-07.20	1730	231	5	1966	87.996	11.750	0.254
06.30-07.30	1729	251	5	1985	87.103	12.645	0.252
06.40-07.40	1698	266	4	1968	86.280	13.516	0.203
06.50-07.50	1679	278	4	1961	85.620	14.176	0.204
07.00-08.00	1631	261	2	1894	86.114	13.780	0.106
13.40-14.40	1035	401	4	1440	71.875	27.847	0.278
13.50-14.50	1100	407	5	1512	72.751	26.918	0.331
14.00-15.00	1167	399	8	1574	74.142	25.349	0.508
14.10-15.10	1181	374	8	1563	75.560	23.928	0.512
14.20-15.20	1160	354	8	1522	76.216	23.259	0.526
14.30-15.30	1159	350	7	1516	76.451	23.087	0.462
14.40-15.40	1150	345	6	1501	76.616	22.985	0.400
16.00-17.00	1212	318	6	1536	78.906	20.703	0.391
16.10-17.10	1292	344	5	1641	78.732	20.963	0.305
16.20-17.20	1325	355	3	1683	78.728	21.093	0.178
16.30-17.30	1402	381	3	1786	78.499	21.333	0.168
16.40-17.40	1412	369	3	1784	79.148	20.684	0.168
16.50-17.50	1402	373	3	1778	78.853	20.979	0.169
17.00-18.00	1361	369	2	1732	78.580	21.305	0.115



Gambar 4.8 Grafik Prosentase kendaraan pada hari kerja

Pada hari libur, arus lalu-lintas pagi hari didominasi kendaraan dari lengan barat dan timur oleh sepeda motor (MC) sebesar 91.91% dan kendaraan

ringan sebesar 7.66%. Pergerakan ini terjadi pada jam 06.00-07.00. Dan untuk arus lalu-lintas siang dan sore hari juga didominasi kendaraan dari lengan barat dan timur dengan prosentase kendaraan sepeda motor lebih besar dari pada kendaraan ringan maupun kendaraan berat.

Tabel dibawah ini merupakan jadwal penutupan palang pintu perlintasan kereta api dekat persimpangan Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur. Data ini diperoleh dari pengamatan langsung selama survey selama 12 jam.

Tabel 4.11 Jadwal Penutupan Palang Pintu Perlintasan KA
Hari Senin 21 Maret 2016 dan Rabu 23 Maret 2016

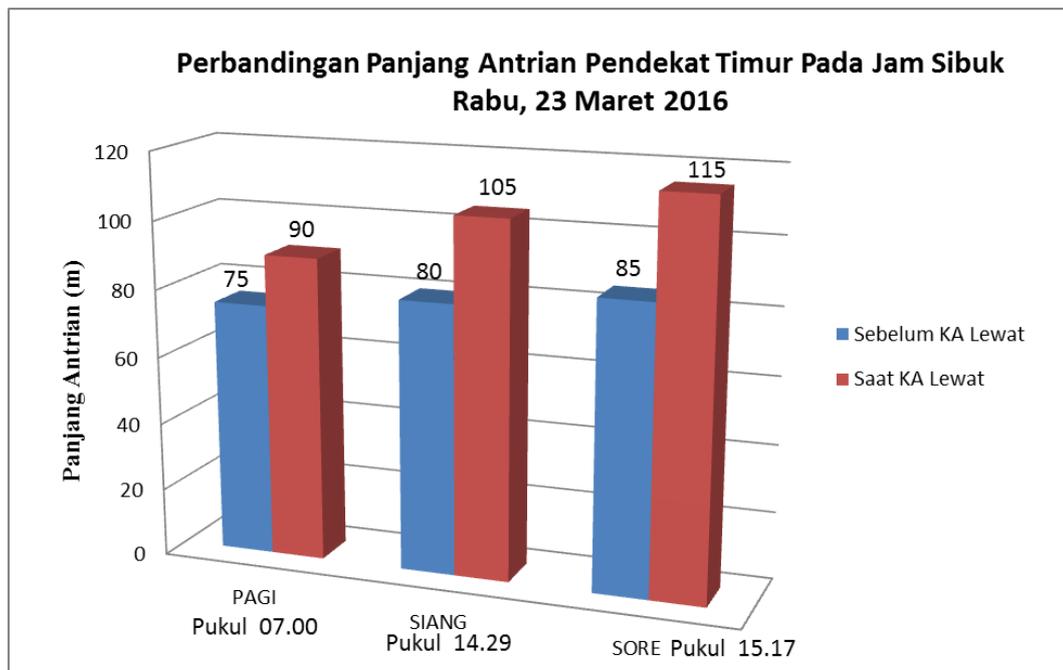
JADWAL KERETA API MELINTAS PADA PINTU PERLINTASAN DEKAT SIMPANG JL. CILIWUNG - JL. KARYA TIMUR			
SESI	PALANG PINTU DITUTUP	KERETA LEWAT	WAKTU PALANG PINTU DITUTUP SAMPAI KERETA LEWAT (detik)
1	07.00	07.01	1
2	08.10	08.11	1
3	08.20	08.21	1
4	08.45	08.46	1
5	10.25	10.26	1
6	11.48	11.49	1
7	12.51	12.52	1
8	14.29	14.30	1
9	15.17	15.18	1
10	15.58	15.59	1
11	17.25	17.26	1
12	17.44	17.45	1

Tabel 4.12 Jadwal Penutupan Palang Pintu Perlintasan KA
Hari Sabtu 27 Maret 2016

JADWAL KERETA API MELINTAS PADA PINTU PERLINTASAN DEKAT SIMPANG JL. CILIWUNG - JL. KARYA TIMUR			
SESI	PALANG PINTU DITUTUP	KERETA LEWAT	WAKTU PALANG PINTU DITUTUP SAMPAI KERETA LEWAT (detik)
1	07.20	07.21	1
2	08.24	08.25	1
3	08.49	08.50	1
4	09.05	09.06	1
5	10.45	10.46	1
6	12.33	12.34	1
7	13.19	13.20	1
8	15.16	15.17	1
9	15.40	15.41	1
10	16.22	16.22	1
11	17.45	17.46	1

Sumber : Data Jadwal Kereta Lewat

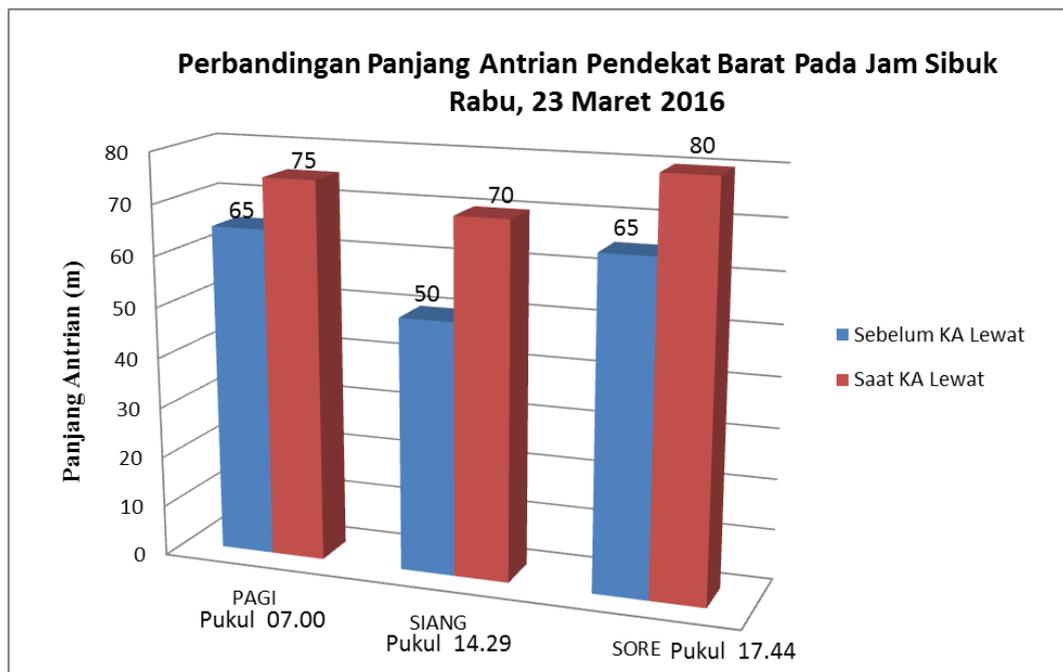
Berikut ini adalah hasil dari pengolahan data antrian dan didapat antrian maksimum pada masing-masing simpang di hari yang telah ditentukan untuk pengambilan data antrian.



Gambar 4.9 Perbandingan Panjang Antrian Timur Hari Rabu, 23 Maret 2016

Sumber : Pengolahan data survei antrian

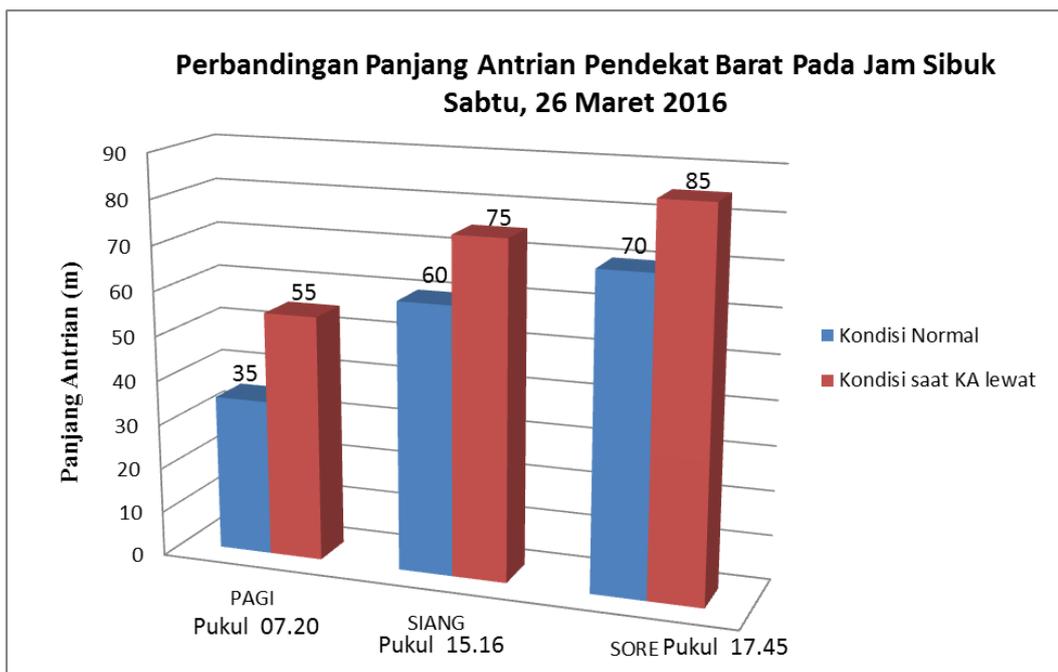
Dari gambar diagram di atas dapat dapat disimpulkan bahwa pada pendekat Timur Hari Rabu, 23 Maret 2016 pada saat palang pintu KA ditutup besar panjang antrian semakin bertambah. Pada sore hari pukul 15.17 terdapat selisih panjang antrian sebesar 30 m dengan panjang antrian terbesar yaitu 115 m saat palang palang pintu KA ditutup.



Gambar 4.10 Perbandingan Panjang Antrian Barat Hari Rabu, 23 Maret 2016

Sumber : Pengolahan data survei antrian

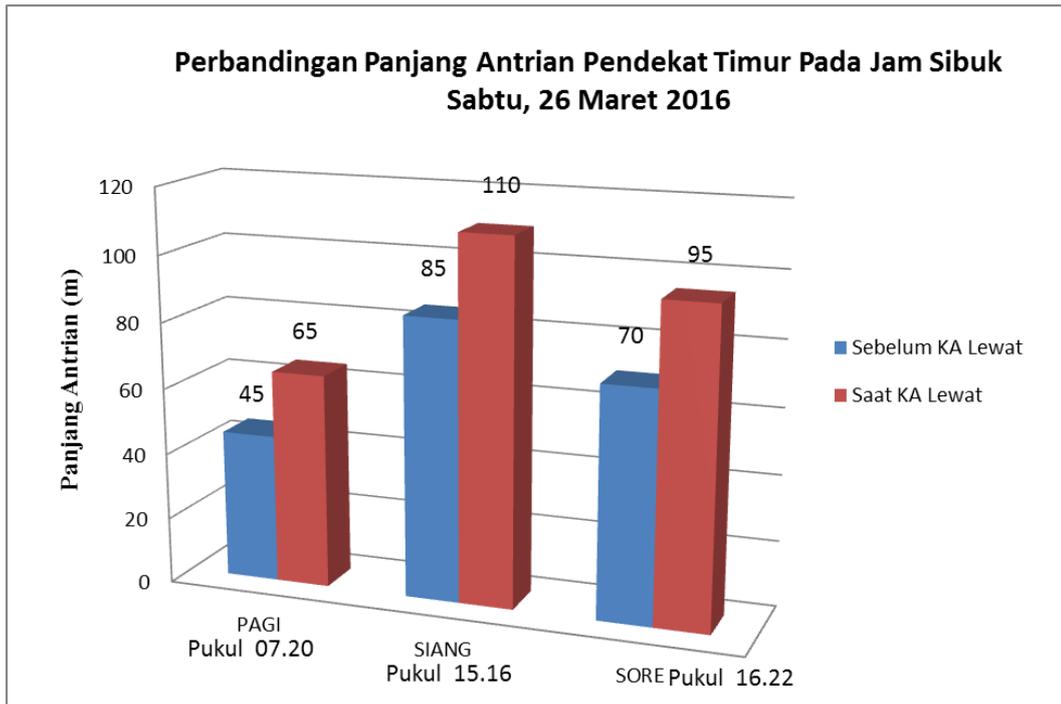
Dari gambar diagram di atas dapat dapat disimpulkan bahwa pada pendekat Barat Hari Rabu, 23 Maret 2016 pada saat palang pintu KA ditutup besar panjang antrian semakin bertambah. Pada sore hari pukul 17.44 terdapat selisih panjang antrian sebesar 15 m dengan panjang antrian terbesar yaitu 80 m saat palang palang pintu KA ditutup.



Gambar 4.11 Perbandingan Panjang Antrian Barat Hari Sabtu, 26 Maret 2016

Sumber : Pengolahan data survei antrian

Dari gambar diagram di atas dapat disimpulkan bahwa pada pendekat Barat Hari Sabtu, 26 Maret 2016 pada saat palang pintu KA ditutup besar panjang antrian semakin bertambah. Pada sore hari pukul 17.45 terdapat selisih panjang antrian sebesar 15 m dengan panjang antrian terbesar yaitu 85 m saat palang palang pintu KA ditutup.



Gambar 4.12 Perbandingan Panjang Antrian Timur Hari Sabtu, 23 Maret 2016

Sumber : Pengolahan data survei antrian

Dari gambar diagram di atas dapat disimpulkan bahwa pada pendekat Timur Hari Sabtu, 26 Maret 2016 pada saat palang pintu KA ditutup besar panjang antrian semakin bertambah. Pada sore hari pukul 15.16 terdapat selisih panjang antrian sebesar 25 m dengan panjang antrian terbesar yaitu 110 m saat palang palang pintu KA ditutup.

BAB V

PERHITUNGAN DAN ANALISA

5.1 Analisis Simpang Tak Bersinyal

Data jam puncak yang dikumpulkan dari lapangan dilakukan selama tiga hari, yakni hari Senin, Rabu, dan Sabtu. Untuk keperluan perhitungan digunakan data yang memiliki jam puncak tertinggi diantara periode jam sibuk dari ketiga hari tersebut. Pada perhitungan analisis simpang ini digunakan metode MKJI 1997.

5.1.1 Analisis Simpang Tak Bersinyal Menurut MKJI 1997

Pada analisis ini menggunakan rumus MKJI 1997 dan terdapat dua formulir yang harus diisi, yakni USIG-I dan USIG-II. Pada formulir USIG-I merupakan isian data volume yang diambil dari jam puncak pada masing-masing periode pengamatan, yakni pagi, siang, dan sore. Sedangkan untuk formulir USIG-II terdapat tiga tabel perhitungan. Untuk tabel yang pertama merupakan tabel lebar pendekat tipe simpang. Pada tabel ini akan diketahui lebar pendekat rata-rata. Kemudian untuk tabel kedua dari formulir USIG-II adalah kapasitas. Dengan mendapatkan data faktor penyesuaian kapasitas (F), maka kapasitas dapat dihitung. Sedangkan untuk tabel ketiga adalah perilaku lalu lintas. Pada tabel ini akan diperoleh nilai derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian.

Berikut ini digunakan data pada hari Senin, 21 Maret 2016. Untuk data pada hari berikutnya dapat dilihat pada Formulir USIG-I dan USIG-II.

A. Formulir USIG-I

Kota : Malang
Propinsi : Jawa Timur
Ukuran kota : Sedang
Hari : Senin, 21 Maret 2016
Periode : 06.30 – 07.30 WIB
Nama Simpang : Simpang Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur

1. Data lalu lintas berikut diperlukan untuk perhitungan dan harus diisikan ke dalam bagian lalu lintas pada formulir USIG-I

Pendekat A (Utara)

-	LV	=	163	smp/jam
	HV	=	5	smp/jam
	MC	=	1931	smp/jam
	UM	=	5	smp/jam
	Jumlah (ST)	=	<hr/> 2104	smp/jam
-	LV	=	30	smp/jam
	HV	=	1	smp/jam
	MC	=	174	smp/jam
	UM	=	4	smp/jam
	Jumlah (LT)	=	<hr/> 209	smp/jam

Pendekat B (Timur)

-	LV	=	327	smp/jam
	HV	=	3	smp/jam
	MC	=	1889	smp/jam
	UM	=	3	smp/jam
	Jumlah (ST)	=	<hr/> 2222	smp/jam

-	LV	=	30	smp/jam
	HV	=	4	smp/jam
	MC	=	191	smp/jam
	UM	=	1	smp/jam
	Jumlah (LT)	=	<hr/> 226	smp/jam

Pendekat C (Selatan)

-	LV	=	120	smp/jam
	HV	=	3	smp/jam
	MC	=	576	smp/jam
	UM	=	4	smp/jam
	Jumlah (ST)	=	<hr/> 703	smp/jam

-	LV	=	178	smp/jam
	HV	=	4	smp/jam
	MC	=	492	smp/jam
	UM	=	2	smp/jam
	Jumlah (LT)	=	<hr/> 676	smp/jam

Pendekat D (Barat)

-	LV	=	251	smp/jam
	HV	=	5	smp/jam
	MC	=	1729	smp/jam
	UM	=	9	smp/jam
	Jumlah (ST)	=	<hr/> 1994	smp/jam
-	LV	=	42	smp/jam
	HV	=	2	smp/jam
	MC	=	326	smp/jam
	UM	=	1	smp/jam
	Jumlah (LT)	=	<hr/> 371	smp/jam

Menghitung arus jalan minor total Q_{MI} yaitu jumlah seluruh arus pada pendekat A dan C dalam smp/jam dan kemudian hasilnya dimasukkan pada Baris 31 pada Kolom 10.

- Arus jalan minor total

$$\begin{aligned}Q_{MI} &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat C} \\ &= 960.9 + 841.1 \\ &= 1802 \text{ smp/jam}\end{aligned}$$

Menghitung arus jalan utama total Q_{MA} yaitu jumlah seluruh arus pada pendekat B dan D dalam smp/jam dan hasilnya dimasukkan pada Baris 35, 39 Kolom 10.

- Arus jalan utama total

$$Q_{MA} = \text{Pendekat B} + \text{Pendekat D}$$

$$= 1406.1 + 1329.6$$

$$= 2735.7 \text{ smp/jam}$$

Menghitung rasio antara arus kendaraan tak bermotor dengan kendaraan bermotor dinyatakan dalam kend/jam, dan hasilnya dimasukkan pada Baris 44, Kolom 12.

- Arus kendaraan tak bermotor

$$Q_{UM} = \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B} + \text{Pendekat C} + \text{Pendekat D}$$

$$= 9 + 6 + 4 + 10$$

$$= 29 \text{ kend/jam}$$

- Arus kendaraan bermotor

$$Q_{MV} = \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B} + \text{Pendekat C} + \text{Pendekat D}$$

$$= 1724 + 1373 + 2444 + 2355$$

$$= 7896 \text{ kend/jam}$$

- Rasio antara arus kendaraan tak bermotor dengan kendaraan bermotor

$$P_{UM} = \frac{Q_{UM}}{Q_{MV}}$$

$$P_{UM} = \frac{29}{7896}$$

$$= 0.004 \text{ kend/jam}$$

Menghitung arus jalan minor + utama total untuk masing-masing gerakan (Belok kiri Q_{LT} dan Lurus Q_{ST}) demikian juga Q_{TOT} secara keseluruhan dan masukkan hasilnya pada Kolom 10, Baris 41, 42, 43, dan 44.

- Arus belok kiri

$$Q_{LT} = \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B} + \text{Pendekat C} + \text{Pendekat D}$$

$$= 30 + 30 + 178 + 42$$

$$= 280 \text{ smp/jam}$$

- Arus lurus

$$\begin{aligned} Q_{ST} &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B} + \text{Pendekat C} + \text{Pendekat D} \\ &= 163 + 327 + 120 + 251 \\ &= 861 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

- Arus jalan minor + utama total

$$\begin{aligned} Q_{TOT} &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B} + \text{Pendekat C} + \text{Pendekat D} \\ &= 193 + 357 + 298 + 293 \\ &= 1141 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Menghitung rasio arus jalan minor P_{MI} yaitu arus jalan minor dibagi dengan arus total, dan hasilnya dimasukkan pada Baris 44, Kolom 10.

- Rasio arus jalan minor

$$\begin{aligned} P_{MI} &= \frac{Q_{MI}}{Q_{TOT}} \\ P_{MI} &= \frac{841.1}{2729.6} \\ &= 0.660 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Menghitung rasio arus belok-kiri total (P_{LT}) dan hasilnya dimasukkan pada Baris 41, Kolom 11 dan Baris 43, Kolom 11.

- Rasio arus belok kiri total

$$\begin{aligned} P_{LT} &= \frac{Q_{LT}}{Q_{TOT}} \\ P_{LT} &= \frac{332.2}{2729.6} \\ &= 0.122 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Hitung rasio antara arus kendaraan tak bermotor dengan kendaraan bermotor dinyatakan dalam kend/jam, dan masukkan hasilnya pada Baris 45, Kolom 12.

- Rasio antara arus kendaraan tak bermotor dengan kendaraan bermotor

$$P_{UM} = \frac{Q_{UM}}{Q_{MV}}$$

$$P_{UM} = \frac{29}{7896}$$

$$= 0.004 \text{ kend/jam}$$

B. Formulir USIG-II

1. Menentukan lebar pendekat dan tipe simpang

a. Lebar pendekat jalan minor

Lebar pendekat jalan minor adalah W_A 3.25 m. Lebar rata-rata pendekat minor adalah W_{AC} 3.075 m < 5.5 m. Dari tabel 2.6 didapat jumlah lajur total kedua arah adalah 2 (USIG-II, baris 14, kolom 4)

a. Lebar pendekat jalan utama

Lebar pendekat jalan utama adalah $W_B = 3.5$ m dan $W_D = 3.25$ m. Lebar rata-rata pendekat utama adalah W_{BD} 3.375 m < 5.5 m. Dari tabel 2.6 didapat jumlah lajur total kedua arah adalah 2. Diisi pada formulir baris 14, kolom 7.

- #### b. Lebar pendekat rata-rata untuk jalan utama dan minor adalah $W_1 = (W_{utama} + W_{minor})/2 = (3.075 + 3.375)/2 = 3.225$ m. Diisi pada formulir baris 14, kolom 8.

- c. Tipe simpang untuk lengan simpang = 4, jumlah lajur pada pendekat jalan utama dan jalan minor masing-masing = 2, maka dari tabel 2.7 diperoleh $IT = 422$. Diisi pada formulir baris 14, kolom 11.

2. Menentukan Kapasitas

a. Kapasitas dasar (C_0)

Variabel masukan adalah tipe $IT = 422$, dari Tabel 2.8 diperoleh kapasitas dasar $C_0 = 2900$ smp/ja. Diisi pada formulir baris 27, kolom 20.

b. Faktor penyesuaian kapasitas

1. Lebar pendekat rata-rata (F_w)

Variabel masukan adalah lebar rata-rata semua pendekat $W_1 = 3.225$ m dan tipe simpang $IT = 422$. Batas nilai yang diberikan adalah grafik atau dapat digunakan rumus untuk klasifikasi IT yaitu :

Untuk tipe simpang $IT = 422$:

$$\begin{aligned} F_w &= 0.7 + 0.0666 \times W_1 \\ &= 0.7 + 0.0666 \times 3.225 \\ &= 0.91 \end{aligned}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 27, kolom 21.

2. Faktor penyesuaian median jalan utama (F_M)

Pertimbangan teknik lalu-lintas diperlukan untuk menentukan faktor median. Median disebut lebar jika kendaraan ringan standar dapat berlindung pada daerah median tanpa mengganggu arus berangkat pada jalan utama. Hal ini mungkin terjadi jika lebar

median 3 m atau lebih. Pada beberapa keadaan, misalnya jika pendekat jalan utama lebar, hal ini mungkin terjadi jika median lebih sempit. Dari tabel 2.8 didapat nilai median jalan utama adalah 1 karena jalan utama tidak ada median. Diisi pada formulir baris 27, kolom 22.

3. Faktor penyesuaian ukuran kota

Berdasarkan variabel jumlah penduduk Kota Malang tahun 2011-2015 yaitu $\pm 2.899.805$ jiwa didapat nilai $F_{CS} = 1$ dari tabel 2.10. Diisi pada formulir baris 27, kolom 23.

4. Hambatan samping (F_{RSU})

Berdasarkan data survei, variabel kelas tipe lingkungan jalan (RE) Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur adalah komersil, kelas hambatan samping (SF) adalah sedang, akibat dari kendaraan bermotor dan rasio kendaraan tak bermotor (UM/MV) = 0.004 (USIG-I, baris 24, kolom 12). Didapat nilai $F_{RSU} = 0.94$ dihitung dengan menggunakan interpolasi linier pada tabel 2.11. Diisi pada formulir baris 27, kolom 24.

5. Faktor penyesuaian belok kiri

Variabel masukan adalah rasio belok kiri $P_{LT} = 0.122$ (USIG-I, baris 41, kolom 11). Batas nilai yang diberikan adalah pada gambar 2.3

Digunakan rumus :

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 0.84 + 1.61 \times P_{LT} \\ &= 0.84 + 1.61 \times 0.197 \end{aligned}$$

$$= 1.157$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 27, kolom 25.

6. Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor (F_{MI})

Variabel masukan adalah rasio arus jalan minor $P_{MI} = 0.397$ (USIG-I, baris 44, kolom 11) dan tipe simpang $IT = 422$. Batas nilai yang diberikan untuk F_{MI} adalah gambar 2.4

Dari tabel 2.12 didapatkan rumus :

$$\begin{aligned} F_{MI} &= 1.19 \times P_{MI}^2 - 1.19 \times P_{MI} + 1.19 \\ &= 1.19 \times 0.397^2 - 1.19 \times 0.397 + 1.19 \\ &= 0.905 \end{aligned}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 27, kolom 27.

7. Kapasitas (C)

Kapasitas, dihitung dengan menggunakan rumus berikut, dimana berbagai faktornya telah dihitung di atas:

$$\begin{aligned} C &= C_o \times F_w \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \\ &= 2900 \times 0.91 \times 1 \times 1 \times 0.94 \times 1.157 \times 1 \times 0.905 \\ &= 2610.32 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 27, kolom 28.

3. Perilaku Lalulintas

a. Arus lalulintas (Q)

Arus lalulintas total $Q_{MV} = 4537.7$ smp/jam diperoleh dari formulir (USIG-I, baris 44, kolom 10)

b. Derajat kejenuhan (DS)

Setelah diperoleh nilai kapasitasnya $C = 2458.67$ smp/jam, maka dihitung derajat kejenuhannya dengan rumus :

$$DS = \frac{Q_{MV}}{C}$$
$$DS = \frac{4537.7}{2610.32}$$
$$= 1.738$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 40, kolom 31.

c. Tundaan Lalulintas

1. Tundaan lalulintas simpang (DT_I)

Variabel masukan adalah derajat kejenuhan $DS = 1.738$. DT_I ditentukan dari kurva empiris antara DT_I dan DS pada gambar 2.5. Karena nilai $DS > 0.6$ maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$DT = \frac{1.0504}{(0.2742 - 0.2042 \times DS)} - (1 - DS) \times 2$$
$$= \frac{1.0504}{(0.2742 - 0.2042 \times 1.738)} - (1 - 1.738) \times 2$$
$$= -11,527 \text{ det/smp}$$

Hasilnya diisi pada baris 40, kolom 32.

2. Tundaan lalulintas utama (DT_{MA})

Variabel masukan adalah derajat kejenuhan $DS = 1.738$. DT_{MA} ditentukan dengan rumus antara DT_{MA} dan DS :

Untuk $DS > 0.6$:

$$DT_{MA} = \frac{1.05034}{(0.346 - 0.246 \times DS)} - 1.8(1 - DS)$$

$$DT_{MA} = \frac{1.05034}{(0.346 - 0.246 \times 1.738)} - 1.8(1-1.738)$$

$$= -11.537 \text{ det/smp}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 40, kolom 33.

3. Tundaan lalulintas jalan minor (DT_{MI})

Variabel masukan adalah arus lalulintas total $Q_{MV} = 2729.6$ smp/jam, tundaan lalulintas simpang $DT_I = -11.527$, arus lalulintas jalan utama $Q_{MA} = 2735.7$ smp/jam (USIG-I, baris 40, kolom 10), tundaan lalulintas jalan utama $DT_{MA} = -11.537$, arus jalan minor $Q_{MI} = 1802$ smp/jam (USIG-I, baris 31, kolom 10).

$$DT_{MI} = \frac{(Q_{TOT} \times DT_I - Q_{MA} \times DT_{MA})}{Q_{MI}}$$

$$DT_{MI} = \frac{(2729.6 \times (-11.527) - 2735.7 \times (-11.537))}{1802}$$

$$= -11.513 \text{ det/smp}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 40, kolom 34.

4. Tundaan geometrik simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometrik rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang. Untuk $DS > 1$; $DG = 4$. Hasilnya diisi pada formulir baris 40, kolom 35.

5. Tundaan simpang (D)

Tundaan simpang dihitung sebagai berikut :

$$D = DG + DT_I$$

$$= 4 + (-11.527)$$

$$= -7.527 \text{ det/smp}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 40, kolom 36.

6. Peluang antrian (QP %)

Variabel masukan adalah derajat kejenuhan $DS = 1.752$, rentang nilai peluang antrian dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} QP \% &= 47.71 DS - 24.68 DS^2 + 56.47 DS^3 \dots\dots\dots \text{nilai atas} \\ &= (47.71 \times 1.738) - (24.68 \times 1.738^2) + (56.47 \times 1.738^3) \\ &= 305.0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} QP \% &= 9.02 DS + 20.66 DS^2 + 10.49 DS^3 \dots\dots\dots \text{nilai bawah} \\ &= (9.02 \times 1.738) + (20.66 \times 1.738^2) + (10.49 \times 1.738^3) \\ &= 133.2 \end{aligned}$$

Dengan rumus diatas didapat rentang nilai peluang antrian QP % = 54.0 – 108.9

Hasilnya diisi pada baris 40, kolom 37.

7. Sasaran

Hasil yang didapat dari perhitungan yaitu $DS = 1.738 > 0.85$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Formulir USIG-I dan USIG-II.

Karena DS yang diperoleh melebihi batas yang diperbolehkan yaitu sebesar 0,8 , maka perhitungan untuk tundaan, panjang antrian diabaikan karena hasil yang diperoleh adalah nilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja simpang Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur sudah tidak layak lagi.

Tabel 5.1 Pengolahan data kondisi eksisting pada hari Senin, 21 Maret 2016

1. Lebar pendekat tipe simpang

Pilihan	Jumlah lengan simpang	Lebar pendekat (m)						Lebar pendekat rata-rata W_1		Jumlah lajur		Tipe simpang
		Jalan minor			Jalan utama			Lebar pendekat rata-rata W_1	Jalan minor	Jalan utama		
		W_A	W_C	W_{AC}	W_B	W_D	W_{BD}					
1	4	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		3	3.15	3.075	3.5	3.25	3.375	3.225	2	2	422	

2. Kapasitas

Pilihan	Kapasitas Dasar C_0 smp/jam	Faktor penyesuaian kapasitas (F)						Kapasitas C smp/jam	
		Lebar pendekat rata-rata F_w	Median jalan utama F_M	Ukuran kota F_{CS}	Hambatan samping F_{RSU}	Belok kiri Belok kanan			Rasio minor/total
						FLT	FRT		
1	2900	21	22	23	24	25	26	27	28
		0.91	1	1	0.94	1.157	1.000	0.905	2610.32

3. Perilaku lalu lintas

Pilihan	Arus lalu lintas (Q) smp/jam	Derajat kejenuhan	Tundaan lalulintas simpang	Tundaan lalu lintas Jl. Utama	Tundaan lalu lintas Jl. Minor	Tundaan geometrik simpang	Tundaan simpang	Peluang antrian	Sasaran						
										(DS)	(DTI)	(DMI)	(DG)	(D)	(QP%)
										31	32	33	34	35	36
1	4537.7	1.738	-11.527	-11.537	-11.513	4	-7.527	133.2 - 305.0	DS > 0.85						

5.1.2.1 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 belok. Berikut ini hasil dari pengolahan data dari derajat kejenuhan (DS) pada kondisi eksisting selama periode waktu pengamatan :

Tabel 5.2 Hasil pengolahan data kondisi eksisting pada hari
Senin, 21 Maret 2016

Hari	Jam Puncak	Kapasitas (smp/jam)	Arus Lalulintas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Antrian (m)	Tundaan (det/kend)	LOS
Senin	Pagi	2610.32	4537.7	1.738	133.2	~	F
	Siang	2644.29	4113.5	1.556	106.6	~	F
	Sore	2697.95	4274.3	1.584	116.2	~	F

Sumber : Hasil analisis kondisi eksisting hari senin

Dari hasil analisis diatas didapatkan nilai kapasitas pada jam puncak pagi sebesar 2610.32 smp/jam, arus lalulintas 4537.7 smp/jam. Dari data kapasitas dan arus lalulintas tersebut didapatkan nilai derajat kejenuhan sebesar 1.738. Dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997, yakni sebesar 0.85. Dari ketiga jam puncak tersebut nilai derajat kejenuhannya melebihi 0.85 semua. Untuk nilai derajat kejenuhan yang paling tinggi adalah pada sore hari karena total arus lalulintasnya paling tinggi sehingga derajat kejenuhannya pun tinggi. Semakin tinggi arus lalulintas, semakin tinggi pula nilai derajat kejenuhannya. Apabila nilai derajat kejenuhan melebihi dari nilai tersebut, maka diperlukan suatu perencanaan untuk mengurangi nilai derajat kejenuhannya.

Tabel 5.3 Hasil pengolahan data kondisi eksisting pada hari
Rabu, 23 Maret 2016

Hari	Jam Puncak	Kapasitas (smp/jam)	Arus Lalu-lintas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Antrian (m)	Tundaan (det/kend)	LOS
Kamis	Pagi	2740.18	4830	1.763	153.9	~	F
	Siang	2729.94	4171.7	1.528	110	~	F
	Sore	2770.80	3963.9	1.431	98.1	~	F

Sumber : Hasil analisis kondisi eksisting hari Rabu

Dari hasil analisis diatas didapatkan nilai kapasitas pada jam puncak pagi sebesar 2740.18 smp/jam, arus lalulintas 4830 smp/jam. Dari data kapasitas dan arus lalulintas tersebut didapatkan nilai derajat kejenuhan sebesar 1.763. Dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997, yakni sebesar 0.85. Dari ketiga jam puncak tersebut nilai derajat kejenuhannya melebihi 0.85 semua. Untuk nilai derajat kejenuhan yang paling tinggi adalah pada pagi hari karena total arus lalulintasnya paling tinggi sehingga derajat kejenuhannya pun tinggi. Semakin tinggi arus lalulintas, 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 Hasil Pengolahan Data Kondisi Eksisting pada Hari
Sabtu, 27 Maret 2016

Hari	Jam Puncak	Kapasitas (smp/jam)	Arus Lalu-lintas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Antrian (m)	Tundaan (det/kend)	LOS
Sabtu	Pagi	2735.06	4397.3	1.608	124	~	F
	Siang	2701.36	4156.5	1.539	109.1	~	F
	Sore	2577.24	4655.9	1.807	141.3	~	F

Sumber : Hasil analisis kondisi eksisting hari sabtu

Dari hasil analisis diatas didapatkan nilai kapasitas pada jam puncak pagi sebesar 2735.06 smp/jam, arus lalulintas 4397.3 smp/jam. Dari data kapasitas dan arus lalulintas tersebut didapatkan nilai derajat kejenuhan sebesar 1.608 dan

tundaan tak terhingga dengan tingkat pelayanan F. Dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997 dan PM No. 96 Tahun 2015.

Pada hari kerja, arus lalu-lintas sangat tinggi di pagi hari yaitu sebesar 4537.7 smp/jam, padahal simpang tersebut layak jika arus lalu-lintas tidak melebihi 2610.32 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada pagi hari diperoleh sebesar 1.738 dengan panjang antrian 133.2 m. Sedangkan pada hari libur arus lalu-lintas tinggi terjadi di sore hari sebesar 4655.9 smp/jam, padahal untuk normalnya simpang tersebut layak jika arus lalu-lintas tidak melebihi 2577.24 smp/jam. Untuk nilai derajat kejenuhan (DS) didapat 1.807 dengan panjang antrian sebesar 141.3 m.

Dari analisa diatas maka diperlukan suatu perencanaan perbaikan untuk mengurangi nilai derajat kejenuhannya.

5.2 Alternatif untuk Perbaikan Sistem Pengendalian Simpang

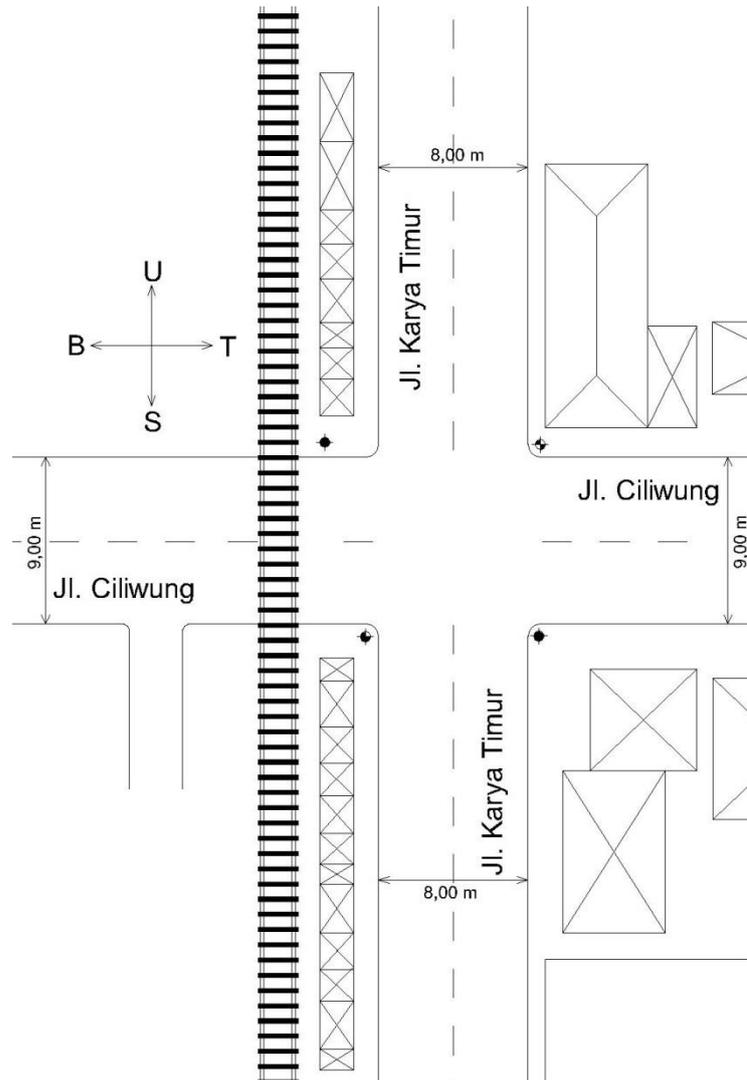
Dari evaluasi yang telah dilakukan sebelumnya didapatkan hasil yang melebihi dari syarat yang telah ditentukan baik itu derajat kejenuhan (DS), maupun tundaan yang mengacu pada syarat yang telah ditentukan didalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997). Sehingga langkah selanjutnya yang dilakukan adalah merencanakan perbaikan dengan tujuan untuk meningkatkan sistem pengendalian simpang pada persimpangan Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur. Ada beberapa alternatif perbaikan yang akan direncanakan dan pada akhirnya akan dipilih satu alternatif terbaik untuk perbaikan sistem pengendalian simpang ini, antara lain:

1. Pelebaran geometrik jalan pada setiap pendekat.
2. Perencanaan simpang bersinyal 2 fase.
3. Perencanaan simpang bersinyal 2 fase dengan pelebaran geometrik.
4. Perencanaan simpang bersinyal 3 fase dengan pelebaran geometrik.

Pemilihan alternatif terbaik mengacu pada nilai derajat kejenuhan dan panjang antrian yang dihasilkan. Akan tetapi selain itu akan ditinjau kembali alternatif mana yang paling efektif untuk direncanakan dengan kondisi eksisting di lapangan. Untuk lebih jelasnya akan diuraikan secara detail pada perhitungan di bawah ini.

5.2.1 Alternatif Perbaikan 1 : Pelebaran Geometrik Jalan Pada Masing-masing Pendekat.

Alternatif pertama yang dilakukan adalah pelebaran geometrik jalan pada masing-masing pendekat. Alternatif ini dibuat dengan alasan terlalu besarnya volume kendaraan yang masuk ke simpang Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur. Selain itu alternatif pemberlakuan aturan satu arah ini dilakukan untuk mengurangi derajat kejenuhan dan antrian kendaraan ketika palang pintu kereta api ditutup.



Gambar 5.1 Perencanaan pelebaran geometrik simpang

Untuk perhitungan yang dilakukan sama seperti sebelumnya yaitu perhitungan pada formulir USIG-I dan USIG II, hanya saja dalam perhitungannya lebar masing-masing pendekat diubah seperti yang direncanakan. Dibawah ini diambil contoh perhitungan hari Senin, 21 Maret 2016 pada jam puncak pagi.

- Formulir USIG-I

Kota : Malang

Propinsi : Jawa Timur

Ukuran kota : Sedang

Hari : Senin, 21 Maret 2016

Periode : 06.30 – 07.30 WIB

Nama Simpang : Simpang Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur

1. Data lalulintas berikut diperlukan untuk perhitungan dan harus diisikan ke dalam bagian lalu lintas pada formulir USIG-I

Pendekat A (Utara)

-	LV	=	163	smp/jam
	HV	=	5	smp/jam
	MC	=	1931	smp/jam
	UM	=	5	smp/jam
	Jumlah (ST)	=	<u>2104</u>	smp/jam

-	LV	=	30	smp/jam
	HV	=	1	smp/jam
	MC	=	174	smp/jam
	UM	=	4	smp/jam
	Jumlah (LT)	=	<u>209</u>	smp/jam

Pendekat B (Timur)

-	LV	=	327	smp/jam
	HV	=	3	smp/jam
	MC	=	1889	smp/jam
	UM	=	3	smp/jam
	Jumlah (ST)	=	<u>2222</u>	smp/jam

-	LV	=	30	smp/jam
	HV	=	4	smp/jam
	MC	=	191	smp/jam
	UM	=	1	smp/jam
	Jumlah (LT)	=	<u>226</u>	smp/jam

Pendekat C (Selatan)

-	LV	=	120	smp/jam
	HV	=	3	smp/jam
	MC	=	576	smp/jam
	UM	=	4	smp/jam
	Jumlah (ST)	=	<u>703</u>	smp/jam

-	LV	=	178	smp/jam
	HV	=	4	smp/jam
	MC	=	492	smp/jam
	UM	=	2	smp/jam
	Jumlah (LT)	=	<u>676</u>	smp/jam

Pendekat D (Barat)

-	LV	=	251	smp/jam
	HV	=	5	smp/jam
	MC	=	1729	smp/jam
	UM	=	9	smp/jam
	Jumlah (ST)	=	<u>1994</u>	smp/jam

-	LV	=	42	smp/jam
	HV	=	2	smp/jam
	MC	=	326	smp/jam
	UM	=	1	smp/jam
	Jumlah (LT)	=	<u>371</u>	smp/jam

Menghitung arus jalan minor total Q_{MI} yaitu jumlah seluruh arus pada pendekat A dan C dalam smp/jam dan kemudian hasilnya dimasukkan pada Baris 31 pada Kolom 10.

- Arus jalan minor total

$$\begin{aligned}
 Q_{MI} &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat C} \\
 &= 960.9 + 841.1 \\
 &= 1802 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Menghitung arus jalan utama total Q_{MA} yaitu jumlah seluruh arus pada pendekat B dan D dalam smp/jam dan hasilnya dimasukkan pada Baris 35, 39 Kolom 10.

- Arus jalan utama total

$$\begin{aligned}
 Q_{MA} &= \text{Pendekat B} + \text{Pendekat D} \\
 &= 1406.1 + 1329.6 \\
 &= 2735.7 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Menghitung rasio antara arus kendaraan tak bermotor dengan kendaraan bermotor dinyatakan dalam kend/jam, dan hasilnya dimasukkan pada Baris 44, Kolom 12.

- Arus kendaraan tak bermotor

$$\begin{aligned}
 Q_{UM} &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B} + \text{Pendekat C} + \text{Pendekat D} \\
 &= 9 + 6 + 4 + 10 \\
 &= 29 \text{ kend/jam}
 \end{aligned}$$

- Arus kendaraan bermotor

$$\begin{aligned}
 Q_{MV} &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B} + \text{Pendekat C} + \text{Pendekat D} \\
 &= 1724 + 1373 + 2444 + 2355 \\
 &= 7896 \text{ kend/jam}
 \end{aligned}$$

- Rasio antara arus kendaraan tak bermotor dengan kendaraan bermotor

$$\begin{aligned}
 P_{UM} &= \frac{Q_{UM}}{Q_{MV}} \\
 P_{UM} &= \frac{29}{7896} \\
 &= 0.004 \text{ kend/jam}
 \end{aligned}$$

Menghitung arus jalan minor + utama total untuk masing-masing gerakan (Belok kiri Q_{LT} dan Lurus Q_{ST}) demikian juga Q_{TOT} secara keseluruhan dan masukkan hasilnya pada Kolom 10, Baris 41, 42, 43, dan 44.

- Arus belok kiri

$$\begin{aligned}
 Q_{LT} &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B} + \text{Pendekat C} + \text{Pendekat D} \\
 &= 30 + 30 + 178 + 42 \\
 &= 280 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

- Arus lurus

$$\begin{aligned}
 Q_{ST} &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B} + \text{Pendekat C} + \text{Pendekat D} \\
 &= 163 + 327 + 120 + 251 \\
 &= 861 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

- Arus jalan minor + utama total

$$\begin{aligned}
 Q_{TOT} &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B} + \text{Pendekat C} + \text{Pendekat D} \\
 &= 193 + 357 + 298 + 293
 \end{aligned}$$

$$= 1141 \text{ smp/jam}$$

Menghitung rasio arus jalan minor P_{MI} yaitu arus jalan minor dibagi dengan arus total, dan hasilnya dimasukkan pada Baris 44, Kolom 10.

- Rasio arus jalan minor

$$P_{MI} = \frac{Q_{MI}}{Q_{TOT}}$$

$$P_{MI} = \frac{841.1}{2729.6}$$

$$= 0.660 \text{ smp/jam}$$

Menghitung rasio arus belok-kiri total (P_{LT}) dan hasilnya dimasukkan pada Baris 41, Kolom 11 dan Baris 43, Kolom 11.

- Rasio arus belok kiri total

$$P_{LT} = \frac{Q_{LT}}{Q_{TOT}}$$

$$P_{LT} = \frac{332.2}{2729.6}$$

$$= 0.122 \text{ smp/jam}$$

Hitung rasio antara arus kendaraan tak bermotor dengan kendaraan bermotor dinyatakan dalam kend/jam, dan masukkan hasilnya pada Baris 45, Kolom 12.

- Rasio antara arus kendaraan tak bermotor dengan kendaraan bermotor

$$P_{UM} = \frac{Q_{UM}}{Q_{MV}}$$

$$P_{UM} = \frac{29}{7896}$$

$$= 0.004 \text{ kend/jam}$$

C. Formulir USIG-II

2. Menentukan lebar pendekat dan tipe simpang

b. Lebar pendekat jalan minor

Lebar pendekat jalan minor yang direncanakan adalah W_A 4.00 m.

Lebar rata-rata pendekat minor adalah W_{AC} 4.00 m < 5.5 m. Dari tabel 2.6 didapat jumlah lajur total kedua arah adalah 2 (USIG-II, baris 14, kolom 4)

a. Lebar pendekat jalan utama

Lebar pendekat jalan utama adalah $W_B = 4.50$ m dan $W_D = 4.50$ m.

Lebar rata-rata pendekat utama adalah W_{BD} 4.50 m < 5.5 m. Dari tabel 2.6 didapat jumlah lajur total kedua arah adalah 2. Diisi pada formulir baris 14, kolom 7.

b. Lebar pendekat rata-rata untuk jalan utama dan minor adalah $W_1 = (W_{utama} + W_{minor})/2 = (4.00 + 4.50)/2 = 4.25$ m. Diisi pada formulir baris 14, kolom 8.

c. Tipe simpang untuk lengan simpang = 4, jumlah lajur pada pendekat jalan utama dan jalan minor masing-masing = 2, maka dari tabel 2.7 diperoleh $IT = 422$. Diisi pada formulir baris 14, kolom 11.

4. Menentukan Kapasitas

c. Kapasitas dasar (C_0)

Variabel masukan adalah tipe $IT = 422$, dari Tabel 2.8 diperoleh kapasitas dasar $C_0 = 2900$ smp/ja. Diisi pada formulir baris 27, kolom 20.

d. Faktor penyesuaian kapasitas

8. Lebar pendekat rata-rata (F_w)

Variabel masukan adalah lebar rata-rata semua pendekat $W_1 = 4.25$ m dan tipe simpang $IT = 422$. Batas nilai yang diberikan adalah grafik atau dapat digunakan rumus untuk klasifikasi IT yaitu :

Untuk tipe simpang $IT = 422$:

$$\begin{aligned} F_w &= 0.7 + 0.0666 \times W_1 \\ &= 0.7 + 0.0666 \times 4.25 \\ &= 0.98 \end{aligned}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 27, kolom 21.

9. Faktor penyesuaian median jalan utama (F_M)

Pertimbangan teknik lalu-lintas diperlukan untuk menentukan faktor median. Median disebut lebar jika kendaraan ringan standar dapat berlindung pada daerah median tanpa mengganggu arus berangkat pada jalan utama. Hal ini mungkin terjadi jika lebar median 3 m atau lebih. Pada beberapa keadaan, misalnya jika pendekat jalan utama lebar, hal ini mungkin terjadi jika median lebih sempit. Dari tabel 2.8 didapat nilai median jalan utama adalah 1 karena jalan utama tidak ada median. Diisi pada formulir baris 27, kolom 22.

10. Faktor penyesuaian ukuran kota

Berdasarkan variabel jumlah penduduk Kota Malang tahun 2011-2015 yaitu $\pm 2.899.805$ jiwa didapat nilai $F_{CS} = 1$ dari tabel 2.10. Diisi pada formulir baris 27, kolom 23.

11. Hambatan samping (F_{RSU})

Berdasarkan data survei, variabel kelas tipe lingkungan jalan (RE) Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur adalah komersil, kelas hambatan samping (SF) adalah sedang, akibat dari kendaraan bermotor dan rasio kendaraan tak bermotor (UM/MV) = 0.004 (USIG-I, baris 24, kolom 12). Didapat nilai $F_{RSU} = 0.94$ dihitung dengan menggunakan interpolasi linier pada tabel 2.11. Diisi pada formulir baris 27, kolom 24.

12. Faktor penyesuaian belok kiri

Variabel masukan adalah rasio belok kiri $P_{LT} = 0.122$ (USIG-I, baris 41, kolom 11). Batas nilai yang diberikan adalah pada gambar 2.3

Digunakan rumus :

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 0.84 + 1.61 \times P_{LT} \\ &= 0.84 + 1.61 \times 0.197 \\ &= 1.157 \end{aligned}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 27, kolom 25.

13. Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor (F_{MI})

Variabel masukan adalah rasio arus jalan minor $P_{MI} = 0.397$ (USIG-I, baris 44, kolom 11) dan tipe simpang $IT = 422$. Batas nilai yang diberikan untuk F_{MI} adalah gambar 2.4

Dari tabel 2.12 didapatkan rumus :

$$\begin{aligned}F_{MI} &= 1.19 \times P_{MI}^2 - 1.19 \times P_{MI} + 1.19 \\&= 1.19 \times 0.397^2 - 1.19 \times 0.397 + 1.19 \\&= 0.905\end{aligned}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 27, kolom 27.

14. Kapasitas (C)

Kapasitas, dihitung dengan menggunakan rumus berikut, dimana berbagai faktornya telah dihitung di atas:

$$\begin{aligned}C &= C_o \times F_w \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \\&= 2900 \times 0.98 \times 1 \times 1 \times 0.94 \times 1.157 \times 1 \times 0.905 \\&= 2805.110 \text{ smp/jam}\end{aligned}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 27, kolom 28.

5. Perilaku Lalulintas

d. Arus lalulintas (Q)

Arus lalulintas total $Q_{MV} = 4537.7$ smp/jam diperoleh dari formulir (USIG-I, baris 44, kolom 10)

e. Derajat kejenuhan (DS)

Setelah diperoleh nilai kapasitasnya $C = 2805.11$ smp/jam, maka dihitung derajat kejenuhannya dengan rumus :

$$DS = \frac{Q_{MV}}{C}$$

$$DS = \frac{4537.7}{2805.11}$$

$$= 1.618$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 40, kolom 31.

f. Tundaan Lalulintas

8. Tundaan lalulintas simpang (DT_I)

Variabel masukan adalah derajat kejenuhan $DS = 1.618$. DT_I ditentukan dari kurva empiris antara DT_I dan DS pada gambar 2.5. Karena nilai $DS > 0.6$ maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$DT = \frac{1.0504}{(0.2742 - 0.2042 \times DS)} - (1 - DS) \times 2$$

$$= \frac{1.0504}{(0.2742 - 0.2042 \times 1.618)} - (1 - 1.618) \times 2$$

$$= -17.480 \text{ det/smp}$$

Hasilnya diisi pada baris 40, kolom 32.

9. Tundaan lalulintas utama (DT_{MA})

Variabel masukan adalah derajat kejenuhan $DS = 1.618$. DT_{MA} ditentukan dengan rumus antara DT_{MA} dan DS :

Untuk $DS > 0.6$:

$$DT_{MA} = \frac{1.05034}{(0.346 - 0.246 \times DS)} - 1.8(1 - DS)$$

$$DT_{MA} = \frac{1.05034}{(0.346 - 0.246 \times 1.618)} - 1.8(1 - 1.618)$$

$$= -19.109 \text{ det/smp}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 40, kolom 33.

10. Tundaan lalulintas jalan minor (DT_{MI})

Variabel masukan adalah arus lalulintas total $Q_{MV} = 4537.7$ smp/jam, tundaan lalulintas simpang $DT_I = -17.480$, arus lalulintas jalan utama $Q_{MA} = 2735.7$ smp/jam (USIG-I, baris 40, kolom 10), tundaan lalulintas jalan utama $DT_{MA} = -19.109$, arus jalan minor $Q_{MI} = 1802$ smp/jam (USIG-I, baris 31, kolom 10).

$$DT_{MI} = \frac{(Q_{TOT} \times DT_I - Q_{MA} \times DT_{MA})}{Q_{MI}}$$
$$DT_{MI} = \frac{(4537.7 \times (-17.480) - 2735.7 \times (-19.109))}{1802}$$
$$= -15.007 \text{ det/smp}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 40, kolom 34.

11. Tundaan geometrik simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometrik rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang. Untuk $DS > 1$; $DG = 4$. Hasilnya diisi pada formulir baris 40, kolom 35.

12. Tundaan simpang (D)

Tundaan simpang dihitung sebagai berikut :

$$D = DG + DT_I$$
$$= 4 + (-17.480)$$
$$= -13.480 \text{ det/smp}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 40, kolom 36.

13. Peluang antrian (QP %)

Variabel masukan adalah derajat kejenuhan $DS = 1.752$, rentang nilai peluang antrian dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} QP \% &= 47.71 DS - 24.68 DS^2 + 56.47 DS^3 \dots \dots \dots \text{nilai atas} \\ &= (47.71 \times 1.618) - (24.68 \times 1.618^2) + (56.47 \times 1.618^3) \\ &= 251.638 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} QP \% &= 9.02 DS + 20.66 DS^2 + 10.49 DS^3 \dots \dots \dots \text{nilai bawah} \\ &= (9.02 \times 1.618) + (20.66 \times 1.618^2) + (10.49 \times 1.618^3) \\ &= 113.059 \end{aligned}$$

Dengan rumus diatas didapat rentang nilai peluang antrian QP

$$\% = 113.059 - 251.638$$

Hasilnya diisi pada baris 40, kolom 37.

14. Sasaran

Hasil yang didapat dari perhitungan yaitu $DS = 1.618 > 0.85$

Tabel 5.5 Pengolahan data alternatif 1 pada hari Senin, 21 Maret 2016

1. Lebar pendekat tipe simpang

Pilihan	Jumlah lengan simpang	Lebar pendekat (m)										Jumlah lajur		Tipe simpang	
		Jalan minor					Jalan utama					Lebar pendekat rata-rata W_1	Jalan minor		Jalan utama
		W_A	W_C	W_{AC}	W_B	W_D	W_{BD}	W_D	W_B	W_{BD}	W_{BD}				
1	4	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	2	2	422	

2. Kapasitas

Pilihan	Kapasitas Dasar C_0 smp/jam	Faktor penyesuaian kapasitas (F)										Kapasitas C smp/jam		
		Lebar pendekat rata-rata	Median jalan utama	Ukuran kota	Hambatan samping	Belok kiri	Belok kanan	Rasio minor/total	FRT	FMI	FRT			
													F_w	FM
1	2900	0.98	1	1	0.94	1.157	1.000	0.905	2805.11					

3. Perilaku lalu lintas

Pilihan	Arus lalu lintas (Q) smp/jam	Derajat kejenuhan	Tundaan lalulintas simpang	Tundaan lalu lintas JI.Utama	Tundaan lalu lintas JI.Minor	Tundaan geometrik simpang	Tundaan simpang	Peluang antrian	Sasaran								
										USIG-I	(DS)	DTI	DMA	DMI	(DG)	(D)	(QP%)
1	4537.7	1.618	-17.480	-19.109	-15.007	4	-13.480	133.2 - 305.0	DS>0.85								

Dari perhitungan MKJI 1997 yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5.6 Hasil pengolahan data pada kondisi alternatif pertama

Hari	Jam Puncak	Kapasitas (smp/jam)	Arus Lalu-lintas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Antrian (m)	Tundaan (det/kend)	LOS
Senin	Pagi	2610.32	4537.7	1.738	133.2	~	F
	Siang	2841.62	4113.5	1.448	106.6	~	F
	Sore	2899.28	4274.3	1.474	116.2	~	F
Rabu	Pagi	2944.66	4830	1.640	153.9	~	F
	Siang	2933.66	4171.7	1.422	110	~	F
	Sore	2977.57	3963.9	1.331	98.1	~	F
Sabtu	Pagi	2939.16	4397.3	1.496	124	~	F
	Siang	2902.94	4156.5	1.432	109.1	~	F
	Sore	2769.56	4655.9	1.681	141.3	~	F

Sumber: hasil analisis simpang tak bersinyal ciliwung

Dari perhitungan diatas didapat nilai derajat kejenuhan yang jauh dari standar MKJI yaitu melebihi 0,85 pada hari kerja maupun pada hari libur. Pada hari kerja padatnya arus lalu-lintas akan terjadi di pagi hari dengan nilai derajat kejenuhan 1.738 dan panjang antrian sebesar 153.9 m. Sedangkan pada hari libur akan terjadi pada sore hari dengan nilai derajat kejenuhan 1.6981 dan panjang antrian 141.3 m. Dari analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa pada hari kerja maupun pada hari libur bahwa alternative pelebaran geometrik dapat merubah kapasitas menjadi lebih besar, tetapi arus lalu-lintas pada simpang Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur masih melebihi kapasitas alternatif. Maka diperlukan suatu alternatif perbaikan lainnya untuk dapat mengoptimalkan kinerja simpang tersebut.

5.2.2 Alternatif Perbaikan 2 : Perencanaan Simpang Bersinyal 2 Fase

Alternatif yang kedua adalah perencanaan simpang bersinyal 2 fase. Pada alternative sebelumnya dihasilkan nilai derajat kejenuhan > 0.85 dengan tundaan tak terhingga dengan tingkat pelayanan kategori F. Perencanaan simpang bersinyal 2 fase diharapkan antrian pada pendekat Barat dan Timur dapat berkurang pada jam sibuk dan pasca pintu perlintasan KA ditutup. Untuk contoh perhitungan yang digunakan adalah hari Senin, 21 Maret 2016 pada jam puncak pagi. Analisis yang digunakan menggunakan metode MKJI 1997. Pada perhitungan MKJI 1997 simpang bersinyal terdapat 5 formulir yang harus diisi, yakni:

1. Formulir SIG – I : geometri, pengaturan lalu lintas dan lingkungan
2. Formulir SIG – II : arus lalu lintas
3. Formulir SIG – III : waktu antar hijau dan waktu hilang
4. Formulir SIG – IV : penentuan waktu sinyal dan kapasitas
5. Formulir SIG – V : panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan.

A. Formulir SIG – I

Pada formulir SIG – I data-data yang tersaji adalah data geometri, pengaturan lalu-lintas dan lingkungan. Data-data pada formulir SIG – I adalah sebagai berikut :

Kota : Malang
Ukuran kota : $\pm 2.899.805$ jiwa
Hari/tanggal : Senin, 21 Maret 2016
Jumlah fase lampu lalu lintas : 2 fase

Pada analisis perencanaan lampu sinyal ini, kondisi geometri dan lingkungan dari simpang ini adalah sebagai berikut :

1. Tipe lingkungan jalan :

- a. Jl. Karya Timur (Utara) : Komersial
- b. Jl. Karya Timur (Selatan) : Komersial
- c. Jl. Ciliwung (Timur) : Komersial
- d. Jl. Ciliwung (Barat) : Komersial

2. Hambatan samping

- a. Jl. Karya Timur (Utara) : Sedang
- b. Jl. Karya Timur (Selatan) : Tinggi
- c. Jl. Ciliwung (Timur) : Sedang
- d. Jl. Ciliwung (Barat) : Sedang

3. Median

Pada simpang ini tidak direncanakan median

4. Kelandaian

Kondisi semua lengan datar dikarenakan kurang dari 9,9% sehingga kelandaianya = 0%

5. Belok kiri langsung

Pada simpang ini tidak direncanakan belok kiri langsung.

6. $LU : W_A = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 3.00 \text{ m}$

$LS : W_C = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 3.25 \text{ m}$

$LT : W_B = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 3.5 \text{ m}$

$LB : W_D = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 3.25 \text{ m}$

Tabel 5.7 Data geometrik dan kondisi lingkungan simpang Ciliwung

Pendekat	Utara	Timur	Selatan	Barat
Tipe lingkungan jalan	Com	Com	Com	Com
Hambatan samping	Sedang	Sedang	Tinggi	Sedang
Median	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Belok kiri jalan terus	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Lebar pendekat (m)	6	7	6.3	6.5
Lebar pendekat masuk (m)	3	3.5	3.15	4.5
Lebar pendekat LTOR (m)	0	0	0	0
Lebar pendekat keluar (m)	3	3.5	3.25	3.25
Pulau lalulintas	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

Sumber : Data lapangan simpang empat ciliwung

B. Formulir SIG – II

Formulir SIG – II berisikan data arus lalulintas dan rasio belok simpang tiga gajayana. Berikut ini perhitungan arus lalulintas dan rasio belok simpang. Untuk perhitungan lalulintas dikonversi menjadi satuan mobil penumpang (smp) sehingga dikalikan dengan ekivalen mobil penumpang (emp). Nilai emp dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.8 Nilai emp untuk 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

- Arus kendaraan bermotor pada kaki simpang Jl. Karya Timur (Utara) pada jam puncak pagi:

Senin, 21 Maret 2016

Penjumlahan jumlah kendaraan yang lurus:

- Sepeda Motor : 268.8 smp/jam
 - Kendaraan Ringan : 251 smp/jam
 - Kendaraan Berat : 5.2 smp/jam
 - Jumlah (ST) : $\frac{525.000}{\quad}$ smp/jam
- Arus kendaraan tak bermotor pada kaki simpang Jalan Ciliwung (Timur) pada jam puncak pagi
- Belok Kiri = 5 kend/jam
 - Lurus = 4 kend/jam
 - Jumlah (QUM) = $\frac{9}{\quad}$ kend/jam
- Rasio kendaraan tak bermotor Jl. Ciliwung (Timur) lurus

$$PUM = \frac{QUM}{QMV}$$

$$PUM = \frac{4}{1508}$$

$$= 0.002$$

C. Formulir SIG – III

1. Menentukan waktu hijau dan waktu hilang

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

Dimana :

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 (kend.bermotor)

Kecepatan kendaraan yang berangkat V_{EV} : 10 m/det (kend.bermotor)
: 3 m/det (kend.tak bermotor
misalnya sepeda)
: 1.2 m/det (pejalan kaki)

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

Langkah – Langkah menentukan waktu antar hijau dan waktu hilang

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. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :

2. Penentuan waktu merah semua dari fase 1 dan fase 2 adalah pembulatan ke nilai yang lebih besar dari perhitungan waktu merah

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

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

Panjang kendaraan yang berangkat I_{EV} : 5 m

Untuk panjang L_{AV} dan L_{EV} dapat dilihat pada perhitungan berikut:

Simpang Utara

$$L_{EV} = 8.25 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 5.30 \text{ m}$$

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

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

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

Fase 1 simpang selatan

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

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(8.25 + 5)}{10} - \frac{5.30}{10} \right]$$

$$= 0.8 \text{ det}$$

Simpang Timur

$$L_{EV} = 9.3 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 5.25 \text{ m}$$

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

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

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

Fase 2 simpang barat

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

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(9.3 + 5)}{10} - \frac{5.25}{10} \right]$$

$$= 0.91 \text{ det}$$

Simpang Selatan

$$L_{EV} = 5.25 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 11.42 \text{ m}$$

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

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

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

Fase 1 simpang selatan

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

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(5.25 + 5)}{10} - \frac{11.42}{10} \right]$$

$$= -0.12 \text{ det}$$

Simpang Barat

$$L_{EV} = 15.3 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 5.4 \text{ m}$$

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

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

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

Fase 2 simpang barat

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

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(15.3 + 5)}{10} - \frac{5.4}{10} \right]$$

$$= 1.49 \text{ det}$$

3. Waktu kuning hilang total didapat dari 3 detik dikalikan 2 fase maka diperoleh 6 detik.

4. Waktu hilang total (LTI)

$$\begin{aligned} \text{LTI} &= \Sigma (\text{merah semua} + \text{waktu hilang}) \\ &= \Sigma (2 + 6) \\ &= 8 \text{ detik} \end{aligned}$$

D. Formulir SIG - IV

1. Kode pendekat

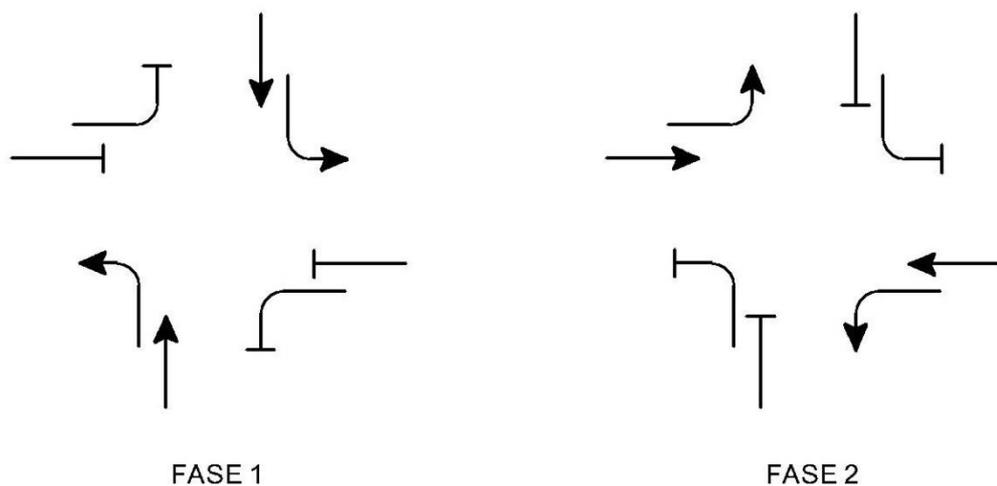
Kode pendekat ditujukan berdasarkan mata angin

2. Hijau fase no.

Untuk urutan yang pertama adalah arah selatan, barat, kemudian utara.

3. Tipe pendekat

Tipe pendekat dibagi menjadi 2 yakni terlindung dan terlawan. Pada simpang ini direncanakan fase terlindung untuk semua pendekat.



Gambar 5.2 Perencanaan 2 fase pada simpang Ciliwung

6. Rasio kendaraan berbelok (PLTOR)

Merupakan rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat yang belok ke kiri langsung.

7. Rasio kendaraan berbelok (PLT)

Merupakan rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat yang belok ke kiri.

Pendekat utara = 0.160

Pendekat selatan = 0.541

Pendekat timur = 0.157

Pendekat barat = 0.220

8. Rasio kendaraan berbelok (PRT)

Merupakan rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat yang belok ke kanan

Pendekat utara = 0

Pendekat selatan = 0

Pendekat utara = 0

Pendekat selatan = 0

9. Arus RT smp/jam (QRT)

Arus kendaraan belok kanan dalam smp/jam dalam arahnya sendiri

Pendekat barat = 0 smp/jam

10. Arus RT smp/jam (QRTO)

Arus kendaraan belok kanan dalam smp/jam dalam arah berlawanan.

Pendekat utara = 0 smp/jam

Pendekat utara Lebar pendekat (m)

Pendekat Utara:

$$W_A = \text{Lebar pendekat} = 3.0 \text{ m}$$

$$W_{\text{MASUK}} = \text{Lebar masuk} = 3.0 \text{ m}$$

$$W_{\text{LATOR}} = \text{Kiri} = 0 \text{ m}$$

$$W_e = W_A - W_{\text{LATOR}} = 3.0 \text{ m}$$

$$W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - \text{PRT}) = 3.0 \text{ m}$$

Pendekat Timur:

$$W_A = \text{Lebar pendekat} = 3.5 \text{ m}$$

$$W_{\text{MASUK}} = \text{Lebar masuk} = 3.5 \text{ m}$$

$$W_{\text{LATOR}} = \text{Kiri} = 0 \text{ m}$$

$$W_e = W_A - W_{\text{LATOR}} = 3.5 \text{ m}$$

$$W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - \text{PRT}) = 3.5 \text{ m}$$

Pendekat Selatan:

$$W_A = \text{Lebar pendekat} = 3.15 \text{ m}$$

$$W_{\text{MASUK}} = \text{Lebar masuk} = 3.15 \text{ m}$$

$$W_{\text{LATOR}} = \text{Kiri} = 0 \text{ m}$$

$$W_e = W_A - W_{\text{LATOR}} = 3.15 \text{ m}$$

$$W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - \text{PRT}) = 3.15 \text{ m}$$

Pendekat Barat:

$$W_A = \text{Lebar pendekat} = 3.25 \text{ m}$$

$$W_{\text{MASUK}} = \text{Lebar masuk} = 3.25 \text{ m}$$

$$W_{\text{LATOR}} = \text{Kiri} = 0 \text{ m}$$

$$W_e = W_A - W_{\text{LATOR}} = 3.25 \text{ m}$$

$$W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - \text{PRT}) = 3.25 \text{ m}$$

11. Nilai dasar smp/jam (hijau)

Menghitung arus jenuh dengan rumus :

$$S_o = 600 \times W_e$$

$$\text{Pendekat Utara} = 600 \times 3.0 = 1800 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Pendekat Timur} = 600 \times 3.5 = 2100 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Pendekat Selatan} = 600 \times 3.15 = 1890 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Pendekat Barat} = 600 \times 3.25 = 1950 \text{ smp/jam}$$

12. Faktor-faktor penyesuaian semua tipe pendekat (Ukuran kota F_{cs})

Tabel 5.9 Faktor penyesuaian ukuran kota

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

Sumber : Dirjen. Bina Marga, MKJI : Simpang Bersinyal, 1997, hal 2-53

Karena kota malang memiliki masyarakat 1.0 – 3.0 juta jiwa maka faktor penyesuaian ukuran kota menggunakan 1.

11. Hambatan samping (F_{FS})

Tabel 5.10 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	0,20	$\geq 0,25$
Komersial (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
Peremukiman (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	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber : Dirjen. Bina Marga, MKJI : Simpang Bersinyal, 1997, hal 2-53

Pada simpang Jl. Ciliwung tipe lingkungan jalan, hambatan samping, tipe fase, dan rasio kendaraan tak bermotor dengan rincian sebagai berikut:

Pendekat Utara

Tipe lingkungan jalan = komersial

Hambatan samping = Sedang

Tipe fase = Terlindung

Rasio kendaraan tak bermotor = 0.005

Sehingga nilai rasio yang digunakan adalah 0.94

Pendekat Timur

Tipe lingkungan jalan = komersial

Hambatan samping = sedang

Tipe fase = terlindung

Rasio kendaraan tak bermotor = 0.002

Sehingga nilai rasio yang digunakan adalah 0.94

Pendekat Selatan

Tipe lingkungan jalan = komersial

Hambatan samping = Sedang

Tipe fase = Terlindung

Rasio kendaraan tak bermotor = 0.004

Sehingga nilai rasio yang digunakan adalah 0.94

Pendekat Barat

Tipe lingkungan jalan = komersial

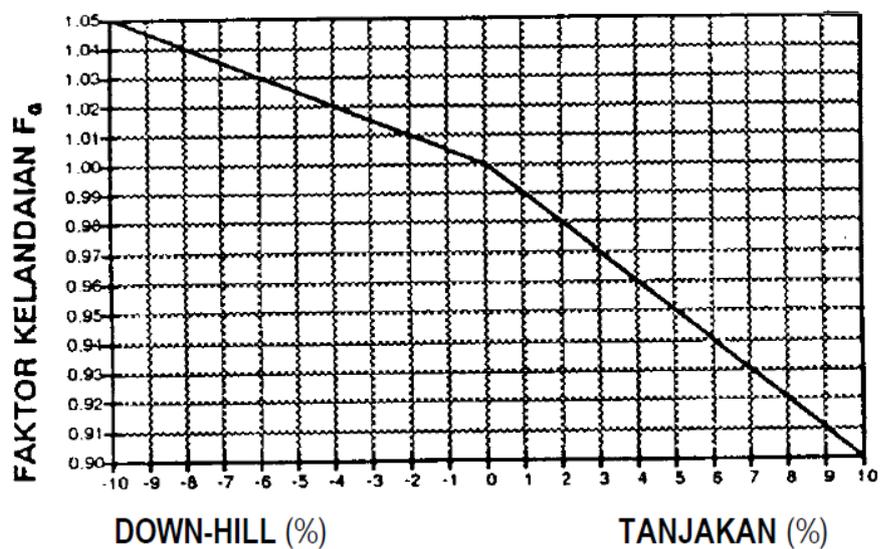
Hambatan samping = sedang

Tipe fase = terlindung

Rasio kendaraan tak bermotor = 0.003

Sehingga nilai rasio yang digunakan adalah 0.94

12. Kelandaian (FG)

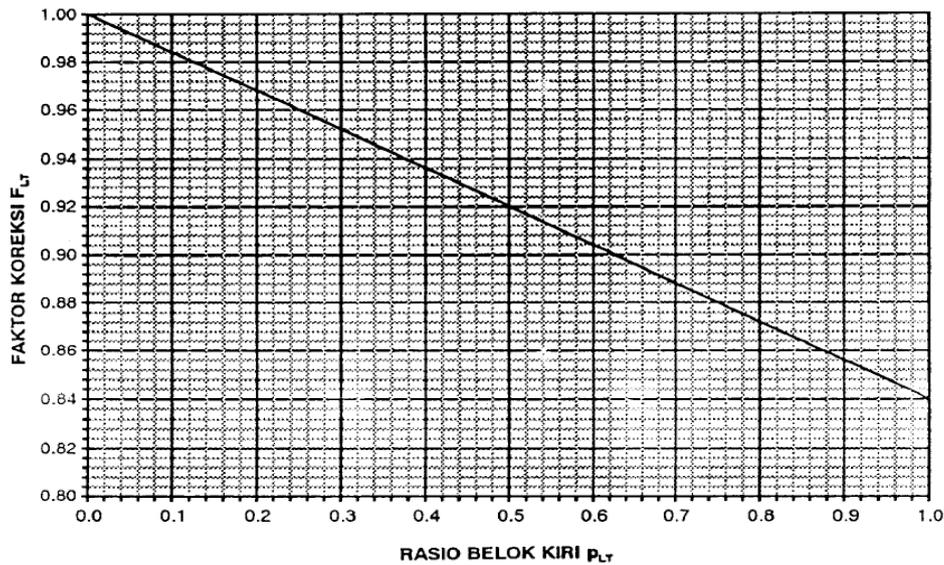


Gambar 5.3 Grafik faktor penyesuaian untuk kelandaian (F_G)

Sumber : Dirjen. Bina Marga, MKJI : Simpang Tak Bersinyal, 1997, hal 2-54

Pada simpang ciliwung termasuk datar maka menggunakan $F_G = 1$

13. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT})



Gambar 5.4 Grafik penyesuaian belok kiri (F_{LT})

Sumber : Dirjen. Bina Marga, MKJI : Simpang Tak Bersinyal, 1997, hal 2-55

Untuk menentukan faktor penyesuaian belok kiri bisa menggunakan rumus $F_{RT} = 1.0 + P_{LT} \times 0.16$ atau dengan gambar grafik 5.5 diatas. Berikut ini perhitungan untuk mencari rasio belok kiri :

Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Karya Timur (Utara)

:

$$\begin{aligned}
 F_{LT} &= 1.000 - P_{LT} \times 0.16 \\
 &= 1.000 - 0.157 \times 0.16 \\
 &= 0.974
 \end{aligned}$$

14. Menghitung arus jenuh yang disesuaikan

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

Contoh perhitungan diambil dari kaki simpang Jl. Karya Timur (Utara)

$$\begin{aligned}
 S &= S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\
 &= 1800 \times 0.94 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.974 \\
 &= 1650.2 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

15. Arus lalulintas (Q)

Data arus lalu lintas diambil dari formulir SIG-I kolom 13 pada masing-masing pendekatan. Sebagai contoh arus lalulintas pendekatan utara pada jam puncak pagi, yakni 516.8 smp/jam.

16. Rasio arus (FR)

Menghitung rasio arus dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}FR &= Q/S \\ &= 516.8/1650.2 \\ &= 0.313\end{aligned}$$

17. Rasio fase (PR)

$$\begin{aligned}PR &= FR_{crit} / IFR \\ PR &= 0.715/0.313 \\ &= 0.438\end{aligned}$$

Dimana IFR adalah jumlah dari rasio FR pada seluruh kaki simpang

18. Waktu siklus dan waktu hijau (detik)

a. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Menghitung waktu siklus sebelum penyesuaian (cua.) untuk pengendalian waktu tetap, dan masukkan hasilnya kedalam kotak dengan tanda "waktu siklus" pada bagian terbawah Kolom 11 dari Formulir SIG-IV. Berikut ini contoh perhitungan pada pendekatan selatan.

$$\begin{aligned}cua &= (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \\ &= (1,5 \times 10 + 5) / (1 - 0.313) \\ &= 70 \text{ det}\end{aligned}$$

dimana:

cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det) (Dari sudut kiri bawah pada Formulir SIG-IV)

IFR = Rasio arus simpang Σ (FRCRIT) (Dari bagian terbawah Kolom 19)

b. Waktu hijau

Menghitung waktu hijau (g) untuk masing-masing fase:

$$\begin{aligned} g_i &= (cua - LTI) \times PR_i \\ &= (70 - 10) \times (0.438) \\ &= 26 \text{ det} \end{aligned}$$

Nilai g_i pada pendekat utara sama dengan nilai g_i pada pendekat selatan lurus karena kedua pendekat tersebut dalam 1 fase. Karena nilai g_i pada pendekat Selatan lebih kecil dari nilai g_i pada pendekat Utara, maka nilai g_i yang digunakan adalah nilai g_i pada pendekat Utara Dimana nilai g_i yang diperoleh adalah 26 detik, sehingga nilai g_i pada pendekat selatan adalah 26 detik.

di mana:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)
LTI = Waktu hilang total per siklus (bagian terbawah Kolom 4)

PR_i = Rasio fase FR_{crit} / Σ (FR_{crit} (dari Kolom 20))

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari, karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi

pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Masukkan hasil waktu hijau yang telah dibulatkan keatas tanpa pecahan (det) ke dalam Kolom 21.

c. Waktu siklus yang disesuaikan

Hitung waktu siklus yang disesuaikan (c) berdasar pada waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang (LTI) dan masukkan hasilnya pada bagian terbawah Kolom 11 dalam kotak dengan tanda waktu siklus yang disesuaikan.

$$\begin{aligned}c &= \Sigma g + LTI \\ &= 132 + 10 \\ &= 142 \text{ detik}\end{aligned}$$

19. Kapasitas

Menghitung kapasitas masing-masing pendekat dan masukkan hasilnya pada Kolom 22 dengan rumus :

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

Berikut ini contoh perhitungan kapasitas pada pendekat utara.

$$\begin{aligned}C &= g/c \times S \\ &= 26/142 \times 1650.2 \\ &= 709.78 \text{ smp/jam}\end{aligned}$$

20. Derajat Kejenuhan

Menghitung derajat kejenuhan masing-masing pendekat dengan rumus :

$$DS = Q/C$$

Berikut ini contoh perhitungan derajat kejenuhan pada pendekat utara.

$$\begin{aligned}DS &= Q/C \\ &= 516.8/709.78\end{aligned}$$

$$= 0.728$$

E. Formulir SIG-V

1. Panjang antrian

Gunakan hasil perhitungan derajat kejenuhan (kolom 5) untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ_1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Untuk hasil perhitungan NQ_1 dimasukkan pada kolom 6.

Untuk $DS > 0.5$, menggunakan rumus :

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

Dimana :

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

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

$$NQ_1 = 0.25 \times 709.78 \left[(0.728-1) + \sqrt{(0.728-1)^2 + \frac{8 \times (0.728-0.5)}{709.78}} \right]$$

$$= 0.832 \text{ smp}$$

Hitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2), dan masukkan hasilnya pada Kolom 7.

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

dimana

NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = derajat kejenuhan

g = waktu hijau

c = waktu siklus (det)

Qmasuk = arus lalu-lintas pada tempat masuk diluar LTOR (smp/jam)

$$NQ_2 = 142 \times \frac{1-29}{1-29 \times 0.728} \times \frac{516.8}{3600}$$
$$= 6.909 \text{ smp (kolom 7)}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$= 0.832 + 6.909$$

$$= 7.774 \text{ smp (kolom 8)}$$

- Panjang antrian

$$QL = \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{masuk}}}$$
$$= \frac{6.909 \times 20}{3}$$
$$= 46.057 \text{ m}$$

- Kendaraan terhenti

Menghitung angka henti (NS) masing-masing pendekatan yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) dengan rumus dibawah ini:

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

dimana:

c = waktu siklus (det)

Q = arus lalu-lintas (smp/jam)

$$NS = 0.9 \times \frac{7.774}{516.8 \times 142} \times 3600$$

$$= 0.343 \text{ smp/jam (kolom 11)}$$

Menghitung jumlah kendaraan terhenti (NSV) masing-masing pendekat dan masukkan hasilnya pada Kolom (12).

$$NS V = Q \times NS \text{ (smp/jam)}$$

$$= 516.8 \times 0.343$$

$$= 177.005 \text{ smp/jam}$$

- Tundaan

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

Dimana:

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

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

$$DT = 142 \times \frac{0,5 \times (1 - 0.430)^2}{(1-0.430 \times 0.728)} + \frac{0.832 \times 3600}{516.8}$$

$$= 37.716 \text{ detik/smp (kolom 13)}$$

Menentukan tundaan geometri rata-rata masing-masing pendekat (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah:

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

dimana:

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

P_{SV} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = Min (NS, 1)

PT = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat dari Formulir SIG-IV

$$DG_j = (1 - 0.343) \times 0.154 \times 6 + (0.343 \times 4)$$

$$= 1.979 \text{ detik/smp}$$

$$\text{Tundaan rata - rata (D)} = DT + DG$$

$$= 37.716 + 1.979$$

$$= 39.695 \text{ detik/smp (kolom 15)}$$

Tabel 5.12 Pengolahan data SIG V alternatif 2 pada hari Senin Pagi, 21 Maret 2016

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam	Kapasitas smp/jam	Derajat Kejejuhan	Rasio Hijau GR = g/c	Jumlah Kendaraan Antri (smp)			Rasio Kendaraan Terhenti stop/jam	Jumlah Kendaraan Terhenti (smp/jam)	Tundaan					
					N1	N2	Total NQ1+NQ2 = NQ			NQMAX	Panjang Antrian (m)	Tundaan Lalu Lintas Rata-rata det/smp	Tundaan Geometrik Rata-rata det/smp	Tundaan Rata-rata det/smp	Tundaan Total smp.det
												DT	DG	D = DT+DG	D x Q
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
T	782	970.82	0.806	0.499	3.977	25.783	29.759	25.783	147.330	0.870	680.539	44.458	3.554	48.011	37549.661
S	482.1	702.53	0.686	0.430	2.145	15.341	17.486	15.341	97.402	0.829	399.873	43.635	3.834	47.468	22884.502
B	713.1	892.67	0.799	0.499	1.462	9.569	11.031	9.569	58.888	0.354	252.259	35.439	2.012	37.451	26706.521
U	516.8	709.78	0.728	0.430	0.832	6.909	7.740	6.909	46.057	0.343	177.005	37.716	1.979	39.695	20514.398
LTOR (semua)	506	smp/jam													
Arus Kor. QKOR															
Arus Total QTOT	4688	kend/jam								Total Nsv	829.136			Σ (Q x D)	107655.082
Arus Total QTOT	1743.6	smp/jam							Kendaraan Terhenti Total (stop/smp)	0.177				Tundaan Rata-rata Seluruh Simpang	61.743

Untuk seluruh perhitungan selama waktu pengamatan, yakni hari Senin 21 Maret 2016, Rabu 23 Maret 2016, dan Sabtu 27 Maret 2016 di semua pendekat dapat dilihat pada Formulir SIG – I sampai SIG – V. Berikut ini adalah hasil perhitungan alternatif kedua selama 3 hari pengamatan.

Tabel 5.13 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 3 pada pagi hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang antrian (m)	Derajat Kejenuhan	LOS
Senin	T	782	71	142	15.364	147.330	0.806	C
	S	482.1	61		19.394	97.402	0.686	C
	B	713.1	71		11.340	58.888	0.799	B
	U	516.8	61		11.899	46.057	0.728	B
Rabu	T	901.8	71	142	21.652	219.735	0.924	C
	S	651.8	61		40.432	162.873	0.924	E
	B	633	71		24.847	153.308	0.711	C
	U	370.4	61		19.382	97.184	0.525	C
Sabtu	T	749.6	71	142	13.145	220.824	0.767	B
	S	599.5	61		14.185	178.126	0.844	B
	B	444.5	71		9.543	218.156	0.501	B
	U	464.9	61		23.271	121.978	0.655	C

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Dari perhitungan di atas didapatkan hasil waktu siklus 142 detik. Pada hari kerja pagi hari diperoleh derajat kejenuhan (DS) sebesar 0.924 dengan panjang antrian 219,735 m di pendekat Timur. Untuk tundaan rata-rata sebesar 40.432 det/kend terjadi pada pendekat Selatan dengan tingkat pelayanan E. Sedangkan pada hari libur pagi hari diperoleh DS sebesar 0.844 dengan panjang antrian 220,824 m pada lengan Timur. Untuk tundaan rata-rata sebesar 23,271 dengan tingkat pelayanan C.

Tabel 5.14 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 3 pada siang hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang antrian (m)	Derajat Kejenuhan	LOS
Senin	T	751.7	39	83	9.728	120.408	0.828	B
	S	560.4	34		14.620	102.028	0.813	B
	B	706.9	39		12.964	120.088	0.842	B
	U	441.9	34		9.475	106.196	0.652	B
Rabu	T	788.5	39	83	6.787	121.002	0.864	B
	S	595.5	34		16.458	101.790	0.864	C
	B	673	39		15.411	119.946	0.804	C
	U	402.9	34		14.125	109.244	0.602	B
Sabtu	T	758.3	39	83	6.475	120.860	0.832	B
	S	602.1	34		17.048	102.686	0.865	C
	B	654.4	39		11.765	119.439	0.786	B
	U	462.2	34		9.977	105.109	0.688	B

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Dari perhitungan di atas didapatkan hasil waktu siklus 83 detik. Pada hari kerja siang hari diperoleh derajat kejenuhan (DS) sebesar 0.864 dengan panjang antrian 120,408 m di pendekat Timur. Untuk tundaan rata-rata sebesar 16,458 det/kend terjadi pada pendekat Selatan dengan tingkat pelayanan C. Sedangkan pada hari libur siang hari diperoleh DS sebesar 0.865 dengan panjang antrian 120,860 m pada lengan Timur. Untuk tundaan rata-rata sebesar 17.048 dengan tingkat pelayanan C.

Tabel 5.15 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 3 pada sore hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang antrian (m)	Derajat Kejenuhan	LOS
Senin	T	914.7	58	111	14.917	179.819	0.901	B
	S	567.6	43		23.282	124.110	0.901	C
	B	715.1	58		10.991	179.648	0.763	B
	U	421.2	43		13.588	131.796	0.668	B
Rabu	T	791.5	58	111	10.015	181.444	0.775	B
	S	509.5	43		18.608	126.840	0.795	C
	B	731.6	58		11.091	180.121	0.778	B
	U	390.7	43		12.419	130.741	0.626	B
Sabtu	T	871.5	58	111	12.002	181.662	0.851	B
	S	564.7	43		20.656	125.922	0.884	C
	B	653.8	58		9.983	180.762	0.695	B
	U	547.4	43		15.641	131.688	0.861	C

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Dari perhitungan di atas didapatkan hasil waktu siklus 111 detik. Pada hari kerja sore hari diperoleh derajat kejenuhan (DS) sebesar 0.901 dengan panjang antrian 179.819 m di pendekatan Timur. Untuk tundaan rata-rata sebesar 23.282 det/kend terjadi pada pendekatan Selatan dengan tingkat pelayanan C. Sedangkan pada hari libur sore hari diperoleh DS sebesar 0.884 dengan panjang antrian 181.662 m pada lengan Timur. Untuk tundaan rata-rata sebesar 20,656 dengan tingkat pelayanan C.

Pada alternatif kedua ini masih terdapat kekurangan yaitu nilai derajat masih lebih besar dari 0.85, antrian yang panjang dan nilai tundaan yang masih besar dengan tingkat pelayanan paling buruk E. Maka dari itu diperlukan alternatif lainnya agar simpang tersebut benar-benar optimal.

5.2.3 Alternatif Perbaikan 3 : Simpang bersinyal 2 fase dengan perencanaan pelebaran geometrik.

Pada alternatif perbaikan sebelumnya dihasilkan nilai derajat kejenuhan > 0.85, dimana besarnya derajat kejenuhan tergantung dari nilai kapasitas. Semakin besar kapasitasnya semakin kecil nilai derajat kejenuhan yang dihasilkan. Sehingga untuk meningkatkan kapasitas dari simpang tersebut alternatif yang direncanakan adalah pelebaran geometrik pada pendekat utara dan selatan menjadi 8 m dan untuk pendekat barat dan timur menjadi 9 m. Untuk contoh perhitungan yang digunakan adalah hari Senin, 21 Maret 2016 pada jam puncak pagi. Analisis yang digunakan menggunakan metode MKJI 1997. Pada perhitungan MKJI 1997 simpang bersinyal terdapat 5 formulir yang harus diisi, yakni:

1. Formulir SIG – I : geometri, pengaturan lalu lintas dan lingkungan
2. Formulir SIG – II : arus lalu lintas
3. Formulir SIG – III : waktu antar hijau dan waktu hilang
4. Formulir SIG – IV : penentuan waktu sinyal dan kapasitas
5. Formulir SIG – V : panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan.

A. Formulir SIG – I

Pada formulir SIG – I data-data yang tersaji adalah data geometri, pengaturan lalu-lintas dan lingkungan. Data-data pada formulir SIG – I adalah sebagai berikut :

Kota : Malang
Ukuran kota : ± 2.899.805 jiwa
Hari/tanggal : Senin, 21 Maret 2016

Jumlah fase lampu lalu lintas : 2 fase

Pada analisis perencanaan lampu sinyal ini, kondisi geometri dan lingkungan dari simpang ini adalah sebagai berikut :

7. Tipe lingkungan jalan :

e. Jl. Karya Timur (Utara) : Komersial

f. Jl. Karya Timur (Selatan) : Komersial

g. Jl. Ciliwung (Timur) : Komersial

h. Jl. Ciliwung (Barat) : Komersial

8. Hambatan samping

e. Jl. Karya Timur (Utara) : Sedang

f. Jl. Karya Timur (Selatan) : Tinggi

g. Jl. Ciliwung (Timur) : Sedang

h. Jl. Ciliwung (Barat) : Sedang

9. Median

Pada simpang ini tidak direncanakan median

10. Kelandaian

Kondisi semua lengan datar dikarenakan kurang dari 9,9% sehingga kelandaianya = 0%

11. Belok kiri langsung

Pada simpang ini tidak direncanakan belok kiri langsung.

12. LU : $W_A = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 4 \text{ m}$

LS : $W_C = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 4 \text{ m}$

LT : $W_B = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 4.5 \text{ m}$

LB : $W_D = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 4.5 \text{ m}$

Tabel 5.16 Data geometrik dan kondisi lingkungan simpang Ciliwung

Pendekat	Utara	Timur	Selatan	Barat
Tipe lingkungan jalan	Com	Com	Com	Com
Hambatan samping	Sedang	Sedang	Tinggi	Sedang
Median	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Belok kiri jalan terus	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Pelebaran jalan (m)	2	2	2	2
Lebar pendekat (m)	8	9	8	9
Lebar pendekat masuk (m)	4	4.5	4	4.5
Lebar pendekat LTOR (m)	0	0	0	0
Lebar pendekat keluar (m)	4	4.5	4	4.5
Pulau lalulintas	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

Sumber : Data lapangan simpang empat ciliwung

B. Formulir SIG – II

Formulir SIG – II berisikan data arus lalulintas dan rasio belok simpang tiga gajayana. Berikut ini perhitungan arus lalulintas dan rasio belok simpang. Untuk perhitungan lalulintas dikonversi menjadi satuan mobil penumpang (smp) sehingga dikalikan dengan ekivalen mobil penumpang (emp). Nilai emp dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.17 Nilai emp untuk 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

- Arus kendaraan bermotor pada kaki simpang Jl. Karya Timur (Utara) pada jam puncak pagi:

Senin, 21 Maret 2016

Penjumlahan jumlah kendaraan yang lurus:

- Sepeda Motor : 268.8 smp/jam
 - Kendaraan Ringan : 251 smp/jam
 - Kendaraan Berat : 5.2 smp/jam
 - Jumlah (ST) : $\frac{525.000}{\quad}$ smp/jam
- Arus kendaraan tak bermotor pada kaki simpang Jalan Ciliwung (Timur) pada jam puncak pagi
- Belok Kiri = 5 kend/jam
 - Lurus = 4 kend/jam
 - Jumlah (QUM) = $\frac{9}{\quad}$ kend/jam
- Rasio kendaraan tak bermotor Jl. Ciliwung (Timur) lurus

$$PUM = \frac{QUM}{QMV}$$

$$PUM = \frac{4}{1508}$$

$$= 0.002$$

C. Formulir SIG – III

2. Menentukan waktu hijau dan waktu hilang

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

Dimana :

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 (kend.bermotor)

Kecepatan kendaraan yang berangkat V_{EV} : 10 m/det (kend.bermotor)
: 3 m/det (kend.tak bermotor
misalnya sepeda)
: 1.2 m/det (pejalan kaki)

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

Langkah – Langkah menentukan waktu antar hijau dan waktu hilang

5. 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. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :

6. Penentuan waktu merah semua dari fase 1 dan fase 2 adalah pembulatan ke nilai yang lebih besar dari perhitungan waktu merah

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

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

Panjang kendaraan yang berangkat I_{EV} : 5 m

Untuk panjang L_{AV} dan L_{EV} dapat dilihat pada perhitungan berikut:

Simpang Utara

$$L_{EV} = 8.25 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 5.30 \text{ m}$$

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

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

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

Fase 1 simpang selatan

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

$$\begin{aligned} \text{Merah semua} &= \left[\frac{(8.25 + 5)}{10} - \frac{5.30}{10} \right] \\ &= 0.8 \text{ det} \end{aligned}$$

Simpang Timur

$$L_{EV} = 9.3 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 5.25 \text{ m}$$

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

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

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

Fase 2 simpang barat

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

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(9.3 + 5)}{10} - \frac{5.25}{10} \right]$$

$$= 0.91 \text{ det}$$

Simpang Selatan

$$L_{EV} = 5.25 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 11.42 \text{ m}$$

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

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

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

Fase 1 simpang selatan

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

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(5.25 + 5)}{10} - \frac{11.42}{10} \right]$$

$$= -0.12 \text{ det}$$

Simpang Barat

$$L_{EV} = 15.3 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 5.4 \text{ m}$$

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

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

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

Fase 2 simpang barat

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

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(15.3 + 5)}{10} - \frac{5.4}{10} \right]$$

$$= 1.49 \text{ det}$$

7. Waktu kuning hilang total didapat dari 3 detik dikalikan 2 fase maka diperoleh 6 detik.

8. Waktu hilang total (LTI)

$$\begin{aligned} \text{LTI} &= \Sigma (\text{merah semua} + \text{waktu hilang}) \\ &= \Sigma (2 + 6) \\ &= 8 \text{ detik} \end{aligned}$$

D. Formulir SIG - IV

1. Kode pendekat

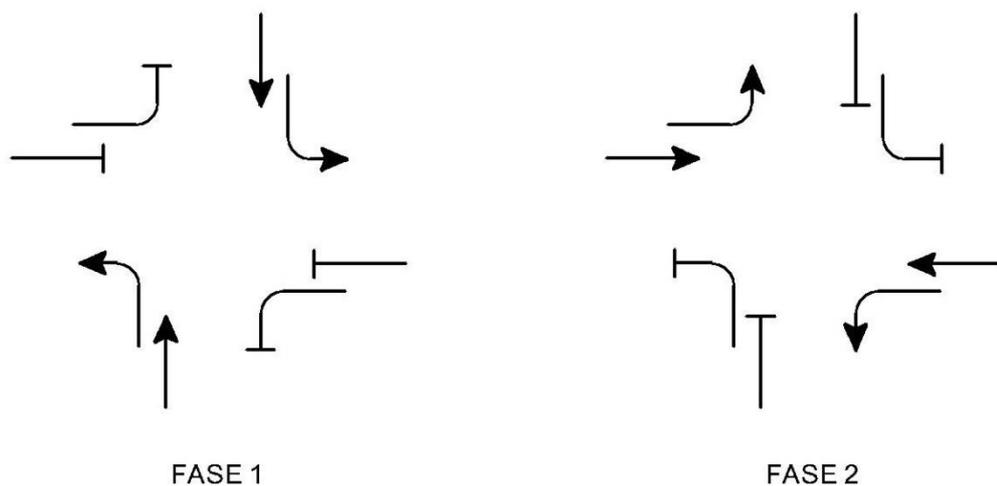
Kode pendekat ditujukan berdasarkan mata angin

2. Hijau fase no.

Untuk urutan yang pertama adalah arah selatan, barat, kemudian utara.

3. Tipe pendekat

Tipe pendekat dibagi menjadi 2 yakni terlindung dan terlawan. Pada simpang ini direncanakan fase terlindung untuk semua pendekat.



Gambar 5.5 Perencanaan 2 fase pada simpang Ciliwung

13. Rasio kendaraan berbelok (PLTOR)

Merupakan rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat yang belok ke kiri langsung.

14. Rasio kendaraan berbelok (PLT)

Merupakan rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat yang belok ke kiri.

Pendekat utara = 0.160

Pendekat selatan = 0.541

Pendekat timur = 0.157

Pendekat barat = 0.220

15. Rasio kendaraan berbelok (PRT)

Merupakan rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat yang belok ke kanan

Pendekat utara = 0

Pendekat selatan = 0

Pendekat utara = 0

Pendekat selatan = 0

16. Arus RT smp/jam (QRT)

Arus kendaraan belok kanan dalam smp/jam dalam arahnya sendiri

Pendekat barat = 0 smp/jam

17. Arus RT smp/jam (QRTO)

Arus kendaraan belok kanan dalam smp/jam dalam arah berlawanan.

Pendekat utara = 0 smp/jam

Pendekat utara Lebar pendekat (m)

Pendekat Utara:

$$W_A = \text{Lebar pendekat} = 4.0 \text{ m}$$

$$W_{\text{MASUK}} = \text{Lebar masuk} = 4.0 \text{ m}$$

$$W_{\text{L呢TOR}} = \text{Kiri} = 0 \text{ m}$$

$$W_e = W_A - W_{\text{L呢TOR}} = 4.0 \text{ m}$$

$$W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - \text{PRT}) = 4.0 \text{ m}$$

Pendekat Timur:

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

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

$$W_{\text{L呢TOR}} = \text{Kiri} = 0 \text{ m}$$

$$W_e = W_A - W_{\text{L呢TOR}} = 4.5 \text{ m}$$

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

Pendekat Selatan:

$$W_A = \text{Lebar pendekat} = 4.0 \text{ m}$$

$$W_{\text{MASUK}} = \text{Lebar masuk} = 4.0 \text{ m}$$

$$W_{\text{L呢TOR}} = \text{Kiri} = 0 \text{ m}$$

$$W_e = W_A - W_{\text{L呢TOR}} = 4.0 \text{ m}$$

$$W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - \text{PRT}) = 4.0 \text{ m}$$

Pendekat Barat:

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

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

$$W_{\text{L呢TOR}} = \text{Kiri} = 0 \text{ m}$$

$$W_e = W_A - W_{\text{L呢TOR}} = 4.5 \text{ m}$$

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

18. Nilai dasar smp/jam (hijau)

Menghitung arus jenuh dengan rumus :

$$S_o = 600 \times W_e$$

$$\text{Pendekat Utara} = 600 \times 4.0 = 2400 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Pendekat Timur} = 600 \times 4.5 = 2700 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Pendekat Selatan} = 600 \times 4.0 = 2400 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Pendekat Barat} = 600 \times 4.5 = 2700 \text{ smp/jam}$$

19. Faktor-faktor penyesuaian semua tipe pendekat (Ukuran kota F_{cs})

Tabel 5.18 Faktor penyesuaian ukuran kota

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

Sumber : Dirjen. Bina Marga, MKJI : Simpang Bersinyal, 1997, hal 2-53

Karena kota malang memiliki masyarakat 1.0 – 3.0 juta jiwa maka faktor penyesuaian ukuran kota menggunakan 1.

11. Hambatan samping (F_{FS})

Tabel 5.19 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	0,20	$\geq 0,25$
Komersial (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
Peremukiman (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	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber : Dirjen. Bina Marga, MKJI : Simpang Bersinyal, 1997, hal 2-53

Pada simpang Jl. Ciliwung tipe lingkungan jalan, hambatan samping, tipe fase, dan rasio kendaraan tak bermotor dengan rincian sebagai berikut:

Pendekat Utara

Tipe lingkungan jalan = komersial

Hambatan samping = Sedang

Tipe fase = Terlindung

Rasio kendaraan tak bermotor = 0.005

Sehingga nilai rasio yang digunakan adalah 0.94

Pendekat Timur

Tipe lingkungan jalan = komersial

Hambatan samping = sedang

Tipe fase = terlindung

Rasio kendaraan tak bermotor = 0.002

Sehingga nilai rasio yang digunakan adalah 0.94

Pendekat Selatan

Tipe lingkungan jalan = komersial

Hambatan samping = Sedang

Tipe fase = Terlindung

Rasio kendaraan tak bermotor = 0.004

Sehingga nilai rasio yang digunakan adalah 0.94

Pendekat Barat

Tipe lingkungan jalan = komersial

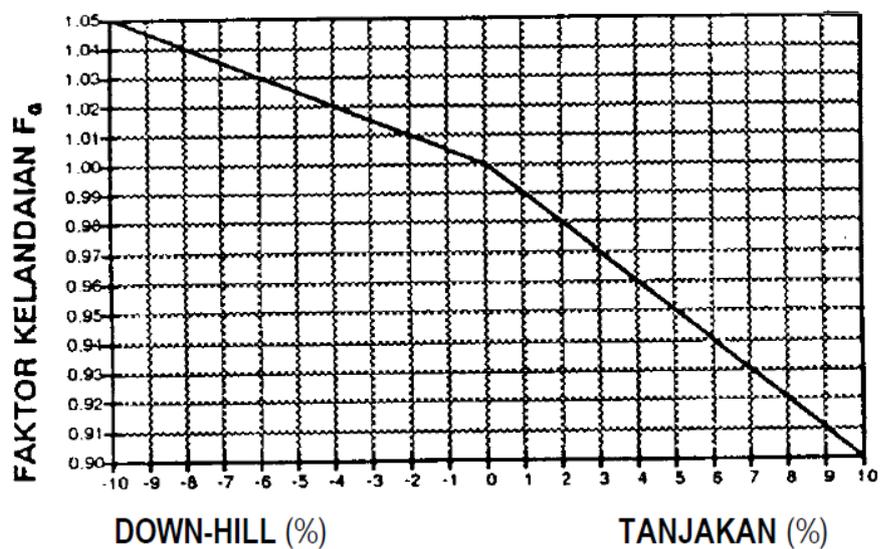
Hambatan samping = sedang

Tipe fase = terlindung

Rasio kendaraan tak bermotor = 0.003

Sehingga nilai rasio yang digunakan adalah 0.94

12. Kelandaian (FG)

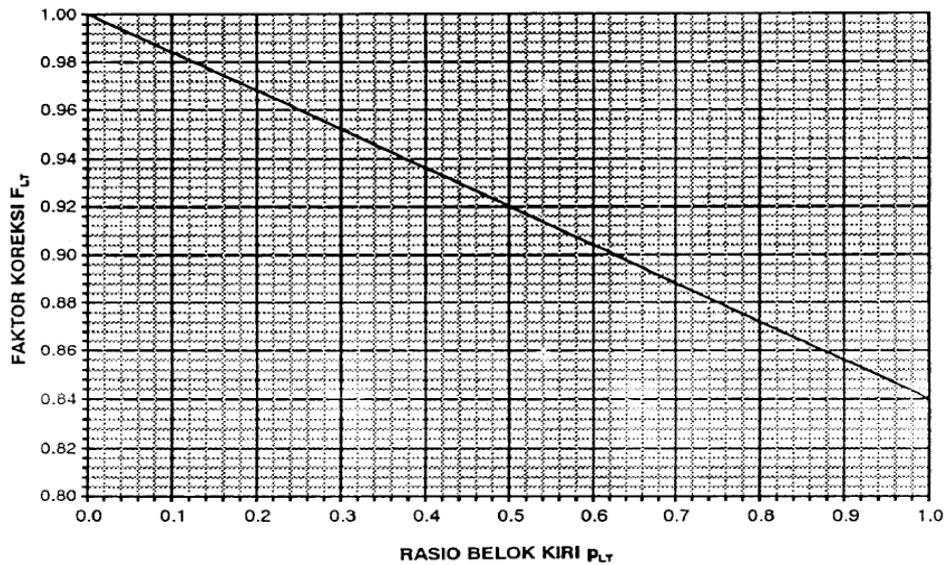


Gambar 5.6 Grafik faktor penyesuaian untuk kelandaian (F_G)

Sumber : Dirjen. Bina Marga, MKJI : Simpang Tak Bersinyal, 1997, hal 2-54

Pada simpang ciliwung termasuk datar maka menggunakan $F_G = 1$

13. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT})



Gambar 5.7 Grafik penyesuaian belok kiri (F_{LT})

Sumber : Dirjen. Bina Marga, MKJI : Simpang Tak Bersinyal, 1997, hal 2-55

Untuk menentukan faktor penyesuaian belok kiri bisa menggunakan rumus $F_{RT} = 1.0 + P_{LT} \times 0.16$ atau dengan gambar grafik 5.5 diatas. Berikut ini perhitungan untuk mencari rasio belok kiri :

Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Karya Timur (Utara)

:

$$\begin{aligned}
 F_{LT} &= 1.000 - P_{LT} \times 0.16 \\
 &= 1.000 - 0.157 \times 0.16 \\
 &= 0.974
 \end{aligned}$$

14. Menghitung arus jenuh yang disesuaikan

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

Contoh perhitungan diambil dari kaki simpang Jl. Karya Timur (Utara)

$$\begin{aligned}
 S &= S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\
 &= 2400 \times 0.94 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.974 \\
 &= 2197.34 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

15. Arus lalulintas (Q)

Data arus lalu lintas diambil dari formulir SIG-I kolom 13 pada masing-masing pendekatan. Sebagai contoh arus lalulintas pendekatan utara pada jam puncak pagi, yakni 516.8 smp/jam.

16. Rasio arus (FR)

Menghitung rasio arus dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}FR &= Q/S \\ &= 516.8/2197.34 \\ &= 0.235\end{aligned}$$

17. Rasio fase (PR)

$$\begin{aligned}PR &= FR_{crit} / IFR \\ PR &= 0.235/0.836 \\ &= 0.281\end{aligned}$$

Dimana IFR adalah jumlah dari rasio FR pada seluruh kaki simpang

18. Waktu siklus dan waktu hijau (detik)

a. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Menghitung waktu siklus sebelum penyesuaian (cua.) untuk pengendalian waktu tetap, dan masukkan hasilnya kedalam kotak dengan tanda "waktu siklus" pada bagian terbawah Kolom 11 dari Formulir SIG-IV. Berikut ini contoh perhitungan pada pendekatan selatan.

$$\begin{aligned}cua &= (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \\ &= (1,5 \times 8 + 5) / (1 - 0.836) \\ &= 103.6 \text{ det} \sim 104 \text{ det}\end{aligned}$$

dimana:

cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det) (Dari sudut kiri bawah pada Formulir SIG-IV)

IFR = Rasio arus simpang Σ (FRCRIT) (Dari bagian terbawah Kolom 19)

b. Waktu hijau

Menghitung waktu hijau (g) untuk masing-masing fase:

$$\begin{aligned} g_i &= (cua - LTI) \times PR_i \\ &= (104 - 8) \times (0.281) \\ &= 26.97 \text{ det} \sim 27 \text{ det} \end{aligned}$$

Nilai g_i pada pendekat utara sama dengan nilai g_i pada pendekat selatan lurus karena kedua pendekat tersebut dalam 1 fase. Karena nilai g_i pada pendekat Selatan lurus lebih besar dari nilai g_i pada pendekat Utara, maka nilai g_i yang digunakan adalah nilai g_i pada pendekat Selatan Dimana nilai g_i yang diperoleh adalah 29 detik, sehingga nilai g_i pada pendekat utara adalah 29 detik.

di mana:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)
LTI = Waktu hilang total per siklus (bagian terbawah Kolom 4)

PR_i = Rasio fase FR_{crit} / Σ (FR_{crit} (dari Kolom 20))

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari, karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi

pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Masukkan hasil waktu hijau yang telah dibulatkan keatas tanpa pecahan (det) ke dalam Kolom 21.

c. Waktu siklus yang disesuaikan

Hitung waktu siklus yang disesuaikan (c) berdasar pada waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang (LTI) dan masukkan hasilnya pada bagian terbawah Kolom 11 dalam kotak dengan tanda waktu siklus yang disesuaikan.

$$\begin{aligned} C &= \Sigma g + LTI \\ &= 65 + 8 \\ &= 73 \text{ detik} \end{aligned}$$

19. Kapasitas

Menghitung kapasitas masing-masing pendekat dan masukkan hasilnya pada Kolom 22 dengan rumus :

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

Berikut ini contoh perhitungan kapasitas pada pendekat utara.

$$\begin{aligned} C &= g/c \times S \\ &= 29/73 \times 2200.26 \\ &= 874.075 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

20. Derajat Kejenuhan

Menghitung derajat kejenuhan masing-masing pendekat dengan rumus :

$$DS = Q/C$$

Berikut ini contoh perhitungan derajat kejenuhan pada pendekat utara.

$$\begin{aligned} DS &= Q/C \\ &= 516.8/874.07 \end{aligned}$$

$$= 0.591$$

E. Formulir SIG-V

1. Panjang antrian

Gunakan hasil perhitungan derajat kejenuhan (kolom 5) untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ_1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Untuk hasil perhitungan NQ_1 dimasukkan pada kolom 6.

Untuk $DS > 0.5$, menggunakan rumus :

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

Dimana :

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

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

$$NQ_1 = 0.25 \times 875.51 \left[(0.590-1) + \sqrt{(0.590-1)^2 + \frac{8 \times (0.590-0.5)}{875.51}} \right]$$

$$= 0.220 \text{ smp}$$

Hitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2), dan masukkan hasilnya pada Kolom 7.

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

dimana

NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = derajat kejenuhan

g = waktu hijau

c = waktu siklus (det)

Qmasuk = arus lalu-lintas pada tempat masuk diluar LTOR (smp/jam)

$$NQ_2 = 73 \times \frac{1-29}{1-29 \times 0.590} \times \frac{516.8}{3600}$$
$$= 6.552 \text{ smp (kolom 7)}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$= 0.220 + 6.552$$

$$= 6.772 \text{ smp (kolom 8)}$$

- Panjang antrian

$$QL = \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{masuk}}}$$
$$= \frac{6.552 \times 20}{5}$$
$$= 36.40 \text{ m}$$

- Kendaraan terhenti

Menghitung angka henti (NS) masing-masing pendekatan yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) dengan rumus dibawah ini:

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

dimana:

c = waktu siklus (det)

Q = arus lalu-lintas (smp/jam)

$$NS = 0.9 \times \frac{6.772}{516.8 \times 73} \times 3600$$

$$= 0.583 \text{ smp/jam (kolom 11)}$$

Menghitung jumlah kendaraan terhenti (NSV) masing-masing pendekat dan masukkan hasilnya pada Kolom (12).

$$NS V = Q \times NS \text{ (smp/jam)}$$

$$= 516.8 \times 0.583$$

$$= 301.066 \text{ smp/jam}$$

- Tundaan

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

Dimana:

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

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

$$DT = 65 \times \frac{0,5 \times (1 - 0.398)^2}{(1 - 0.398 \times 0.594)} + \frac{0.220 \times 3600}{516.8}$$

$$= 18.170 \text{ detik/smp (kolom 13)}$$

Menentukan tundaan geometri rata-rata masing-masing pendekat (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah:

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

dimana:

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

P_{SV} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = Min (NS, 1)

PT = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat dari Formulir SIG-IV

$$DG_j = (1 - 0.583) \times 0.154 \times 6 + (0.583 \times 4)$$

$$= 2.717 \text{ detik/smp}$$

$$\text{Tundaan rata - rata (D)} = DT + DG$$

$$= 18.170 + 2.717$$

$$= 20.887 \text{ detik/smp (kolom 15)}$$

Untuk seluruh perhitungan selama waktu pengamatan, yakni hari Senin 21 Maret 2016, Rabu 23 Maret 2016, dan Sabtu 27 Maret 2016 di semua pendekat dapat dilihat pada Formulir SIG – I sampai SIG – V. Berikut ini adalah hasil perhitungan alternatif ketiga selama 3 hari pengamatan.

Tabel 5.22 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 3 pada pagi hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang antrian (m)	Derajat Kejenuhan	LOS
Senin	T	782	27	61	7.882	47.404	0.701	B
	S	482.1	24		10.304	32.463	0.597	B
	B	713.1	27		5.302	39.699	0.645	B
	U	516.8	24		5.710	36.913	0.603	B
Rabu	T	901.8	27	61	9.008	85.220	0.804	B
	S	651.8	24		16.822	55.175	0.804	C
	B	633	27		11.145	47.630	0.574	B
	U	370.4	24		8.695	34.838	0.435	B
Sabtu	T	749.6	27	61	7.111	86.217	0.667	B
	S	599.5	24		6.722	70.284	0.734	B
	B	444.5	27		5.945	87.644	0.404	B
	U	464.9	24		10.471	43.726	0.543	B

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Dari perhitungan di atas didapatkan hasil waktu siklus 61 detik. Pada hari kerja pagi hari diperoleh derajat kejenuhan (DS) sebesar 0.804 dengan panjang antrian 85.220 m di pendekat Timur. Untuk tundaan rata-rata sebesar 16.822 det/kend terjadi pada pendekat Selatan dengan tingkat pelayanan C. Sedangkan pada hari libur pagi hari diperoleh DS sebesar 0.734 dengan panjang antrian 87.644 m pada lengan Barat. Untuk tundaan rata-rata sebesar 10.471 dengan tingkat pelayanan B.

Tabel 5.23 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 3 pada siang hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang antrian (m)	Derajat Kejenuhan	LOS
Senin	T	751.7	21	49	8.248	65.015	0.715	B
	S	560.4	19		8.792	56.071	0.702	B
	B	706.9	21		7.341	65.320	0.675	B
	U	441.9	19		6.650	65.942	0.536	B
Rabu	T	788.5	21	49	6.227	65.236	0.746	B
	S	595.5	19		9.172	55.788	0.746	B
	B	673	21		8.849	65.384	0.645	B
	U	402.9	19		7.748	67.687	0.495	B
Sabtu	T	758.3	21	49	6.698	65.247	0.718	B
	S	602.1	19		9.505	56.274	0.747	B
	B	654.4	21		7.283	65.180	0.630	B
	U	462.2	19		6.577	58.545	0.566	B

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

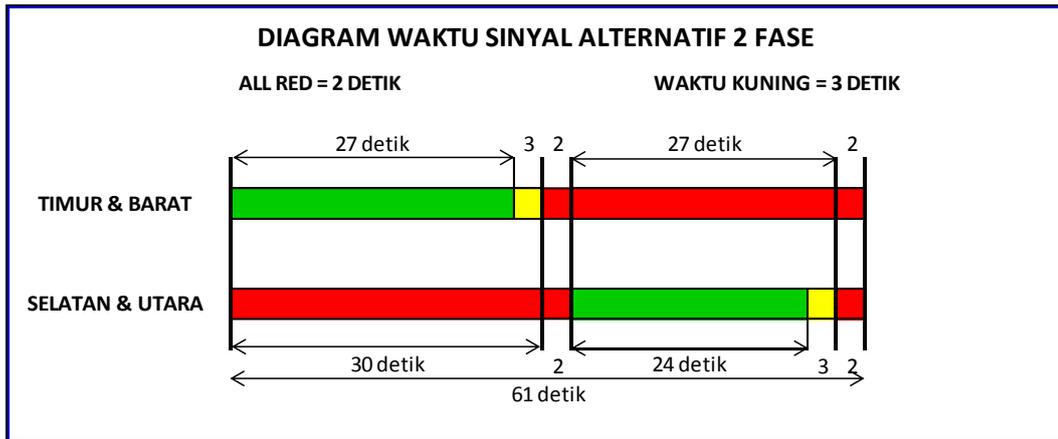
Dari perhitungan di atas didapatkan hasil waktu siklus 49 detik. Pada hari kerja siang hari diperoleh derajat kejenuhan (DS) sebesar 0.746 dengan panjang antrian 67.687 m di pendekat Timur. Untuk tundaan rata-rata sebesar 9.172 det/kend terjadi pada pendekat Selatan dengan tingkat pelayanan C. Sedangkan pada hari libur siang hari diperoleh DS sebesar 0.747 dengan panjang antrian 65.247 m pada lengan Timur. Untuk tundaan rata-rata sebesar 9.505 dengan tingkat pelayanan B.

Tabel 5.24 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 3 pada sore hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang antrian (m)	Derajat Kejenuhan	LOS
Senin	T	914.7	26	56	7.555	81.488	0.782	B
	S	567.6	20		10.892	57.139	0.782	B
	B	715.1	26		6.446	82.282	0.614	B
	U	421.2	20		7.903	68.805	0.551	B
Rabu	T	791.5	26	56	6.105	82.675	0.672	B
	S	509.5	20		10.102	58.741	0.689	B
	B	731.6	26		6.408	82.429	0.626	B
	U	390.7	20		7.425	68.558	0.517	B
Sabtu	T	871.5	26	56	6.722	82.486	0.738	B
	S	564.7	20		10.066	58.022	0.767	B
	B	653.8	26		6.288	83.145	0.559	B
	U	547.4	20		7.565	60.975	0.711	B

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Dari perhitungan di atas didapatkan hasil waktu siklus 56 detik. Pada hari kerja sore hari diperoleh derajat kejenuhan (DS) sebesar 0.782 dengan panjang antrian 82.675 m di pendekat Timur. Untuk tundaan rata-rata sebesar 10.892 det/kend terjadi pada pendekat Selatan dengan tingkat pelayanan B. Sedangkan pada hari libur sore hari diperoleh DS sebesar 0.767 dengan panjang antrian 83.145 m pada lengan Barat. Untuk tundaan rata-rata sebesar 10.066 dengan tingkat pelayanan B.



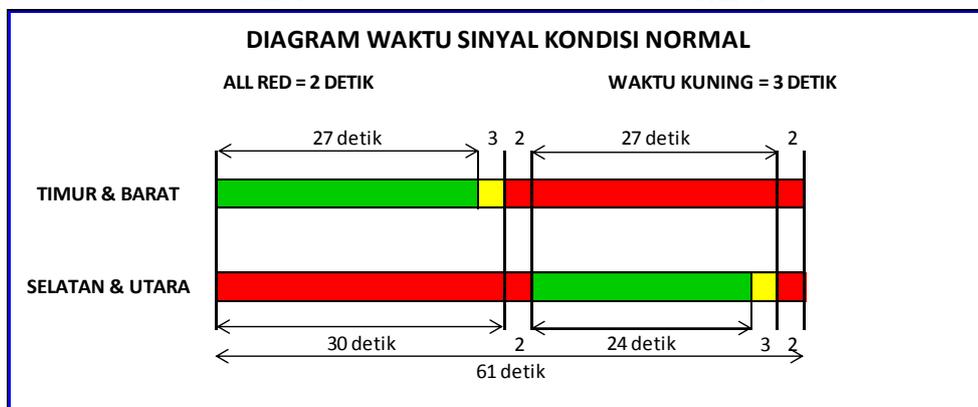
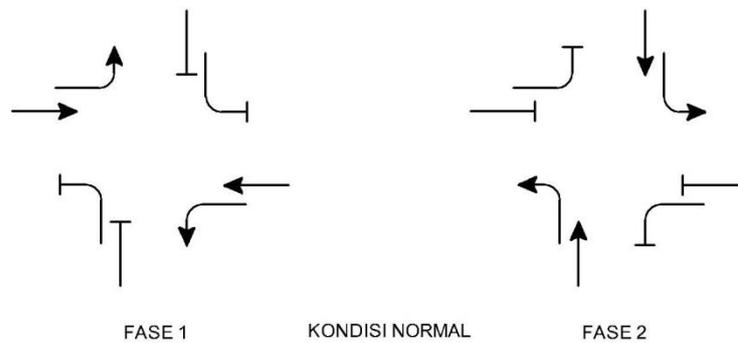
Gambar 5.8 Diagram waktu sinyal lalu-lintas

Sumber: Perhitungan siklus untuk lampu isyarat lalu-lintas

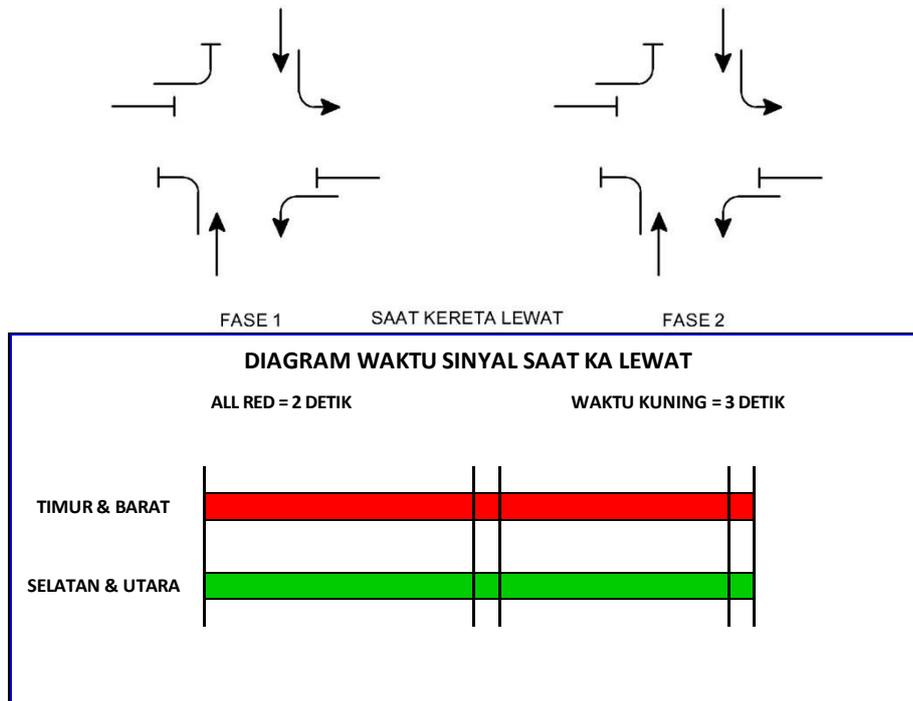
Tabel 5.25 Hasil perhitungan waktu sinyal lampu isyarat lalulintas

No	Data	Fase 1	Fase 2
1	Lampu Hijau	27	24
2	Lampu Merah	31	34
3	Lampu Kuning	3	3
4	Waktu Siklus	61	61

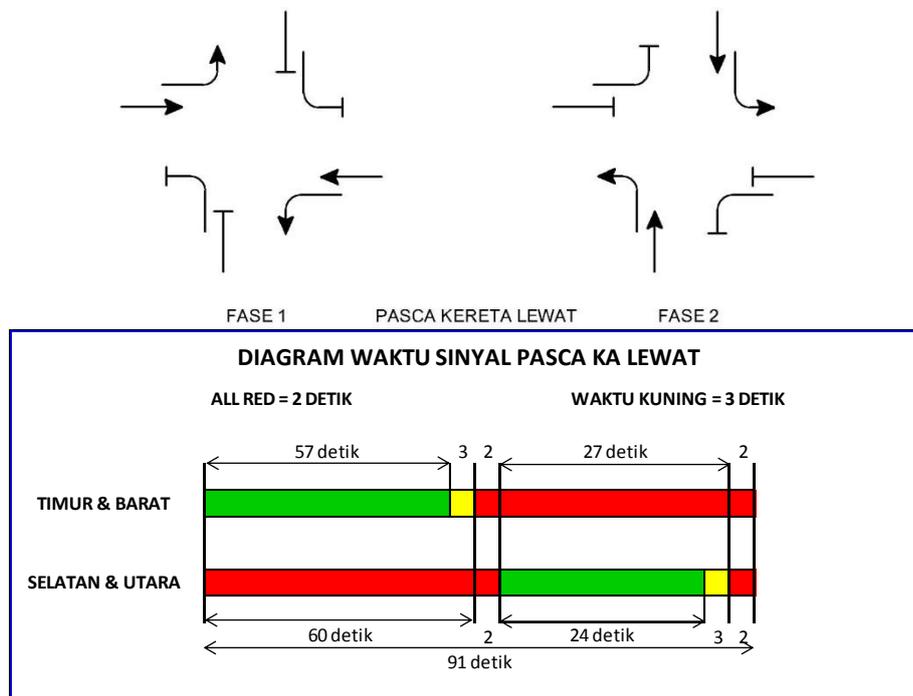
Sumber : Perhitungan waktu sinyal lampu isyarat lalulintas



Gambar 5.9 Diagram waktu sinyal kondisi normal



Gambar 5.10 Diagram waktu sinyal saat KA lewat



Gambar 5.11 Diagram waktu sinyal pasca KA lewat

5.2.4 Alternatif Perbaikan 4 : Simpang bersinyal 3 fase dengan perencanaan pelebaran geometrik.

Pada alternatif perbaikan sebelumnya dihasilkan nilai derajat kejenuhan > 0.85, dimana besarnya derajat kejenuhan tergantung dari nilai kapasitas. Semakin besar kapasitasnya semakin kecil nilai derajat kejenuhan yang dihasilkan. Sehingga untuk meningkatkan kapasitas dari simpang tersebut alternatif yang direncanakan adalah pelebaran geometrik pada pendekat utara dan selatan menjadi 8 m dan untuk pendekat barat dan timur menjadi 9 m. Untuk contoh perhitungan yang digunakan adalah hari Senin, 21 Maret 2016 pada jam puncak pagi. Analisis yang digunakan menggunakan metode MKJI 1997. Pada perhitungan MKJI 1997 simpang bersinyal terdapat 5 formulir yang harus diisi, yakni:

1. Formulir SIG – I : geometri, pengaturan lalu lintas dan lingkungan
2. Formulir SIG – II : arus lalu lintas
3. Formulir SIG – III : waktu antar hijau dan waktu hilang
4. Formulir SIG – IV : penentuan waktu sinyal dan kapasitas
5. Formulir SIG – V : panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan.

A. Formulir SIG – I

Pada formulir SIG – I data-data yang tersaji adalah data geometri, pengaturan lalu-lintas dan lingkungan. Data-data pada formulir SIG – I adalah sebagai berikut :

Kota : Malang
Ukuran kota : ± 2.899.805 jiwa
Hari/tanggal : Senin, 21 Maret 2016

Jumlah fase lampu lalu lintas : 2 fase

Pada analisis perencanaan lampu sinyal ini, kondisi geometri dan lingkungan dari simpang ini adalah sebagai berikut :

13. Tipe lingkungan jalan :

- i. Jl. Karya Timur (Utara) : Komersial
- j. Jl. Karya Timur (Selatan) : Komersial
- k. Jl. Ciliwung (Timur) : Komersial
- l. Jl. Ciliwung (Barat) : Komersial

14. Hambatan samping

- i. Jl. Karya Timur (Utara) : Sedang
- j. Jl. Karya Timur (Selatan) : Tinggi
- k. Jl. Ciliwung (Timur) : Sedang
- l. Jl. Ciliwung (Barat) : Sedang

15. Median

Pada simpang ini tidak direncanakan median

16. Kelandaian

Kondisi semua lengan datar dikarenakan kurang dari 9,9% sehingga kelandaiannya = 0%

17. Belok kiri langsung

Pada simpang ini tidak direncanakan belok kiri langsung.

18. $LU : W_A = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 4 \text{ m}$

$LS : W_C = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 4 \text{ m}$

$LT : W_B = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 4.5 \text{ m}$

$LB : W_D = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 4.5 \text{ m}$

Tabel 5.26 Data geometrik dan kondisi lingkungan simpang Ciliwung

Pendekat	Utara	Timur	Selatan	Barat
Tipe lingkungan jalan	Com	Com	Com	Com
Hambatan samping	Sedang	Sedang	Tinggi	Sedang
Median	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Belok kiri jalan terus	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Pelebaran jalan (m)	2	2	2	2
Lebar pendekat (m)	8	9	8	9
Lebar pendekat masuk (m)	4	4.5	4	4.5
Lebar pendekat LTOR (m)	0	0	0	0
Lebar pendekat keluar (m)	4	4.5	4	4.5
Pulau lalulintas	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

Sumber : Data lapangan simpang empat ciliwung

B. Formulir SIG – II

Formulir SIG – II berisikan data arus lalulintas dan rasio belok simpang tiga gajayana. Berikut ini perhitungan arus lalulintas dan rasio belok simpang. Untuk perhitungan lalulintas dikonversi menjadi satuan mobil penumpang (smp) sehingga dikalikan dengan ekivalen mobil penumpang (emp). Nilai emp dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.27 Nilai emp untuk 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

- Arus kendaraan bermotor pada kaki simpang Jl. Karya Timur (Utara) pada jam puncak pagi:

Senin, 21 Maret 2016

Penjumlahan jumlah kendaraan yang lurus:

- Sepeda Motor : 268.8 smp/jam
 - Kendaraan Ringan : 251 smp/jam
 - Kendaraan Berat : 5.2 smp/jam
 - Jumlah (ST) : $\frac{525.000}{\quad}$ smp/jam
- Arus kendaraan tak bermotor pada kaki simpang Jalan Ciliwung (Timur) pada jam puncak pagi
- Belok Kiri = 5 kend/jam
 - Lurus = 4 kend/jam
 - Jumlah (QUM) = $\frac{9}{\quad}$ kend/jam
- Rasio kendaraan tak bermotor Jl. Ciliwung (Timur) lurus

$$PUM = \frac{QUM}{QMV}$$

$$PUM = \frac{4}{1508}$$

$$= 0.002$$

C. Formulir SIG – III

3. Menentukan waktu hijau dan waktu hilang

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

Dimana :

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 (kend.bermotor)

Kecepatan kendaraan yang berangkat V_{EV} : 10 m/det (kend.bermotor)
: 3 m/det (kend.tak bermotor
misalnya sepeda)
: 1.2 m/det (pejalan kaki)

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

Langkah – Langkah menentukan waktu antar hijau dan waktu hilang

9. 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. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :

10. Penentuan waktu merah semua dari fase 1 dan fase 2 adalah pembulatan ke nilai yang lebih besar dari perhitungan waktu merah

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

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

Panjang kendaraan yang berangkat I_{EV} : 5 m

Untuk panjang L_{AV} dan L_{EV} dapat dilihat pada perhitungan berikut:

Simpang Utara

$$L_{EV} = 8.25 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 5.30 \text{ m}$$

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

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

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

Fase 1 simpang selatan

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

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(8.25 + 5)}{10} - \frac{5.30}{10} \right]$$

$$= 0.8 \text{ det}$$

Simpang Timur

$$L_{EV} = 9.3 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 5.25 \text{ m}$$

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

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

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

Fase 2 simpang Timur

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

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(9.3 + 5)}{10} - \frac{5.25}{10} \right]$$

$$= 0.91 \text{ det}$$

Simpang Selatan

$$L_{EV} = 5.25 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 11.42 \text{ m}$$

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

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

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

Fase 1 simpang selatan

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

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(5.25 + 5)}{10} - \frac{11.42}{10} \right]$$

$$= -0.12 \text{ det}$$

Simpang Barat

$$L_{EV} = 15.3 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 5.4 \text{ m}$$

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

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

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

Fase 3 simpang barat

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

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(15.3 + 5)}{10} - \frac{5.4}{10} \right]$$

$$= 0.88 \text{ det}$$

11. Waktu kuning hilang total didapat dari 3 detik dikalikan 3 fase maka diperoleh 3 detik.

12. Waktu hilang total (LTI)

$$\begin{aligned} \text{LTI} &= \Sigma (\text{merah semua} + \text{waktu hilang}) \\ &= \Sigma (3 + 9) \\ &= 12 \text{ detik} \end{aligned}$$

Untuk seluruh perhitungan selama waktu pengamatan, yakni hari Senin 21 Maret 2016, Rabu 23 Maret 2016, dan Sabtu 27 Maret 2016 di semua pendekatan dapat dilihat pada Formulir SIG – I sampai SIG – V. Berikut ini adalah hasil perhitungan alternatif keempat selama 3 hari pengamatan.

Tabel 5.30 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 3 pada pagi hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang antrian (m)	Derajat Kejenuhan	LOS
Senin	T	782	31	92	24.457	85.803	0.929	C
	S	482.1	27		22.535	56.727	0.791	C
	B	713.1	22		133.316	284.951	1.206	F
	U	516.8	27		12.280	42.690	0.799	B
Rabu	T	901.8	31	92	45.936	156.268	1.067	E
	S	651.8	27		85.778	134.604	1.067	F
	B	633	22		68.469	116.859	1.067	F
	U	370.4	27		13.183	52.738	0.577	B
Sabtu	T	749.6	31	92	16.245	96.855	0.884	C
	S	599.5	27		24.062	78.944	0.972	C
	B	444.5	22		13.876	67.919	0.756	B
	U	464.9	27		16.418	66.069	0.720	C

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Dari perhitungan di atas didapatkan hasil waktu siklus 92 detik. Pada hari kerja pagi hari diperoleh derajat kejenuhan (DS) sebesar 1.206 dengan panjang antrian 284.951 m di pendekat Barat. Untuk tundaan rata-rata sebesar 133.316 det/kend terjadi pada pendekat Barat dengan tingkat pelayanan F. Sedangkan pada hari libur siang hari diperoleh DS sebesar 0.972 dengan panjang antrian 96.855 m pada lengan Timur. Untuk tundaan rata-rata sebesar 24.062 dengan tingkat pelayanan C.

Tabel 5.31 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 3 pada siang hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang antrian (m)	Derajat Kejenuhan	LOS
Senin	T	751.7	24	77	37.761	72.870	0.978	D
	S	560.4	21		32.221	62.356	0.960	D
	B	706.9	20		90.562	153.894	1.090	F
	U	441.9	21		12.221	72.617	0.734	B
Rabu	T	788.5	24	77	43.364	82.383	1.020	E
	S	595.5	21		53.517	77.816	1.020	E
	B	673	20		68.557	115.444	1.040	F
	U	402.9	21		13.653	73.352	0.677	B
Sabtu	T	758.3	24	77	32.746	73.138	0.983	C
	S	602.1	21		56.293	80.412	1.022	E
	B	654.4	20		50.099	70.380	1.017	E
	U	462.2	21		13.256	64.612	0.774	B

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Dari perhitungan di atas didapatkan hasil waktu siklus 77 detik. Pada hari kerja siang hari diperoleh derajat kejenuhan (DS) sebesar 1.090 dengan panjang antrian 153.894 m di pendekat Barat. Untuk tundaan rata-rata sebesar 90.562 det/kend terjadi pada pendekat Selatan dengan tingkat pelayanan F. Sedangkan pada hari libur siang hari diperoleh DS sebesar 1.022 dengan panjang antrian 80.412 m pada lengan Selatan. Untuk tundaan rata-rata sebesar 56.293 dengan tingkat pelayanan E.

Tabel 5.32 Kinerja persimpangan alternatif perbaikan 3 pada sore hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang antrian (m)	Derajat Kejenuhan	LOS
Senin	T	914.7	30	87	69.854	165.638	1.072	F
	S	567.6	22		85.137	125.485	1.072	F
	B	715.1	23		88.492	160.365	1.094	F
	U	421.2	22		15.537	76.094	0.756	C
Rabu	T	791.5	30	87	17.219	92.684	0.922	C
	S	509.5	22		32.912	65.464	0.945	D
	B	731.6	23		100.383	189.669	1.116	F
	U	390.7	22		13.896	75.622	0.709	B
Sabtu	T	871.5	30	87	36.998	92.649	1.012	D
	S	564.7	22		69.275	104.768	1.052	F
	B	653.8	23		38.190	70.643	0.996	F
	U	547.4	22		29.102	68.019	0.976	F

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Dari perhitungan di atas didapatkan hasil waktu siklus 87 detik. Pada hari kerja sore hari diperoleh derajat kejenuhan (DS) sebesar 1.116 dengan panjang antrian 189.669 m di pendekat Barat. Untuk tundaan rata-rata sebesar 100.383 det/kend terjadi pada pendekat Barat dengan tingkat pelayanan F. Sedangkan pada hari libur sore hari diperoleh DS sebesar 1.052 dengan panjang antrian 104.768 m pada lengan Selatan. Untuk tundaan rata-rata sebesar 69.275 dengan tingkat pelayanan F.

5.3 Analisa untuk Alternatif yang Direkomendasikan

Dari hasil pengamatan di lapangan sebelumnya, diketahui volume maksimum pada simpang Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur sebesar 4830.1 smp/jam pada pagi hari. Banyaknya jumlah kendaraan yang lewat diprediksi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yakni simpang tersebut adalah jalur poros yang sering dilalui oleh pekerja dan pelajar. Di sebelah barat simpang juga terdapat SPBU dan banyak pertokoan. Simpang tersebut merupakan simpang tak bersinyal sehingga tidak ada yang mengatur lalulintas tersebut pada saat kendaraan melintasi simpang. Tidak ada perbedaan yang signifikan ketika palang pintu perlintasan kereta api ditutup dan dibuka karena arus lalu-lintas simpang tersebut selalu padat pada saat jam puncak meskipun palang pintu perlintasan kereta api dibuka.

Setelah mengetahui kinerja dari simpang tersebut, langkah selanjutnya adalah merencanakan alternatif perbaikan seperti yang telah dilakukan pada pembahasan sebelumnya. Dari perhitungan-perhitungan tersebut didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Menggunakan sistem pengendalian simpang tak bersinyal dengan pelebaran geometrik jalan pada setiap simpang.

Pada alternatif perbaikan ini direncanakan tetap seperti kondisi eksisting yakni, simpang tak bersinyal. Akan tetapi dengan pelebaran geometrik pada pendekat utara dan selatan menjadi 8 m sedangkan pada pendekat timur dan barat menjadi 9 m. Hasil perhitungan dari alternatif 1 untuk nilai derajat kejenuhan yang cukup besar yaitu sebesar 1.738 yang terjadi pada Hari Senin pagi. Untuk panjang antrian

maksimum didapat sebesar 153.9 m yang terjadi pada Hari Rabu pagi. Sedangkan untuk nilai tundaan didapat nilai minus atau dapat dikatakan tak terhingga, maka dari itu nilai tak terhingga masuk dalam tingkat pelayanan kategori F yang artinya bahwa simpang tersebut masih belum optimal dengan alternatif ini.

2. Perencanaan simpang bersinyal 2 fase.

Dilihat dari keadaan yang terjadi di lapangan, persimpangan Jl. Ciliwung – Karya Timur perlu dipasang lampu lalu-lintas karena banyaknya titik konflik yang terjadi pada simpang tersebut. Perencanaan awal simpang bersinyal ini menggunakan 2 fase dengan skenario pergerakan arus yang dapat dilihat pada Gambar 5.2. Untuk hasil waktu siklus yang diperoleh untuk pagi hari adalah 142 detik, siang hari 83 detik, dan sore hari 111 detik. Untuk panjang antrian maksimum sebesar 220.824 m yang terjadi pada hari Sabtu pagi di pendekat Timur. Sedangkan untuk tundaan rata-rata maksimum sebesar 40.432 det/kend yang terjadi pada hari Rabu pagi di pendekat Selatan dengan tingkat pelayanan kategori E. Karena terdapat tingkat pelayanan kategori E, maka dicoba alternatif ketiga yaitu dengan pelebaran geometric jalan.

3. Perencanaan simpang bersinyal 2 fase dengan pelebaran geometrik jalan.

Pada alternatif ini direncanakan simpang bersinyal 2 fase dengan pelebaran geometrik yang dapat dilihat pada tabel 5.9. Perencanaan awal simpang bersinyal ini menggunakan 2 fase dengan skenario

pergerakan arus yang dapat dilihat pada Gambar 5.2. Untuk hasil waktu siklus yang diperoleh untuk pagi hari adalah 61 detik, siang hari 49 detik, dan sore hari 56 detik. Untuk panjang antrian maksimum sebesar 87.644 m yang terjadi pada Hari Sabtu pagi di pendekat Barat, sedangkan untuk tundaan rata-rata maksimum sebesar 16.822 det/kend yang terjadi pada Hari Rabu pagi di pendekat Selatan dengan tingkat pelayanan kategori C. Derajat kejenuhan sudah memenuhi persyaratan sesuai peraturan MKJI 1997 yaitu paling besar $0.804 < 0.850$.

Jika alternatif ini nantinya direkomendasikan, maka sistem lampu sinyal / traffic light akan diintegrasikan dengan pergerakan pintu perlintasan KA. Di saat palang pintu kereta ditutup, lampu sinyal pada pendekat Jl. Ciliwung (Timur dan Barat) menyala lampu merah. Di waktu yang sama, lampu sinyal pada pendekat Jl. Karya Timur (Utara dan Selatan) menyala lampu hijau. Sedangkan setelah kereta api lewat dan palang pintu perlintasan kereta api dibuka, dari pos penjaga pintu perlintasan KA tersebut memengulang sistem kembali dengan menyalakan lampu merah pada pendekat Jl. Karya Timur (Utara dan Selatan) dan menyalakan lampu hijau pada pendekat Jl. Ciliwung (Timur dan Barat) tetapi dengan waktu hijau 30 detik lebih lama untuk mengurangi antrian yang terjadi akibat penutupan pintu perlintasan.

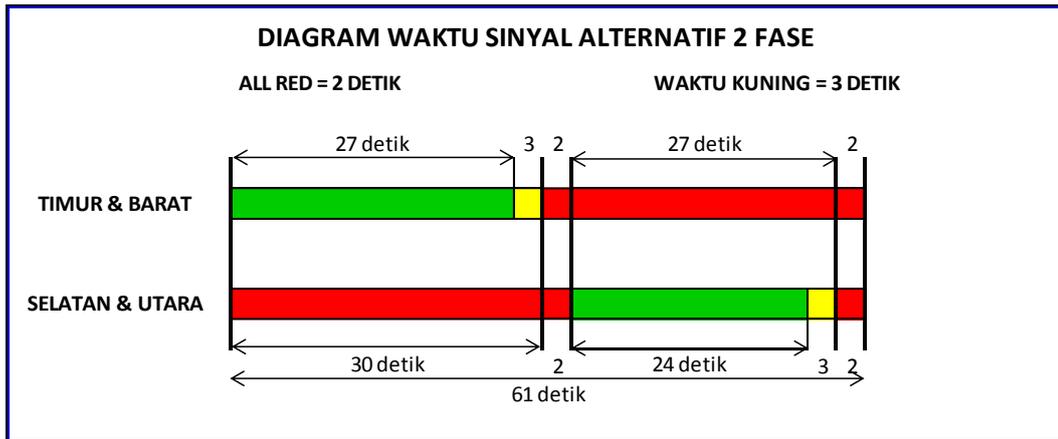
4. Perencanaan simpang bersinyal 3 fase dengan pelebaran geometrik jalan.

Pada alternatif ini direncanakan simpang bersinyal 3 fase dengan pelebaran geometrik yang dapat dilihat pada tabel 5.9. Perencanaan awal simpang bersinyal ini menggunakan 3 fase dengan skenario pergerakan arus yang dapat dilihat pada Gambar 5.2. Untuk hasil waktu siklus yang diperoleh untuk pagi hari adalah 92 detik, siang hari 77 detik, dan sore hari 87 detik. Untuk panjang antrian maksimum sebesar 284,951 m yang terjadi pada Hari Senin pagi di pendekat Barat, sedangkan untuk tundaan rata-rata maksimum sebesar 133,136 det/kend yang terjadi pada Hari Senin pagi di pendekat Barat dengan tingkat pelayanan kategori F. Derajat kejenuhan tidak memenuhi persyaratan peraturan MKJI 1997 yaitu paling besar $1.206 > 0.850$. Dari analisa tersebut, maka alternatif 4 ini tidak lebih baik dari alternatif 3 yaitu perencanaan simpang bersinyal 2 fase dengan pelebaran geometrik jalan.

5.4 Rekomendasi yang Dipilih

Setelah direncanakan alternatif perbaikan untuk mengoptimalkan simpang Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur, selanjutnya adalah merekomendasikan alternatif yang terbaik dari ketiga alternatif tersebut. Pada alternatif awal direncanakan untuk pelebaran geometrik jalan menjadi 8 m pada lengan utara & selatan, 9 m pada lengan barat dan timur. Alternatif yang kedua yaitu perencanaan simpang bersinyal 2 fase tanpa pelebaran geometrik. Akan tetapi setelah dikaji didapatkan hasil bahwa simpang Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur perlu dilebarkan karena kapasitas jalan yang tidak memenuhi. Pada alternatif selanjutnya direncanakan 2 fase dan 3 fase dengan pelebaran geometrik. Dari perencanaan fase tersebut didapatkan hasil tundaan rata-rata, panjang antrian dan waktu siklus.

Dari beberapa alternatif yang telah direncanakan dan hasil yang telah diperoleh dipilih alternatif ketiga yaitu perencanaan simpang bersinyal 2 fase dengan pelebaran geometrik sebesar 2 m pada Jl. Karya Timur (Utara) dan Jl. Ciliwung (Timur), 1.7 m pada Jl. Karya Timur (Selatan) dan 2.5 m pada Jl. Ciliwung (Barat). Pemilihan alternatif ini ditinjau dari besar antrian dan tundaan serta derajat kejenuhan (DS) yang memenuhi dalam persyaratan sesuai peraturan MKJI 1997 dan Peraturan Menteri Perhubungan RI No.96 Tahun 2015. Berikut ini merupakan perencanaan waktu sinyal dari alternatif 3.



Gambar 5.12 Diagram waktu sinyal lalu-lintas

Sumber: Perhitungan siklus untuk lampu isyarat lalu-lintas

Tabel 5.33 Hasil perhitungan waktu sinyal lampu isyarat lalulintas

No	Data	Fase 1	Fase 2
1	Lampu Hijau	27	24
2	Lampu Merah	31	34
3	Lampu Kuning	3	3
4	Waktu Siklus	61	61

Sumber : Perhitungan waktu sinyal lampu isyarat lalulintas

Data diatas merupakan data hasil dari perhitungan waktu sinyal lampu isyarat lalulintas yang telah direncanakan pada masing-masing fase. Untuk diagram waktu sinyal lalulintas diatas merupakan pengaturan waktu hijau, merah dan kuning. Untuk waktu kuning direncanakan 3 detik. Sedangkan untuk waktu merah semua (*all red*) 2 detik dimana waktu *all red* ini didapatkan dari hasil perhitungan SIG-III.

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. Ada perbedaan kondisi lalu-lintas pada kondisi lalu-lintas normal dan pada saat palang pintu KA ditutup, yaitu bertambahnya panjang antrian pada pendekat Barat dan Timur ketika palang pintu perlintasan KA ditutup. Pada hari kerja kondisi normal, panjang antrian terbesar terjadi pada pukul 15.15 di pendekat Timur sebesar 85 m, sedangkan saat palang pintu KA ditutup panjang antrian melonjak naik sebesar 115 m. Sama halnya pada libur kondisi normal, panjang antrian terbesar terjadi pada pukul 15.15 di pendekat Timur sebesar 85 m, sedangkan saat palang pintu KA ditutup panjang antrian melonjak naik sebesar 110 m.
2. Direncanakan 4 alternatif untuk mengoptimalkan simpang Jl. Ciliwung – Jl. Karya Timur dan dipilih alternatif ketiga yaitu pemasangan lampu isyarat lalu lintas 2 fase dengan perencanaan pelebaran geometrik sebesar 2 meter pada masing-masing pendekat. Dari hasil perhitungan diperoleh waktu siklus pada pagi hari 61 detik, siang hari 49 detik, dan sore hari 56 detik. Tundaan maksimum yang diperoleh dari perhitungan pada alternatif ini sebesar 16.822 det/kend, dengan panjang antrian 87.644 m dan dalam kategori tingkat pelayanan C.

3. Pemasangan lampu sinyal akan dikoordinasikan dengan pergerakan pintu perlintasan KA dengan perpanjangan waktu siklus hijau pada pendekat Barat dan Timur (Jl. Ciliwung) sebesar 30 detik untuk mengurangi panjang antrian akibat penutupan pintu perlintasan KA yang lewat.

6.2. Saran

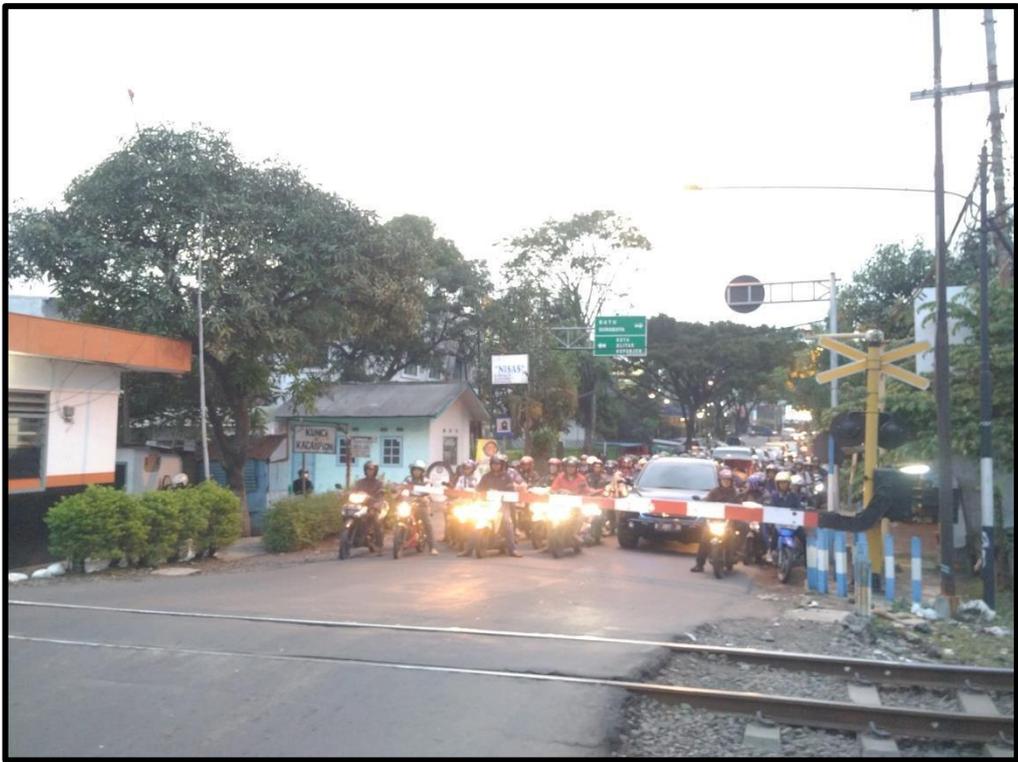
Demi tercapainya tujuan dari dilaksanakannya evaluasi pengendalian simpang ini, beberapa saran yang akan disampaikan adalah sebagai berikut :

- a. Untuk Pemerintah Kota Malang agar tidak memperpanjang izin tempat usaha/toko di lokasi simpang.
- b. Untuk PT. KAI diharap agar segera berkoordinasi dengan pemerintah Kota Malang terkait dengan bangunan liar yang ada di samping rel KA yang dapat menghambat realisasi alternatif yang direncanakan.

Daftar Pustaka

- ✓ Rizky Mufty Aqsha. (2009). *Kajian Kinerja Persimpangan Tidak Bersignal Pada Persimpangan Jalan Soekarno-Hatta - Jendral Sudirman - Jalan Cut Nyak Dien (Tugas Akhir pada FT Universitas Sumatera Utara)*. Sumatera Utara : USU Repository © 2009.
- ✓ Astri Wida Perwitasari. (2011). *Evaluasi Kinerja Persimpangan Jalan Gajayana - Jalan Simping Gajayana Kota Malang*. Skripsi. Institut Teknologi Nasional Malang.
- ✓ Warpani Swardjoko. (1985). *Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta : Brata Karya Aksara.
- ✓ Direktorat Jenderal Bina Marga Indonesia. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Bandung : Tidak diterbitkan.
- ✓ Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (1999). *Pedoman Pengumpulan Data Lalu Lintas Jalan*. Jakarta : Tidak diterbitkan.
- ✓ Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM : 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta : Tidak diterbitkan.







SKRIPSI
EVALUASI SIMPANG TAK BERSINYAL YANG BERDEKATAN
DENGAN PINTU PERLINTASAN KA PADA PERSIMPANGAN
JL. CILIWUNG – JL. KARYA TIMUR KOTA MALANG



Disusun oleh :

ARIESTA DHARMA PAMUNGKAS
1221042

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

2016