TUGAS AKHIR

KINERJA KOORDINASI SIMPANG DENGAN MENGGUNAKAN PEMODELAN VISSIM
(Studi Kasus: Simpang Bersinyal Ngasem dengan Simpang Tak Bersinyal Gandok Jalan Kaliurang Km. 9)
INTERSECTION COORDINATION PERFORMANCE USING VISSIM MODELING
(Case Study: Signalized Intersection Ngasem with Unsignalized Intersection Gandok Kaliurang Road Km. 9)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Sheila Syifanur Rosyida
16511046

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2022

TUGAS AKHIR

KINERJA KOORDINASI SIMPANG DENGAN MENGGUNAKAN PEMODELAN VISSIM (Studi Kasus: Simpang Bersinyal Ngasem dengan Simpang Tak Bersinyal Gandok Jalan Kaliurang)

INTERSECTION COORDINATION PERFORMANCE USING VISSIM MODELING (Case Study: Signalized Intersection Ngasem with Unsignalized Intersection Gandok Kaliurang Road)

Disusun oleh

Sheila Syifanur Rosyida
16511046

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 6 Januari 2022

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Berlian Kushari, S.T., M.Eng.	**Rizki Budi Utomo, S.T., M.T.**	**Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.**
NIK: 015110101	**NIK: 045110406**	**NIK: 185111304**

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Tekik Sipil

Dr. Ir. Sri Arumi Yuniastuti, M. T.
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari karya saya sendiri atau adanya pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 20 Januari 2022
Yang membuat pernyataan,



Sheila Syifanur Rosyida
(16511046)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahhi Wabarakatuh,

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Kinerja Koordinasi Simpang dengan Menggunakan Pemodelan VISSIM. Tugas Akhir merupakah salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Studi Sarjana pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penyusun banyak mendapatkan bantuan dari pihak lain, baik dari segi bimbingan, arahan serta saran dan kritik demi terselesaikannya Tugas Akhir ini dengan hasil yang baik. Untuk itu, pada kesempatan kali ini penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Berlian Kushari, S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing dan Ibu Prima J. Romadhona, S.T., M.Sc. selaku mantan dosen pembimbing,
2. Bapak Rizki Budi Utomo, S.T., M.T. dan Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T. selaku dosen penguji,
3. Keluarga tercinta, khususnya Orang Tua dan adik yang selalu memberi dukungan kepada penulis,
4. Teman-teman yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, khususnya Mba Suci Iryanti, Bang Herdian P.B, Bang Yoga, Mutia Ayu L, Reztya Asy'ari A.U, Ira Firdayanti, Husnul Khotimah, Muslimah Muthmainnah, Puspa Deanti, Farhan Baskara, Ilham Nurcahyanto, Afif Fazri, Budi Setyono, Opung, Yudi, Faisal, Aufa, Odang, Ucil, Liluk dan teman-teman lain yang tidak dapat penulis tuliskan namanya satu per satu.

5. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil yang membantu kelancaran administrasi.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 20 Januari 2022

Penulis,



Sheila Syifanur Rosyida

16511046

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Halaman Pengesahan ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR LAMPIRAN xvii
ABSTRAK xx
ABSTRAC xxi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
1.5 Batasan Penelitian 3
1.6 Lokasi Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Tinjauan Umum 6
2.2 Penelitian Terdahulu 6
2.2.1 Rekayasa Kinerja Dua Simpang yang Berdekatan dengan Perubahan Geometrik 7
2.2.2 Analisa dan Koordinasi Sinyal Antar Simpang pada Ruas Jalan Diponegoro Surabaya 7
2.2.3 Analisis dan Koordinasi Simpang Kartini dan Simpang Sidodadi Semarang 8
2.2.4 Mikro simulasi *Mixed Traffic* pada Simpang Bersinyal dengan Perangkat Lunak VISSIM 9

2.2.5 Perancangan Koordinasi Sinyal Antar Simpang di Jalan Perintis Kemerdekaan Kota Yogyakarta 9
2.2.6 Koordinasi Dua Simpang Berdekatan dengan MKJI dan Pemodelan VISSIM 10
2.2.7 Mikro simulasi Lalu Lintas pada Simpang Tiga dengan *Software* VISSIM 11
2.2.8 Peningkatan Kinerja Simpang dengan Koordinasi Sinyal Lalu Lintas di Simpang BPK dan Badran Yogyakarta 11
2.2.9 Evaluasi dan Koordinasi di Simpang Gamping dan Simpang Pelem Gurih dengan Menggunakan Pendekatan Mikro simulasi (*VISSIM*) 12
2.3 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya 13
BAB III LANDASAN TEORI 16
3.1 Simpang 16
3.1.1 Pengertian Simpang 16
3.1.2 Jenis Simpang 17
3.1.3 Karakteristik Simpang 19
3.2 Sinyal Lalu Lintas 20
3.2.1 Pengertian Sinyal Lalu Lintas 20
3.3 Simpang Bersinyal 22
3.4 Simpang Tak Bersinyal 30
3.5 Tingkat Pelayanan (*Lever of Service*) Kinerja Ruas Jalan 35
3.6 Koordinasi Simpang Bersinyal 37
3.6.1 Konsep Dasar Koordinasi 37
3.6.2 Syarat Koordinasi Simpang 40
3.6.3 *Offset* dan *Bandwidth* 40
3.6.4 Koordinasi Simpang pada Jalan Dua Arah 42
3.7 VISSIM 42
3.7.1 Penggunaan VISSIM pada Simulasi Lalu Lintas 43
3.7.2 Kalibrasi dan Validasi 43

BAB IV METODE PENELITIAN 45
4.1 Jenis Penelitian 45
4.2 Metode Pengumpulan Data 45
4.2.1 Jenis dan Sumber Data 45
4.2.2 Waktu Pengambilan Data 47
4.2.3 Lokasi Pengambilan Data 47
4.3 Persiapan dan Pelaksanaan Survei Lapangan 47
4.3.1 Alat Penelitian 47
4.3.2 Survei Awal dan Persiapan 48
4.3.3 Volume Lalu Lintas 48
4.3.4 Sinyal Lalu Lintas 49
4.3.5 Kondisi Geometri Simpang 50
4.3.6 Kecepatan 50
4.3.7 Perilaku Pengemudi 51
4.4 Analisis Data 52
4.5 Tahapan Urutan Penelitian (*Flowchart*) 54
BAB V DATA, ANALISIS DAN PEMBAHASAN 58
5.1 Data 58
5.1.1 Data Sekunder 58
5.1.2 Data Primer 58
5.2 Analisis 66
5.2.1 Membuat Pemodelan dengan Menggunakan *Software* VISSIM 67
5.2.2 Hasil Evaluasi Menggunakan Perangkat Lunak VISSIM 87
5.3 Perancangan Koordinasi Sinyal Antar Simpang 90
5.3.1 Alternatif Pemecahan 1 90
5.3.2 Alternatif Pemecahan 2 95
5.3.3 Alternatif Pemecahan 3 99
5.3.4 Alternatif Pemecahan 4 103
5.4 Kapasitas 107
5.4.1 Kapasitas Kondisi *Existing* 107

5.4.2 Kapasitas Alternatif 1 108
5.4.3 Kapasitas Alternatif 2 108
5.4.4 Kapasitas Alternatif 3 109
5.4.5 Kapasitas Alternatif 4 110
5.5 Pembahasan 111
5.5.1 Perbandingan Panjang Antrean (*Qlen*) Hasil Koordinasi Antar Simpang 111
5.5.2 Perbandingan Tudaan (*Vehicle Delay*) Hasil Koordinasi Antar Simpang 113
5.5.3 Perbandingan Waktu Tempuh Kendaraan (*Vehicle Travel Time*) Hasil Koordinasi Simpang 117
5.5.4 Perbandingan Kecepatan (*Speed Average Arith*) Hasil Koordinasi Antar Simpang 117
5.5.5 Perbandingan Rata-rata Panjang Antrian, Tundaan dan Waktu Tempuh 119
5.5.6 Perbandingan Kapasitas Hasil Koordinasi Antar Simpang 120
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN 121
6.1 Simpulan 121
6.2 Saran 122
DAFTAR PUSTAKA 123
LAMPIRAN 126

DAFTAR TABEL

Tabel	2.1	Rekapitulasi Perbedaan Penelitian	13
Tabel	3.1	EMP Berdasarkan Pendekat Simpang	24
Tabel	3.2	Waktu Siklus yang Disarankan	26
Tabel	3.3	Nilai Kapasitas Dasar	30
Tabel	3.4	Faktor Penyesuaian Median	31
Tabel	3.5	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota	31
Tabel	3.6	Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor	32
Tabel	3.7	Faktor Penyesuaian Arus Jalan Minor	34
Tabel	3.8	Standar Derajat Kejenuhan (DS)	35
Tabel	3.9	Tingkat Pelayanan Simpang Tak Bersinyal	35
Tabel	3.10	Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal	35
Tabel	3.11	Tingkat Pelayanan pada Ruas	36
Tabel	3.12	Kesimpulan dari Hasil Perhitungan GEH	44
Tabel	3.13	Kesimpulan dari Hasil Perhitungan MAPE	44
Tabel	5.1	Data Volume Kendaraan Simpang Ngasem	59
Tabel	5.2	Data Volume Kendaraan Simpang Gandok	60
Tabel	5.3	Data Waktu Sinyal Lalu Lintas Simpang Ngasem	63
Tabel	5.4	Geometri Simpang	64
Tabel	5.5	Rekapitulasi Kecepatan Kendaraan Konstan pada Simpang Ngasem	65
Tabel	5.6	Rekapitulasi Kecepatan Kendaraan Konstan pada Simpang Gandok	65
Tabel	5.7	Rekapitulasi Kecepatan Pengereman pada Simpang Ngasem	65
Tabel	5.8	Rekapitulasi Kecepatan Pengereman pada Simpang Gandok	65
Tabel	5.9	Data Perilaku Pengemudi	66
Tabel	5.10	Kalibrasi *Driving Behaviour*	87

Tabel 5.11 Hasil Validasi Volume Setelah Kalibrasi 89
Tabel 5.12 Hasil Validasi *Veh Speed* Setelah Kalibrasi 89
Tabel 5.13 Nilai Tundaan, Panjang Antrean dan Tingkat Pelayanan Hasil Evaluasi VISSIM Kondisi *Existing* 89
Tabel 5.14 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 1 Simpang 1 (Ngasem) 92
Tabel 5.15 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 1 Simpang 2 (Gandok) 92
Tabel 5.16 Nilai Tundaan, Panjang Antrean dan Tingkat Pelayanan Hasil Evaluasi VISSIM Alternatif 1 94
Tabel 5.17 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 2 Simpang Ngasem 96
Tabel 5.18 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 2 Simpang Gandok 97
Tabel 5.19 Nilai Tundaan, Panjang Antrean dan Tingkat Pelayanan Hasil Evaluasi VISSIM Alternatif 2 98
Tabel 5.20 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 3 Simpang Ngasem 100
Tabel 5.21 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 3 Simpang Gandok 101
Tabel 5.22 Nilai Tundaan, Panjang Antrean dan Tingkat Pelayanan Hasil Evaluasi VISSIM Alternatif 3 102
Tabel 5.23 Rekapitulasi Kapasitas pada Jalan Penghubung antar Simpang 104
Tabel 5.24 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 4 Simpang Ngasem 105
Tabel 5.25 Nilai Tundaan, Panjang Antrean dan Tingkat Pelayanan Hasil Evaluasi VISSIM Alternatif 4 106
Tabel 5.26 Rekapitulasi Kapasitas pada Jalan Penghubung antar Simpang 111
Tabel 2.27 Rekapitulasi Panjang Antrean (*Qlen*) Hasil Evaluasi VISSIM 111
Tabel 5.28 Rekapitulasi Tundaan (*Veh. Delay*) Hasil Evaluasi VISSIM 114
Tabel 5.29 Rekapitulasi Waktu Tempuh Kendaraan (*Veh. Time Travel*) Hasil Evaluasi VISSIM 117
Tabel 5.30 Rekapitulasi Kecepatan (*Speed Averange Arith*) Hasil Evaluasi VISSIM 118
Tabel 5.31 Hasil Rata-rata Perbandingan pada Periode *Existing*, Alternatif 1, Alternatif 2, Alternatif 3 dan Alternatif 4 119

Tabel 5.32 Hasil Perbandingan Kapasitas pada Kondisi *Existing*, Alternatif 1, Alternatif 2, Alternatif 3 dan Alternatif 4 120

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Yogyakarta	4
Gambar 1.2	Lokasi Simpang	4
Gambar 1.3	Denah Lokasi Penelitian	5
Gambar 3.1	Jenis Persimpangan Sebidang	18
Gambar 3.2	Jenis Persimpangan Tak Sebidang	19
Gambar 3.3	Jenis Manuver Kendaraan pada Simpang	19
Gambar 3.4	Penyesuaian Lebar Pendekat	31
Gambar 3.5	Faktor Penyesuaian Belok Kiri	32
Gambar 3.6	Faktor Penyesuaian Belok Kanan	33
Gambar 3.7	Faktor Penyesuaian Arus Jalan Minor	33
Gambar 3.8	Konsep Koordinasi Simpangan dan *Green Wave*	39
Gambar 3.9	*Offset* dan *Bandwidth* dalam Diagram Koordinasi Simpang	42
Gambar 4.1	Denah Lokasi Penempatan CCTV untuk Survei Volume Lalu Lintas	49
Gambar 4.2	Denah Lokasi Penempatan *Surveyor* Kecepatan Kendaraan	51
Gambar 4.3	Denah Lokasi Penempatan *Surveyor* Perilaku Pengemudi (Bersebelahan dan Depan Belakang)	52
Gambar 4.4	Denah Lokasi Penempatan *Surveyor* Perilaku Pengemudi (Pada saat Bergerak)	52
Gambar 4.5	*Flow Chart* Penelitian	55
Gambar 5.1	Volume Lalu Lintas Simpang Ngasem dalam satuan kendaraan/jam	61
Gambar 5.2	Volume Lalu Lintas Simpang Gandok dalam satuan kendaraan/jam	61
Gambar 5.3	Distribusi Volume Kendaraan Jam Puncak pada Kondisi *Existing* Simpang Ngasem	62

Gambar 5.4 Distribusi Volume Kendaraan Jam Puncak pada Kondisi *Existing* Simpang Gandok 62
Gambar 5.5 Diagram Sinyal Lalu Lintas Simpang Ngasem 63
Gambar 5.6 Fase Sinyal Lalu Lintas Simpang Ngasem 63
Gambar 5.7 Geometri Simpang 64
Gambar 5.8 Pengaturan *Vehicle Behaviour* 67
Gambar 5.9 Pengaturan *Units* 68
Gambar 5.10 Pengaturan *Background Image* 69
Gambar 5.11 Pengaturan Skala 69
Gambar 5.12 Pengaturan *Link* 70
Gambar 5.13 Pengaturan *Connector* 71
Gambar 5.14 Pengaturan *Vehicle Input* 71
Gambar 5.15 Pengaturan *Desired Speed Distribution* 72
Gambar 5.16 Pengaturan *Vehicle Compositions* 73
Gambar 5.17 Pengaturan *Vehicle Routes* 74
Gambar 5.18 Pengaturan *Conflict Areas* 75
Gambar 5.19 Pengaturan *Reduce Speed Area* 76
Gambar 5.20 Pengaturan *Signal Controllers* 76
Gambar 5.21 Pengaturan *Signal Groups* 77
Gambar 5.22 Pengaturan *Signal Program* 77
Gambar 5.23 Pengaturan *Signal Head* 78
Gambar 5.24 Pengaturan Data *Collection Points* 79
Gambar 5.25 Pengaturan *Vehicle Time Travel* 80
Gambar 5.26 Pengaturan *Queue Counters* 80
Gambar 5.27 Pengaturan *Measurement Definition* 81
Gambar 5.28 Pengaturan *Driving Behaviour* (*Following*) 82
Gambar 5.29 Pengaturan *Driving Behaviour* (*Lane Change*) 82
Gambar 5.30 Pengaturan *Driving Behaviour* (*Lateral*) 83
Gambar 5.31 *Evaluation Configurations* 83
Gambar 5.32 Pengaturan *Random Seed* 84

Gambar 5.33 Detail Pembagian dan Lebar *Link* Simpang Ngasem pada VISSIM 86
Gambar 5.34 Detail Pembagian dan Lebar *Link* Simpang Gandok pada VISSIM 86
Gambar 5.35 Sebelum Dilakukan Kalibrasi 88
Gambar 5.36 Sesudah Dilakukan Kalibrasi 88
Gambar 5.37 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 1 Simpang Ngasem 92
Gambar 5.38 Diagram Sinyal Alternatif 1 Simpang Ngasem 92
Gambar 5.39 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 1 Simpang Gandok 93
Gambar 5.40 Diagram Sinyal Alternatif 1 Simpang Gandok 93
Gambar 5.41 Diagram Sinyal Alternatif 1 Sesudah Dikoordinasi 94
Gambar 5.42 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 2 Simpang Ngasem 96
Gambar 5.43 Diagram Sinyal Alternatif 2 Simpang Ngasem 96
Gambar 5.44 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 2 Simpang Gandok 97
Gambar 5.45 Diagram Sinyal Alternatif 2 Simpang Gandok 97
Gambar 5.46 Diagram Sinyal Alternatif 2 Sesudah Dikoordinasi 98
Gambar 5.47 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 3 Simpang Ngasem 100
Gambar 5.48 Diagram Sinyal Alternatif 3 Simpang Ngasem 100
Gambar 5.49 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 3 Simpang Gandok 101
Gambar 5.50 Diagram Sinyal Alternatif 3 Simpang Gandok 101
Gambar 5.51 Diagram Sinyal Alternatif 3 Sesudah Dikoordinasi 102
Gambar 5.52 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 4 Simpang Ngasem 104
Gambar 5.53 Diagram Sinyal Alternatif 4 Simpang Ngasem 104
Gambar 5.54 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 4 Simpang Gandok 105
Gambar 5.55 Diagram Sinyal Alternatif 4 Simpang Gandok 105
Gambar 5.56 Diagram Sinyal Alternatif 4 Sesudah Dikoordinasi 106
Gambar 5.57 Diagram Perbandingan Nilai Panjang Antrean Simpang Ngasem 113
Gambar 5.58 Diagram Perbandingan Nilai Panjang Antrean Simpang Gandok 113

Gambar 5.59 Diagram Perbandingan Tundaan Simpang Ngasem 116
Gambar 5.60 Diagram Perbandingan Tundaan Simpang Gandok 116
Gambar 5.61 Diagram Perbandingan Nilai Kecepatan Perjalanan Rata-rata VISSIM 119

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1	Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam	127
Lampiran 1.2	Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam	128
Lampiran 1.3	Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam	129
Lampiran 1.4	Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam	130
Lampiran 1.5	Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam	131
Lampiran 1.6	Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam	132
Lampiran 1.7	Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam	133
Lampiran 1.8	Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam	134
Lampiran 1.9	Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam	135
Lampiran 1.10	Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam	136
Lampiran 1.11	Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam	137
Lampiran 1.12	Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam	138
Lampiran 2.1	Kecepatan Pengereman Kendaraan (*Reduce Speed*) Lengan Utara Simpang Ngasem	140
Lampiran 2.2	Kecepatan Pengereman Kendaraan (*Reduce Speed*) Lengan Barat Simpang Ngasem	141
Lampiran 2.3	Kecepatan Pengereman Kendaraan (*Reduce Speed*) Lengan Selatan Simpang Ngasem	142
Lampiran 2.4	Kecepatan Konstan Kendaraan (*Constan Speed*) Lengan Utara Simpang Ngasem	143
Lampiran 2.5	Kecepatan Konstan Kendaraan (*Constan Speed*) Lengan Barat Simpang Ngasem	144
Lampiran 2.6	Kecepatan Konstan Kendaraan (*Constan Speed*) Lengan Selatan Simpang Ngasem	145
Lampiran 2.7	Kecepatan Pengereman Kendaraan (*Reduce Speed*) Lengan Utara Simpang Gandok	146

Lampiran 2.8 Kecepatan Pengereman Kendaraan (*Reduce Speed*) Lengan Timur Simpang Gandok 147
Lampiran 2.9 Kecepatan Pengereman Kendaraan (*Reduce Speed*) Lengan Selatan Simpang Gandok 148
Lampiran 2.10 Kecepatan Konstan Kendaraan (*Constan Speed*) Lengan Utara Simpang Gandok 149
Lampiran 2.11 Kecepatan Konstan Kendaraan (*Constan Speed*) Lengan Timur Simpang Gandok 150
Lampiran 2.12 Kecepatan Konstan Kendaraan (*Constan Speed*) Lengan Selatan Simpang Gandok 151
Lampiran 3.1 Alternatif 1 Simpang 1 Formulir SIG-II 152
Lampiran 3.2 Alternatif 1 Simpang 1 Formulir SIG-IV 153
Lampiran 3.3 Alternatif 1 Simpang 1 Formulir SIG-V 154
Lampiran 3.4 Alternatif 1 Simpang 2 Formulir SIG-II 155
Lampiran 3.5 Alternatif 1 Simpang 2 Formulir SIG-IV 156
Lampiran 3.6 Alternatif 1 Simpang 2 Formulir SIG-V 157
Lampiran 3.7 Alternatif 2 Simpang 1 Formulir SIG-II 158
Lampiran 3.8 Alternatif 2 Simpang 1 Formulir SIG-IV 159
Lampiran 3.9 Alternatif 2 Simpang 1 Formulir SIG-V 160
Lampiran 3.10 Alternatif 2 Simpang 2 Formulir SIG-II 161
Lampiran 3.11 Alternatif 2 Simpang 2 Formulir SIG-IV 162
Lampiran 3.12 Alternatif 2 Simpang 2 Formulir SIG-V 163
Lampiran 3.13 Alternatif 3 Simpang 1 Formulir SIG-II 164
Lampiran 3.14 Alternatif 3 Simpang 1 Formulir SIG-IV 165
Lampiran 3.15 Alternatif 3 Simpang 1 Formulir SIG-V 166
Lampiran 3.16 Alternatif 3 Simpang 2 Formulir SIG-II 167
Lampiran 3.17 Alternatif 3 Simpang 2 Formulir SIG-IV 168
Lampiran 3.18 Alternatif 3 Simpang 2 Formulir SIG-V 169
Lampiran 3.19 Alternatif 3 Simpang 1 Formulir SIG-II 170
Lampiran 3.20 Alternatif 3 Simpang 1 Formulir SIG-IV 171

Lampiran 3.21 Alternatif 3 Simpang 1 Formulir SIG-V 172
Lampiran 3.22 Alternatif 3 Simpang 2 Formulir SIG-II 173
Lampiran 3.23 Alternatif 3 Simpang 2 Formulir SIG-IV 174
Lampiran 3.24 Alternatif 3 Simpang 2 Formulir SIG-V 175

ABSTRAK

Banyak simpang di Kabupaten Sleman, Yogyakarta yang merupakan simpang sebidang dan berpotensi menimbulkan konflik lalu lintas. Diantaranya Simpang Bersinyal Ngasem dan Simpang Tak Bersinyal. Permasalahan lalu lintas yang terjadi di kedua simpang tersebut adalah belum adanya koordinasi simpang.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja Simpang Ngasem dan Simpang Gandok yang terletak di Jl. Kaliurang Km. 9, sehingga dicari solusi untuk mengurangi kemacetan dengan cara mengkoordinasikan kedua simpang. Data yang digunakan diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan pada saat jam puncak, kemudian dianalisis dan dimodelkan dengan menggunakan *software* VISSIM. Parameter yang digunakan untuk memilih solusi alternatif terbaik adalah tundaan, panjang antrean dan kecepatan.

Hasil penelitian menunjukkan Simpang Ngasem dan Simpang Gandok belum terkoordinasi. Solusi perencanaan yang dilakukan adalah alternatif 1 dengan memberikan kedua simpang waktu siklus selama 76 detik dengan metode *early cut off*, alternatif 2 selama 130 detik dengan metode *early cut off*, alternatif 3 selama 130 detik dan alternatif 4 dengan metode *early cut off* selama 72 detik. Dari hasil analisis yang dilakukan, diketahui alternatif 1 sebagai alternatif terbaik karena memberikan hasil pelayanan jalan yang terbaik dibandingkan dengan alternatif lainnya, dengan adanya penurunan panjang antrean yang signifikan pada Simpang Ngasem lengan Barat sebesar 21,69%, Selatan sebesar 86,94% dan pada Simpang Gandok lengan Utara sebesar 76,09%, Timur sebesar 29,35%, Selatan sebesar 34,97%. Nilai tundaan juga mengalami penurunan pada Simpang Ngasem lengan Barat sebesar 2,53%, Selatan sebesar 51,96% dan pada Simpang Gandok lengan Utara sebesar 2,98%. Nilai kapasitas mengalami peningkatan sebesar 80% pada Simpang Ngasem.

Kata Kunci : Simpang, Koordinasi, Sinyal, VISSIM, Tundaan.

ABSTRACT

Many intersections in Sleman *Regency,*Yogyakarta *are level crossing and has the potential for traffic conflicts, such as Ngasem Signalized Intersection and Gandok Unsignalized Intersection. Traffic conflicts that occur in two intersections are congestion.*

The purpose of this study was to find out the performance of Ngasem Intersection and Gandok Intersection which are located on Kaliurang Road Km. 9 so that solutions are sought to reduce congestion by coordinating the two intersections. The data used were obtained by direct observation on the field include traffict volume during the peak hour, and then they were analyzed and modeled using VISSIM software. The parameters used to select the best alternative solution were a delay, queue length, and speed.

The results of the study showed that Ngasem Intersection and Gandok Intersection had not been coordinated. The planning solutions that will be carried out are alternative 1 by providing cycle time for 76 seconds for both intersections with the early cut-off method, alternative 2 for 130 seconds with the early cut-off method, alternative 3 for 130 seconds and alternative 4 by providing cycle time for 72 seconds for both intersections with the early cut-off method. From the results of the analysis conducted, it was found that alternative 1 will be the best alternative because it provides the best road service results than other alternatives with the significant reduction of queue length in Ngasem Intersection of the west arm by 21.69%, south arm by 86.94%, and in Gandok Intersection of the north arm by 76.09%, east arm by 29.35%, south arm by 34.97%. The delay value also experienced a decrease in Ngasem Intersection of the west arm by 2.53%, south arm by 51.96%, and Gandok Intersection of the north arm by 2.98%. The capacity value experienced an increase of 80% in Ngasem Intersection.

Keywords : *Intersection, Coordination, Signal, VISSIM, Delay.*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu wilayah yang terletak di Tengah Selatan Pulau Jawa. Yogyakarta terkenal akan potensi wisata, budaya dan perguruan tinggi khususnya pada Kabupaten Sleman yang terus berkembang. Perkembangan yang terjadi tidak terlepas dari faktor penduduk dan aktivitas kehidupan yang selalu meningkat. Hal tersebut berpengaruh terhadap peningkatan penggunaan kendaraan yang menjadi salah satu penyebab timbulnya ketidakseimbangan antara pertumbuhan sarana (kendaraan) dengan prasarana jalan. Ketidakseimbangan tersebut merupakan masalah umum yang tidak hanya dihadapi Kota Yogyakarta.

Permasalahan yang sering terjadi biasanya berpengaruh terhadap kinerja prasarana jalan yang ada. Meningkatnya jumlah kendaraan yang tidak diiringi peningkatan prasarana jalan mengakibatkan banyaknya kemacetan di berbagai titik maupun simpang yang ada pada pusat-pusat kota. Hal tersebut juga dapat diakibatkan karena tata guna lahan yang kurang sesuai, koordinasi yang kurang tepat antar simpang, maupun pengaturan lampu lalu lintas pada simpang yang tidak sesuai dengan kebutuhannya.

Sebagian besar simpang di Kabupaten Sleman merupakan simpang sebidang yang berpotensi menimbulkan konflik lalu lintas seperti kemacetan. Untuk mengurangi atau meminimalkan konflik tersebut dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain dengan pengaturan lampu lalu lintas dan optimalisasi koordinasi antar simpang. Salah satu persimpangan yang mengalami permasalahan kemacetan lalu lintas adalah pada Simpang Bersinyal Ngasem dengan Simpang Tak Bersinyal Gandok yang lokasinya berdekatan. Tata letak kedua simpang tersebut berada pada daerah perekonomian dan pemukiman, dimana di sepanjang Jl. Kaliurang Km. 9 di sekitar kedua simpang tersebut terdapat bangunan permanen seperti toko, bengkel, rumah makan dan gudang. Berdasar tata guna lahan di lingkungan persimpangan

tersebut, lingkungan jalan tersebut tergolong pada tipe komersial. Sehingga diperlukan adanya analisis koordinasi simpang untuk dapat menyelesaikan permasalahan tersebut. Pada penelitian ini dilakukan analisis koordinasi mengenai kinerja simpang dengan menggunakan pemodelan lalu lintas dengan bantuan *software* VISSIM sehingga diharapkan dapat ditemukan alternatif solusi untuk mengurangi kemacetan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dibuat suatu rumusan masalah sebagai berikut ini.

1. Bagaimana kinerja Simpang Bersinyal Ngasem dan Simpang Tak Bersinyal Gandok pada kondisi *existing*?
2. Bagaimana kinerja simpang jika dilakukan koordinasi sinyal?
3. Bagaimana perbandingan kinerja simpang pada saat sebelum dan sesudah adanya koordinasi sinyal?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan, maka dapat diketahui tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Menganalisis kinerja Simpang Berinyal Ngasem dan Simpang Tak Bersinyal Gandok pada kondisi *existing*.
2. Melakukan analisis pemodelan koordinasi simpang dengan bantuan perangkat lunak VISSIM.
3. Melakukan perbandingan kinerja simpang pada saat sebelum dan sesudah adanya koordinasi sinyal.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. mengetahui kinerja Simpang Bersinyal Ngasem dan Simpang Tak Bersinyal Gandok pada kondisi *existing*,
2. mengetahui kinerja simpang setelah adanya koordinasi sinyal,

3. mengetahui perbedaan kinerja simpang pada saat sebelum dan sesudah adanya koordinasi sinyal.

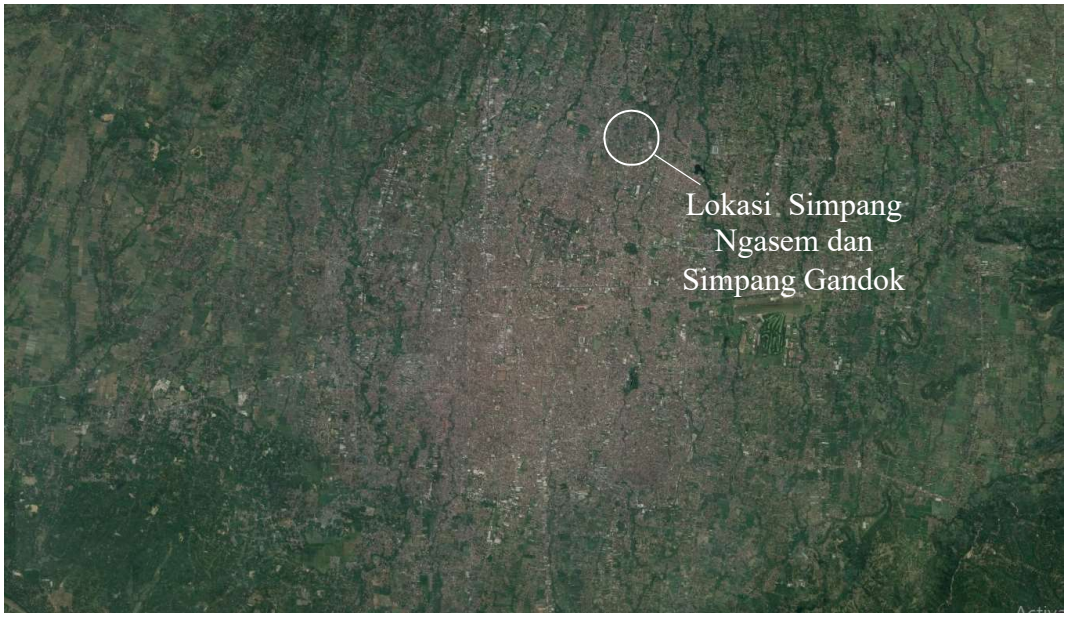
1.5 Batasan Penelitian

Batasan-batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Lokasi penelitian berada pada Simpang Bersinyal Ngasem dan Simpang Tak Bersinyal Gandok.
2. Penelitian yang dilakukan hanya berfokus pada kendaraan yang melintasi Simpang Ngasem dan Simpang Gandok.
3. Penelitian yang dilakukan tidak memperhitungkan koordinasi pada Simpang Makam yang terletak di dekat Simpang Gandok.
4. Pengambilan data lapangan dilakukan dalam kondisi tanpa adanya bantuan dari petugas pengatur jalan/simpang (Pak Ogah).
5. Kondisi geometri jalan yang merupakan kelandaian jalan tidak diperhatikan dan tidak diperhitungkan.
6. Penelitian dilakukan dengan metode observasi secara langsung.
7. Kendaraan yang ditinjau merupakan kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV) dan kendaraan sepeda motor (MC).
8. Perhitungan arus lalu lintas dilakukan pada 1 hari kerja dan 1 hari libur pada waktu puncak, yaitu pada pukul 06.00 – 09.00, 11.00 – 14.00, dan 16.00 – 19.00.
9. Penelitian yang dilakukan dalam kondisi *New Normal* akibat adanya pandemi *Covid-19*.
10. Analisis kinerja simpang dan pemodelan VISSIM.

1.6 Lokasi Penelitian

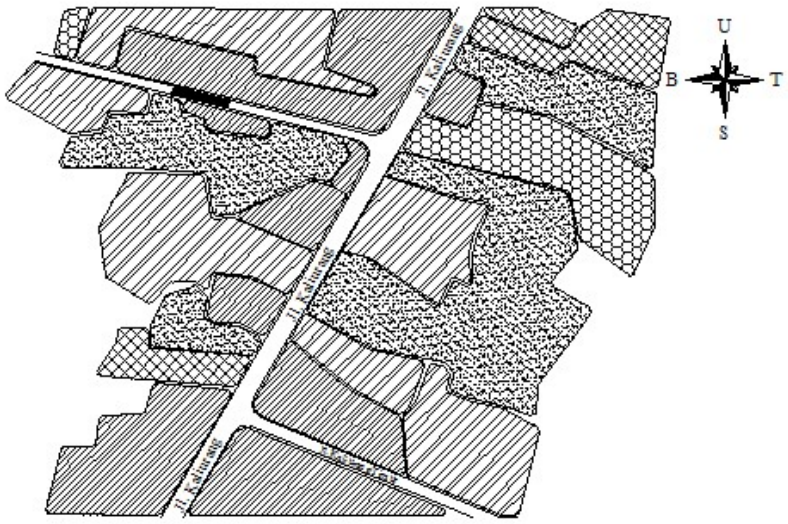
Lokasi penelitian dilakukan pada dua simpang bersinyal, yaitu pada simpang bersinyal Simpang Gandok dan Simpang Ngasem Jl. Kaliurang Km. 9 Sleman, Yogyakarta. Gambar dan denah lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1 sampai Gambar 1.3 di bawah ini.



Gambar 1.1 Peta Yogyakarta
(Sumber: *Google Maps,* 2021)



Gambar 1.2 Lokasi Simpang
(Sumber: *Google Maps,* 2021)



Keterangan:

Permukiman	Gudang
Hutan, Sawah dan Perkebunan	Hotel, Villa & *Home Stay*
Pertokoan dan Rumah Makan	Tempat Ibadah

Gambar 1.3 Denah Lokasi Penelitian

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, simpang adalah sesuatu yang memisah (membelok, bercabang, melencong dan sebagainya) dari yang lurus (induknya). Sedangkan persimpangan merupakan tempat (jalan dan sebagainya) yang berbelok atau bercabang. Menurut Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Departemen Perhubungan (1997), persimpangan adalah simpul dalam jaringan transportasi dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu, di sini arus lalu lintas mengalami konflik. Untuk mengendalikan konflik ini ditetapkan aturan lalu lintas untuk menetapkan siapa yang mempunyai hak terlebih dahulu untuk menggunakan persimpangan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Sehingga persimpangan merupakan faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan khususnya di daerah-daerah perkotaan.

Koordinasi dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, berarti perihal mengatur suatu organisasi atau kegiatan sehingga peraturan dan tindakan yang akan dilaksanakan tidak saling bertentangan atau simpangsiur. Sehingga dapat disimpulkan, koordinasi simpang merupakan kegiatan mengatur arus lalu lintas yang mengalami konflik akibat adanya pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan. Koordinasi simpang dimaksudkan untuk meningkatkan pelayanan suatu jaringan jalan, mengurangi waktu tunda dan waktu berhenti kendaraan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai koordinasi antar simpang sebelumnya sudah pernah dilakukan, sehingga dapat dijadikan sebagai referensi penelitian.

Terdapat 10 penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi, antara lain adalah sebagai berikut.

2.2.1 Rekayasa Kinerja Dua Simpang yang Berdekatan dengan Perubahan Geometrik

Syafi'ie dan Sulistianto (2005) melakukan penelitian mengenai kinerja dua simpang yang berdekatan, yaitu Simpang Ngasem dengan Simpang Gandok. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode MKJI 1997. Dari penelitian yang telah dilakukan, diketahui Simpang Gandok memiliki arus lalu lintas sebesar 3038,40 smp/jam, kapasitas sebesar 2010,83, derajat kejenuhan sebesar 1,511, tundaan sebesar 25,558 detik/jam dan peluang antrean 97-100%, sedangkan pada Simpang Ngasem memiliki arus lalu lintas sebesar 3199,7 smp/jam, kapasitas sebesar 2142,33, derajat kejenuhan sebesar 1,494, tundaan sebesar 29,13 det/smp dan peluang antrean sebesar 95-100%. Dari hasil analisis, diketahui bahwa kondisi kedua simpang tidak sesuai dengan MKJI 1997, yaitu derajat kejenuhan < 0,75, hal ini disebabkan karena arus lalu lintas jauh lebih besar dari kapasitas simpang yang ada. Untuk meningkatkan kondisi operasional simpang, digunakan 2 alternatif dari 8 alternatif yang ada. Alternatif yang dapat dilakukan diantaranya dengan pemasangan lampu lalu lintas, penggabungan kedua simpang dalam 3 fase dan pelebaran jalan Mayor menjadi 10 m, pelebaran jalan Minor (jalan masuk Dusun Gandok) menjadi 7,3 m dan jalan Minor (Jl. Kapten Haryadi) menjadi 9,7 m.

2.2.2 Analisa dan Koordinasi Sinyal Antar Simpang pada Ruas Jalan Diponegoro Surabaya

Bayasut (2010) melakukan penelitian mengenai koordinasi simpang pada keempat simpang yang berada dalam jarak 930 meter pada ruas Jalan Diponegoro, Surabaya. Data yang digunakan didapat dari survei lapangan secara langsung pada keempat simpang. Dari analisis yang dilakukan, diketahui bahwa keempat simpang belum terkoordinasi. Perencanaan yang dilakukan adalah menentukan waktu siklus baru yang sama untuk semua simpang. Dari tujuh perencanaan, didapat waktu siklus baru sebesar 130 detik. Waktu siklus semua simpang disamakan untuk mempermudah koordinasi sinyal. Dari kecepatan rencana sesuai regulasi batas maksimum kendaraan dalam kota sebesar 40 km/jam, didapatkan waktu *offset*

sebesar 84 detik untuk kedua arah. Berdasarkan diagram koordinasi didapatkan *bandwidth* sebesar 56 detik untuk arah dari Utara dan 33 detik untuk arah Selatan.

2.2.3 Analisis dan Koordinasi Simpang Kartini dan Simpang Sidodadi Semarang

Munir, dkk (2014) telah melakukan penelitian mengenai koordinasi simpang dalam jurnalnya yang membahas mengenai Koordinasi Simpang Kartini dan Simpang Sidodadi Semarang. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk memperlancar arus lalu lintas pada ruas jalan Dr. Cipto dengan cara mengkoordinasikan simpang Kartini dan simpang Sidodadi. Data yang digunakan dalam penelitian diperoleh melalui survei lapangan secara langsung pada kedua simpang pada jam puncak pagi, siang dan sore. Data yang diambil diantaranya adalah volume kendaraan yang melintasi tiap simpang, waktu sinyal, kecepatan tempuh kendaraan yang melintasi kedua simpang, panjang antrean dan geometrik simpang. Analisis yang dilakukan berpedoman pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997). Dari analisis yang dilakukan akan diperoleh kondisi *existing* yang selanjutnya akan dibandingkan dengan kondisi optimal dan kondisi skenario. Kinerja terbaik pada setiap simpang selanjutnya digunakan untuk membuat sebuah rancangan koordinasi antar kedua simpang. Hasil analisis simpang pada kondisi *existing* pada simpang Kartini menunjukkan nilai derajat kejenuhan yang masih tinggi di beberapa pendekat, nilai kendaraan henti yang besar, dan tundaan simpangnya pun masih besar. Pada perencanaan kondisi optimal memiliki kinerja yang lebih baik dari kondisi optimal dilihat dari nilai DS dan tundaan rata-rata simpang yang lebih kecil dari pada kondisi *existing*, sedangkan pada perencanaan kondisi skenario menghasilkan kinerja yang lebih buruk dari pada kondisi optimal, sehingga dalam pengoordinasian simpang bersinyal Kartini dan simpang bersinyal Sidodadi digunakan kondisi optimal untuk perancangannya. Untuk melakukan pengoordinasian antara kedua simpang bersinyal tersebut, perencanaan yang dilakukan adalah membuat waktu siklus kedua simpang memiliki nilai yang sama, pada jam puncak pagi waktu siklus diubah menjadi 82 detik, pada jam puncak siang menjadi 75 detik, dan jam puncak sore menjadi 100 detik. Dari jarak antar simpang dan kecepatan kendaraan didapatkan nilai *offset* sebesar 36 detik sedangkan *bandwidth* pada jam puncak pagi sebesar 25 detik, jam puncak siang 22 detik, dan

jam puncak sore sebesar 32 detik. Sedangkan nilai efisiensi dari koordinasi kedua simpang sebesar 30,48% untuk pagi hari, 29,33% untuk siang hari, dan 32% untuk sore hari. Diperkirakan pada jam puncak pagi pendekat utara dapat melepaskan 2238 kendaraan/jam, pada jam puncak siang sebesar 2160 kendaraan/jam, dan pada jam puncak siang sebesar 2376 kendaraan/jam. Kinerja koordinasi yang dilakukan sudah cukup baik untuk tingkat penanganan jangka waktu pendek. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa kinerja simpang yang ditinjau menjadi lebih baik dari pada kondisi *existing*.

2.2.4 Mikro simulasi *Mixed Traffic* pada Simpang Bersinyal dengan Perangkat Lunak VISSIM

Putri dan Irawan (2015) telah melakukan penelitian mengenai koordinasi simpang dalam jurnalnya yang membahas mengenai kinerja Simpang Bersinyal Tugu Yogyakarta. Penelitian yang dilakukan menggunakan *software* VISSIM untuk memodelkan dan menyimulasikan lalu lintas. Kalibrasi dilakukan secara *trial and error* dengan mengubah 7 parameter perilaku pengemudi berdasarkan teori Wiedemann 74 untuk daerah perkotaan. Data yang digunakan dalam proses kalibrasi didapatkan melalui survei *traffic counting* dengan metode *Geoffrey E. Havers* dan metode *Mean Absolute Percentage Error*. Lampu lalu lintas dioptimalisasikan menggunakan MKJI 1997 kemudian disimulasikan kembali pada VISSIM. Hasil yang diperoleh adalah berkurangnya panjang antrean hingga 39% per jam.

2.2.5 Perancangan Koordinasi Sinyal Antar Simpang di Jalan Perintis Kemerdekaan Kota Yogyakarta

Husna (2016) sebelumnya telah melakukan penelitian mengenai koordinasi sinyal antar simpang di Jl. Perintis Kemerdekaan dimana pada lokasi tersebut terdapat 3 simpang yang berada dalam jarak 730 meter yang mengakibatkan adanya tumpukan kendaraan yang ada pada tiap-tiap simpang. Dalam penelitian tersebut dilakukan analisis tundaan pada kondisi *existing* sekaligus perancangan koordinasi antar simpang dengan menggunakan pemodelan VISSIM. Adapun data yang digunakan sebagai acuan dalam analisis perencanaan waktu siklus baru sesuai teori koordinasi diperoleh dari survei secara langsung di lapangan pada periode jam

puncak dan jam lengan untuk mengetahui kondisi *existing* pada persimpangan tersebut. Dari hasil analisis tersebut, diketahui bahwa ketiga simpang pada ruas Jl. Perintis Kemerdekaan belum terkoordinasi dengan baik, sehingga dilakukan perancangan untuk menentukan waktu siklus baru yang sama untuk semua simpang. Waktu siklus ketiga simpang disamakan untuk mempermudah perancangan koordinasi sinyal.

2.2.6 Koordinasi Dua Simpang Berdekatan dengan MKJI dan Pemodelan VISSIM

Fauziah dan Raisa (2016) telah melakukan penelitian mengenai koordinasi simpang dalam jurnalnya yang membahas mengenai Kedua Simpang Kusumanegara. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi dan menganalisis kinerja kedua simpang tersebut dengan berpedoman pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) dan menggunakan pemodelan VISSIM. Berdasarkan analisa metode MKJI 1997 diketahui bahwa derajat kejenuhannya masih memenuhi kriteria, yaitu pada simpang 1 bersinyal sebesar 0,47 pada lengan barat; 0,58 pada barat lurus jalan terus; 0,713 pada lengan timur dan 0,379 pada lengan selatan, sedangkan untuk simpang 2 bersinyal, derajat kejenuhannya sebesar 0,56. Pada parameter lain menunjukkan hasil berbeda, seperti tundaan (*delay*) tertinggi dari metode MKJI sebesar 28,3 detik, sedangkan metode VISSIM sebesar 194,76 detik untuk simpang 1 dan dengan menggunakan metode VISSIM sebesar 75,62 detik untuk simpang 2 tak bersinyal. Parameter panjang antrean (*queue length*) tertinggi untuk metode MKJI terdapat pada lengan timur simpang 1 sebesar 181 meter dan untuk metode VISSIM sebesar 307,105 meter. Alternatif 1 yaitu memberikan lampu sinyal pada simpang 2, namun hasil dari alternatif ini kurang maksimal karena tidak mengurangi tundaan dan panjang antrean secara signifikan. Alternatif yang tepat untuk kedua simpang Kusumanegara adalah dengan memberikan lampu sinyal pada simpang 2 lalu mengkoordinasikan sinyal kedua simpang dengan ditambah metode *early cut off*. Alternatif ini memberikan pengaruh cukup signifikan terhadap kedua simpang berdekatan dari tingkat pelayanan ruas dan tundaan, kecepatan pengguna ruas jalan naik menjadi 46 km/jam menjadikan kriteria ruas simpang menjadi D dari E dan tundaan kedua simpang turun sebesar

15 detik/kendaraan menjadikan tingkat pelayanan kedua simpang Kusumanegara menjadi B dari E.

2.2.7 Mikro simulasi Lalu Lintas pada Simpang Tiga dengan *Software* VISSIM

Ulfah, dkk (2017) melakukan penelitian mengenai kinerja Simpang Jl. A. P. Pettarani – Jl. Let. Jend. Hertasning – Jl. Rappocini Raya, Makassar. Analisis yang dilaksanakan menggunakan mikro simulasi *software* VISSIM, kalibrasi, validasi model simpang secara *trial and error*, mempertimbangkan perilaku pengemudi, melakukan uji GEH terhadap volume kendaraan dan uji *chi-square* terhadap panjang antrean kendaraan. Dari analisis yang telah dilakukan, didapatkan hasil panjang antrean terbesar terjadi pada pendekat Jl. A P. Pettarani Selatan jalur lambat sebesar 351,33 meter dan jalur cepat sebesar 327,32 meter. Alternatif solusi untuk menghasilkan kinerja simpang yang lebih baik adalah dengan melakukan perubahan waktu siklus lampu lalu lintas.

2.2.8 Peningkatan Kinerja Simpang dengan Koordinasi Sinyal Lalu Lintas di Simpang BPK dan Badran Yogyakarta

Romadhona dan Zainuri (2019) telah melakukan penelitian mengenai koordinasi simpang dalam jurnalnya yang membahas tentang penelitian Simpang BPK dan Simpang Bandran yang lokasinya berdekatan dengan jarak 380 meter. Penelitian ini mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 96 Tahun 2015 dan menggunakan *software* VISSIM untuk menganalisis panjang antrean, perjalanan waktu tempuh dan tundaan pada kondisi *existing* dan perancangan koordinasi sinyal. Survei pengambilan data primer meliputi volume lalu lintas, geometri simpang dan kecepatan kendaraan. Dari analisis yang telah dilakukan, diketahui bahwa kedua simpang tersebut belum terkoordinasi, sehingga dilakukan dua solusi perancangan untuk melakukan koordinasi sinyal antar kedua simpang tersebut. Alternatif 1 mengoordinasikan sinyal kedua simpang tersebut dan alternatif 2 menggunakan sistem satu arah di jalan penghubung dengan tetap terkoordinasi sinyal waktunya. Digunakan alternatif 2 sebagai pilihan terbaik.

2.2.9 Evaluasi dan Koordinasi di Simpang Gamping dan Simpang Pelem Gurih dengan Menggunakan Pendekatan Mikro simulasi (*VISSIM*)

Romadhona dan Irawan (2019) telah melakukan penelitian mengenai koordinasi simpang dalam jurnalnya yang membahas tentang Simpang Gamping dan Simpang Pelem Gurih, di jalan *Ring Road* Barat. Penelitian yang dilakukan menggunakan mikro simulasi *software* VISSIM. Dari kedua alternatif yang direncanakan, digunakan alternatif kedua karena lebih mengutamakan perubahan lengan antar simpang yang menghasilkan penurunan panjang antrean yang signifikan, waktu tempuh yang lebih cepat, serta tundaan yang mengalami peningkatan sehingga kinerja pelayanan dari kedua simpang lebih bagus dari kondisi *existing*. Nilai panjang antrean menurun 45% dari 402,834 m menjadi 219,901 m, waktu tempuh menurun 72% dari 374,333 detik menjadi 104,961 detik, serta tundaan mengalami penurunan drastis sebesar 67% dari 402,116 detik menjadi 133,329 detik. Kecepatan antar rute Simpang Ngasem ke Simpang Gandok mengalami kenaikan kecepatan dari 25,169 km/jam menjadi 33,777 km/jam, tingkat pelayanan mengalami perubahan dari F menjadi E, sedangkan tingkat pelayanan rute Simpang Gandok ke Simpang Ngasem tidak mengalami perubahan.

2.3 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya

Penjelasan mengenai penelitian terdahulu yang telah disebutkan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Rekapitulasi Perbedaan Penelitian (1 dari 2)

Penulis	Endika Firman Syafi'ie dan Roni Sulistianto (2005)	Emal Zain Muzambeh Tun Bayasut (2010)	Ainun Mishbahul Munir, Fariz Hadiyanto, Bambang Riyanto dan Eko Yulipriyono (2014)	Nurjannah Haryanti Putri dan Muhammad Zudhy Irawan (2015)	Bantara Nikadisty Husna (2016)
Judul Penelitian	Rekayasa Kinerja Dua Simpang yang Berdekatan dengan Perubahan Geometrik	Analisa dan Koordinasi Sinyal Antar Simpang pada Ruas Jalan Diponegoro Surabaya	Analisis dan Koordinasi Simpang Kartini dan Simpang Sidodadi Semarang	Mikro simulasi *Mixed Traffic* pada Simpang Bersinyal dengan Perangkat Lunak VISSIM	Perancangan Koordinasi Sinyal Antar Simpang di Jalan Perintis Kemerdekaan Kota Yogyakarta
Lokasi Penelitian	Simpang Ngasem dan Jl. Kaliurang – Jalan masuk Dusun Gandok	Empat Simpang pada Ruas Jalan Diponegoro, Surabaya	Simpang Kartini dan Simpang Sidodadi Semarang	Simpang Bersinyal Tugu, Yogyakarta	Jalan Perintis Kemerdekaan, Yogyakarta
Metode	MKJI 1997	MKJI 1977	MKJI 1997	MKJI 1997 & Pemodelan VISSIM	Permodelan VISSIM
Hasil	1. Solusi alternatif yang digunakan adalah dengan pemasangan lampu lalu lintas, menggabungkan kedua simpang dalam 3 fase dan pelebaran jalan Mayor menjadi 10 meter, pelebaran jalan Minor Simpang Gandok menjadi 7,3 meter dan jalan Minor Simpang Ngasem menjadi 9,7 meter.	1. Diketahui bahwa keempat simpang belum terkoordinasi, 2. Didapatkan waktu offset sebesar 84 detik untuk kedua arah, 3. Didapatkan bandwidth sebesar 56 detik untuk arah dari Utara dan 33 detik untuk arah Selatan.	1. Kinerja kedua simpang pada kondisi *existing* menunjukkan derrajat kejenuhan yang masih tinggi di beberapa pendekat, nilai kendaraan henti yang besar dan tundaan simpang yang besar, 2. Alternatif koordinasi yang dilakukan menghasilkan niali efisiansi sebesar 30,48% untuk pagi hari, 29,33% untuk siang hari dan 32% untuk sore hari.	1. Berkurangnya panjang antrian hingga 39% per jam.	1. Ketiga simpang belum terkoordinasi dengan tundaan rata-rata sebesar 57,13 detik, waktu tempuh rata-rata sebesar 106,25 detik dan kecepatan perjalanan rata-rata 24,74 km/jam dengan tingkat pelayanan E pada periode waktu puncak, 2. Koordinasi simpang yang dilakukan menghasilkan tundaan rata-rata sebesar 26,11 detik, nilai waktu tempuh rata-rata sebesar 74,72 detik, kecepatan perjalanan rata-rata 35,3 km/jam dengan tingkat pelayanan E.

Lanjutan Tabel 2.1 Rekapitulasi Perbedaan Penelitian (2 dari 2)

Penulis	Miftahul Fauziah dan Faris Prihat Raisa (2016)	Marissa Ulfah, Sumarni Hamid Aly dan Muh. Isran Ramli (2017)	Prima Juanita Romadhona dan Muhammad Akbar Zainuri (2018)	Prima Juanita Romadhona dan Muhammad Irawan (2019)	Sheila Syifanur Rosyida (2022)
Judul Penelitian	Koordinasi Dua Simpang Berdekatan dengan MKJI dan Pemodelan VISSIM	Mikro simulasi Lalu Lintas pada Simpang Tiga dengan *Software* VISSIM	Peningkatan Kinerja Simpang dengan Koordinasi Sinyal Lalu Lintas di Simpang BPK dan Badran Yogyakarta	Evaluasi dan Koordinasi di Simpang Gamping dan Simpang Pelem Gurih dengan Menggunakan Pendekatan Mikro simulasi (*VISSIM*)	Kinerja Koordinasi Simpang dengan Menggunakan Pemodelan VISSIM
Lokasi Penelitian	Simpang Kusumanegara, Yogyakarta	Simpang Jl. A. P. Pettarani – Jl. Let. Jend. Hertasning – Jl. Rappocini Raya, Makassar	Simpang BPK – Simpang Badran, Yogyakarta	Simpang Gamping – Simpang Pelem Gurih (*Ring Road*), Yogyakarta	Simpang Bersinyal Ngasem – Simpang Tak Bersinyal Gandok Jalan Kaliurang Km. 9
Metode	MKJI 1997 & Pemodelan VISSIM	Permodelan VISSIM	Pemodelan VISSIM	Permodelan VISSIM	Pemodelan VISSIM
Hasil	1. Diketahui derajat kejenuhan kedua simpang Kusumanegara masih memenuhi kriteria MKJI 1997, 2. Alternatif yang tepat untuk kedua simpang Kusumanegara adalah dengan memberikan lampu sinyal pada simpang 2 lalu mengkoordinasikan sinyal kedua simpang dengan ditambah metode Early Cut Off sehingga kecepatan pengguna ruas jalan naik menjadi 46 km/jam (ruas simpang D) dan tundaan turun sebesar 15 detik/kendaraan (tingkat pelayanan B).	1. Didapatkan hasil panjang antrian terbesar terjadi pada pendekat Jl. A P. Pettarani Selatan jalur lambat sebesar 351,33 meter dan jalur cepat sebesar 327,32 meter, 2. Alternatif solusi untuk menghasilkan kinerja simpang yang lebih baik adalah dengan melakukan perubahan waktu siklus lampu lalu lintas.	1. Simpang belum terkoordinasi dengan nilai tingkat pelayanan di setiap lengan mencapai F, kecuali pada lengan Timur yaitu B dengan waktu tundaan selama 9,62 detik/kend, 2. Alternatif yang terbaik adalah dengan mengkoordinasikan sinyal dengan sistem satu arah pada lengan penghubung antar simpang. Hasil dari alternatif adalah penurunan panjang antrian secara signifikan (57%), waktu tempuh yang lebih cepat (73%), serta tundaan yang mengalami penurunan (73%).	1. Alternatif yang terbaik adalah dengan lebih mengutamakan perubahan lengan pada simpang karena mempengaruhi penurunan panjang antrian yang signifikan, mempercepat waktu tempuh, serta meningkatkan tundaan sehingga kinerja pelayanan dari kedua simpang tersebut lebih bagus.	

Dari Tabel 2.1 didapatkan informasi bahwa belum ada penelitian yang dilakukan pada Simpang Bersinyal Ngasem dan Simpang Tak Bersinyal Gandok pada Jalan Kaliurang mengenai koordinasi antar sinyal dan alternatif penyelesaian masalah mengenai penumpukan kendaraan yang terjadi dengan menggunakan pemodelan VISSIM.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Simpang

3.1.1 Pengertian Simpang

Simpang merupakan salah satu bagian dari sistem jaringan jalan yang mencabangkan menggabungkan, memotong maupun menyilang dari suatu arah ke 2 atau lebih arah lainnya. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu penataan atau pengaturan yang mengatur simpang agar tidak menimbulkan masalah pada sistem jaringan jalan. Simpang juga diartikan sebagai suatu area yang kritis pada suatu jalan raya yang merupakan tempat titik konflik dan tempat kemacetan karena bertemunya dua ruas jalan atau lebih (Pignataro, 1973).

Menurut Khisty (2005), persimpangan dibuat dengan tujuan untuk mengurangi potensi konflik diantara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan. Hampir semua simpang terutama di daerah perkotaan berpotensi konflik yang sangat tinggi. Untuk itu diperlukan adanya pengaturan pada daerah simpang guna menghindari dan mengurangi terjadinya konflik dan permasalahan lain yang mungkin timbul pada daerah persimpangan.

Dari beberapa pengertian mengenai simpang tersebut dapat disimpulkan bahwa simpang merupakan salah satu aspek penting lalu lintas dimana terjadi konflik antara kendaraan dengan kendaraan maupun kendaraan dengan pejalan kaki, sehingga banyak masalah yang akan timbul akibat adanya simpang. Faktor utama yang mungkin menjadi masalah pada persimpangan diantaranya adalah:

1. volume dan kapasitas jalan yang secara langsung berpengaruh pada hambatan,
2. desain geometri dan kebebasan pandang,
3. kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan serta rambu jalan,
4. parkir, akses dan pembangunan umum,
5. pejalan kaki,

6. jarak antar simpang.

3.1.2 Jenis Simpang

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Ditjen Bina Marga, 1997) pemilihan jenis simpang didasarkan pada tingkat kebutuhan lalu lintas, pertimbangan ekonomi, perilaku lalu lintas dan pertimbangan lingkungan. Pemilihan jenis simpang adalah salah satu cara untuk mengendalikan simpang. Pengendalian yang dilakukan diantaranya bertujuan untuk:

1. mengurangi atau menghindari kemungkinan terjadinya kecelakaan maupun masalah lain yang disebabkan oleh adanya titik-titik konflik,
2. menjaga agar kapasitas persimpangan dapat maksimal sesuai dengan perencanaan,
3. meminimalkan tundaan.

Dalam pengendalian simpang, simpang dibedakan menjadi 2 jenis (Morlok, 1991), yaitu:

1. Simpang Sebidang (*At Grade Intersection*)

   Merupakan persimpangan dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk persimpangan mengarahkan lalu lintas masuk ke jalan yang dapat berlawanan dengan lalu lintas lainnya.

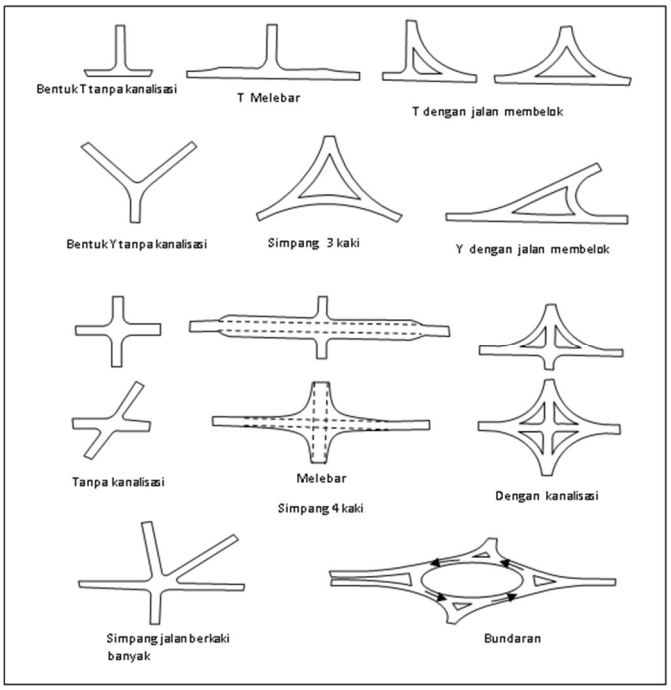
   Simpang sebidang dapat juga diartikan sebagai pertemuan antar dua atau lebih jalan raya dalam satu bidang yang mempunyai elevasi yang sama. Desain persimpangan sebidang berbentuk huruf T, huruf Y, persimpangan empat kaki, serta persimpangan berkaki banyak. Pada persimpangan sebidang, persimpangan dibedakan kembali menjadi 2 jenis sesuai dengan jenis fasilitas pengatur lalu lintas nya, yaitu:

   a. Simpang Bersinyal (*Signalized Intersection*)

      Persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatannya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir,

b. Simpang Tak Bersinyal (*Unsignalized Intersection*)

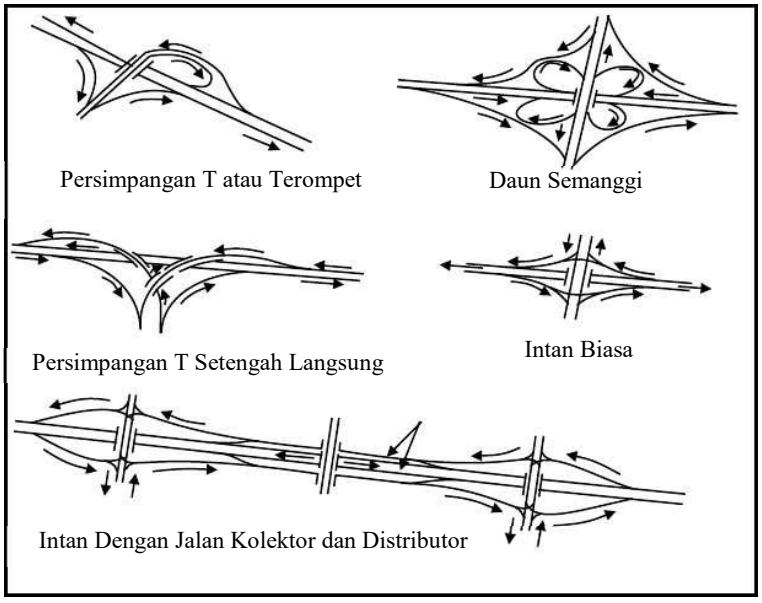
Persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintasnya dikendalikan sendiri sesuai dengan pengemudi kendaraan, atau dapat dikatakan bahwa pertemuan jalannya tidak menggunakan sinyal pada pengaturannya. Jenis persimpangan sebidang dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Jenis Persimpangan Sebidang
(Sumber: Morlok, 1991)

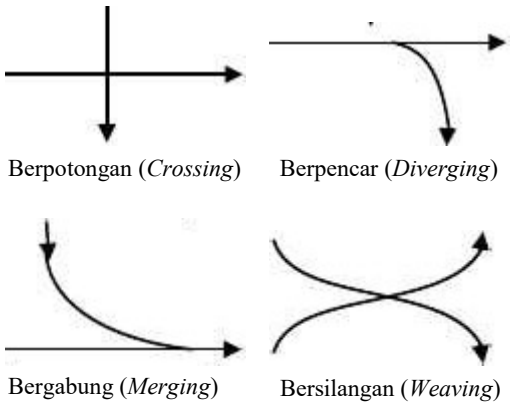
2. Simpang Tak Sebidang (*Grade Separated Intersection*)

Merupakan suatu persimpangan dimana jalan yang satu dengan jalan yang lainnya tidak saling bertemu dalam satu bidang dan mempunyai beda tinggi antara keduanya. Dapat juga diartikan sebagai pemisah lalu lintas pada jalur yang berbeda sehingga persimpangan jalur dari kendaraan-kendaraan hanya terjadi pada tempat dimana kendaraan-kendaraan memisah dari atau bergabung menjadi satu lajur gerak sama. Salah satu contoh simpang tak sebidang, yaitu jalan layang yang dimana pertemuan jalan tidak sebidang membutuhkan daerah yang luas serta penempatan dan tata letaknya sangat dipengaruhi oleh topografi. Jenis persimpangan tak sebidang dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Jenis Persimpangan Tak Sebidang
(Sumber: Morlok, 1991)

Pergerakan arus lalu lintas pada persimpangan juga membentuk suatu manuver yang menyebabkan sering terjadi konflik dan tabrakan kendaraan. Pada dasarnya manuver dari kendaraan dapat dibagi menjadi 4 jenis yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Jenis Manuver Kendaraan pada Simpang
(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1999)

3.1.3 Karakteristik Simpang

Menurut Hariyanto (2004), dalam perencanaan suatu simpang, kekurangan dan kelebihan dari simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal harus dijadikan suatu pertimbangan. Adapun karakteristik simpang bersinyal dibandingkan simpang tak bersinyal adalah sebagai berikut ini.

1. Kemungkinan terjadinya kecelakaan dapat ditekan apabila tidak terjadi pelanggaran lalu lintas.
2. Lampu lalu lintas lebih memberi aturan yang jelas pada saat melalui simpang.
3. Simpang bersinyal dapat mengurangi konflik yang terjadi pada simpang, terutama pada jam sibuk.
4. Pada saat lalu lintas sepi, simpang bersinyal menyebabkan adanya tundaan yang seharusnya tidak terjadi.

3.2 Sinyal Lalu Lintas

3.2.1 Pengertian Sinyal Lalu Lintas

Sinyal lalu lintas merupakan suatu alat berupa lampu pemberi isyarat yang dioperasikan untuk mengatur pergerakan kendaraan pada suatu simpang untuk berhenti, berhati-hati maupun berjalan. Alat pemberi isyarat tersebut terdiri dari 3, 2 atau 1 warna yang berbeda, yaitu merah, kuning dan hijau sesuai dengan fungsi dan kegunaannya masing-masing (Peraturan Menteri No. 49 Tahun 2014 tentang Alat Pemberi Insyarat Lalu Lintas). Menurut Ditjen Bina Marga (1997) penggunaan sinyal dengan lampu 3 warna yaitu hijau, kuning dan merah ditetapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Tujuan dari pemasangan lampu lalu lintas yaitu:

1. menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas yang berlawanan, sehingga kapasitas persimpangan dapat dipertahankan selama keadaan lalu lintas puncak,
2. memberikan mekanisme pengaturan lalu lintas yang lebih efektif dan murah dibandingkan dengan pengaturan dengan cara manual,
3. mempermudah menyeberangi jalan utama bagi kendaraan atau pejalan kaki dari jalan minor,
4. mengurangi angka kecelakaan lalu lintas yang mungkin timbul akibat adanya konflik pada lalu lintas.

Menurut Oglesby dan Hicks (1982) lampu lalu lintas adalah semua peralatan pengatur lalu lintas yang menggunakan tenaga listrik kecuali lampu kedip, rambu dan marka jalan untuk mengarahkan atau memperingatkan pengemudi kendaraan

bermotor, pengendara sepeda, maupun pejalan kaki. Tujuan dari adanya lampu lalu lintas adalah:

1. Mendapatkan gerakan lalu lintas yang teratur,
2. Meningkatkan kapasitas lalu lintas pada persimpangan jalan,
3. Mengurangi frekuensi kecelakaan,
4. Mengoordinasikan lalu lintas dibawah kondisi jarak sinyal yang cukup baik, sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan menerus pada kecepatan tertentu,
5. Memutuskan arus lalu lintas tinggi agar memungkinkan adanya penyeberangan kendaraan lain atau pejalan kaki,
6. Mengatur penggunaan jalur lalu lintas,
7. Sebagai pengendali pertemuan jalan pada jalan masuk menuju jalan bebas hambatan,
8. Memutuskan arus lalu lintas bagi lewatnya kendaraan darurat atau pada jembatan gerak.

Upaya yang dapat dilakukan dalam menangani belok kanan adalah dengan menggunakan fasilitas *early cut-off*, *late-start*, dan kombinasi keduanya.

1. *Early Cut-Off*

   Waktu hijau dari kaki simpang pada arah berlawanan diberhentikan beberapa saat lebih cepat untuk memberi kesempatan kendaraan belok kanan (Webster, 1996). Fasilitas ini diberikan kepada kaki persimpangan yang jumlah kendaraan belok kanan cukup besar. Adanya fasilitas *early cut-off* mengakibatkan sinyal untuk pergerakan kedua arah berlawanan tidak sama,
2. *Late Start* (*Late Release*)

   Menunda beberapa detik waktu hijau dari arah berlawanan untuk memberikan kesempatan kendaraan belok kanan. Adanya fasilitas ini mengakibatkan sinyal hijau untuk pergerakan kedua simpang tidak sama,
3. *Early Cut-Off and Late Start's Combination*

   Biasanya digunakan apabila pada kedua arah jumlah kendaraan yang belok kanan cukup besar. Biasanya *early cut-off* digunakan pada kaki simpang yang memiliki jumlah belok kanan yang lebih besar dari arah berlawanan, sedangkan

untuk kendaraan belok kanan yang jumlahnya lebih sedikit digunakan fasilitas *late start*.

3.3 Simpang Bersinyal

Penggunaan sinyal pada suatu persimpangan diharapkan dapat mendistribusikan kapasitas ke berbagai pendekat melalui pengalokasian waktu hijau pada masing-masing pendekat (Ditjen Bina Marga, 1997). Menurut Munawar (2004), pada saat arus lalu lintas sudah mulai meninggi, maka lampu lalu lintas harus dipasang. Ukuran meningginya arus lalu lintas yaitu dari waktu tunggu rata-rata kendaraan pada saat melintasi simpang. Jika waktu tunggu rata-rata tanpa lampu lalu lintas sudah lebih besar dari waktu tunggu rata-rata dengan lampu lalu lintas, maka perlu dipasang lampu lalu lintas. Persimpangan bersinyal digunakan untuk persimpangan yang memiliki volume lalu lintas kendaraan yang sedang dan mendekati padat atau jenuh.

Menurut Ditjen Bina Marga (1997) terdapat beberapa definisi umum yang berkaitan dengan permasalahan simpang bersinyal yang diantaranya adalah:

1. Kapasitas (*Capacity*)
   Arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu jala dalam kondisi tertentu (kendaraan/jam atau smp/jam),
2. Tundaan (*Delay*)
   Waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa melalui simpang (detik),
3. Panjang Antrean (*Queue Length*)
   Panjang antrean kendaraan dalam suatu pendekat (meter),
4. Antrean (*Queue*)
   Jumlah kendaraan yang antre dalam suatu pendekat (kendaraan/smp),
5. Waktu Siklus (*Cycle Time*)
   Waktu urutan lengkap dari indikasi sinyal (detik),
6. Waktu Hijau (*Green Time*)
   Waktu nyala lampu hijau dalam suatu pendekat (detik),
7. Rasio Hijau (*Green Ratio*)

Perbandingan waktu hijau dengan waktu siklus dalam suatu pendekat,

8. Waktu Merah Semua (*All Red*)
   Waktu sinyal merah menyala secara bersamaan pada semua pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang beruntun (detik),
9. Waktu Antar Hijau (*Inter Green Time*)
   Jumlah antara periode kuning dengan waktu merah antara dua fase sinyal yang beruntun (detik),
10. Waktu Hilang (*Lost Time*)
    Jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap atau beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang beruntun (detik),
11. Derajat Kejenuhan (*Degree of Saturation*)
    Rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat,
12. Arus Jenuh (*Saturation Flow*)
    Besarnya keberangkatan antrean di dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/hijau),
13. *Oversaturated*
    Suatu kondisi pada saat volume kendaraan yang melewati suatu pendekat melebihi kapasitasnya,
14. Iringan (*Platoon*)
    Kondisi lalu lintas bila kendaraan bergerak dalam antrean atau peleton dengan kecepatan yang sama karena tertahan oleh kendaraan yang di depan (pemimpin *platoon*)

Berikut merupakan langkah-langkah yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai pewaktuan sinyal yang dibutuhkan untuk suatu persimpangan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Ditjen Bina Marga, 1997).

1. Arus Lalu lintas (Q)
   Arus lalu lintas merupakan jumlah unsur lalu lintas yang melalui titik tak terganggu di hulu, pendekat per satuan waktu (Ditjen Bina Marga, 1997). Nilai yang digunakan pada arus lalu lintas dikonversikan untuk setiap pergerakan kendaraan dari satuan kendaraan per-jam menjadi satuan mobil penumpang

(smp) per-jam dengan menggunakan ekuivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekat terlindung dan terlawan sesuai dengan jenis kendaraannya yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 EMP Berdasarkan Pendekat Simpang

Tipe 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: Ditjen Bina Marga, 1997)

Perhitungan arus lalu lintas pada simpang menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$Q = Q_{LV} + Q_{HV} \times emp_{HV} + Q_{MC} \times emp_{MC} \quad (3.1)$$

dengan:

Q = Arus lalu lintas (smp/jam),

Q_{LV} = Arus lalu lintas kendaraan ringan (*Light Vehicle*) (kend/jam),

Q_{HV} = Arus lalu lintas kendaraan berat (*Heavy Vehicle*) (kend/jam),

Q_{MC} = Arus lalu lintas sepeda motor (*Motor Cycle*) (kend/jam),

emp_{HV} = Ekuivalen mobil penumpang untuk kendaraan berat,

emp_{MC} = Ekuivalen mobil penumpang untuk sepeda motor.

2. Arus Jenuh (S)

Arus jenuh merupakan besarnya keberangkatan antrean di dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau) (Ditjen Bina Marga,1997). Nilai arus jenuh dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 3.2 berikut.

$$S = S_O \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (3.2)$$

dengan:

S = Arus jenuh (smp/jam hijau),

S_O = Arus jenuh dasar (smp/jam hijau),

F_{CS} = Faktor penyesuaian kota,

F_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping,

F_G = Faktor penyesuaian kelandaian,

F_P = Faktor penyesuaian parkir,

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan,

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri.

Menurut Ditjen Bina Marga (1997), untuk pendekat terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (W_e), seperti pada Persamaan 3.3.

$$S_O = 600 \times W_e \quad (3.3)$$

Namun, menurut beberapa penelitian, konstanta yang digunakan pada MKJI yaitu 600 × W_e sudah tidak sesuai dengan kondisi perilaku pengemudi saat ini. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan Persamaan 3.4 untuk menghitung nilai arus jenuh dasar yang disarankan oleh Ahmad Munawar (2012) sebagai berikut.

$$S_O = 780 \times W_e \quad (3.4)$$

Nilai yang dihasilkan dari Persamaan 3.4 tersebut dianggap lebih mendekati dengan kondisi perilaku kendaraan saat ini.

3. Waktu Siklus (c)

Waktu siklus merupakan waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (Ditjen Bina Marga, 1998). Nilai waktu siklus dapat diketahui dengan Persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$c = \frac{(1{,}5 \times \mathrm{LTI} + 5)}{(1 - \Sigma \mathrm{FR}_{\mathrm{crit}})} \quad (3.5)$$

dengan:

c = Waktu siklus sinyal (detik),

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik),

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

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

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

Waktu siklus yang dihasilkan dari persamaan tersebut kemudian disesuaikan dengan waktu siklus yang direkomendasikan seperti pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Waktu Siklus yang Disarankan

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang Layak (detik)
Pengaturan dua-fase	40 – 80
Pengaturan tiga-fase	50 – 100
Pengaturan empat-fase	80 – 130

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

4. Waktu Hijau (g_i)

Waktu hijau merupakan waktu nyala hijau dalam suatu pendekat. Lama waktu hijau dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 3.6 berikut.

$$g_i = \frac{(c - LTI) \times FR_{crit}}{\Sigma(FR_{crit})} \quad (3.6)$$

dengan:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (detik),

c = Waktu siklus sinyal (detik),

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik),

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

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

5. Kapasitas (C)

Kapasitas merupakan arus maksimum yang dapat melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu (Ditjen Bina Marga, 1997). Kapasitas dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 3.7 berikut.

$$C = S \times \frac{g}{c} \quad (3.7)$$

dengan:

C = Kapasitas (smp/jam),

S = Arus jenuh (smp/jam),

g = Waktu hijau (detik),

c = Waktu siklus sinyal (detik).

6. Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan merupakan rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat (Ditjen Bina Marga, 1997). Nilai derajat kejenuhan dapat diketahui dengan Persamaan 3.8 berikut.

$$DS = \frac{Q}{C} \tag{3.8}$$

dengan:

DS = Derajat kejenuhan,

Q = Arus lalu lintas (smp/jam),

C = Kapasitas (smp/jam).

7. Panjang Antrean (QL)

Jumlah rata-rata antrean smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ_2). Nilai tersebut dapat diketahui dengan Persamaan 3.9 sampai 3.12 berikut.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \tag{3.9}$$

dengan:

$$NQ_1 = 0{,}25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0{,}5)}{C}}\right] \tag{3.10}$$

Jika DS > 0,5; selain dari itu $NQ_1 = 0$

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \tag{3.11}$$

dimana:

NQ_1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya,

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah,

DS = Derajat kejenuhan,

GR = Rasio hijau,

c = Waktu siklus (detik),

C = Kapasitas (smp/jam),

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

Panjang antrean (QL) diperoleh dari perkalian (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m^2) dan pembagian dengan lebar masuk.

$$QL = NQ_{max} \times \frac{20}{W_{masuk}} \quad (3.12)$$

dengan:

QL = Panjang antrean (m),

NQ_{max} = Jumlah antrean maksimum dalam smp,

W_{masuk} = Lebar masuk (m).

8. Angka Henti (NS)

Angka henti adalah jumlah berhenti rata-rata per-kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrean) sebelum melewati suatu simpang. Nilai angka henti dapat diketahui dengan Persamaan 3.13 berikut.

$$NS = 0{,}9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (3.13)$$

dengan:

NS = Angka henti,

NQ = Jumlah rata-rata antrean smp pada awal sinyal hijau,

Q = Arus lalu lintas (smp/jam),

c = Waktu siklus (detik).

9. Tundaan

Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal:

a. Tundaan Lalu lintas (DT)

Disebabkan karena adanya interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang,

b. Tundaan Geometri (DG)

Disebabkan karena adanya perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti karena lampu merah.

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dihitung dengan Persamaan 3.14 berikut.

$$D_j = DT_j + DG_j \quad (3.14)$$

dengan:

D_j = Tundaan rata-rata untuk pendekat j (detik/smp),

DT_j = Tundaan lalu lintas rata-rata untuk pendekat j (detik/smp),

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

Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat j dapat ditentukan dari Persamaan 3.15 berikut (didasarkan pada Akcelik 1988).

$$DT_j = c \times \frac{0{,}5\times(1-GR)^2}{(1-GR\times DS)} + \frac{NQ_1\times 3600}{C} \quad (3.15)$$

dengan:

DT_j = Tundaan lalu lintas rata-rata untuk pendekat j (detik/smp),

GR = Rasio hijau (g/c),

DS = Derajat Kejenuhan,

C = Kapasitas (smp/jam),

NQ_1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya.

Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat j dapat ditentukan dengan Persamaan 3.16 berikut.

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \times p_T \times 6 + (p_{sv} \times 4) \quad (3.16)$$

dengan:

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

p_{sv} = Rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat,

p_T = Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat.

Indikator penilaian kinerja simpang bersinyal dapat ditentukan berdasarkan hubungan antara volume (V) dan kapasitas (C) atau biasanya disebut sebagai derajat kejenuhan (DS). Rasio antar volume dan kapasitas pada simpang bersinyal nilainya tidak lebih dari 0,75. Strategi dalam manajemen lalu lintas perkotaan dalam menurunkan nilai DS yaitu dengan cara pengaturan dan koordinasi antar simpang lalu lintas sehingga kendaraan yang melintas pada simpang masih dapat berjalan lancar.

3.4 Simpang Tak Bersinyal

Berikut merupakan langkah-langkah yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai kapasitas untuk suatu persimpangan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Ditjen Bina Marga, 1997).

1. Nilai Kapasitas Dasar (C_0)

   Nilai kapasitas dasar ditentukan berdasarkan tipe persimpangan yang akan dijelaskan dalam Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Nilai Kapasitas Dasar

Tipe Simpang	Kapasitas Dasar (smp/jam)
322	2700
342	2900
324 atau 344	3200
422	2900
424 atau 444	3400

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

   Keterangan tipe simpang:

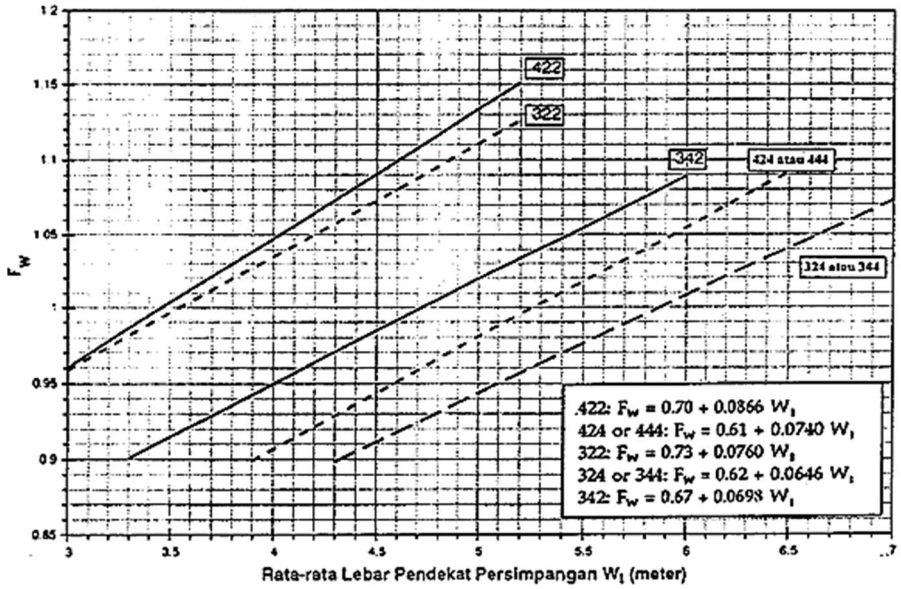
   Angka pertama mengartikan jumlah lengan pada simpang tersebut, angka kedua berarti jumlah lajur minor dan angka terakhir berarti jumlah lajur utama.

   Contoh:

   Tipe simpang 322 – berarti simpang 3 lengan dengan 2 lajur pada jalan minor dan 2 lajur pada jalan utama.

2. Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat (F_W)

   Faktor penyesuaian lebar pendekat dihitung berdasarkan variabel masukan lebar pendekat rata-rata (W_E) dan tipe persimpangan. Nilai penyesuaian lebar pendekat dapat diperoleh dari Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Penyesuaian Lebar Pendekat
(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

3. Faktor Penyesuaian Median (F_M)

   Faktor penyesuaian median hanya digunakan untuk jalan utama/mayor dengan 4 lajur. Nilai faktor penyesuaian median dapat diketahui dari Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Faktor Penyesuaian Median

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≥ 3 m	Lebar	1,20

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

4. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})

   Besarnya jumlah penduduk suatu kota akan mempengaruhi karakteristik perilaku pengguna jalan dan jumlah kendaraan yang ada. Faktor penyesuaian kota dapat diperoleh dari Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Ukuran Kota CS	Penduduk (Juta)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})
Sangat Kecil	< 0,1	0,82
Kecil	0,1 – 0,5	0,88
Sedang	0,5 – 1,0	0,94
Besar	1,0 – 3,0	1,00
Sangat Besar	> 3,0	1,05

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

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

   Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor dihitung dengan menggunakan Tabel 3.6 berikut.

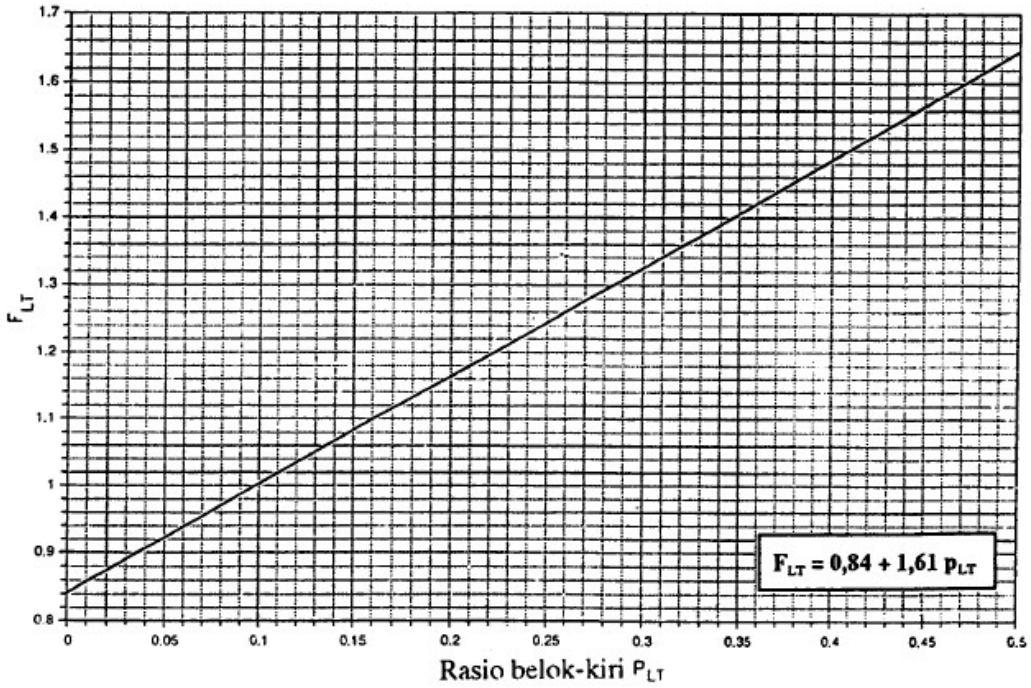
Tabel 3.6 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor

Kelas Tipe Lingkungan Jalan RE	Kelas Hambatan Samping SF	Rasio Kendaraan Tak Bermotor, ρ_{UM}					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥ 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: Ditjen Bina Marga, 1997)

6. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

   Faktor penyesuaian belok kiri merupakan koreksi dari persentase seluruh gerakan lalu lintas yang belok kiri pada persimpangan. Faktor tersebut dapat diperoleh dari Gambar 3.5 berikut.

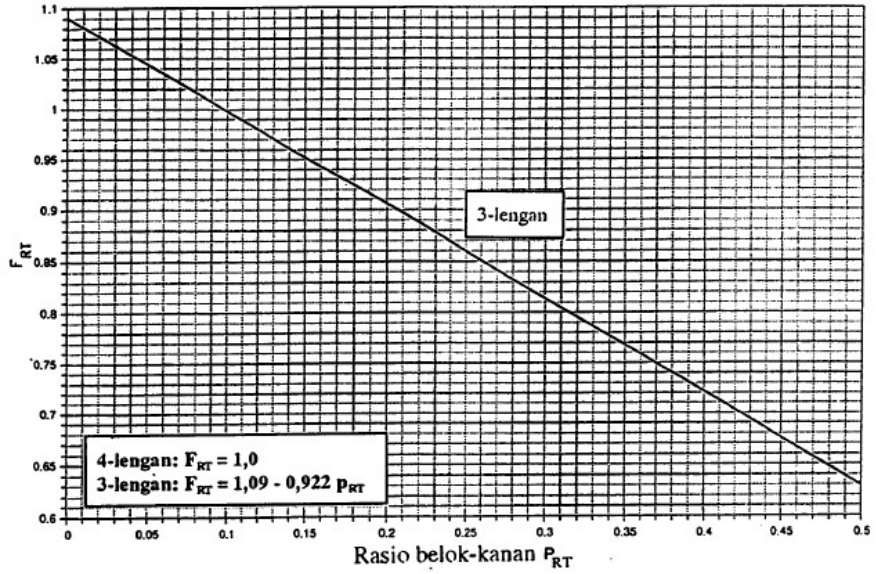


Gambar 3.5 Faktor Penyesuaian Belok Kiri

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

7. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})

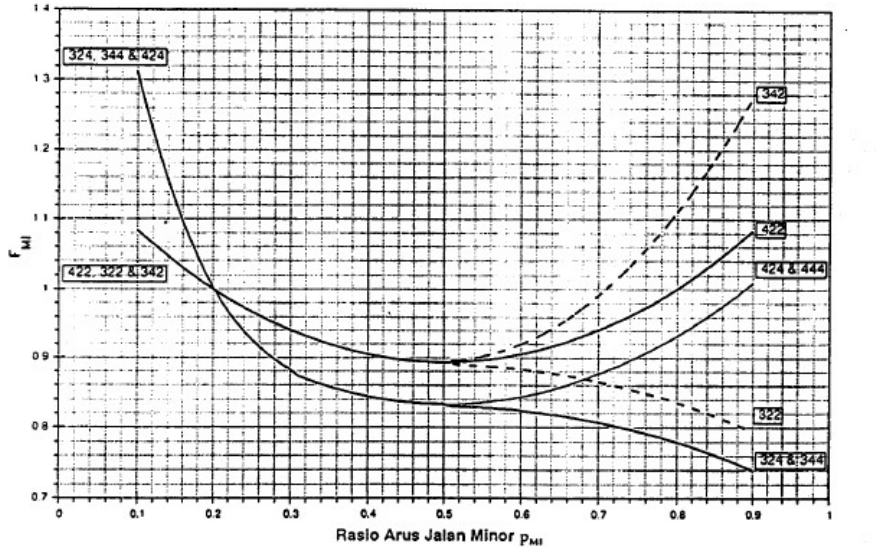
   Faktor penyesuaian belok kanan merupakan koreksi dari persentase seluruh gerakan lalu lintas yang belok kanan pada persimpangan. Faktor tersebut dapat diperoleh dari Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Faktor Penyesuaian Belok Kanan
(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

8. Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor (F_{MI})

   Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor merupakan koreksi dari persentase arus jalan minor yang datang pada persimpangan. Faktor tersebut dapat diperoleh dari Gambar 3.7 dan Tabel 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Faktor Penyesuaian Arus Jalan Minor
(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

Tabel 3.7 Faktor Penyesuaian Arus Jalan Minor

IT	F_{MI}	P_{MI}
422	$1{,}19 \times P_{MI}^2 - 1{,}19 \times P_{MI} + 1{,}19$	0,1 – 0,9
424	$16{,}6 \times P_{MI}^4 - 3{,}33 \times P_{MI}^3 + 25{,}3 \times P_{MI}^2 - 8{,}6 \times P_{MI} + 1{,}95$	0,1 – 0,3
444	$1{,}11 \times P_{MI}^2 - 1{,}11 \times P_{MI} + 1{,}11$	0,3 – 0,9
322	$1{,}19 \times P_{MI}^2 - 1{,}19 \times P_{MI} + 1{,}19$	0,1 – 0,5
	$-0{,}595 \times P_{MI}^2 + 0{,}595 \times P_{MI}^3 + 0{,}74$	0,5 – 0,9
342	$1{,}19 \times P_{MI}^2 - 1{,}19 \times P_{MI} + 1{,}19$	0,1 – 0,5
	$2{,}38 \times P_{MI}^2 - 2{,}38 \times P_{MI} + 1{,}49$	0,5 – 0,9
324	$16{,}6 \times P_{MI}^4 - 33{,}3 \times P_{MI}^3 + 25{,}3 \times P_{MI}^2 - 9{,}6 \times P_{MI} + 1{,}95$	0,1 – 0,3
344	$1{,}11 \times P_{MI}^2 - 1{,}11 \times P_{MI} + 1{,}11$	0,3 – 0,5
	$-0{,}555 \times P_{MI}^2 + 0{,}555 \times P_{MI} + 0{,}69$	0,5 – 0,9

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

9. Kapasitas (C)

Kapasitas merupakan arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (smp/jam). Nilai kapasitas dapat diketahui dengan Persamaan 3.17 berikut.

$$C = C_0 \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \quad (3.17)$$

dengan:

C = Kapasitas

C_0 = Nilai kapasitas dasar (smp/jam),

F_W = Faktor penyesuaian lebar pendekat,

F_M = Faktor penyesuaian median,

F_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota,

F_{RSU} = Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor,

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri,

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan,

F_{MI} = Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor.

3.5 Tingkat Pelayanan (*Level of Service*) Kinerja Ruas Jalan

Menurut Ditjen Bina Marga (1997) kinerja persimpangan dapat diukur dengan melihat nilai derajat kejenuhan (DS) dan membandingkannya dengan pertumbuhan lalu lintas dan umur fungsional perencanaan simpang tersebut. Jika derajat kejenuhan yang diperoleh terlalu tinggi, maka diperlukan perubahan asumsi yang terkait dengan penampang melintang jalan dan sebagainya serta perlu diadakan perhitungan ulang. Jika untuk penilaian operasional persimpangan, maka nilai derajat kejenuhan yang tinggi mengindikasikan ketidak mampuan persimpangan dalam mengatasi jumlah kendaraan yang dilewatkan. Standar untuk menentukan tingkat derajat kejenuhan (DS) dapat dilihat pada Tabel 3.8 hingga Tabel 3.10.

Tabel 3.8 Standar Derajat Kejenuhan (DS)

Tingkat Derajat Kejenuhan	Batas Nilai
Tinggi	> 0,85
Sedang	> 0,70 – 0,85
Rendah	< 0,70

Sumber: Pignataro, L.J (1973)

Tabel 3.9 Tingkat Pelayanan Simpang Tak Bersinyal

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik/smp)
A	< 5
B	5 – 10
C	11 – 20
D	21 – 30
E	31 – 45
F	> 45

Sumber: Menteri Perhubungan (2006)

Tabel 3.10 Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik/smp)
A	< 5
B	≥ 5 – 15
C	≥ 15 – 25
D	≥ 25 – 40
E	≥ 40 – 60
F	> 60

Sumber: Menteri Perhubungan (2015)

Tingkat pelayanan adalah suatu ukuran yang digunakan untuk mengetahui kualitas suatu ruas jalan tertentu dalam melayani arus lalu lintas yang melewatinya. Hubungan antara kecepatan dan volume jalan perlu diketahui karena kecepatan dan

volume merupakan aspek penting dalam menentukan tingkat pelayanan jalan. Apabila volume lalu lintas pada suatu jalan meningkat dan tidak dapat mempertahankan suatu kecepatan konstan, maka pengemudi akan mengalami kelelahan dan tidak dapat memenuhi waktu perjalanan yang direncanakan.

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan, tingkat pelayanan adalah ukuran kuantitatif dan kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional lalu lintas. Tingkat pelayanan mencangkup:

1. Rasio antara volume dengan kapasitas jalan,
2. Kecepatan yang merupakan kecepatan batas atas dan kecepatan batas bawah yang ditetapkan berdasarkan kondisi daerah,
3. Waktu perjalanan,
4. Kebebasan bergerak,
5. Keamanan,
6. Keselamatan,
7. Ketertiban,
8. Kelancaran
9. Penilaian pengemudi terhadap kondisi arus lalu lintas

Tingkat pelayanan pada ruas dapat dinilai dengan parameter seperti pada Tabel 3.11 berikut.

Tabel 3.11 Tingkat Pelayanan pada Ruas

Tingkat Pelayanan Jalan	Kecepatan Ideal (km/jam)	Karakteristik
A	≥ 80	Arus bebas, volume rendah, kecepatan tinggi (≥ 80 km/jam), pengemudi dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkan tanpa atau dengan sedikit tundaan
B	≥ 70	Arus stabil, volume lalu lintas sedang, kecepatan terbatas (≥ 70 km/jam), kepadatan lalu lintas rendah hambatan internal lalu lintas belum mempengaruhi kecepatan, pengemudi masih punya cukup kebebasan untuk memilih kecepatannya dan lajur jalan yang digunakan

Lanjutan Tabel 3.11 Tingkat Pelayanan pada Ruas

Tingkat Pelayanan Jalan	Kecepatan Ideal (km/jam)	Karakteristik
C	≥ 60	Arus stabil tetapi pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang lebih tinggi, kecepatan dipengaruhi oleh lalu lintas (≥ 60 km/jam)
D	≥ 50	Mendekati arus tidak stabil, kecepatan rendah (≥ 50 km/jam)
E	≥ 10 dan ≥ 30	Arus tidak stabil, volume mendekati kapasitas, kecepatan rendah (≥ 30 km/jam pada jalan antar kota dan ≥ 10 km/jam pada jam perkotaan)
F	< 30	Arus terhambat, kecepatan rendah (0-30 km/jam), volume di atas kapasitas, terjadi antrean

Sumber: Menteri Perhubungan (2015)

3.6 Koordinasi Simpang Bersinyal

3.6.1 Konsep Dasar Koordinasi

Dasar pendekatan dari perencanaan sistem terkoordinasi pengaturan lalu lintas sepanjang suatu jalan arteri adalah bahwa kendaraan-kendaraan yang lewat jalan tersebut akan melaju dalam bentuk iring-iringan dari satu simpang ke simpang berikutnya (Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat No. AJ401/1/7/1991). Berdasarkan kecepatan pergerakan iring-iringan tersebut, interval lampu dan lama lampu hijau menyala di satu simpang dan di simpang berikutnya dapat ditentukan.

Koordinasi sinyal antar simpang diperlukan untuk mengoptimalkan kapasitas jaringan jalan karena dengan adanya koordinasi sinyal diharapkan dapat mengurangi tundaan (*delay*) dan menghindarkan antrean kendaraan yang panjang. Sistem sinyal terkoordinasi mempunyai indikasi sebagai salah satu bentuk manajemen transportasi yang dapat memberikan keuntungan berupa efisiensi biaya operasional (Arouffy, 2002). Pengaturan koordinasi lampu lalu lintas adalah sebagai berikut:

1. Koordinasi pada Jalan Satu Arah dan Jalan Dua Arah

   Pengaturan koordinasi lampu lalu lintas yang paling mudah adalah pada suatu jalan satu arah dimana tidak ada lalu lintas yang dapat masuk ke dalam ruas jalan tersebut diantara dua persimpangan.

2. Diagram Waktu Jarak (*Time Distance Diagram*)

   Diagram waktu jarak adalah visualisasi dua dimensi dari beberapa simpang yang terkoordinasi sebagai fungsi jarak dan pola indikasi lampu lalu lintas di masing-masing simpang yang bersangkutan sebagai fungsi waktu.

3. Metode Koordinasi Lampu Lalu Lintas

   a. Pola Pengaturan Waktu Tetap (*Fixed Time Control*)

      Pola pengaturan waktu yang ditetapkan hanya satu dan tidak berubah. Pola ini paling cocok untuk kondisi jalan atau jaringan jalan yang terkoordinasi. Pola pengaturan ditetapkan berdasarkan data-data dan kondisi dari jalan atau jaringan yang bersangkutan,

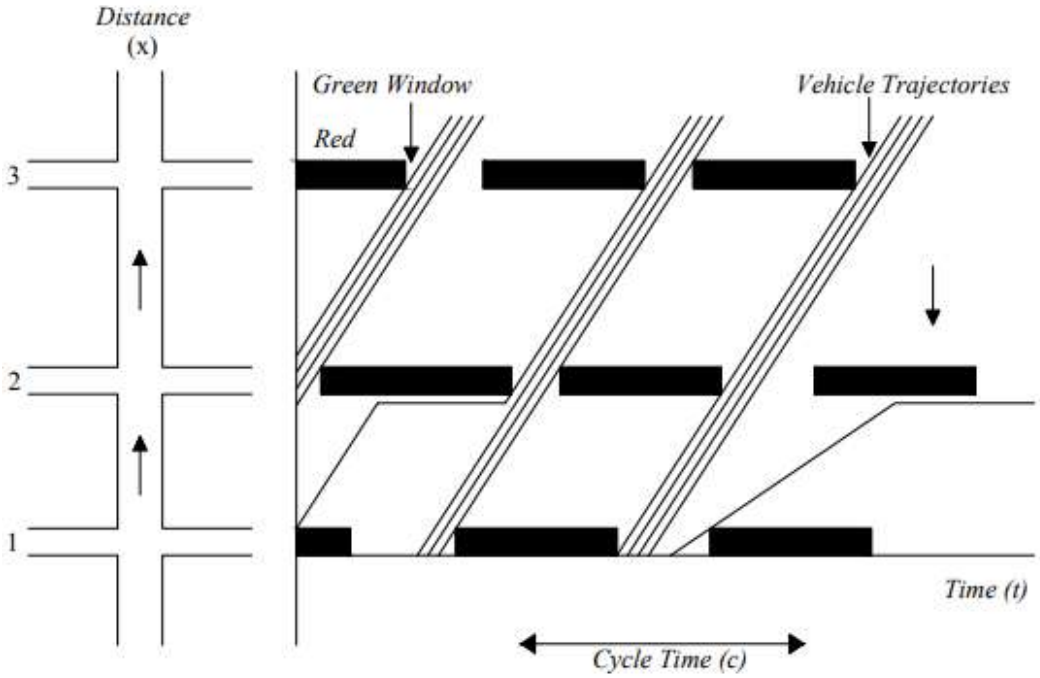
   b. Pola Pengaturan Waktu Berubah Berdasarkan Kondisi Lalu Lintas

      Pola pengaturan waktu yang ditetapkan tidak hanya satu dan dapat diubah sesuai kondisi lalu lintas yang ada. Biasanya ada 3 pola yang ditetapkan yang sudah secara umum ditetapkan berdasarkan kondisi lalu lintas sibuk pagi (*Morning Peak Condition*), kondisi lalu lintas sibuk sore (*Evening Peak Condition*) dan kondisi lalu lintas di antara kedua periode waktu tersebut (*Off Peak Condition*),

   c. Pola Pengaturan Waktu Berubah Sesuai Kondisi Lalu Lintas (*Traffic Responsive System*)

      Pola pengaturan waktu yang diterapkan dapat berubah setiap waktu sesuai dengan perkiraan kondisi lalu lintas yang ada pada waktu yang bersangkutan. Pola ini ditetapkan berdasarkan perkiraan kedatangan kendaraan yang dilakukan beberapa saat sebelum penerapannya.

Koordinasi antar simpang bersinyal merupakan salah satu jalan untuk mengurangi tundaan dan antrean. Adapun prinsip koordinasi simpang bersinyal ditunjukkan pada Gambar 3.8 di bawah.



Gambar 3.8 Konsep Koordinasi Simpang dan *Green Wave*
(Sumber: Taylor, 1996)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mengoordinasikan sinyal, yaitu:

1. Waktu siklus pada sinyal tiap simpang diusahakan sama agar mempermudah penentuan selisih nyala sinyal hijau dari simpang yang satu dengan simpang berikutnya,
2. Sebaiknya pola pengaturan simpang yang digunakan adalah *fixed time signal*, karena koordinasi sinyal yang dilakukan secara terus menerus. Sistem koordinasi sinyal dibagi menjadi empat macam, yaitu:
   a. Sistem Serentak (*Simultaneous System*) merupakan sistem dimana semua indikasi warna pada suatu koridor jalan menyala pada saat yang sama,
   b. Sistem Berganti-ganti (*Alternative System*) merupakan sistem dimana semua indikasi sinyal berganti pada waktu yang sama, tetapi sinyal atau kelompok sinyal pada simpang di dekatnya memperlihatkan warna yang berlawanan,
   c. Sistem Progresif Sederhana (*Simple Progressive System*) merupakan sistem yang berpedoman pada siklus yang umum tetapi dilengkapi dengan indikasi sinyal jalan secara terpisah,
   d. Sistem Progresif Fleksibel (*Flexible Progressive System*) merupakan sistem yang memiliki mekanisme pengendali induk yang mengatur pengendali pada

tiap sinyal. Pengendalian ini tidak hanya memberikan koordinasi yang baik diantara sinyal-sinyal tetapi juga memungkinkan panjang siklus dan pengambilan siklus pada interval di sepanjang hari.

3.6.2 Syarat Koordinasi Simpang

Pada situasi dimana terdapat beberapa simpang yang berdekatan dengan jarak yang cukup dekat, diperlukan koordinasi antar simpang agar kendaraan dapat bergerak secara efisien. Pada umumnya, kendaraan yang keluar dari suatu sinyal akan tetap mempertahankan grupnya hingga sinyal berikutnya. Jarak dimana kendaraan akan tetap mempertahankan grupnya adalah sekitar 300 meter (McShane dan Roess, 1990).

Untuk mengoordinasikan simpang, diperlukan beberapa syarat yang harus dipenuhi. Berikut merupakan syarat koordinasi simpang:

1. Jarak antar simpang yang dikoordinasikan tidak boleh lebih dari 800 meter. Jika lebih dari 800 meter maka koordinasi sinyal sudah tidak efektif,
2. Semua sinyal harus mempunyai panjang waktu siklus yang sama,
3. Umumnya digunakan pada jaringan jalan utama (arteri, kolektor) dan juga dapat digunakan untuk jaringan jalan yang berbentuk *grid*,
4. Terdapat sekelompok kendaraan (*Platoon*) sebagai akibat dari lampu lalu lintas di bagian hulu.

Fungsi sistem koordinasi simpang adalah mengikuti volume lalu lintas maksimum untuk melewati simpang tanpa berhenti dengan mulai waktu hijau (*green periods*) pada simpang berikutnya mengikuti kedatangan dari kelompok (*Platoon*). Koordinasi sinyal yang baik ditandai dengan efektifitas *Bandwidth* sebesar 40 – 50%.

3.6.3 *Offset* dan *Bandwidth*

Dalam sistem lalu lintas yang terkoordinasi, semua sinyalnya harus memiliki panjang siklus yang sama. Hal ini diperlukan untuk memastikan bahwa awal sinyal hijau terjadi pada waktu yang relatif sama pada persimpangan hulu dan hilir. Untuk mengatur koordinasi tersebut, maka diperhitungkan nilai *Offset* dan *Bandwidth*-nya.

1. *Offset* merupakan perbedaan waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal sinyal hijau pada simpang setelahnya (Papacostas, 2005). Waktu *offset* dapat dihitung melalui diagram koordinasi. Waktu *offset* juga dapat digunakan untuk memulai membentuk lintasan koordinasi.

   Offset Ideal didefinisikan sebagai *offset* yang tepat, karena ketika kendaraan pertama *platoon* baru saja tiba di sinyal hilir, sinyal hulu berubah menjadi hijau. Biasanya diasumsikan bahwa *platoon* itu bergerak saat melewati persimpangan hulu. *Offset Ideal* dapat diketahui melalui Persamaan 3.18.

$$t_{ideal} = \frac{L}{S} \tag{3.18}$$

   dengan:

   t_{ideal} = Ideal *offset*, s

   L = Jarak antara sinyal antar simpang, m

   S = Kecepatan kendaraan, m/s

2. *Bandwidth* merupakan perbedaan waktu dalam lintasan paralel sinyal hijau antara lintasan pertama dan lintasan terakhir (Papacostas, 2005). Keduanya berada pada kecepatan konstan dan merupakan *platoon* yang tidak terganggu sinyal merah sama sekali. Apabila kendaraan bergerak dengan kecepatan tertentu sehingga kendaraan dalam batas *bandwidth*, maka diharapkan kendaraan tersebut tidak mengalami tundaan akibat sinyal merah.

   Efisiensi *Bandwidth* merupakan rasio *Bandwidth* terhadap panjang siklus yang dinyatakan dalam persen. Nilai efisiensi *bandwidth* dianggap baik antara 40% hingga 55%. Nilai tersebut juga menjadi salah satu parameter koordinasi yang baik. Nilai tersebut dapat diketahui menggunakan Persamaan 3.19.

$$EFF_{BW} = \left(\frac{BW}{C}\right) \times 100\% \tag{3.19}$$

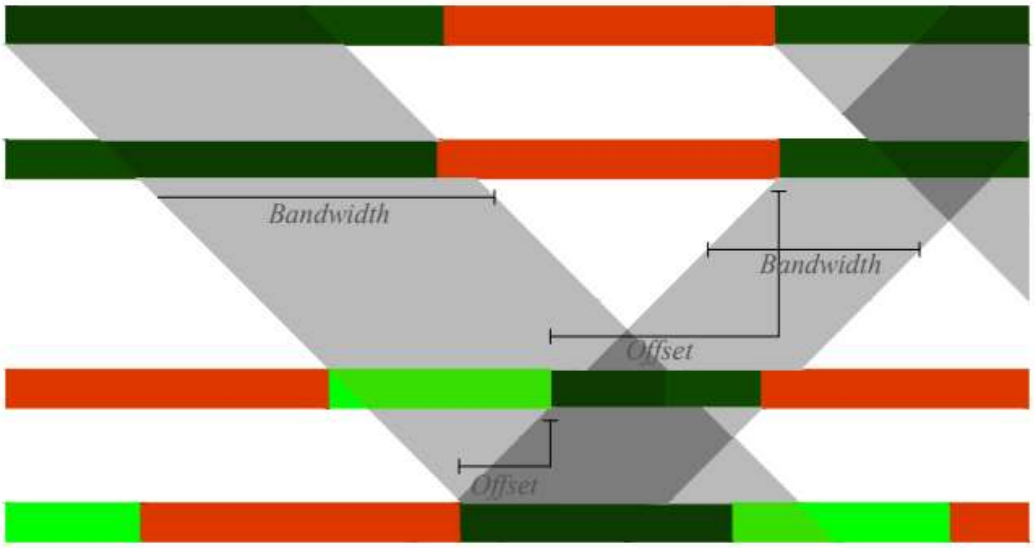
   dengan:

   EFF_{BW} = Efisiensi *Bandwidth*, %

   BW = *Bandwidth*, s

   c = Panjang siklus, s

Untuk lebih jelasnya, *offset* dan *bandwidth* dapat dilihat pada gambar diagram koordinasi simpang pada Gambar 3.9 di bawah.



Gambar 3.9 *Offset* dan *Bandwidth* dalam Diagram Koordinasi Simpang
(Sumber: Taylor, 1996)

3.6.4 Koordinasi Simpang pada Jalan Dua Arah

Mengoordinasikan simpang pada jalan dua arah lebih sulit dilakukan akibat adanya faktor-faktor berikut:

1. Jarak antar persimpangan tidak seragam,
2. Volume lalu lintas tidak sama pada kedua arah,
3. Kecepatan kendaraan mungkin berbeda pada kedua arah,
4. Adanya pemecahan/penyebaran iringan kendaraan.

3.7 VISSIM

VISSIM adalah perangkat lunak simulasi aliran mikroskopis untuk model lalu lintas perkotaan (PTV-AG, 2015). VISSIM atau "*Vekehr Stadten-SIMulationsmodell*" yang artinya "Lalu Lintas di Kota – Model Simulasi" merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh PTV (*Planing Transportasi Verkehr AG*) di Karlsruhe, Jerman yang dibuat dengan tujuan untuk mengalibrasi kondisi jalan. Pada perangkat lunak ini, setiap karakteristik kendaraan maupun pejalan kaki akan disimulasikan secara individual dalam bentuk analisis tiga dimensi. Perhitungan-perhitungan keefektifan yang beragam seperti tundaan,

kecepatan antrean, waktu tempuh dan berhenti dapat dihitung dengan perangkat lunak ini.

3.7.1 Penggunaan VISSIM pada Simulasi Lalu Lintas

Sesuai dengan fungsinya, VISSIM digunakan untuk menganalisis jaringan lalu lintas dari segala aspek yang ada. Dalam penggunaannya, VISSIM mampu memodelkan semua klasifikasi fungsi jalan mulai dari jalan raya lintas untuk sepeda motor hingga jalan raya untuk mobil. VISSIM juga bisa menyimulasikan geometri dan kondisi operasional yang mendekati realitas dalam sistem transportasi. *Input* data yang dilakukan untuk menganalisis dapat disesuaikan dengan keinginan pengguna.

3.7.2 Kalibrasi dan Validasi Data

Kalibrasi adalah proses menyesuaikan parameter untuk mendapatkan kesesuaian antara nilai simulasi dengan data yang diamati. Data lalu lintas yang digunakan sebagai pembanding dalam proses kalibrasi adalah jumlah arus lalu lintas atau volume arus di kaki-kaki simpang baik yang masuk maupun keluar dari simpang. Proses kalibrasi juga dapat dilakukan berdasarkan perilaku pengemudi di daerah yang diamati.

Validasi berkaitan dengan penentuan apakah secara konseptual model simulasi dapat mempresentasikan pemodelan secara akurat (Hellinga, 1996). Pemodelan akan valid jika data yang dihasilkan (kalibrasi) dari model tersebut mendekati hasil dari kejadian aktual dalam sistem. Proses validasi melibatkan perbandingan hasil simulasi dan data observasi yang dikumpulkan dari survei lapangan.

Proses validasi dilakukan berdasarkan jumlah volume arus lalu lintas dan Panjang antrean. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan rumus dasar *Chi-squared* atau berupa rumus statistik Geoffrey E. Havers (GEH) (Gustavsson, 2007) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Rumus GEH digunakan untuk memvalidasi volume kendaraan, sedangkan rumus MAPE (rata-rata deviasi persentase absolut) digunakan untuk memvalidasi kecepatan kendaraan dalam bentuk persentase perbedaan antara data yang sebenarnya dengan data hasil pemodelan. Rumus GEH dan MAPE memiliki ketentuan khusus dari nilai *error*

yang dihasilkan seperti pada Tabel 3.12 untuk rumus GEH dan Table 3.13 untuk rumus MAPE. Nilai validasi tersebut dapat diketahui melalui Persamaan 3.19 dan Persamaan 3.20.

$$\text{GEH} = \sqrt{\frac{(qsimulated - qobserved)^2}{0{,}5 \times (qsimulated + qobserve\ )}} \tag{3.20}$$

dengan :

$q_{simulated}$ = Data volume arus lalu lintas hasil simulasi (kendaraan/jam)

$q_{observed}$ = Data volume arus lalu lintas hasil observasi (kendaraan/jam)

Tabel 3.12 Kesimpulan dari Hasil Perhitungan GEH

GEH < 5,0	Diterima
5,0 ≤ GEH ≤ 10,0	Peringatan kemungkinan model *error* atau data buruk
GEH > 10,0	Ditolak

Sumber : Gustavsson, F. N (2007)

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{A_t - F_t}{A_t}\right| \times 100\% \tag{3.21}$$

dengan :

n = Jumlah data

A_t = Data lapangan/observasi

F_t = Data model simulasi

Tabel 3.13 Kesimpulan dari Hasil Perhitungan MAPE

MAPE < 10%	Kemampuan pemodelan sangat baik
10% ≤ MAPE ≤ 20%	Kemampuan pemodelan baik
20% ≤ MAPE ≤ 50%	Kemampuan pemodelan layak
MAPE > 50%	Kemampuan pemodelan buruk

(Sumber: Maricar, M.A, 2019)

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian dengan metode empiris deskriptif, dimana penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk menyajikan gambaran lengkap mengenai suatu *existing* secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta dan sifat populasi pada daerah tertentu. Penelitian ini berpusat pada suatu masalah dan berusaha untuk menuturkan pemecahan masalah yang sedang berlangsung berdasarkan data-data. Sehingga dalam penelitian ini menyediakan data, menganalisis data dan menginterprestasikan hasil penelitian.

4.2 Metode Pengumpulan Data

Agar dapat menganalisis koordinasi dua simpang untuk mendukung penelitian yang akan dilakukan, maka digunakan metode berupa observasi. Dimana metode ini dilakukan dengan cara survei langsung ke lapangan. Survei yang dilakukan adalah untuk mengetahui kondisi *existing* pada simpang Jl. Kapten Haryadi dan simpang Jl. Kaliurang Timur.

4.2.1 Jenis dan Sumber Data

Teknik pengambilan data menyesuaikan dengan jenis dan sumber data yang akan diambil. Jenis dan sumber data untuk penelitian adalah data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

   Data primer adalah data utama yang diperoleh dengan cara observasi atau melalui survei lapangan secara langsung pada kedua simpang yang diteliti. Beberapa data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

   a. Volume Lalu Lintas

      Volume atau arus lalu lintas yang melewati setiap lengan simpang pada waktu puncak (*Peak Hour*). Pencatatan volume disesuaikan dengan jenis atau

klasifikasi kendaraan dan arah pergerakannya. Jenis kendaraan yang diamati adalah sebagai berikut:

1) Kendaraan Ringan (LV), seperti mobil penumpang (dengan angkutan maksimum 10 orang termasuk pengemudi), Mikro Bis, Angkot, *Pick-up*, Truk Kecil,
2) Kendaraan Berat (HV), seperti Bis dan Truk,
3) Kendaraan Sepeda Motor (MC)

Data arus lalu lintas kendaraan tiap-tiap pendekat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1) Arus kendaraan lurus (ST),
2) Arus kendaraan belok kanan (RT),
3) Arus kendaraan belok kiri mengikuti *traffic light* (LT) atau belok kiri langsung (LTOR)

b. Sinyal Lalu Lintas
   1) Waktu sinyal pada tiap-tiap sinyal (hijau, *amber*, merah, *all red*) pada masing-masing pendekat,
   2) Fase sinyal
c. Kondisi Geometri Simpang

   Pengukuran geometri simpang dilakukan untuk mengetahui kondisi *existing* simpang seperti berikut:

   1) Lebar perkerasan jalan berupa lebar pendekat, lebar masuk dan lebar keluar,
   2) Pembagian dan lebar jalur (belok kiri, lurus dan belok kanan),
   3) Jarak antar simpang
d. Kecepatan

   Kecepatan kendaraan saat memasuki lengan simpang dan kecepatan kendaraan pada ruas jalan,
e. Waktu Tempuh

   Waktu tempuh yang diperlukan kendaraan untuk melewati persimpangan berdasarkan rute tertentu,

f. Perilaku Pengemudi

Tanggapan atau reaksi pengemudi terhadap kondisi simpang lalu lintas

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang berasal dari instansi yang berkaitan pada penelitian ini, yaitu dari Dinas Pehubungan Daerah Istimewa Yogyakarta. Data yang diperoleh berupa video rekaman CCTV lalu lintas di lokasi simpang yang akan diteliti untuk diolah menjadi data volume lalu lintas. Data sekunder tersebut berfungi untuk mendukung kinerja data primer.

4.2.2 Waktu Pengambilan Data

Waktu pelaksanaan survei dilakukan pada satu hari kerja dan satu hari libur, yaitu pada hari Minggu, 21 Maret 2021 dan hari Senin, 22 Maret 2021. Pada kedua hari tersebut, penelitian akan dilakukan pada waktu puncak, yaitu pada pukul 06.00 – 09.00, 11.00 – 14.00 dan 16.00 – 19.00 WIB atau dengan total 9 jam pada waktu puncak. Dalam pelaksanaan survei, terdapat kondisi tertentu yang harus dihindari, yaitu cuaca yang hujan dan cuaca tidak normal, halangan di jalan seperti perbaikan jalan dan hambatan-hambatan lainnya.

4.2.3 Lokasi Pengambilan Data

Penelitian yang akan dilaksanakan berlokasi di Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta tepatnya pada simpang Jl. Kapten Haryadi dan Simpang Jl. Kaliurang Timur yang lokasinya berdekatan. Jarak antar kedua simpang tersebut ± 200 meter. Ruas jalan terbagi menjadi 2 lajur 2 arah yang tidak dipisahkan oleh median. Lokasi pengambilan data dapat dilihat pada gambar 1.2.

4.3 Persiapan dan Pelaksanaan Survei Lapangan

4.3.1 Alat Penelitian

Dalam penelitian yang dilaksanakan, dibutuhkan alat-alat yang mendukung dalam pengumpulan data di lapangan. Alat yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Alat Tulis

Digunakan untuk mencatat data-data penelitian,

2. Lembar formulir penelitian

Digunakan untuk pencatatan data-data yang diperlukan dalam penelitian,

3. Arloji dan *Stopwatch*

   Digunakan untuk menentukan waktu mulai, selesai dan lama penelitian,

4. CCTV (*Closed-Circuit Television*)

   Digunakan untuk merekam arus lalu lintas yang melintasi kedua simpang,

5. *Hand Tally Counter*

   Digunakan untuk menghitung jumlah kendaraan,

6. *Handy Talkie*

   Digunakan untuk berkoordinasi dengan pelaksana survei antar simpang atau titik-titik lokasi penelitian,

7. *Walking Measure* (Meteran Dorong)

   Digunakan untuk mengukur geometri jalan,

8. Seperangkat alat komputer

   Digunakan untuk melakukan rekapitulasi dan analisa data hasil survei.

4.3.2 Survei Awal dan Persiapan

Survei awal dan persiapan dilakukan untuk mengetahui lokasi penelitian, khususnya kepada pelaksana survei (*Surveyor*) serta penjelasan teknis penelitian seperti pembagian tugas pencatatan dan teknis pengisian formulir.

4.3.3 Volume Lalu Lintas

Survei volume lalu lintas dilaksanakan secara tidak langsung dengan cara perekaman arus lalu lintas melalui perangkat CCTV (*Closed-Circuit Television*) yang dipasang pada setiap simpang. Pencatatan jumah arus lalu lintas dilakukan secara manual dengan pemutaran ulang rekaman CCTV dengan menggunakan bantuan alat *Handy Tally Counter*. Pencatatan kendaraan dilakukan setiap 15 menit selama 3 jam pada waktu-waktu puncak yang telah ditetapkan dan dituliskan pada lembar formulir yang telah disediakan sesuai dengan klasifikasi kendaraan yang telah ditetapkan. CCTV ditempatkan pada masing-masing simpang agar arus lalu lintas yang melewati masing-masing simpang dapat terekam sesuai dengan arus pergerakan dari masing-masing lengan simpang. Adapun perinciannya adalah sebagai berikut ini.

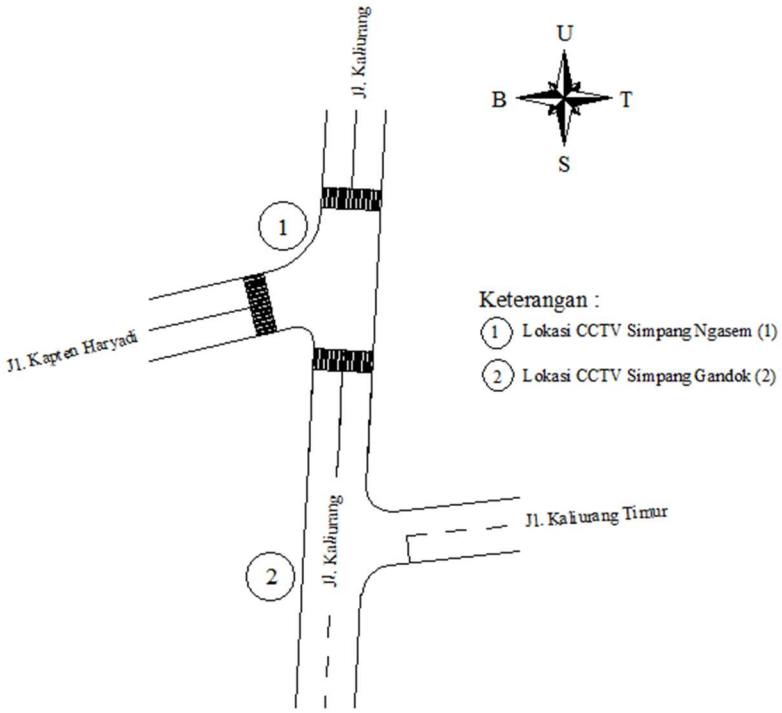
1. Simpang Ngasem

   Pada Simpang Ngasem dibutuhkan setidaknya 1 perangkat CCTV untuk merekam arus lalu lintas yang melintasi Simpang Ngasem.

2. Simpang Gandok

   Pada Simpang Gandok dibutuhkan setidaknya 1 perangkat CCTV untuk merekam arus lalu lintas yang melintasi Simpang Gandok.

Dari kedua simpang yang akan amati, jumlah perangkat CCTV untuk kedua simpang setidaknya dibutuhkan 2 buah dengan 1 buah pada tiap-tiap simpang. Berikut merupakan penempatan titik lokasi pemasangan CCTV dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Denah Lokasi Penempatan CCTV untuk Survei Volume Lalu Lintas

4.3.4 Sinyal Lalu Lintas

Survei sinyal lalu lintas dilaksanakan untuk mengetahui pengaturan waktu siklus pada simpang bersinyal. Survei dilaksanakan pada tiap-tiap simpang bersinyal dengan menggunakan alat *Stopwatch*. Data yang diambil adalah waktu siklus, waktu hijau, waktu kuning dan waktu merah.

4.3.5 Kondisi Geometri Simpang

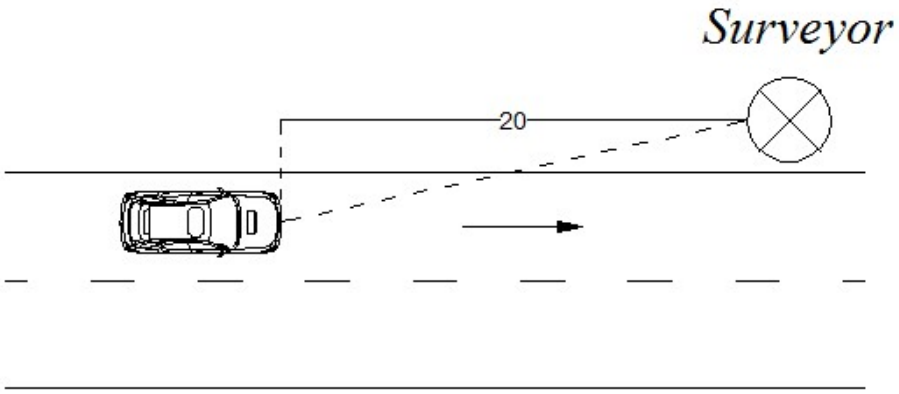
Survei geometri simpang dilaksanakan untuk mengetahui keadaan *existing* simpang dalam ukuran, bentuk dan ruang. Survei ini dilakukan dengan menggunakan alat bantu *Walking Measure*. Survei dilaksanakan pada malam hari dengan tujuan untuk mengurangi gangguan akibat adanya arus lalu lintas, sehingga dapat diperoleh hasil pengukuran yang maksimal. Data yang diperoleh dari survei geometri adalah sebagai berikut:

1. lebar lengan tiap simpang,
2. lebar pendekat,
3. lebar lajur masuk,
4. lebar lajur keluar,
5. lebar jalur (belok kiri, lurus dan belok kanan),
6. jumlah lajur,
7. Ada atau tidaknya median dan lebarnya.

Pada penelitian ini, alinyemen vertikal dan horizontal tidak digunakan dan tidak dilakukan survei untuk data tersebut.

4.3.6 Kecepatan

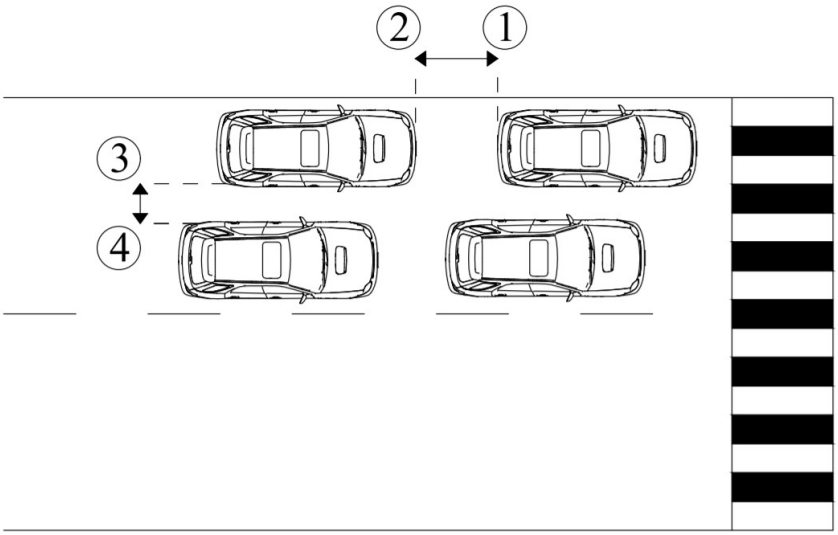
Survei kecepatan kendaraan dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu kecepatan konstan dan kecepatan kendaraan ketika mengalami perlambatan. Kecepatan konstan dihitung pada jarak kendaraan 100 – 200 meter dari panjang antrean tiap-tiap lengan simpang dan untuk survei kecepatan perlambatan dilakukan ketika kendaraan berada pada jarak 20 meter sebelum berhenti hingga kendaraan menentukan arah lurus atau belok agar perlambatan kecepatan kendaraan dapat diketahui ketika kendaraan memasuki simpang. Survei dilaksanakan sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan. Survei dilaksanakan oleh *Surveyor* pada titik-titik yang telah ditetapkan. Jumlah data sampel yang diambil yaitu 10 sampel untuk kendaraan ringan (LV), 50 sampel untuk sepeda motor (MC) dan 5 sampel untuk kendaraan berat (HV). Berikut merupakan penempatan titik lokasi penempatan *surveyor* untuk pengambilan data kecepatan kendaraan yang dapat dilihat pada gambar 4.2.



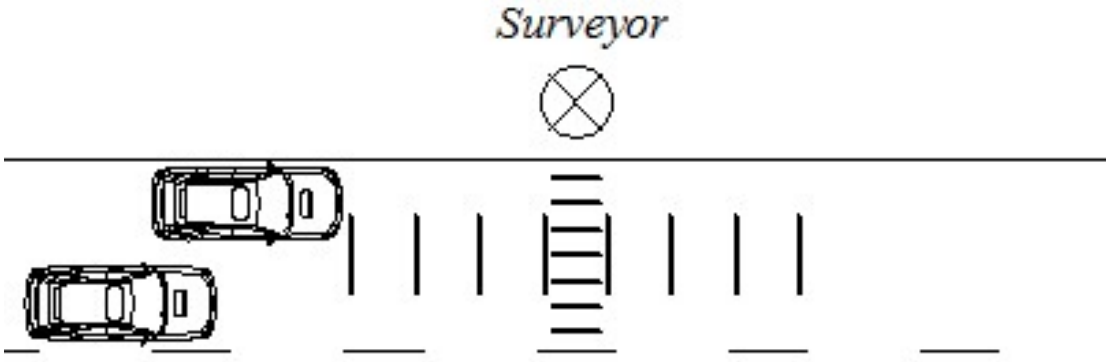
Gambar 4.2 Denah Lokasi Penempatan *Surveyor* Kecepatan Kendaraan

4.3.7 Perilaku Pengemudi

Survei perilaku pengemudi digunakan sebagai parameter untuk pemodelan lalu lintas pada *software* VISSIM. Perilaku yang diperhatikan adalah perilaku antar kendaraan pada saat posisi pengemudi berjalan maupun berhenti. Selain itu, survei dilakukan untuk mengamati perilaku kendaraan yang bergerak secara berdampingan serta jarak aman pengendara dalam keadaan bergerombol. Survei ini dilakukan secara langsung pada waktu penelitian yang telah ditentukan. Jumlah data sampel yang diambil yaitu 20 sampel pada saat kendaraan berhenti secara bersebelahan, 20 sampel pada saat kendaraan berhenti depan belakang, 20 sampel pada saat jarak kendaraan pada saat bergerak secara berdampingan dan 20 sampel pada saat jarak aman pada saat gerak secara bergerombol. Berikut merupakan penempatan titik lokasi *surveyor* untuk pengambilan data perilaku pengemudi yang dapat dilihat pada gambar 4.3 dan 4.4.



Ganbar 4.3 Denah Lokasi Penempatan *Surveyor* Perilaku Pengemudi (Bersebelahan dan Depan Belakang)



Gambar 4.4 Denah Lokasi Penempatan *Surveyor* Perilaku Pengemudi (Pada saat Bergerak)

4.4 Analisis Data

Analisis yang akan dilakukan adalah analisis pemodelan dengan menggunakan bantuan *software* VISSIM. Data yang telah diperoleh dari kegiatan survei lapangan akan direkap menggunakan *software* Microsoft Excel 2019 yang nantinya akan dilanjutkan dengan analisis berdasarkan simulasi *software* VISSIM guna mengetahui kinerja dari kedua simpang tersebut. Setelah mengetahui kinerja dari masing-masing simpang, selanjutnya kedua simpang tersebut akan

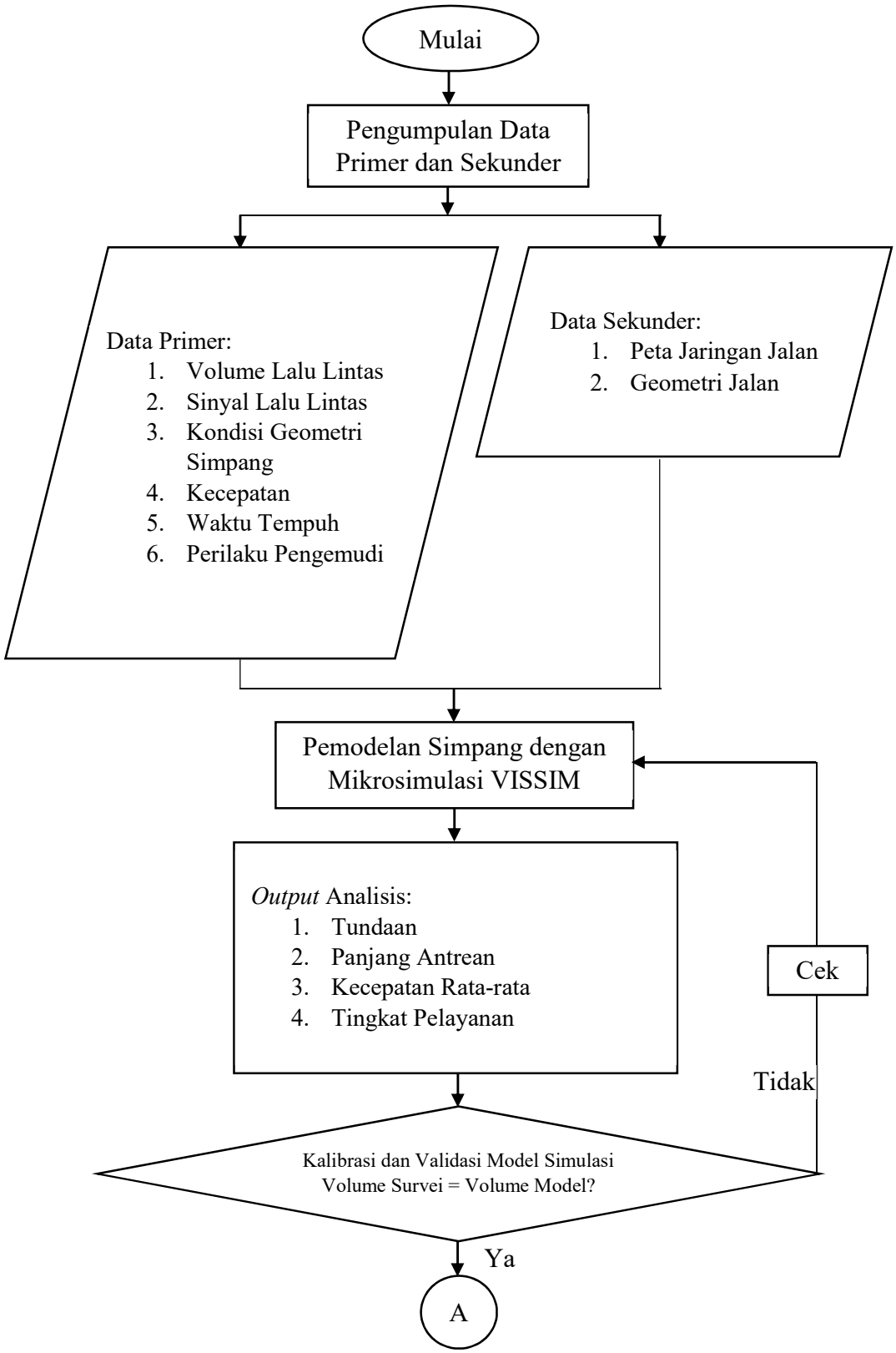
dikoordinasikan. Hasil dan kesimpulan dari analisis koordinasi kedua simpang tersebut akan ditampilkan dalam bentuk visualisasi simulasi lalu lintas. Berikut adalah urutan langkah-langkah analisis data yang dilakukan.

1. Data primer yang didapat dari survei lapangan yang telah dilakukan, akan dianalisis menggunakan bantuan *software* Microsoft Excel 2019.
2. Data sekunder berupa peta lokasi yang telah didapatkan dimasukan ke dalam *software* VISSIM guna menjadi latar belakang dan gambaran kondisi lapangan.
3. Data primer berupa jumlah kendaraan dan komposisi kendaraan dimasukan ke dalam *software* VISSIM.
4. Memilih perilaku pengemudi yang menggambarkan kondisi asli di lapangan.
5. Membuat pemodelan jaringan jalan dan mengatur pemilihan rute. Pemilihan rute dimulai dari titik awal hingga titik tujuan.
6. Membuat pemodelan sinyal lalu lintas kemudian masukkan fase sinyal yang telah didapat dari survei lapangan.
7. Setelah dilakukan input data untuk pemodelan maka kerja simpang dengan parameter volume kendaraan, tundaan, waktu tempuh dan tingkat pelayanan dapat diketahui.
8. Melakukan kalibrasi dan validasi data. Kalibrasi data adalah proses dimana komponen model simulasi disesuaikan kembali sehingga model simulasi secara akurat mewakili atau mendekati dengan yang diamati. Validasi adalah perbandingan parameter ukuran efektifitas yang diperoleh dari lapangan terhadap hasil simulasi dengan menggunakan *software* VISSIM. Metode yang digunakan untuk validasi adalah membandingkan volume lalu lintas model dengan lalu lintas lapangan. Parameter ukuran efektifitas yang diperoleh dari lapangan yaitu volume lalu lintas dibandingkan dengan volume lalu lintas simulasi dan panjang antrean di lapangan dibandingkan dengan panjang antrean hasil simulasi pada *software* VISSIM. Validasi tidak memenuhi persyaratan apabila perbandingan data di lapangan dan di simulasi mengalami simpangan melebihi 15% seperti yang direkomendasikan oleh Collins (2009). Kalibrasi dilakukan apabila ternyata hasil validasi tidak memenuhi persyaratan.

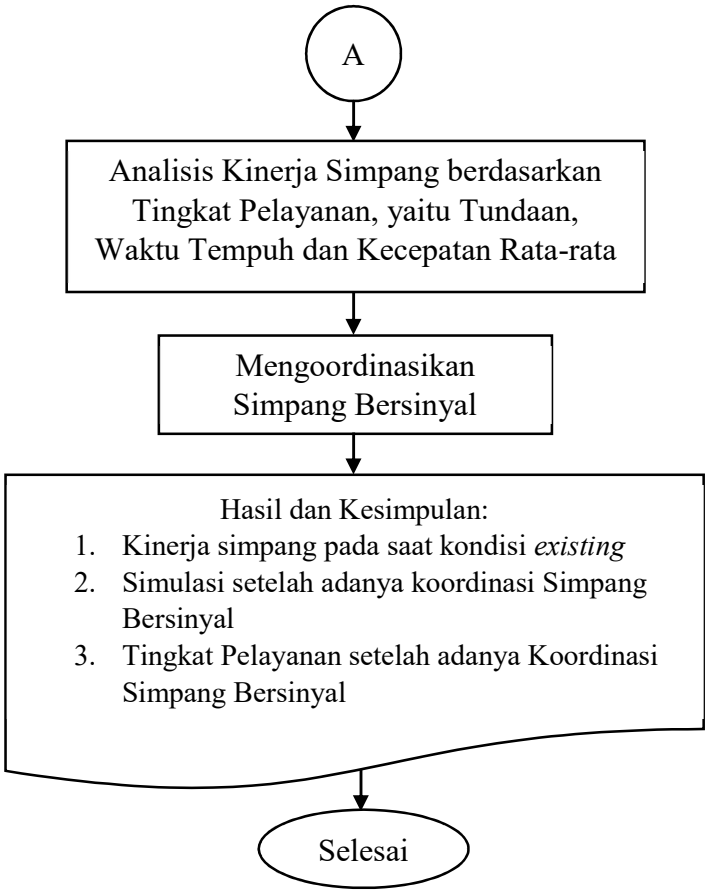
9. Melakukan analisis kinerja simpang berdasarkan parameter ukuran efektifitas yaitu tundaan, waktu tempuh dan tingkat pelayanan.
10. Memulai tahapan koordinasi sinyal antar simpang yaitu dengan merencanakan waktu siklus baru. Untuk mendapatkan waktu siklus baru, perlu dilakukan beberapa perencanaan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik kinerja simpang yang didasarkan pada waktu siklus yang berbeda-beda. Hasil perencanaan dengan kinerja terbaik akan dipilih untuk digunakan dalam mengoordinasikan simpang.
11. Mengoordinasikan sinyal antar kedua simpang. Data yang perlu diketahui sebelum mengoordinasikan sinyal semua simpang adalah waktu tempuh dari simpang hulu menuju simpang hilir dan waktu sinyal perencanaan. Waktu tempuh didapatkan dari pembagian jarak ruas jalan dengan kecepatan rencana yang telah ditentukan. Waktu tempuh ini digunakan untuk membentuk lintasan aliran iringan-iringan (*platoon*) kendaraan. Urutan langkah-langkan mengoordinasikan sinyal antar simpang adalah sebagai berikut:
    a. menyiapkan diagram ruang dan waktu untuk mengoordinasikan. Sumbu X untuk waktu dan sumbu Y untuk jarak antar simpang,
    b. membentuk lintasan dari hulu ke hilir dengan kemiringan berdasar waktu tempuh kendaraan,
    c. menyesuaikan waktu hijau pada lintasan *platoon* yang telah dibuat dengan cara menggeser secara horizontal sampai waktu hijau berada pada lintasan yang tepat,
    d. penyesuaian berlaku sama untuk semua simpang.
12. Hasil dan kesimpulan berupa simulasi pemodelan setelah dilakukan koordinasi sinyal antar simpang.

4.5 Tahapan Urutan Penelitian (*Flow Chart*)

Tahapan dan urutan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.5 sebagai berikut:



Gambar 4.5 *Flow Chart* Penelitian (1 dari 2)



Lanjutan Gambar 4.5 *Flow Chart* Penelitian (2 dari 2)

Dari *flowchart* yang tertera pada Gambar 4.6, tahapan pekerjaan adalah sebagai berikut ini.

1. Mengumpulkan data primer maupun sekunder dengan metode survei lapangan secara langsung.
2. Melakukan analisis data untuk pemodelan simpang dengan Mikro simulasi VISSIM.
3. Melakukan proses kalibrasi dan validasi. Proses kalibrasi dilakukan pada komponen *Driving Behavior* dengan memasukkan data hasil survei dan proses validasi dilakukan dengan menggunakan metode GEH dengan nilai GEH < 5 untuk memvalidasi hasil volume dan metode MAPE dengan selisih persentase < 20% untuk memvalidasi hasil kecepatan pada pemodelan.

4. Mendapatkan hasil analisis kinerja simpang kondisi *existing* yaitu Tundaan, Panjang Antrean, Kecepatan Rata-rata dan Tingkat Pelayanan.
5. Melakukan koordinasi sinyal antar Simpang Ngasem dan Simpang Gandok.
6. Mendapatkan hasil analisis berupa kinerja simpang pada saat kondisi *existing*, kondisi simpang setelah adanya koordinasi sinyal pada kedua simpang tersebut, dan mengetahui perbedaan kondisi simpang pada saat sebelum dan sesudah adanya koordinasi sinyal.

BAB V
DATA, ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data

Proses analisis yang dilakukan menggunakan data sekunder dan primer yang diperoleh dari penelitian sebelumnya. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari Dinas Perhubungan, sedangkan data primer merupakan data riil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan secara langsung di lapangan. Data yang digunakan dalam analisis merupakan data lokasi Simpang Ngasem dan Simpang Gandok.

5.1.1 Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data rekaman CCTV arus lalu lintas pada Simpang Ngasem yang didapatkan dari Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta.

5.1.2 Data Primer

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas beberapa bagian, diantaranya adalah data volume lalu lintas, sinyal lalu lintas, kondisi geometri simpang, kecepatan kendaraan, waktu tempuh kendaraan dan perilaku pengemudi.

1. Data Volume Lalu Lintas

   Data volume lalu lintas didapat dari perhitungan kendaraan melalui pemutaran ulang rekaman CCTV arus lalu lintas pada kedua simpang sesuai dengan waktu penelitian yang telah ditetapkan. Waktu penelitian dilaksanakan selama 9 jam dalam 1 hari pada jam 07.00–10.00, 11.00–14.00 dan 16.00–19.00 WIB dengan pencatatan volume kendaraan setiap 15 menit. Waktu pelaksanaan penelitian pagi hari yang seharusnya dilaksanakan pada pukul 06.00–09.00 WIB diundur selama 1 jam, menjadi pukul 07.00–10.00 WIB dikarenakan adanya masalah cuaca yang tidak normal (hujan). Data hasil penelitian volume lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Data Volume Kendaraan Simpang Ngasem

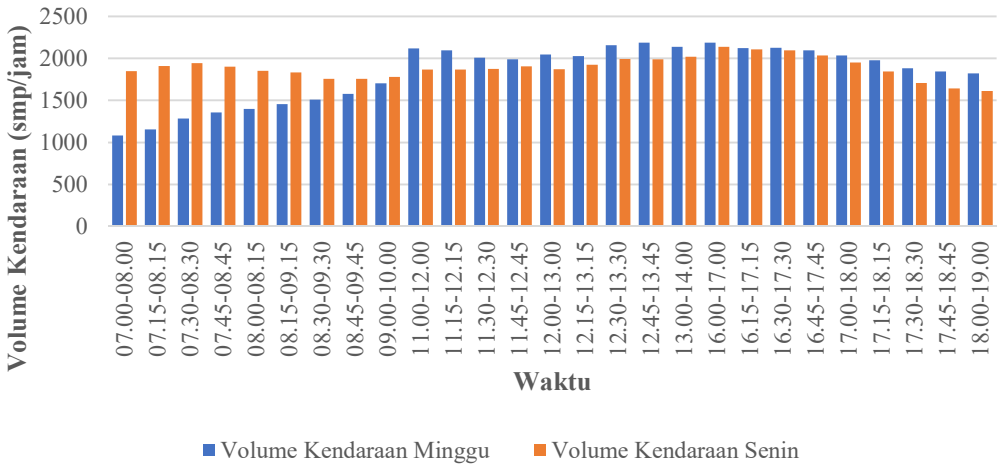
Waktu	Total	
	smp/Jam (Minggu)	smp/Jam (Senin)
Periode Pagi		
07.00-08.00	1081	1847
07.15-08.15	1156	1910
07.30-08.30	1283	1943
07.45-08.45	1358	1901
08.00-08.15	1399	1853
08.15-09.15	1457	1832
08.30-09.30	1508	1755
08.45-09.45	1577	1755
09.00-10.00	1704	1780
Periode Siang		
11.00-12.00	2119	1867
11.15-12.15	2095	1867
11.30-12.30	2007	1876
11.45-12.45	1989	1906
12.00-13.00	2045	1872
12.15-13.15	2026	1925
12.30-13.30	2155	1992
12.45-13.45	2185	1988
13.00-14.00	2137	2020
Periode Sore		
16.00-17.00	2186	2136
16.15-17.15	2121	2105
16.30-17.30	2125	2094
16.45-17.45	2096	2034
17.00-18.00	2033	1949
17.15-18.15	1978	1844
17.30-18.30	1883	1707
17.45-18.45	1842	1643
18.00-19.00	1822	1610

Tabel 5.2 Data Volume Kendaraan Simpang Gandok

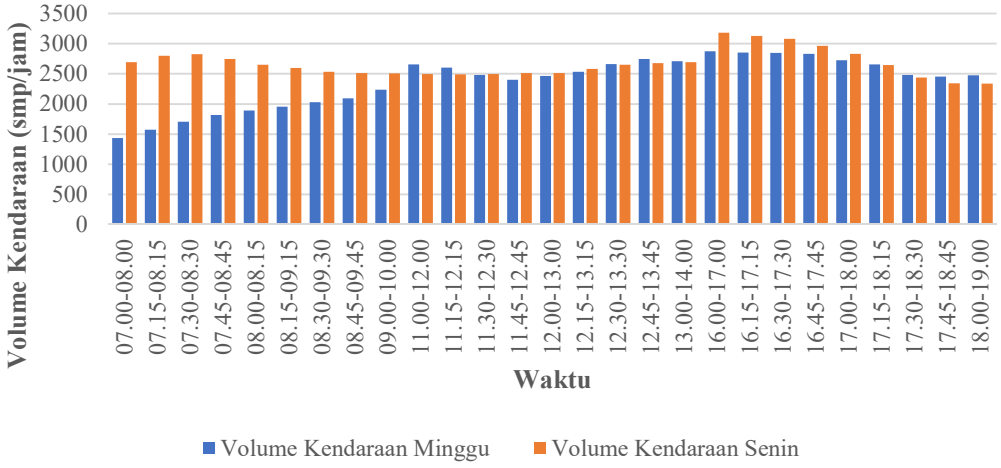
Waktu	Total	
	smp/Jam (Minggu)	smp/Jam (Senin)
Periode Pagi		
07.00-08.00	1434	2691
07.15-08.15	1574	2800
07.30-08.30	1706	2825
07.45-08.45	1819	2744
08.00-08.15	1890	2648
08.15-09.15	1953	2596
08.30-09.30	2030	2534
08.45-09.45	2092	2515
09.00-10.00	2235	2508
Periode Siang		
11.00-12.00	2655	2495
11.15-12.15	2605	2491
11.30-12.30	2480	2495
11.45-12.45	2399	2515
12.00-13.00	2463	2512
12.15-13.15	2536	2583
12.30-13.30	2663	2653
12.45-13.45	2747	2676
13.00-14.00	2708	2693
Periode Sore		
16.00-17.00	2875	3183
16.15-17.15	2850	3126
16.30-17.30	2849	3080
16.45-17.45	2831	2961
17.00-18.00	2726	2829
17.15-18.15	2655	2647
17.30-18.30	2482	2439
17.45-18.45	2452	2345
18.00-19.00	2475	2335

Dari data volume lalu lintas di atas, diperoleh jam puncak pada kedua simpang yaitu pada hari Senin, 22 Maret 2021 pukul 16.00-17.00 WIB dengan volume lalu lintas sebesar 3183 smp/jam pada simpang Gandok dan pada waktu yang

sama terdapat 2136 smp/jam pada simpang Ngasem. Berikut merupakan grafik volume lalu lintas total yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2.

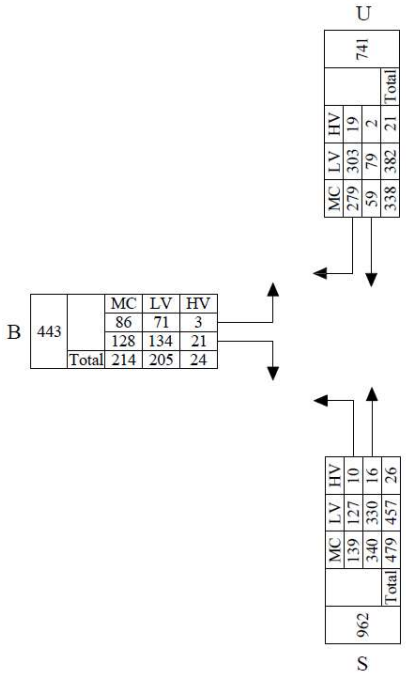


Gambar 5.1 Volume Lalu Lintas Simpang Ngasem dalam satuan smp/jam

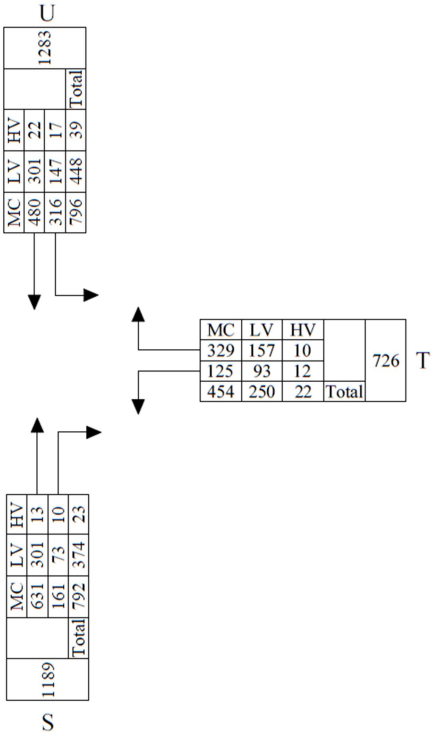


Gambar 5.2 Volume Lalu Lintas Simpang Gandok dalam satuan smp/jam

Distribusi pergerakan arus lalu lintas (smp/jam) per arah pada periode jam puncak Simpang Ngasem dan Simpang Gandok dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan 5.4 berikut.



Gambar 5.3 Distribusi Volume Kendaraan (smp/jam) Jam Puncak pada Kondisi *Existing* Simpang Ngasem



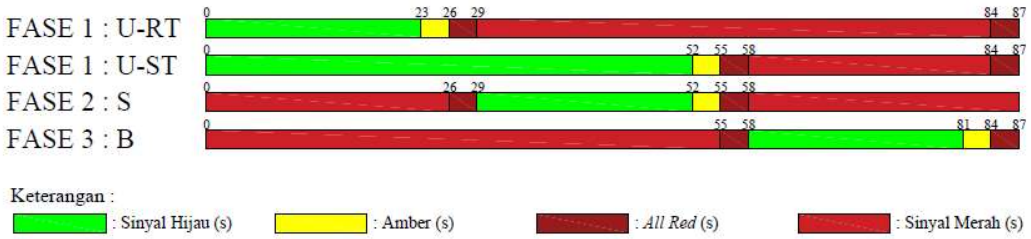
Gambar 5.4 Distribusi Volume Kendaraan (smp/jam) Jam Puncak pada Kondisi *Existing* Simpang Gandok

2. Data Waktu Sinyal Lalu Lintas

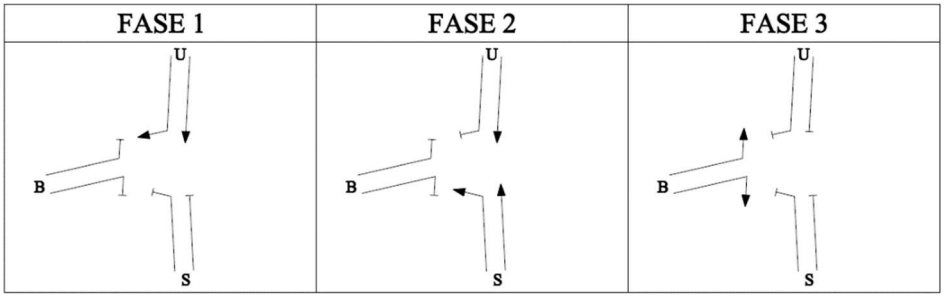
Data waktu sinyal lalu lintas hanya terdapat pada Simpang Ngasem. Data berupa lama waktu hijau, kuning, merah, dan *all red* yang didapatkan dengan menggunakan *stopwatch*. Data waktu sinyal dan fase lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 5.3, Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 berikut.

Tabel 5.3 Data Waktu Sinyal Lalu Lintas Simpang Ngasem

Pendekat	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	Kuning	Merah	*All Red*	
Utara (Kanan)	23	3	58	3	87
Utara (Lurus)	52	3	29	3	87
Selatan	23	3	58	3	87
Barat	23	3	58	3	87



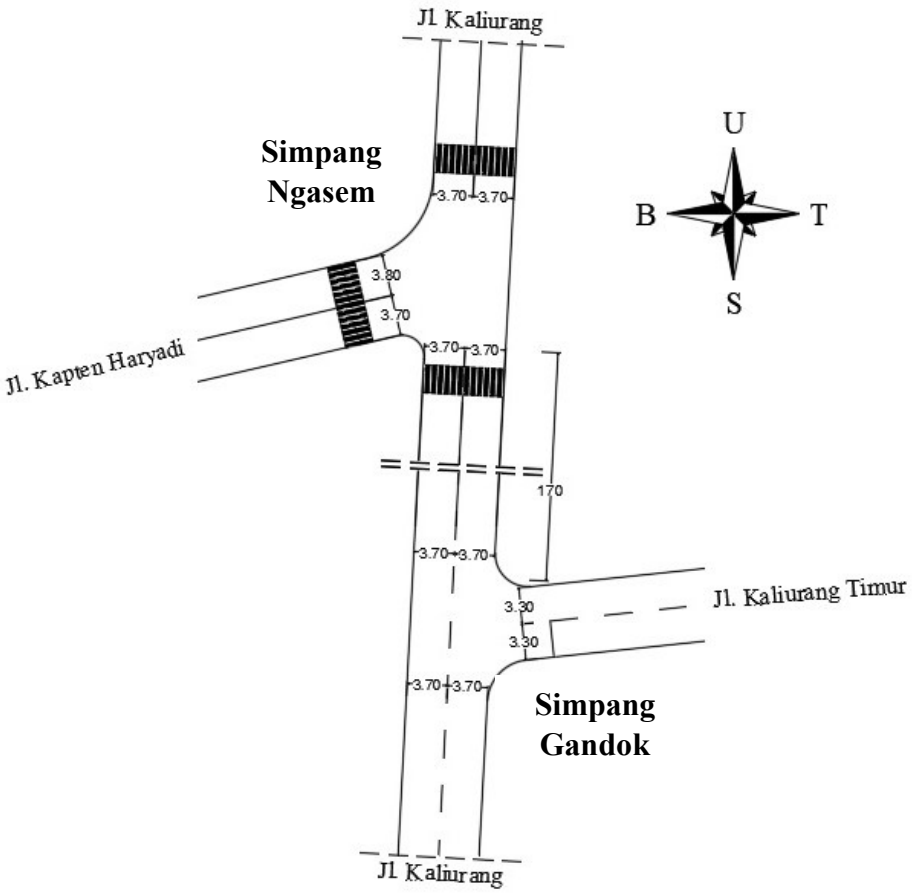
Gambar 5.5 Diagram Sinyal Lalu Lintas Simpang Ngasem



Gambar 5.6 Fase Sinyal Lalu Lintas Simpang Ngasem

3. Kondisi Geometri Simpang

Kondisi geometri simpang yang diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan dapat dilihat seperti pada Gambar 5.7 dan Tabel 5.4 berikut.



Gambar 5.7 Geometri Simpang

Tabel 5.4 Geometri Simpang

Data yang diperoleh	Simpang Ngasem (m)			Simpang Gandok (m)		
	Lengan					
	Utara	Barat	Selatan	Utara	Timur	Selatan
Lebar Pendekat	4,7	3,8	6	4,7	3,3	6
Lebar Masuk	4,7	3,8	6	4,7	3,3	6
Lebar Keluar	4,7	4,7	6	4,7	6	6
Jarak Antar Simpang	170					

4. Data Kecepatan Kendaraan

Data kecepatan didapatkan dari pengambilan data langsung di lapangan dengan menggunakan alat *Radar Speed Gun* di setiap lengan simpang. Data kecepatan dibagi menjadi 2 jenis, yaitu kecepatan pengereman (*Reduce Speed*) dan

kecepatan konstan (*Constan Speed*). Kecepatan pengereman diambil pada jarak 20 meter dari tiap-tiap pendekat simpang dan kecepatan konstan diambil pada jarak 130-200 meter dari simpang. Sampel kendaraan yang diambil terdiri dari 50 sepeda motor (MC), 10 kendaraan ringan (LV) dan 5 kendaraan berat (HV) untuk masing-masing jenis kecepatan dan pendekat. Data kecepatan kendaraan pada waktu puncak (Senin, 22 Maret 2021 sore hari) dapat dilihat pada Tabel 5.5 hingga 5.8 berikut.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Kecepatan Konstan pada Simpang Ngasem

Simpang Ngasem (km/jam)						
Lengan	Utara		Barat		Selatan	
Kecepatan	Min	Max	Min	Max	Min	Max
MC	29	67	19	55	26	49
LV	31	62	24	42	20	38
HV	33	38	27	32	21	25

Tabel 5.6 Rekapitulasi Kecepatan Konstan pada Simpang Gandok

Simpang Gandok (km/jam)						
Lengan	Utara		Timur		Selatan	
Kecepatan	Min	Max	Min	Max	Min	Max
MC	23	54	16	36	26	59
LV	24	54	23	29	25	51
HV	29	36	21	24	26	30

Tabel 5.7 Rekapitulasi Kecepatan Pengereman pada Simpang Ngasem

Simpang Ngasem (km/jam)						
Lengan	Utara		Barat		Selatan	
Kecepatan	Min	Max	Min	Max	Min	Max
MC	21	34	21	36	18	37
LV	20	29	19	29	18	27
HV	18	25	16	24	18	24

Tabel 5.8 Rekapitulasi Kecepatan Pengereman pada Simpang Gandok

Simpang Gandok (km/jam)						
Lengan	Utara		Timur		Selatan	
Kecepatan	Min	Max	Min	Max	Min	Max
MC	21	38	19	39	23	36
LV	18	28	19	27	23	31
HV	21	24	18	23	21	25

5. Data Perilaku Pengemudi

Data perilaku pengemudi merupakan salah satu parameter utama dalam VISSIM untuk menggambarkan kondisi asli pengendara di lapangan. Data yang diambil diantaranya adalah jarak kendaraan berhenti secara bersebelahan dan depan-belakang, serta jarak kendaraan berjalan secara bersebelahan dan depan-belakang. Data yang diambil berjumlah 20 sampel untuk masing-masing jaraknya. Data perilaku pengemudi dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Data Perilaku Pengemudi

Sampel	Jarak Depan-Belakang Kendaraan Berjalan (meter)	Jarak Depan-Belakang Kendaraan Berhenti (meter)	Jarak Bersampingan Kendaraan Berjalan (meter)	Jarak Bersampingan Kendaraan Berhenti (meter)
1	0,7	0,3	1	0,5
2	0,3	0,4	0,7	0,4
3	0,5	0,5	1,5	0,3
4	0,5	0,5	0,5	0,7
5	0,4	0,8	0,5	0,4
6	0,7	1	0,7	0,5
7	0,3	0,3	0,7	0,7
8	0,5	0,5	0,5	0,5
9	0,4	0,4	0,6	0,4
10	1,2	0,3	0,7	0,3
11	0,4	0,4	0,5	0,4
12	0,5	0,8	1	0,5
13	0,5	0,5	1,5	0,3
14	1	0,4	0,7	0,4
15	0,5	0,8	1,3	0,4
16	0,3	0,4	0,5	0,3
17	0,4	0,5	0,5	0,3
18	0,4	0,5	0,6	0,5
19	0,5	1	0,5	0,4
20	0,7	0,3	0,5	0,5
Rata-Rata	0,5	0,5	0,7	0,4

5.2 Analisis

Pada penelitian ini, kondisi *exixting* kedua simpang dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak VISSIM untuk dapat diketahui kinerjanya. Analisis

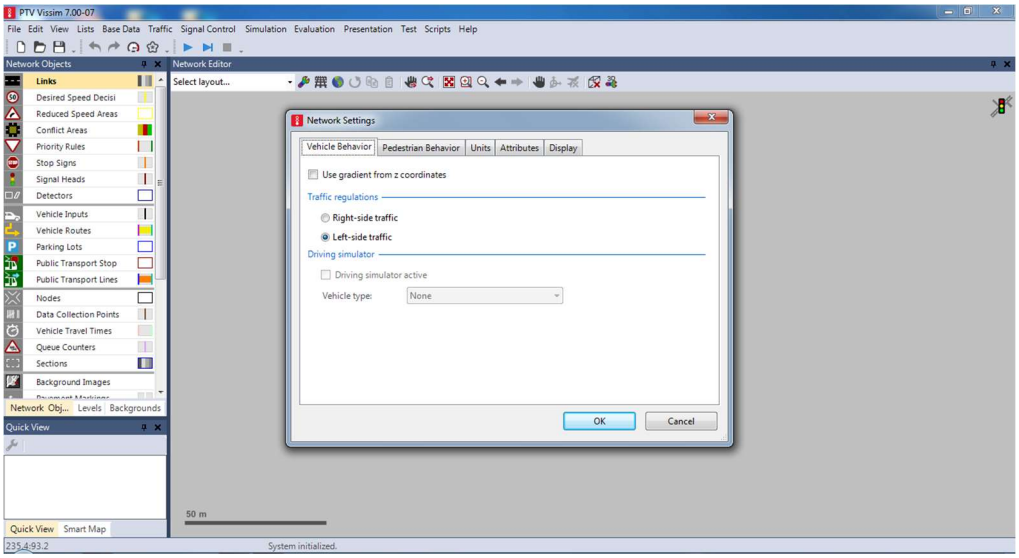
yang dilakukan berdasarkan teori koordinasi dan menggunakan pemodelan perangkat lunak VISSIM.

5.2.1 Membuat Pemodelan dengan Menggunakan *Softeware* VISSIM

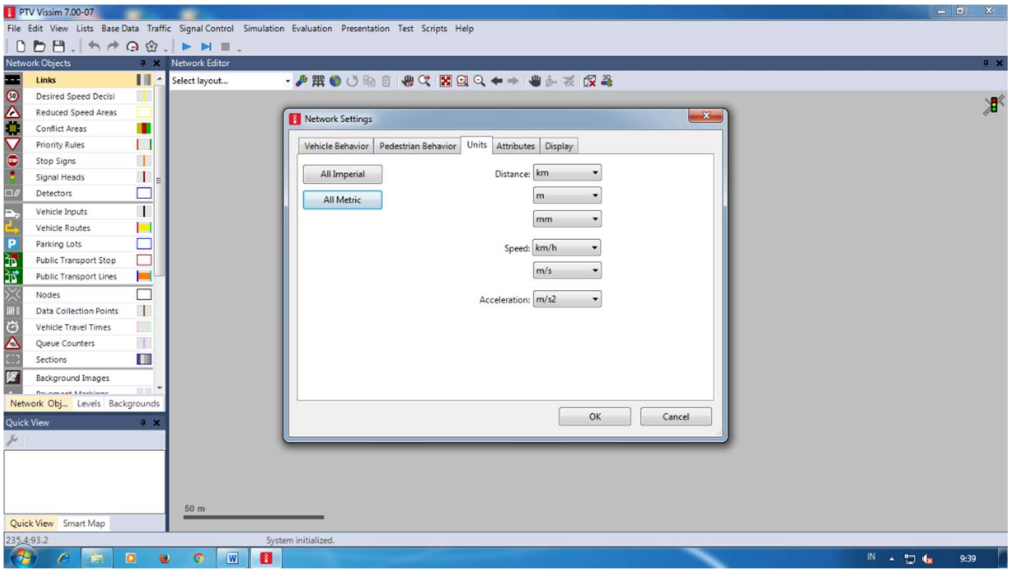
Analisis koordinasi simpang dapat dilakukan dengan cara memodelkan kondisi *existing* menggunakan perangkat lunak VISSIM. Berikut merupakan langkah-langkah membuat pemodelan dengan menggunakan perangkat lunak VISSIM.

1. *Network Setting*

   Digunakan untuk mengatur jalur gerak (perilaku) kendaraan dan satuan standar yang akan digunakan. Pengaturan tersebut dapat dilakukan pada bagian *Menu Bar*, yaitu dengan cara klik *Base Data* → *Network Setting* → pada *Vehicle Behaviour* diubah menjadi *Left-side Traffic* → pada *Units* diubah menjadi *All Metrics*. Perubahan pengaturan pada *Network Setting* dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 sebagai berikut.



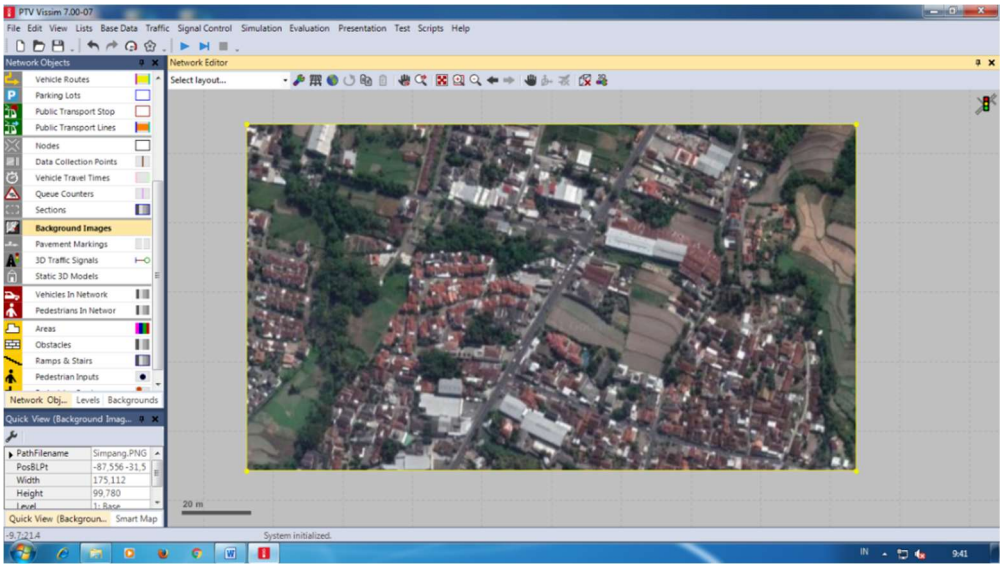
Gambar 5.8 Pengaturan *Vehicle Behaviour*



Gambar 5.9 Pengaturan *Units*

2. *Input Background Image*

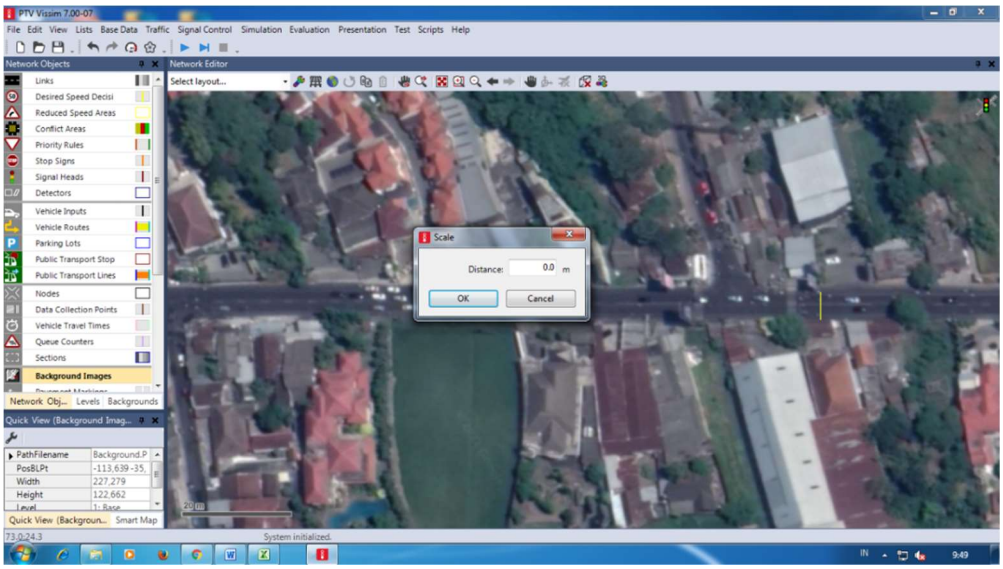
   Background Image yang digunakan pada pemodelan VISSIM diambil dari gambar peta lokasi penelitian melalui *Google Earth*. *Background Image* berfungsi sebagai pembanding (skala) lebar jalan asli dengan gambar peta yang diambil dari *Google Earth*. *Input Background Image* dilakukan dengan cara klik *Background Image* pada *Network Object* → klik kanan pada jendela *Network Editor* → pilih menu *Add New Background Image* → pilih gambar peta lokasi jaringan jalan yang akan digunakan sebagai simulasi → klik *Open* → atur ukuran gambar dengan memperbesar/memperkecil gambar dengan menggunakan *Scroll* atau klik *Zoom In/Zoom Out* pada *Network Editor*. Pengaturan *Input Background Image* dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.10 Pengaturan *Background Image*

3. *Set Scale*

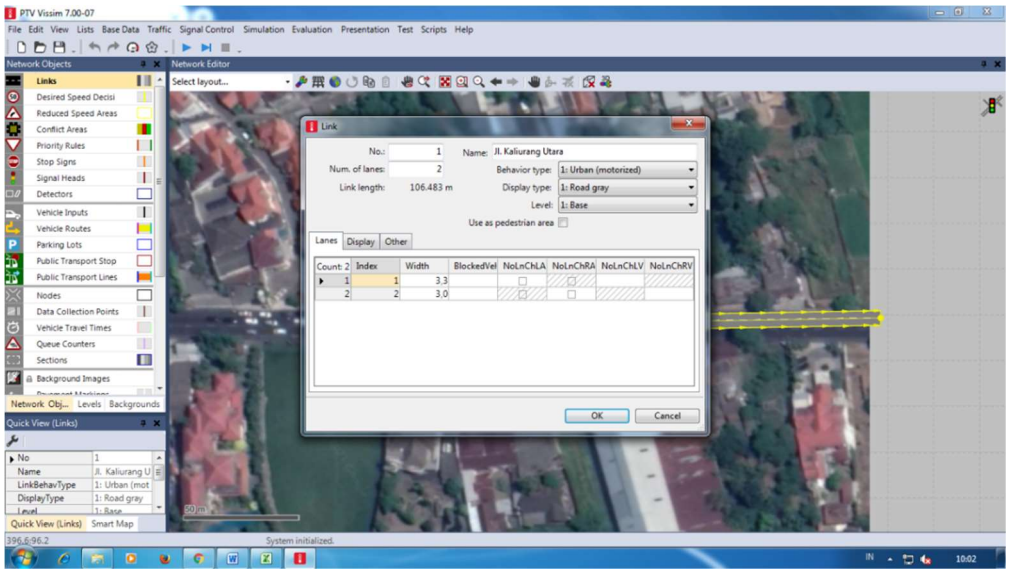
Setelah melakukan *Input Background Image*, dilakukan pengaturan skala perbanding antara lebar jalan asli dengan gambar peta lokasi yang diambil dari *Google Earth* dengan cara klik kanan pada *Background Image* → *Set Scale* → tarik garis yang menjadi acuan pembanding → masukan ukuran asli garis tersebut (sesuai dengan hasil pengukuran di lapangan). Pengaturan skala dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.11 Pengaturan Skala

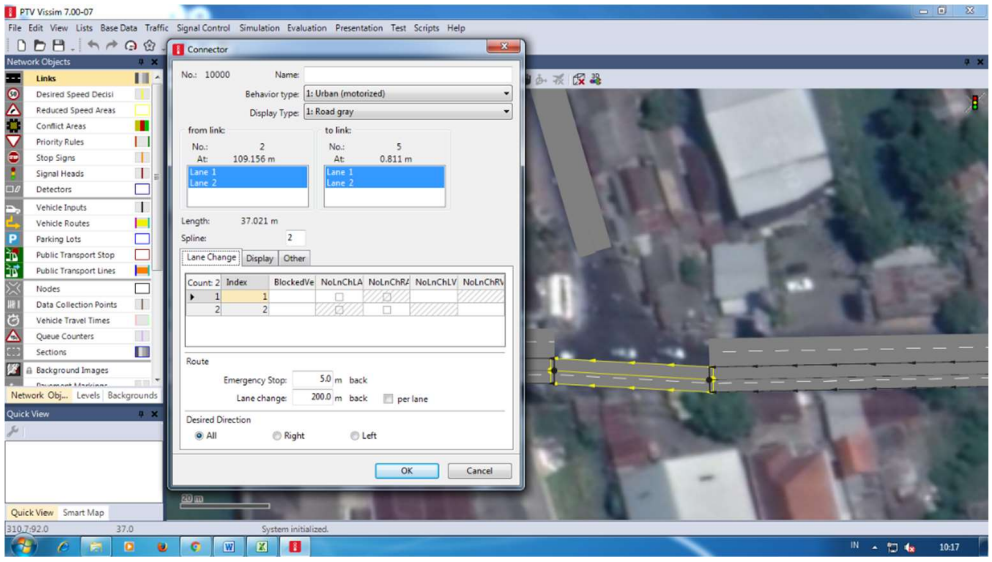
4. Pembuatan Jaringan Jalan (*Link* dan *Connector*)

Setelah melakukan pengaturan skala, dilakukan pembuatan jalur jaringan jalan sesuai dengan kondisi aslinya dengan cara klik *Links* pada *Network Object* → di bagian *Network Editor* tekan tombol CTRL pada *Keyboard* dan klik kanan pada *Mouse* secara bersamaan → tarik ruas jalan sesuai arah jalur dan panjang yang dibutuhkan → masukan nama *Link*, jumlah lajur, lebar setiap lajur, jenis perilaku lalu lintas yang digunakan pada jaringan jalan tersebut → OK. Pembuatan lajur dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut.



Gambar 5.12 Pengaturan *Link*

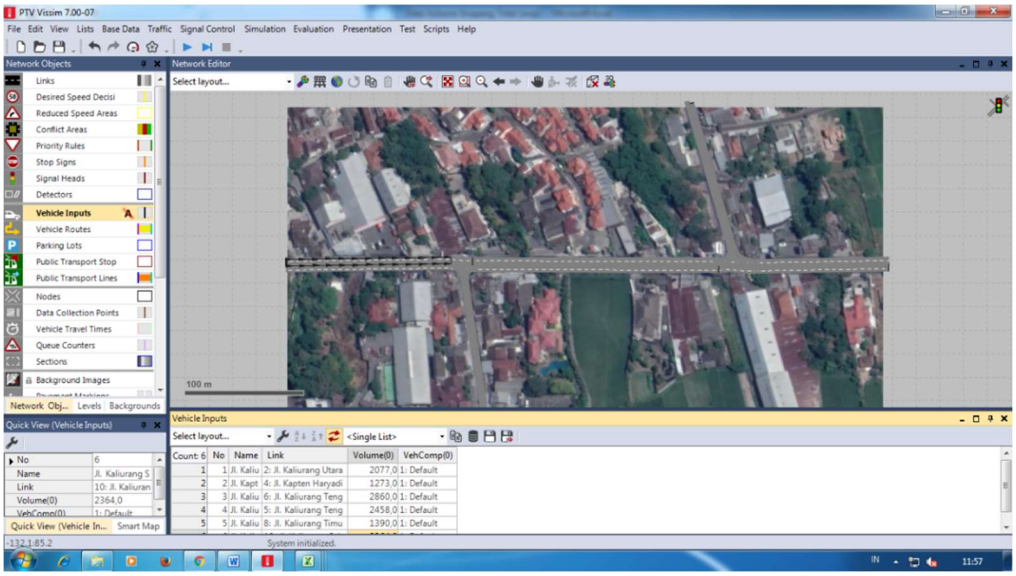
Setelah semua *Link* dibuat, langkah selanjutnya adalah pembuatan *Connector* atau penghubung antar *Link* dengan cara klik *Link* yang akan diberi *Connector* → tekan tombol CTRL pada *Keyboard* dan klik kanan pada *Mouse* secara bersamaan → tarik dan arahkan *Connector* pada *Link* tujuan → atur arah *Connector* sesuai lajur asal dan tujuan pada bagian *From Link to Link* → atur jumlah *Spline* (banyaknya titik penghubung pada *Connector*) sesuai kebutuhan. Semakin banyak titiknya, maka *Connector* yang ditampilkan akan semakin halus. Pembuatan *connector* dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.13 Pengaturan *Connector*

5. *Vehicle Inputs*

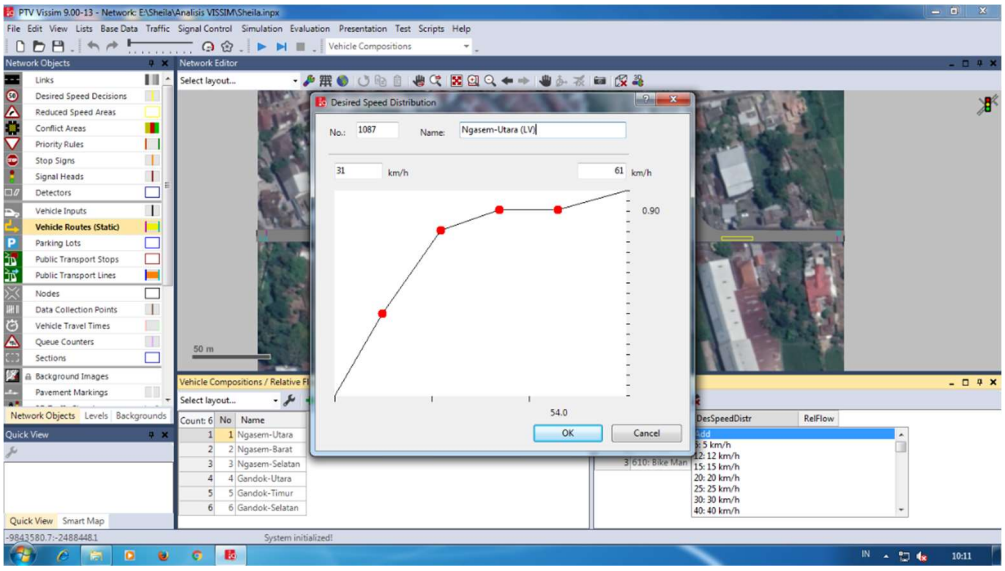
Vehicle Inputs digunakan untuk memasukkan volume arus lalu lintas pada setiap lengan sesuai dengan keadaan di lapangan selama jam puncak. Untuk memasukan data tersebut, klik *Vehicle Input* pada *Network Object* → kemudian klik *Link* yang akan diatur volume arusnya → tekan CTRL dan klik kanan sacara bersamaan → *Add New Vehicle Input* → masukan data volume kendaraan sesuai dengan hasil peneitian di lapangan. Pengaturan *Vehicle Input* dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut.



Gambar 5.14 Pengaturan *Vehicle Input*

6. *Desired Speed Distribution*

Desired Speed Distribution digunakan untuk memasukkan data kecepatan pengereman (*Reduce Speed*) dan kecepatan konstan (*Constan Speed*) sesuai dengan jenis kendaraan (MC, LV dan HV) pada tiap-tiap lengan simpang. Data kecepatan yang digunakan diperoleh dari hasil survei lapangan secara langsung yang telah dilakukan. Untuk memasukkan data tersebut klik *Base Data* pada *Menu Bar* → *Distributions* → *Desired Speed* → klik "*Add"* atau "*New*" → beri nama sesuai dengan jenis kecepatan, jenis kendaraan dan nama lengan untuk memudahkan pembacaan data → masukkan data kecepatan sesuai distribusinya → OK. Pengaturan *Desired Speed Distribution* dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut.

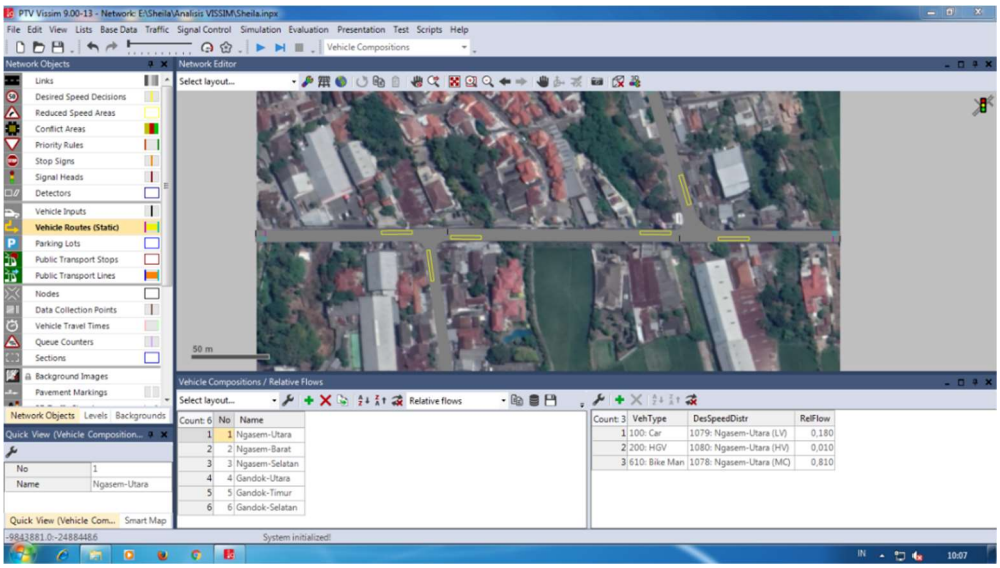


Gambar 5.15 Pengaturan *Desired Speed Distribution*

7. *Vehicle Compositions*

Vehicle Compositions digunakan untuk memasukkan komposisi kendaraan pada volume lalu lintas dari setiap jenis kendaraan beserta kecepatannya pada jam puncak. Kecepatan kendaraan diperoleh dari hasil survei lapangan yang telah dilakukan. Data volume arus lalu lintas yang digunakan adalah dalam bentuk persentase volume sesuai jenis kendaraan (MC, LV dan HV) pada masing-masing lengan simpang dan sesuai arah geraknya. Untuk memasukkan data tersebut, klik *Traffic* pada *Menu Bar* → lalu pilih *Vehicle Compositions* → klik *Add* "+"→ masukan data komposisi volume kendaraan sesuai dengan

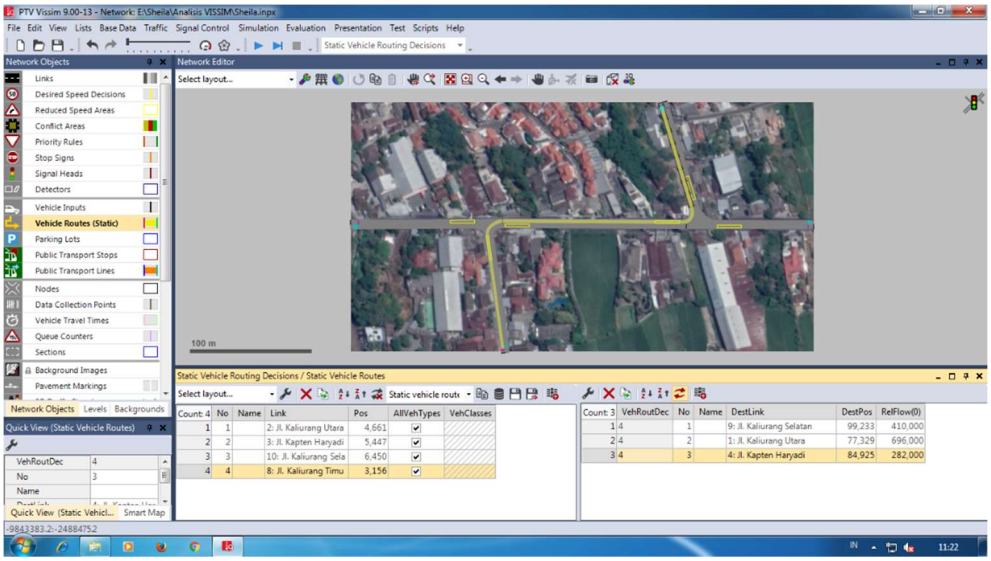
lajur kendaraan tiap lengan, jenis kendaraan dan sesuaikan *DesSpeedDistr* sesuai dengan distribusi kecepatan yang telah di *input* sebelumnya. Pengaturan *Vehicle Compositions* dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.



Gambar 5.16 Pengaturan *Vehicle Compositions*

8. *Vehicle Routes*

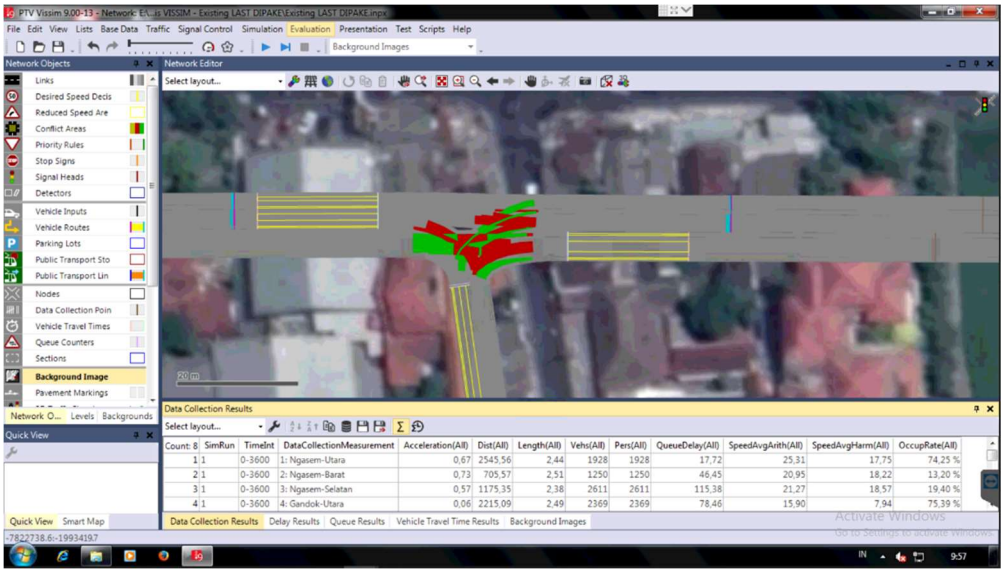
Setelah pengaturan *Vehicle Input* dan *Vehicle Compositions* sudah selesai, dilanjutkan proses pengaturan rute kendaraan. Pengaturan *Vehicle Routes* berfungsi untuk menentukan arah gerak kendaraan. Untuk mengatur arah gerak rute, klik *Vehicle Routes* pada *Network Object* → tekan CTRL dan klik kanan secara bersamaan pada jalan yang akan dibuat rute (*Start Point*/garis ungu) → tarik atau arahkan sesuai dengan rute masing-masing pergerakan (*End Point*/garis berwarna biru) → klik kiri → klik ESC pada *keyboard*. Pengaturan *Vehicle Routes* dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut.



Gambar 5.17 Pengaturan *Vehicle Routes*

9. *Conflict Area*

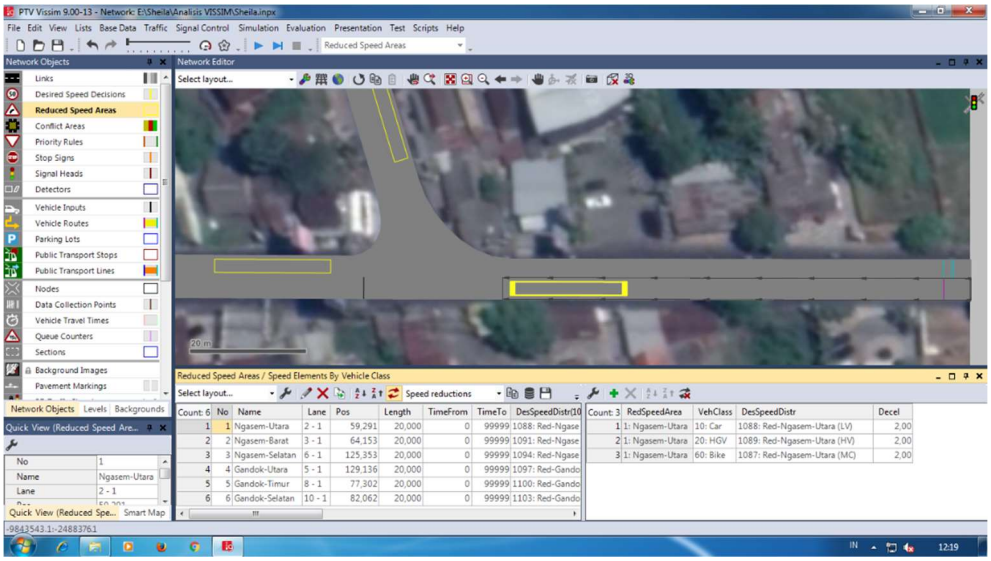
Conflict Area merupakan area konflik yang mungkin terjadi pada simpang yang dimodelkan oleh perangkat lunak VISSIM. *Conflict Area* digunakan untuk mengontrol kendaraan agar tidak saling bertabrakan satu sama lain dan dapat juga digunakan untuk memprioritaskan kendaraan agar jalan terlebih dahulu sesuai dengan keinginan pembuat. Pengaturan *Conflict Area* adalah dengan cara klik *Conflict Area* pada *Network Object* → akan muncul konflik pada *Link* yang ditandai dengan warna kuning → tekan CTRL dan klik kanan secara bersamaan pada *Link* konflik warna kuning → salah satu *Link* akan berwarna hijau dan *Link* lainnya akan berwarna merah atau keduanya berwarna merah dengan artian warna hijau adalah arah prioritas utama yang akan didahulukan untuk berjalan dan warna merah merupakan arah kendaraan yang menunggu. Pengaturan *Conflict Area* dapat dilihat pada Gambar 5.18 berikut.



Gambar 5.18 Pengaturan *Conflict Areas*

10. *Reduced Speed Area*

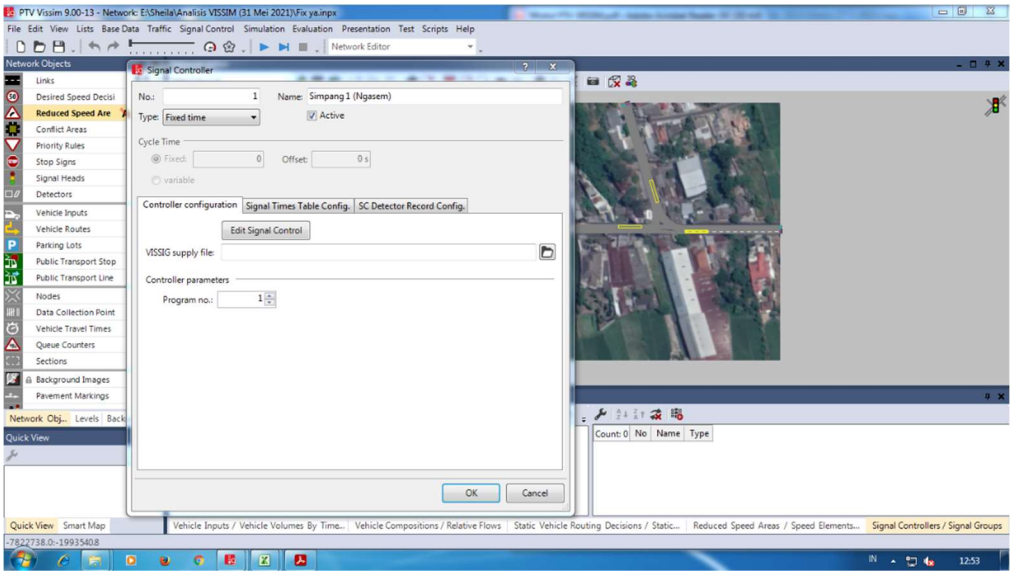
Pengurangan kecepatan atau *Reduce Speed* merupakan salah satu parameter kalibrasi yang berusaha menyerupai kenyataan pengemudi dalam berkendara di jalan. Saat kendaraan memasuki area persimpangan pengemudi akan memperlambat kendaraannya. Pengaturan *Reduce Speed Area* dapat dilakukan dengan cara klik *Reduce Speed Area* pada *Network Object* → tekan CTRL dan klik kanan secara bersamaan pada daerah *Link* yang akan diatur sebagai area pengurangan kecepatan → tarik sesuai jarak pengereman yang diinginkan → klik kanan → *Add* → setelah muncul baris baru, atur *VehClass* sesuai dengan kendaraan yang akan diatur kecepatannya, sesuaikan *DesSpeedDistr* yang sebelumnya sudah di *input* → OK. Pengaturan *Reduce Speed Area* dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut.



Gambar 5.19 Pengaturan *Reduce Speed Area*

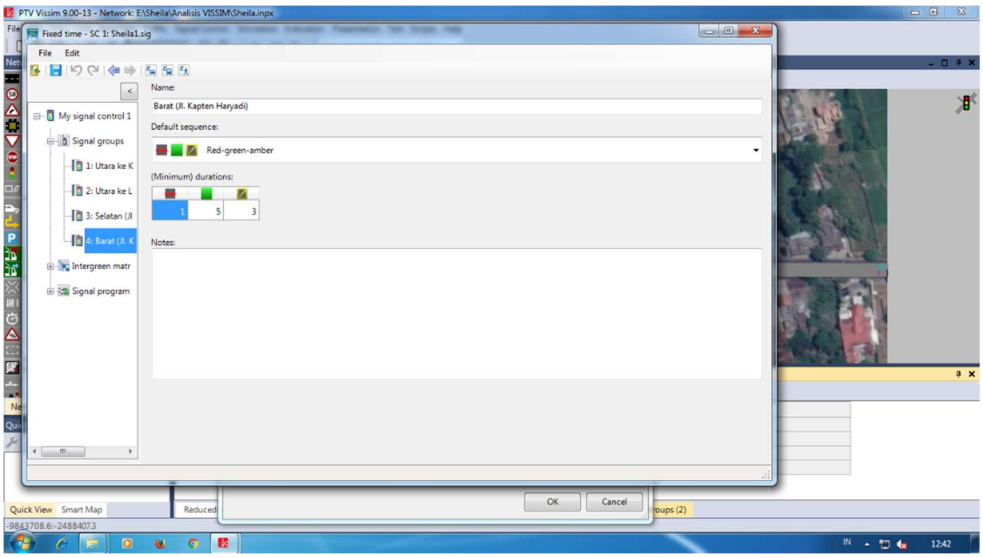
11. *Signal Controllers*

Pengaturan sinyal lalu lintas pada jaringan jalan dapat dimodelkan dengan menggunakan perangkat lunak VISSIM. Data pewaktuan sinyal lalu lintas yang akan di *input* sesuai dengan hasil pengamatan waktu sinyal di lapangan. Pengaturan sinyal dapat dilakukan dengan cara klik *Signal Control* pada *Menu Bar* → klik *Signal Controllers* → klik *Add* pada jendela *Signal Controllers/Signal Group* maka akan muncul menu seperti Gambar 5.20 berikut.



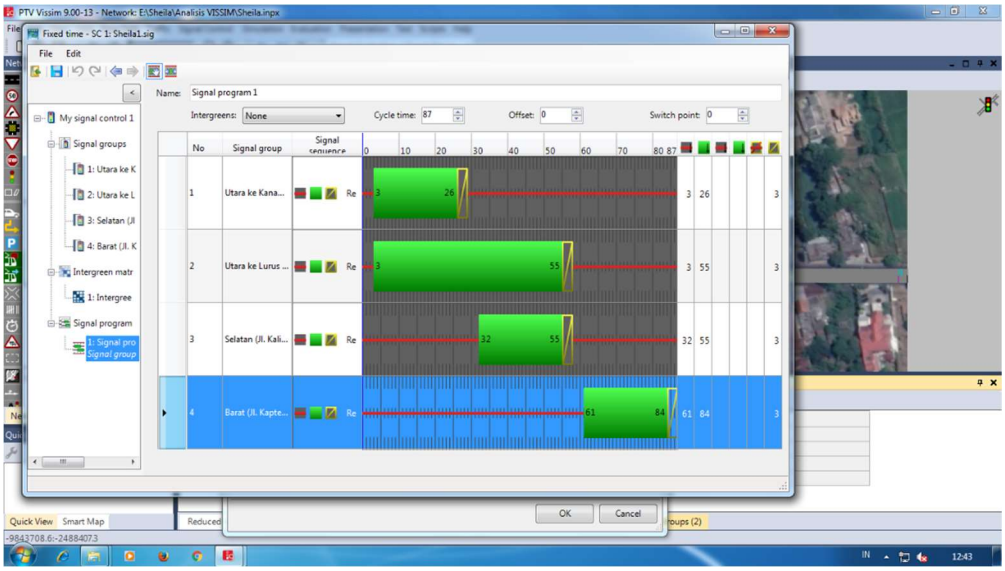
Gambar 5.20 Pengaturan *Signal Controllers*

Klik *Signal Groups* → klik simbol "+" (*New*) → klik simbol pensil (*Edit*) → beri nama *signal* dan urutkan sesuai dengan fase sinyal di lapangan → masukkan durasi minimum untuk lampu *Red*, *All Red*, *Green* dan *Amber*. Pengaturan *Signal Groups* dapat dilihat pada Gambar 5.21.

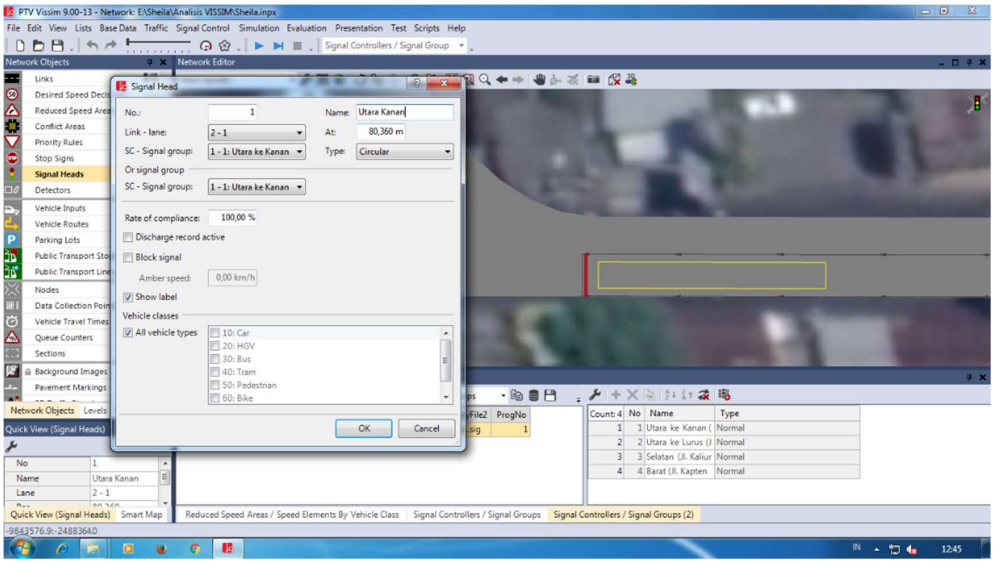


Gambar 5.21 Pengaturan *Signal Groups*

Fase sinyal dimodelkan dan disesuaikan dengan kondisi *existing* lapangan. Selanjutnya masukkan waktu siklus dengan cara mengaplikasikan sinyal lalu lintas yang sudah dibuat dengan melakukan input *Signal Head*. Pengaturan *Signal Program* dan *Signal Head* dapat dilihat pada Gambar 5.22 dan 5.23 berikut.



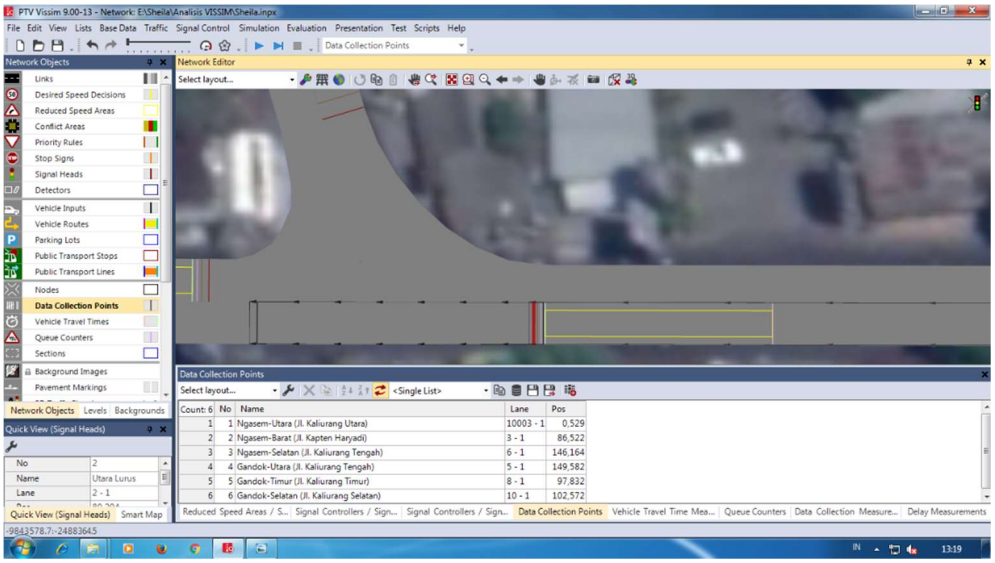
Gambar 5.22 Pengaturan *Signal Program*



Gambar 5.23 Pengaturan *Signal Head*

12. *Input Data Collection Points*

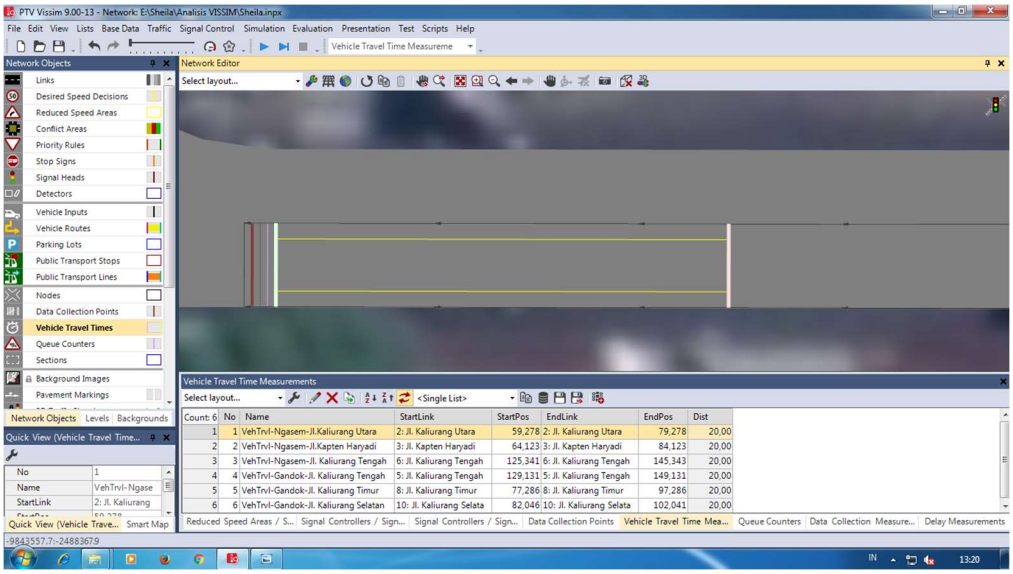
Data Collection Points (DCP) berfungsi membaca hasil volume kendaraan yang melewati *link*/jalan per lajur pada titik yang ditentukan. Hasil DCP digunakan untuk validasi hasil *running* VISSIM. Langkah untuk mengatur DCP adalah dengan cara klik *Data Collection Point* pada *Network Objects* → klik kiri pada *link* yang akan ditempatkan DCP → klik kanan dan klik *Add New Data Collection Point* atau klik CTRL+klik kanan pada *Mouse* → atur DCP pada setiap jalur → atur penempatan DCP dengan cara menggeser garis DCP → beri nama yang sesuai untuk memudahkan dalam proses pembacaan hasil *running*. Proses *input Data Collection Point* dapat dilihat pada Gambar 5.24 berikut.



Gambar 5.24 Pengaturan *Data Collection Points*

13. *Vehicle Travel Times*

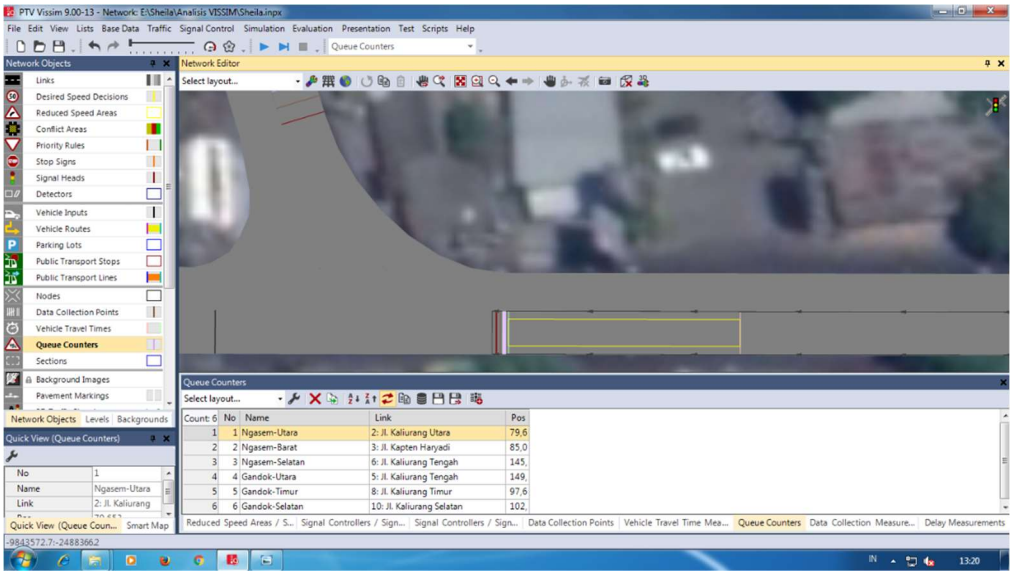
Vehicle Travel Times berfungsi untuk menghitung kecepatan perjalanan kendaraan dengan jarak yang telah ditentukan dan menghitung tundaan (*delay*) kendaraan. Langkah untuk menghitung *Vehicle Travel Times* adalah dengan cara klik *Vehicle Travel Times* pada *Network Objects* → klik kiri *link* yang akan ditempatkan *Vehicle Travel Times* → klik kanan dan klik *Add New Vehicle Travel Times Measurement* → tarik dan arakan sampai jarak yang diinginkan → beri nama yang sesuai agar memudahkan dalam pembacaan hasil *running* → klik OK. Pengaturan *Vehicle Travel Time* dapat dilihat pada Gambar 5.25 berikut.



Gambar 5.25 Pengaturan *Vehicle Time Travel*

14. *Queue Counters*

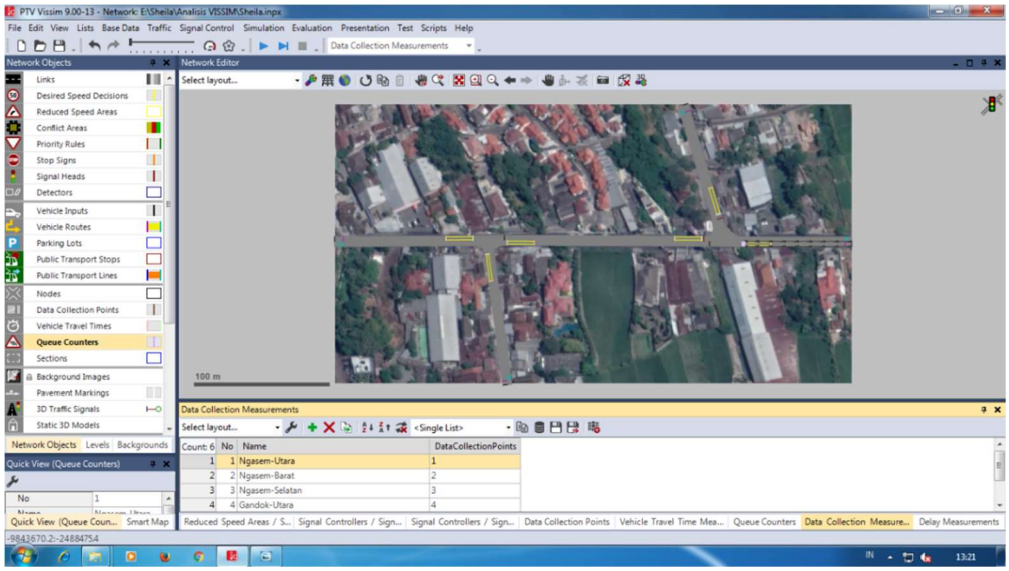
Queue Counters berfungsi untuk menghitung panjang antrean kendaraan yang terjadi pada *link*/jalur yang diberi *Queue Counters*. Pengaturan *Queue Counters* dapat dilakukan dengan cara klik *Queue Counters* pada *Network Objects* → klik kiri *link* yang akan diberi *Queue Counters* → klik kanan dan klik *Add New Queue Counters* → beri nama yang sesuai dengan kebutuhan. Pengaturan *Queue Counters* dapat dilihat pada Gambar 5.26 berikut.



Gambar 5.26 Pengaturan *Queue Counters*

15. *Measurement Definition*

Measurement Definition berfungsi untuk mengelompokkan *Data Collection Measurement* dan *Delay Measurement* sehingga *Data Collection Points* dan *Vehicle Times* yang sudah diatur dapat keluar pada hasil *running*. Langkah untuk mengatur *Measurement Definition* dapat dilakukan dengan cara klik *Evaluation* pada *Menu Bar* → klik *Measurement Definition* → klik *Data Collection Measurement* dan klik juga pada *Delay Measurement* → klik kanan "*Add*" → *Add* sesuai dengan jumlah yang diinginkan untuk hasil analisis → kelompokkan atau gabungkan poin sehingga menyatu untuk mendapatkan hasil *running* yang diinginkan. Pengaturan *Measurement Definition* dapat dilihat pada Gambar 5.27 berikut.

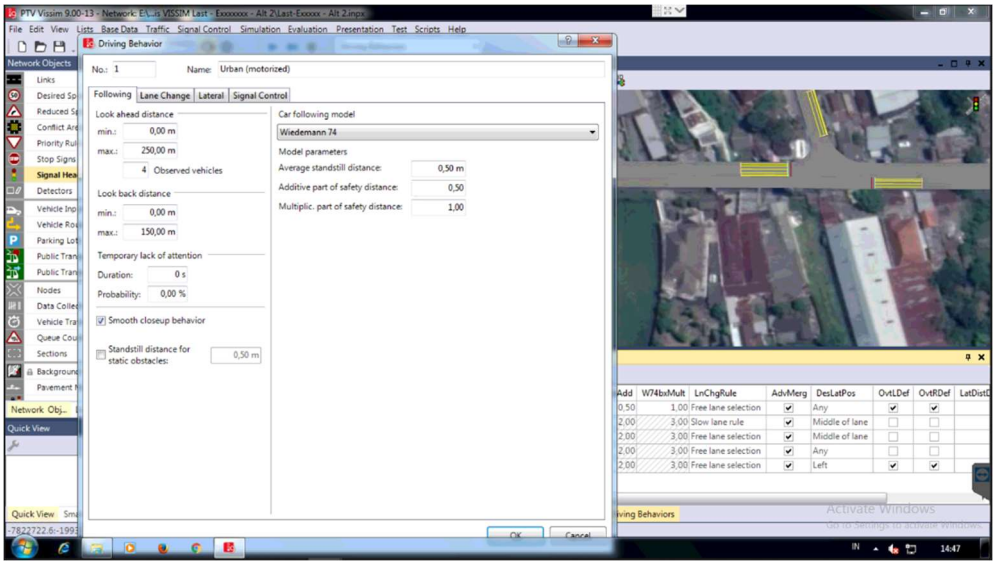


Gambar 5.27 Pengaturan *Measurement Definition*

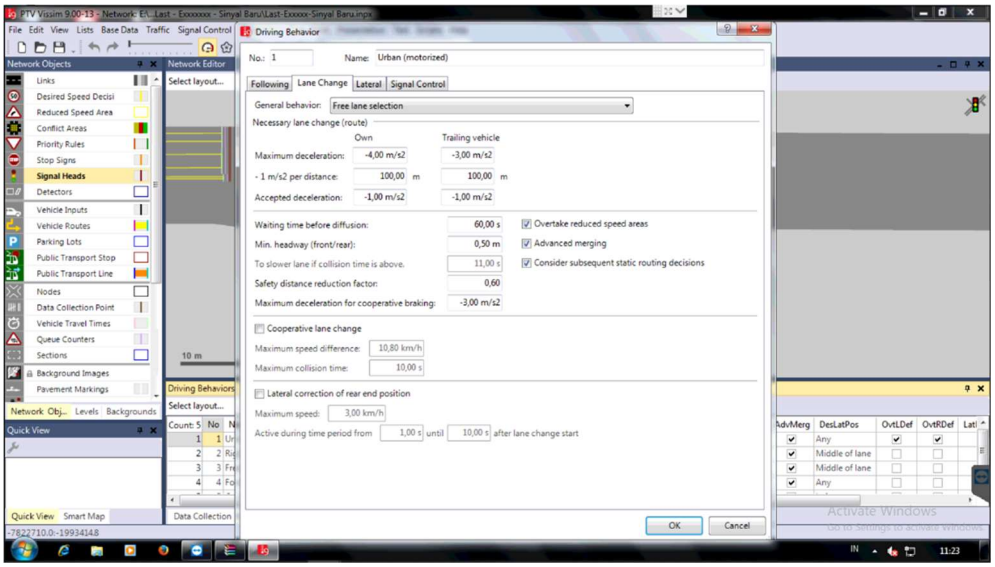
16. *Driving Behaviour*

Driving Behaviour merupakan parameter utama VISSIM yang menggambarkan kondisi asli lapangan dan secara langsung mempengaruhi kondisi lalu lintas. Data yang dimasukan dalam *Driving Behaviour* harus sesuai dengan kondisi *existing* di lapangan agar simulasi yang dibuat pada pemodelan VISSIM dapat sesuai dan mewakili kondisi asli di lapangan. Pengaturan ini disebut proses kalibrasi. Apabila hasilnya tidak mewakili kondisi di lapangan, maka diperlakukan pengaturan ulang atau kalibrasi agar hasil pemodelan pada VISSIM sesuai dengan kondisi asli di lapangan. Pengaturan *Driving Behaviour*

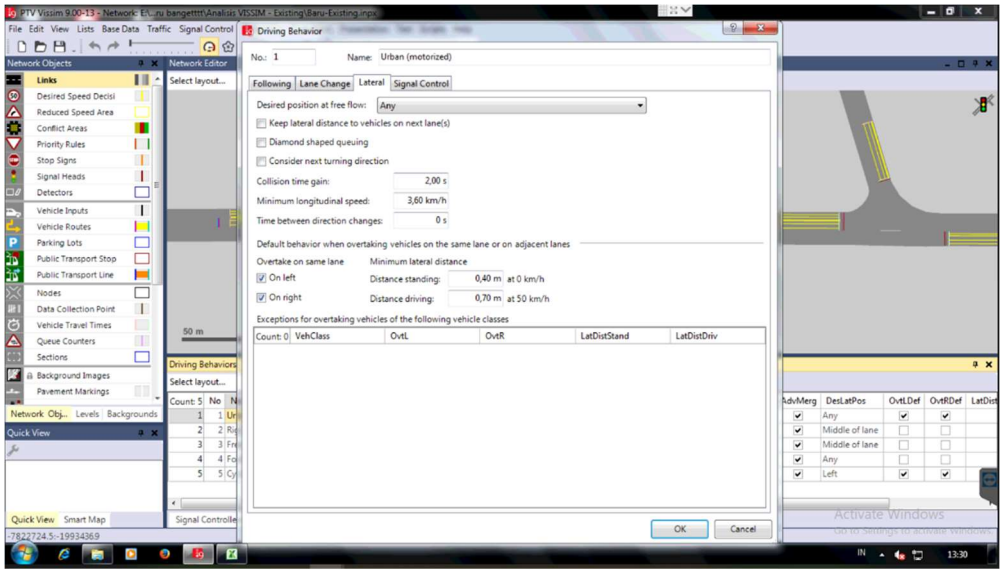
dapat dilakukan dengan cara klik *Base Data* pada *Menu Bar* → klik *Driving Behaviour* → klik kanan pada *Urban* (*motorized*) → klik *Edit* → atur nilai *Averange Standstill Distance, Aditive Part of Safety Distance* dan *Multiplic Part of Safety Distance*. Pengaturan *Driving Behaviour* dapat dilihat pada Gambar 5.28 hingga 5.30 berikut.



Gambar 5.28 Pengaturan *Driving Behaviour (Following)*



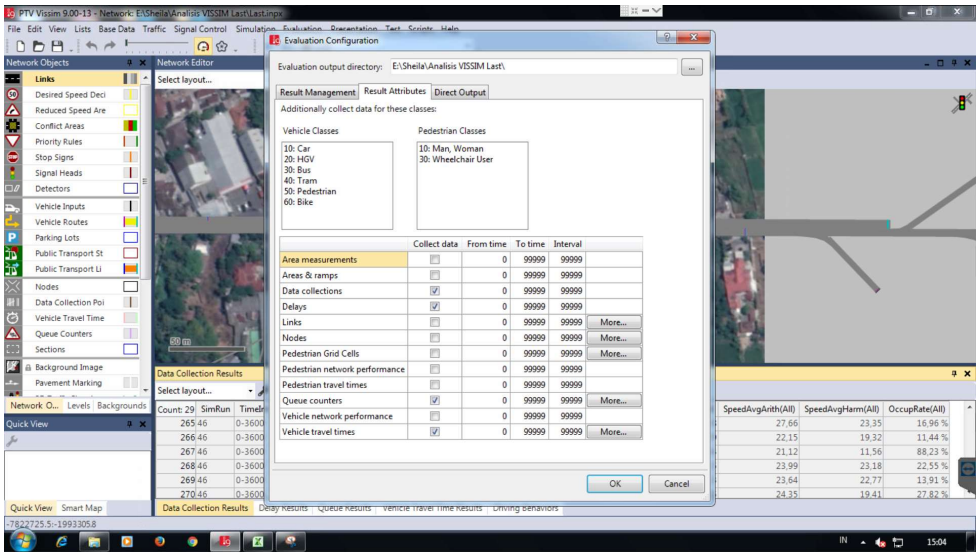
Gambar 5.29 Pengaturan *Driving Behaviour (Lane Change)*



Gambar 5.30 Pengaturan *Driving Behaviour (Lateral)*

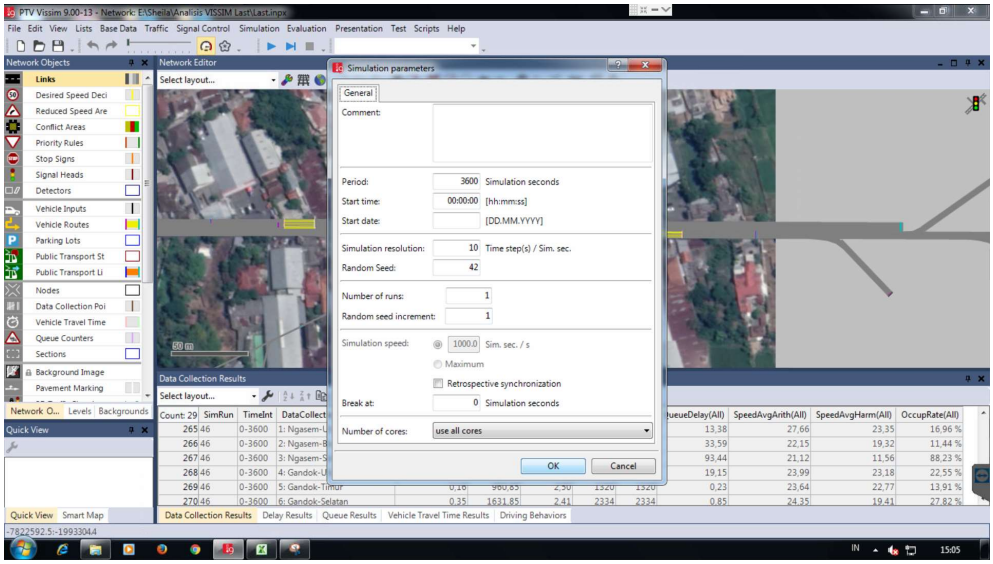
17. *Evaluation*

Evaluasi merupakan langkah akhir dari pemodelan VISSIM. Tahap ini akan menampilkan hasil dari *Vehicle Time Travel, Queue Length,* dan *Data Collection Point* pada *link* yang diinginkan sehingga memunculkan nilai akhir seperti tundaan (*delay*), waktu tempuh perjalanan, panjang antrean dan volume lalu lintas. Dari hasil tundaan akan diketahui tingkat kinerja simpang dianalisis. Pengaturan hasil evaluasi dapat dilihat pada Gambar 5.31 berikut.



Gambar 5.31 *Evaluation Configurations*

Evaluasi dilakukan untuk mengvalidasi data yang didapatkan di lapangan dengan data yang sudah di *input* pada perangkat lunak VISSIM. Proses validasi dilakukan dengan cara mengubah nilai *Random Seed* sekurang-kurangnya 5 kali sehingga didapatkan nilai rata-rata dari hasil *running* yang memenuhi syarat. *Random Seed* dapat diatur dengan cara klik *Simulation* pada *Menu Bar* → *Parameters* → ubah nilai *Random Seed* sesuai dengan keinginan → OK → *running* → ulangi pengaturan *Random Seed* sekurang-kurangnya 5 kali perubahan nilai *Random Seed*. Pengaturan nilai *Random Seed* dapat dilihat pada Gambar 5.32 berikut.



Gambar 5.32 Pengaturan *Random Seed*

Pada proses validasi sering terjadi perbedaan yang besar antara volume kendaraan *existing* dengan volume kendaraan yang keluar pada proses *running*. Perbedaan tersebut melebihi batas nilai toleransi dari rumus GEH yang telah ditetapkan, sehingga perlu dilakukan beberapa hal untuk memperbaiki kendala tersebut, diantaranya sebagai berikut.

a. Memperpanjang *Link*

   Dengan adanya perpanjangan *link*, hasil *running* volume menjadi lebih mendekati data asli yang didapatkan di lapangan. Hasil tersebut menjadikan pemodelan lebih baik atau mendekati *valid* (kendaraan yang tidak keluar <5%) karena selisih perbedaannya menjadi lebih sedikit,

b. Mendistribusikan Volume Lalu Lintas

   Distribusi volume lalu lintas dilakukan dengan cara membagi *vehicle input* menjadi beberapa bagian dalam cabang *link* yang berbeda-beda agar mengurangi panjang antrean sekaligus tidak menambah jarak tempuh kendaraan ke mulut simpang,

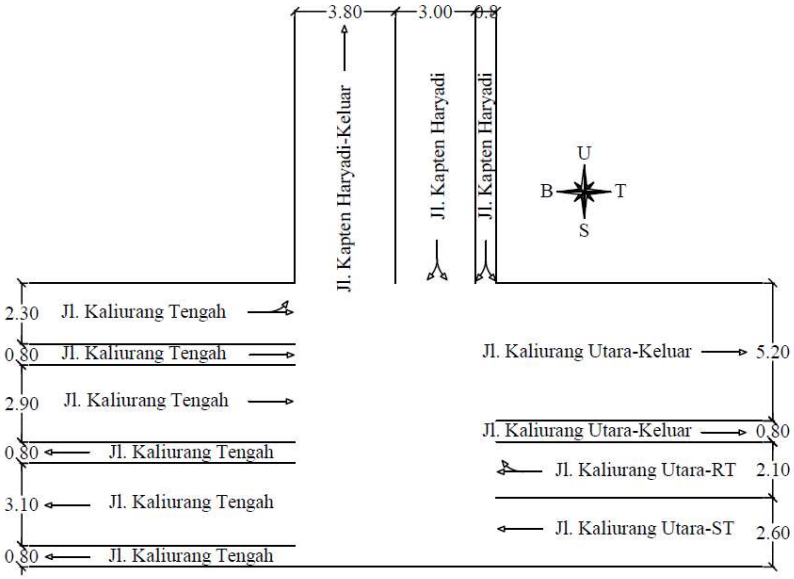
c. Membuat *link* khusus MC (Sepeda Motor)

   Pemisahan jalur khusus MC dilakukan hanya pada jalan yang memiliki volume MC yang cukup besar dibandingkan dengan yang lainnya. Jalur khusus MC dibuat dengan lebar ≥ 0,75 meter (sesuai dimensi kendaraan sepeda motor) dengan mengurangi lebar lajur aslinya. Jalur khusus dibuat agar mengurangi penumpukan kendaraan pada suatu titik. Dengan adanya pemisahan jalur khusus motor, arus yang melewati simpang menjadi lebih banyak dan memperkecil nilai GEH,

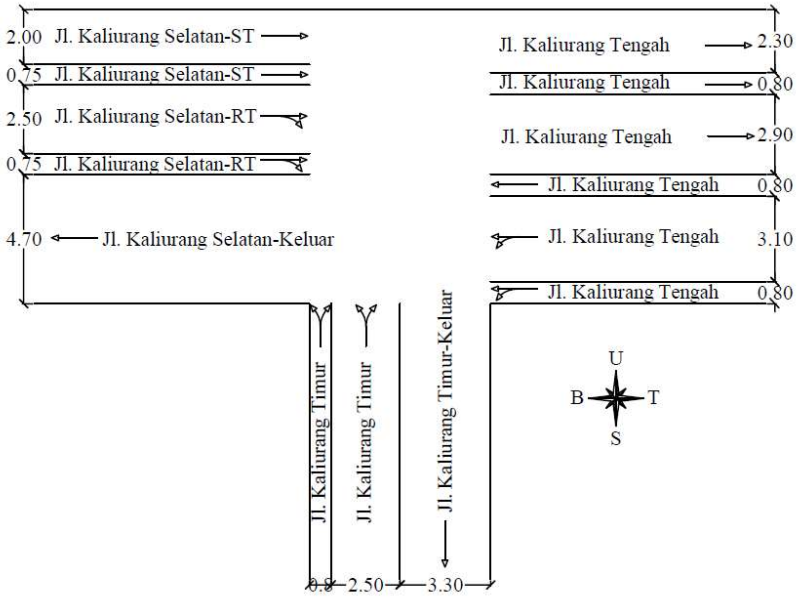
d. Menambahkan bahu jalan

   Pada kondisi lapangan bahu jalan di sepanjang Jl. Kaliurang digunakan oleh pengendara kendaraan untuk dilintasi. Sehingga pada analisis ini bahu jalan ditambahkan dalam lebar lajur pada Jl. Kaliurang sebagai jalur lalu lintas untuk mengurangi penumpukan kendaraan sekaligus untuk memperkecil selisih kendaraan pada validasi. Dalam pemodelan yang dilakukan, volume kendaraan yang melewati bahu jalan adalah sekitar 40–80% dari total kendaraan yang melintas pada Jl. Kaliurang.

Berikut merupakan detail pembagian *link* dan lebar *link* Simpang Ngasem dan Simpang Gandok pada pemodelan VISSIM yang dapat dilihat pada Gambar 5.33 dan 5.34.



Gambar 5.33 Detail Pembagian dan Lebar *Link* Simpang Ngasem pada VISSIM



Gambar 5.34 Detail Pembagian dan Lebar *Link* Simpang Gandok pada VISSIM

Pada *input* data detail geometri Simpang Ngasem dan Simpang Gandok pada *software* VISSIM dilakukan penyesuaian berupa pembagian dan pemecahan jalur menjadi beberapa bagian *link* untuk meningkatkan nilai volume yang keluar pada VISSIM guna meningkatkan nilai GEH.

5.2.2 Hasil Evaluasi Menggunakan Perangkat Lunak VISSIM

Kalibrasi diperlukan untuk membuat pemodelan lalu lintas pada perangkat lunak VISSIM yang mewakili kondisi asli di lapangan. Kalibrasi yang dilakukan adalah pada pengaturan *Driving Behaviour* yang masih *default* sesuai dengan pengemudi Eropa. Pengendara Eropa cenderung memiliki tingkat agresivitas yang rendah dan jarak antar kendaraan yang mencapai 2 meter, sedangkan pengendara Indonesia memiliki tingkat agresivitas yang cenderung tinggi dan jarak antar kendaraan yang cenderung rapat, sehingga diperlukan adanya kalibrasi. Komponen *Driving Behaviour* yang perlu diatur kembali di antaranya adalah jarak antar kendaraan (*Car Following*) dan posisi arus lalu lintas (*Desired Position of Free Flow*). Jarak antar kendaraan disesuaikan dengan data hasil pengamatan langsung di lapangan dan posisi arus lalu lintas diubah menjadi *Any*, sesuai dengan perilaku pengemudi di lapangan yang memiliki tingkat agresivitas yang cenderung tinggi. Komponen *Driving Behaviour* yang diubah pada proses kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Kalibrasi *Driving Bahaviour*

Kalibrasi ke-	**Parameter yang Diubah**	**Komponen yang Diubah**	**Nilai**	
			***Default* VISSIM**	**Sesudah Kalibrasi**
1	*Car Following*	*Average Standstill Distance*	2 m	0,5 m
2		*Additive Part of Safety Distance*	2 m	0,5 m
3		*Multiplicative Part of Safety Distance*	3 m	1,0 m
4	*Lateral*	*Desired Position at Free Flow*	*Middle of Lane*	*Any*
5		*Minimum Distance Standing*	1 m	0,4 m
6		*Minimum Distance Driving*	1 m	0,7 m

Proses kalibrasi yang dilakukan sangat mempengaruhi jumlah kendaraan yang keluar dan panjang antrean. Hasil dari simulasi pemodelan lalu lintas sebelum dan sesudah kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 5.35 dan Gambar 5.36 berikut.



Gambar 5.35 Sebelum Dilakukan Kalibrasi



Gambar 5.36 Sesudah Dilakukan Kalibrasi

Setelah proses kalibrasi selesai, dilanjutkan dengan proses validasi untuk mengetahui tingkat keakuratan kalibrasi yang telah dilakukan. Validasi dilakukan dengan cara membandingkan volume yang keluar pada kondisi lapangan dan volume yang keluar dalam perangkat lunak VISSIM. Nilai *Random Seed* yang digunakan adalah 13, 39, 42, 90 dan 94. Berikut merupakan hasil validasi terbaik dari nilai rata-rata *Random Seed* dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Hasil Validasi Volume Setelah Kalibrasi

Lokasi	Lengan	Volume Lapangan (kend/jam)	Volume VISSIM (kend/jam)	GEH (%)	Keterangan
Simpang Ngasem	Utara	2077	1929	3,302	Diterima
	Barat	1273	1209	1,828	Diterima
	Selatan	2860	2628	4,425	Diterima
Simpang Gandok	Utara	2458	2278	3,695	Diterima
	Timur	1390	1336	1,457	Diterima
	Selatan	2364	2248	2,424	Diterima

Dari hasil yang tertera di atas, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan jumlah kendaraan yang masuk antara data lapangan dan hasil analisis VISSIM, namun perbedaan tersebut masih dapat ditoleransi karena nilai GEH yang didapatkan di bawah 5%.

Proses validasi selanjutnya adalah dengan memperhatikan data kecepatan (*Speed*), tundaan (*Veh Delay*), waktu tempuh (*Travel Time*) dan panjang antrean (*Queue*) hasil analisis VISSIM. Hasil validasi *Veh Delay*, *Travel Time* dan *Qlen* dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan 5.13 berikut.

Tabel 5.12 Hasil Validasi *Veh Speed* Setelah Kalibrasi

Lokasi	Lengan	*Veh Speed* Lapangan (km/jam)	*Veh Speed* VISSIM (km/jam)	MAPE	Katerangan
Simpang Ngasem	Utara	27,6923	27,0274	2,401%	Sangat Baik
	Barat	25,9692	22,1963	14,528%	Baik
	Selatan	25,5231	21,4079	16,123%	Baik
Simpang Gandok	Utara	27,1692	23,6950	12,787%	Baik
	Timur	26,5846	22,6981	14,620%	Baik
	Selatan	28,5538	24,0068	15,924%	Baik

Tabel 5.13 Nilai Tundaan, Panjang Antrean dan Tingkat Pelayanan Hasil Evaluasi VISSIM Kondisi *Existing*

Lokasi	Lengan	*Veh Delay* (*all*) (s)	*Qlen* (m)	*Veh Travel Time (s)*	*Level of Services (LoS)*
Simpang Ngasem	Utara	9,7747	15,5864	14,3822	B
	Barat	23,4879	31,9075	26,630	C
	Selatan	21,8040	91,0072	24,7315	C
Simpang Gandok	Utara	10,8292	47,3357	13,9061	B
	Timur	7,5724	27,2829	11,0544	B
	Selatan	10,8953	13,7598	33,0175	B

Dari hasil pada Tabel 5.12 diatas, diketahui bahwa terdapat selisih perbedaan antara kecepatan pada pemodelan dengan kecepatan pada data lapangan, namun perbedaan selisih tersebut masih dapat ditoleransi karena selisih perbedaan terbesar yang didapatkan adalah kurang dari 20%, yang artinya data tersebut masih termasuk dalam data yang baik dan dapat diterima.

Pada Simpang Ngasem memiliki nilai panjang antrean yaitu pada lengan Utara sepanjang 15,5864 m, Barat sepanjang 31,9075 m dan Selatan sepanjang 91,0072 m. Sedangkan nilai tundaan pada periode jam puncak pada Simpang Ngasem yaitu lengan Utara 9,7747 detik, Barat 23,4879 detik dan Selatan 21,8040 detik.

Pada Simpang Gandok memiliki nilai panjang antrean yaitu pada lengan Utara sepanjang 47,3357 m, Timur sepanjang 27,2829 m dan Selatan sepanjang 13,7598 m. Sedangkan nilai tundaan pada periode puncak pada Simpang Gandok yaitu lengan Utara 10,8292 detik, Timur 7,5724 detik dan Selatan 10,8953 detik.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 tingkat pelayanan Simpang Ngasem pada lengan Utara yaitu B, Barat C dan Selatan C. Sedangkan untuk Simpang Gandok tingkat pelayanan pada lengan Utara yaitu B, Timur B dan Selatan B yang mengartikan bahwa kinerja simpang pada kondisi *existing* cukup bagus.

5.3 Perancangan Koordinasi Sinyal Antar Simpang

Dari hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui bahwa pengaturan sinyal lalu lintas hanya terdapat pada Simpang Ngasem dan kedua simpang tersebut belum terkoordinasi dengan baik, sehingga dicari alternatif pemecahan masalah agar kedua simpang terkoordinasi dengan baik.

5.3.1 Alternatif Pemecahan 1

Alternatif pemecahan masalah 1 adalah dengan membuat perancangan koordinasi sinyal antar simpang. Dalam perancangan ini akan dilakukan pemberian sinyal lalu lintas pada kedua simpang dengan menggunakan metode *early cut off* untuk memberikan waktu hijau lebih lama pada jalan mayor. Waktu siklus yang digunakan adalah selama 76 detik. Digunakan kecepatan rata-rata yang didapat dari

VISSIM pada arah Simpang Ngasem ke Simpang Gandok sebesar 24,6408 km/jam dan arah Simpang Gandok ke Simpang Ngasem sebesar 24,2321 km/jam untuk menentukan nilai *offset*. Perhitungan nilai *offset* adalah sebagai berikut.

$$t = \frac{\text{Jarak Antar Simpang}}{\text{Kecepatan}}$$

$$t_1 = \frac{170}{24{,}6408} \times 3600$$

$$= 25 \text{ detik}$$

$$t_2 = \frac{170}{24{,}2321} \times 3600$$

$$= 25 \text{ detik}$$

Dengan:

t_1 = *Offset* ideal atau waktu tempuh Simpang Ngasem ke Simpang Gandok (detik)

t_2 = *Offset* ideal atau waktu tempuh Simpang Gandok ke Simpang Ngasem (detik)

Waktu tempuh di atas digunakan untuk menggabarkan lintasan pergerakan *platoon* pada diagram koordinasi.

Pengaturan fase di Simpang Ngasem dengan 3 fase yang sama seperti kondisi *existing*, yaitu sebagai berikut:

1. Fase 1 : Lengan Utara-RT dan Utara-ST
2. Fase 2 : Lengan Selatan dan Utara-ST
3. Fase 3 : Lengan Barat

Peraturan fase pada Simpang Gandok dengan 3 fase, yaitu sebagai berikut:

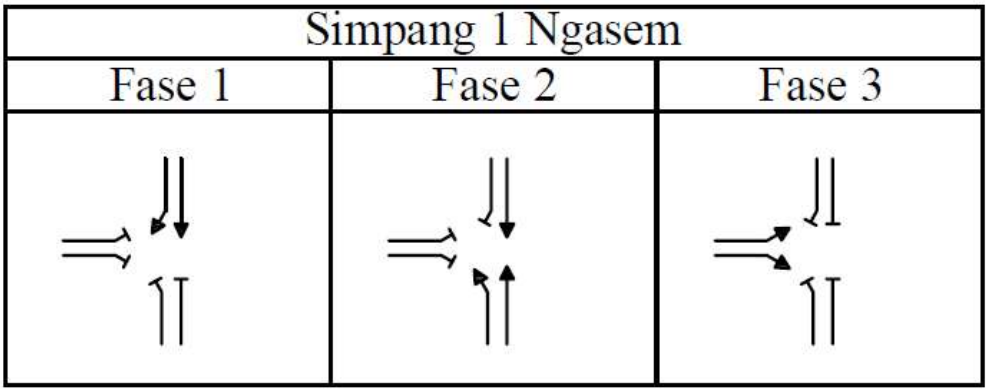
1. Fase 1 : Lengan Utara dan Selatan-ST
2. Fase 2 : Lengan Timur
3. Fase 3 : Lengan Selatan RT dan Selatan-ST

Data pewaktuan sinyal lalu lintas alternatif 1 pada Simpang Ngasem dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

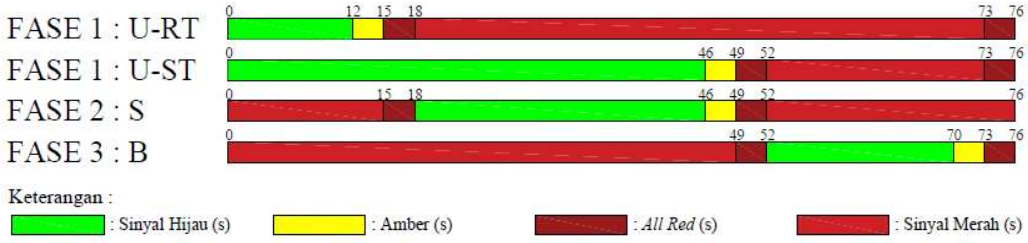
Tabel 5.14 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 1 Simpang 1 (Ngasem)

Pendekat	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	Kuning	Merah	*All Red*	
Utara-RT	12	3	58	3	76
Utara-ST	46	3	24	3	76
Selatan	28	3	42	3	76
Barat	18	3	52	3	76

Sinyal hijau pada lengan Utara alternatif perencanaan 1 menggunakan pengaturan *early cut off* seperti pada kondisi *existing*. Pengaturan fase alternatif 1 pada Simpang Ngasem dapat dilihat pada Gambar 5.37 dan 5.38 berikut.



Gambar 5.37 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 1 Simpang Ngasem



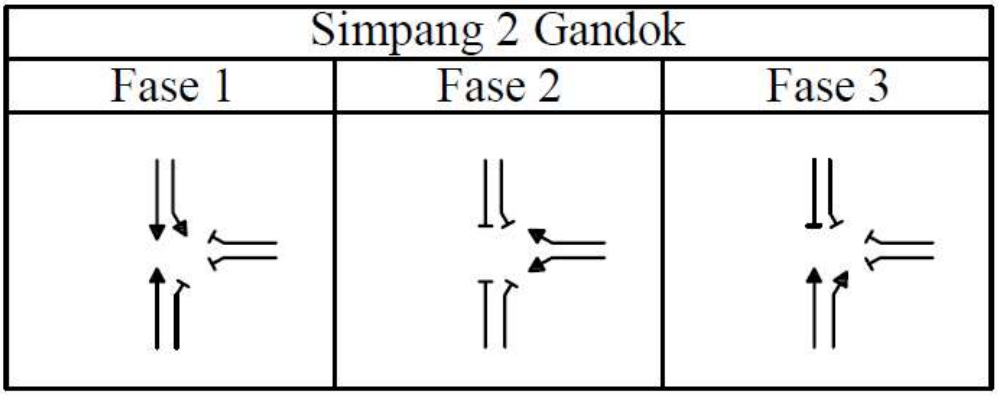
Gambar 5.38 Diagram Sinyal Alternatif 1 Simpang Ngasem

Data pewaktuan sinyal lalu lintas alternatif 1 pada Simpang Gandok dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

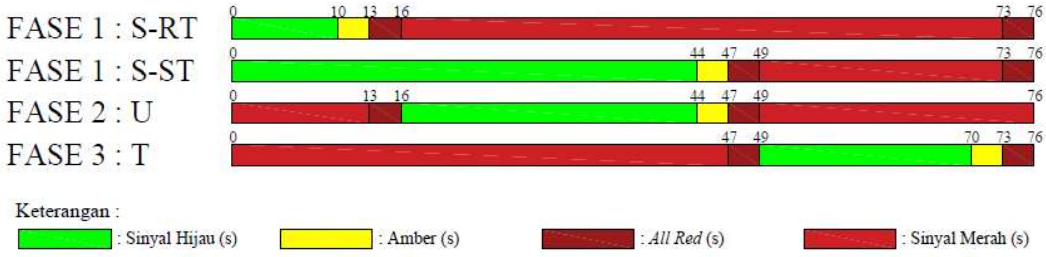
Tabel 5.15 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 1 Simpang 2 (Gandok)

Pendekat	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	Kuning	Merah	*All Red*	
Utara	28	3	42	3	76
Timur	20	3	50	3	76
Selatan-RT	10	3	60	3	76
Selatan-ST	44	3	26	3	76

Pengaturan waktu sinyal pada Simpang Gandok disesuaikan dengan pengaturan sinyal pada Simpang Ngasem yaitu dengan menggunakan metode *early cut off* pada lengan Selatan. Pengaturan fase alternatif 1 pada Simpang Gandok dapat dilihat pada Gambar 5.39 dan 5.40 berikut.

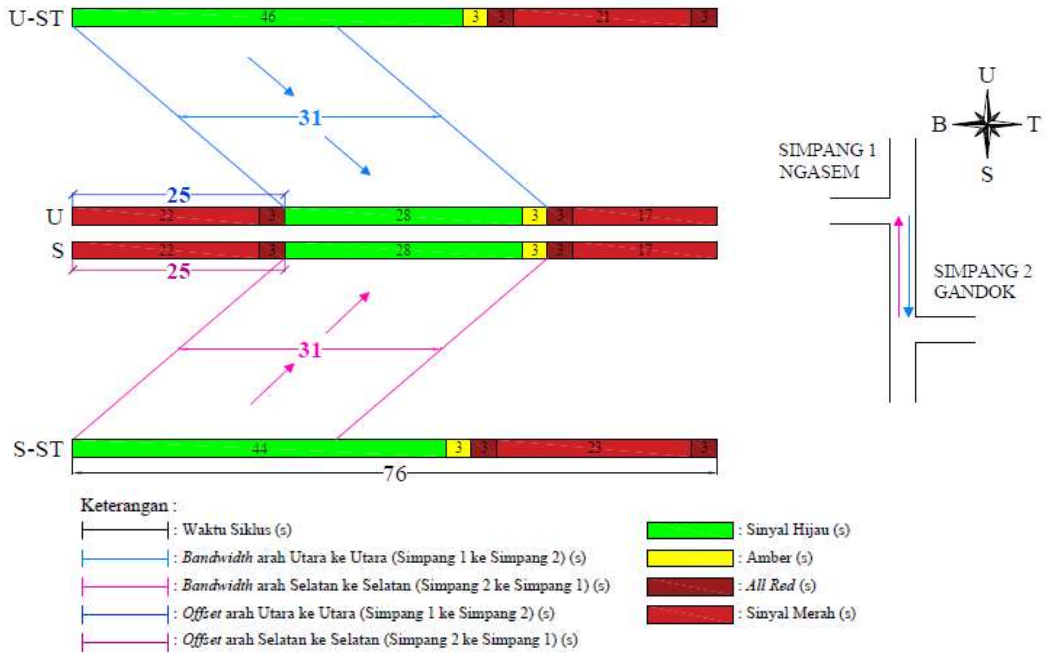


Gambar 5.39 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 1 Simpang Gandok



Gambar 5.40 Diagram Sinyal Alternatif 1 Simpang Gandok

Diagram koordinasi dari alternatif 1 menghasilkan nilai *bandwidth* sebesar 31 detik untuk rute Simpang Ngasem ke Simpang Gandok dan sebesar 31 detik untuk Simpang Gandok ke Simpang Ngasem. Waktu siklus yang digunakan yaitu selama 76 detik. Gambar diagram koordinasi alternatif 1 dapat dilihat pada Gambar 5.41 berikut.



Gambar 5.41 Diagram Sinyal Alternatif 1 Sesudah Dikoordinasi

Dari alternatif 1 didapatkan hasil evaluasi tundaan, Panjang antrean dan tingkat pelayanan yang dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Nilai Tundaan, Panjang Antrean dan Tingkat Pelayanan Hasil Evaluasi VISSIM Alternatif 1

Lokasi	Lengan	*Veh Delay* (*all*) (s)	*Qlen* (m)	*Veh Travel Time (s)*	*Level of Services (LoS)*
Simpang Ngasem	Utara	13,9579	61,6148	23,3307	B
	Barat	22,8928	24,9871	25,7743	C
	Selatan	10,4754	11,8878	13,4173	B
Simpang Gandok	Utara	10,5070	11,3190	13,3337	B
	Timur	20,8232	19,2766	23,6089	C
	Selatan	12,4011	8,9477	21,7682	B

Hasil dari perencanaan koordinasi sinyal alternatif 1 Simpang Ngasem memiliki nilai Panjang antrean pada lengan Utara sepanjang 61,6148 m, Barat sepanjang 24,9871 m dan Selatan sepanjang 11,8878 m. Dari analisis tersebut diketahui nilai tundaan pada Simpang Ngasem yaitu Utara sebesar 13,9579 detik, Barat sebesar 22,8928 detik dan Selatan sebesar 10,4754detik.

Sedangkan hasil perencanaan koordinasi alternatif 1 pada Simpang Gandok didapatkan Panjang antrean pada lengan Utara sepanjang 11,3190 m, Timur sepanjang 19,2766 m dan Selatan sepanjang 8,9477 m. Dari analisis tersebut juga

diketahui nilai tundaan pada Simpang Gandok yaitu Utara sebesar 10,5070 detik, Timur sebesar 20,8232 detik dan Selatan sebesar 12,4011 detik.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015, tingkat pelayanan alternatif 1 pada Simpang Ngasem pada lengan Utara yaitu B, Barat C dan Selatan B. Sedangkan Simpang Gandok pada lengan Utara yaitu B, Timur C dan Selatan B.

5.3.2 Alternatif Pemecahan 2

Alternatif pemecahan masalah 2 adalah dengan membuat perancangan koordinasi sinyal antar simpang. Dalam perancangan ini akan dilakukan pemberian sinyal lalu lintas pada kedua simpang dengan menggunakan metode *early cut off* untuk memberikan waktu hijau lebih lama pada jalan mayor. Waktu siklus yang digunakan adalah selama 130 detik. Digunakan kecepatan rata-rata yang didapat dari VISSIM pada arah Simpang Ngasem ke Simpang Gandok sebesar 24,6408 km/jam dan arah Simpang Gandok ke Simpang Ngasem sebesar 24,2421 km/jam untuk menentukan nilai *offset*. Perhitungan nilai *offset* adalah sebagai berikut.

$$t = \frac{\text{Jarak Antar Simpang}}{\text{Kecepatan}}$$

$$t_1 = \frac{170}{26{,}6407} \times 3600$$

$$= 25 \text{ detik}$$

$$t_2 = \frac{170}{24{,}2321} \times 3600$$

$$= 25 \text{ detik}$$

Dengan:

t_1 = *Offset* ideal atau waktu tempuh Simpang Ngasem ke Simpang Gandok (detik)

t_2 = *Offset* ideal atau waktu tempuh Simpang Gandok ke Simpang Ngasem (detik)

Waktu tempuh di atas digunakan untuk menggabarkan lintasan pergerakan *platoon* pada diagram koordinasi.

Pengaturan fase di Simpang Ngasem dengan 3 fase yang sama seperti kondisi *existing*, yaitu sebagai berikut:

1. Fase 1 : Lengan Utara-RT dan Utara-ST

2. Fase 2 : Lengan Selatan dan Utara-ST
3. Fase 3 : Lengan Barat

Peraturan fase pada Simpang Gandok dengan 3 fase, yaitu sebagai berikut:

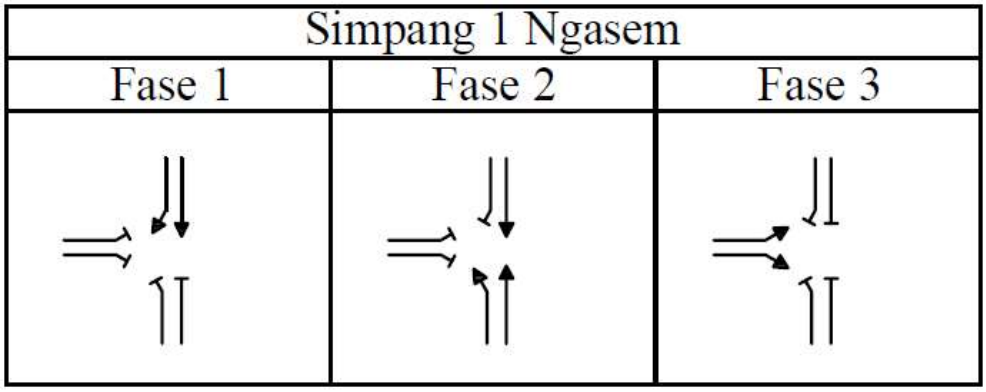
1. Fase 1 : Lengan Utara dan Selatan-ST
2. Fase 2 : Lengan Timur
3. Fase 3 : Lengan Selatan RT dan Selatan-ST

Data pewaktuan sinyal lalu lintas alternatif 2 pada Simpang Ngasem dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 2 Simpang Ngasem (Ngasem)

Pendekat	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	Kuning	Merah	*All Red*	
Utara-RT	23	3	101	3	130
Utara-ST	84	3	40	3	130
Selatan	55	3	69	3	130
Barat	34	3	90	3	130

Sinyal hijau pada lengan Utara alternatif perencanaan 2 menggunakan pengaturan *early cut off* seperti pada kondisi *existing*. Pengaturan fase alternatif 2 pada Simpang Ngasem dapat dilihat pada Gambar 5.42 dan 5.43 berikut.



Gambar 5.42 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 2 Simpang Ngasem



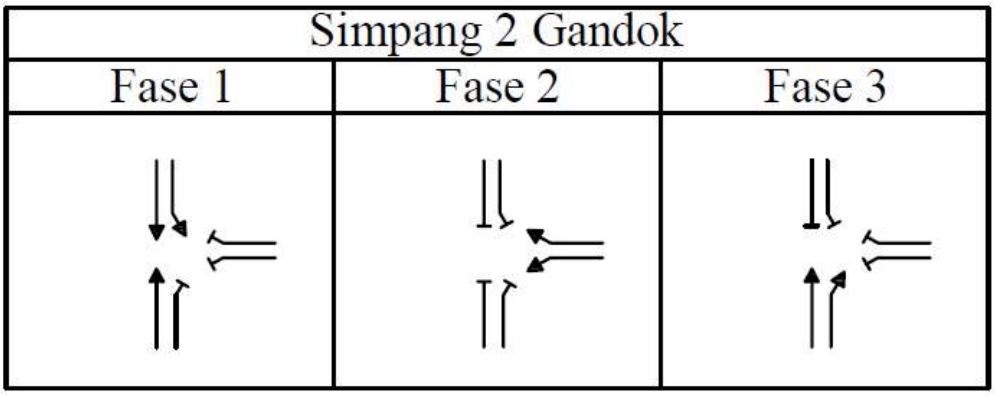
Gambar 5.43 Diagram Sinyal Alternatif 2 Simpang Ngasem

Data pewaktuan sinyal lalu lintas alternatif 2 pada Simpang Gandok dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

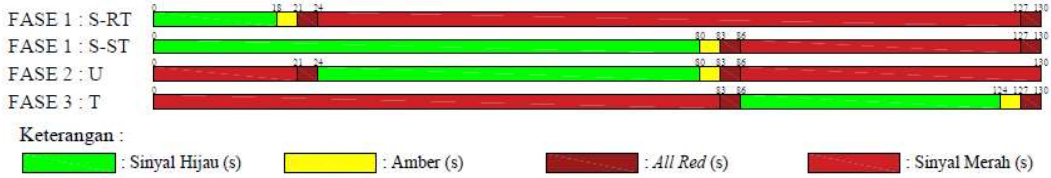
Tabel 5.18 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 2 Simpang Gandok

Pendekat	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	Kuning	Merah	*All Red*	
Utara	56	3	68	3	130
Timur	38	3	86	3	130
Selatan-RT	18	3	106	3	130
Selatan-ST	80	3	44	3	130

Pengaturan waktu sinyal pada Simpang Gandok disesuaikan dengan pengaturan sinyal pada Simpang Ngasem yaitu dengan menggunakan metode *early cut off* pada lengan Selatan. Pengaturan fase alternatif 2 pada Simpang Gandok dapat dilihat pada Gambar 5.44 dan 5.45 berikut.

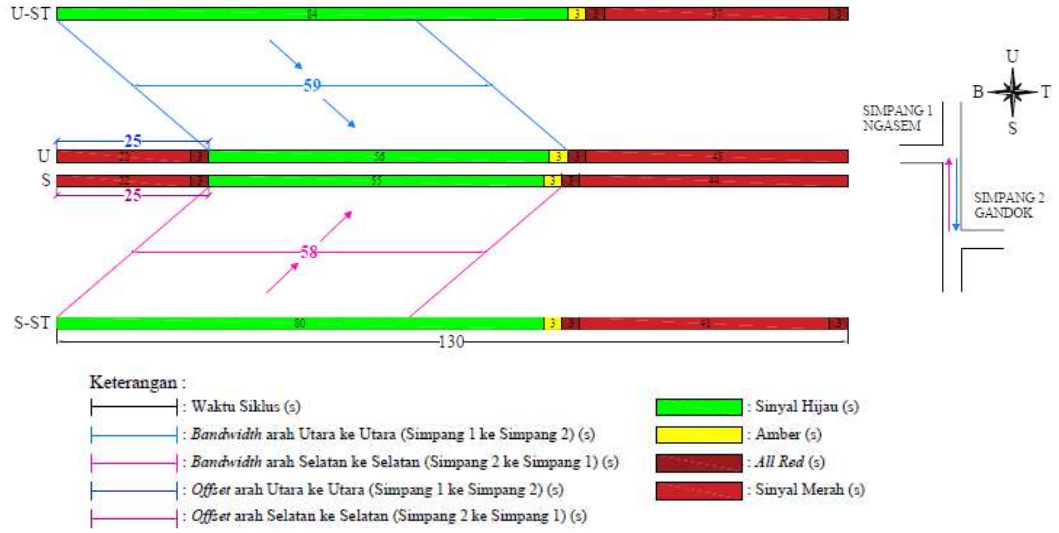


Gambar 5.44 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 2 Simpang Gandok



Gambar 5.45 Diagram Sinyal Alternatif 2 Simpang Gandok

Diagram koordinasi dari alternatif 2 menghasilkan nilai *bandwidth* sebesar 59 detik untuk rute Simpang Ngasem ke Simpang Gandok dan sebesar 58 detik untuk Simpang Gandok ke Simpang Ngasem. Waktu siklus yang digunakan yaitu selama 130 detik. Gambar diagram koordinasi alternatif 2 dapat dilihat pada Gambar 5.46 berikut.



Gambar 5.46 Diagram Sinyal Alternatif 2 Sesudah Dikoordinasi

Dari alternatif 2 didapatkan hasil evaluasi tundaan, Panjang antrean dan tingkat pelayanan yang dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Nilai Tundaan, Panjang Antrean dan Tingkat Pelayanan Hasil Evaluasi VISSIM Alternatif 2

Lokasi	Lengan	*Veh Delay* (*all*) (s)	*Qlen* (m)	*Veh Travel Time (s)*	*Level of Services (LoS)*
Simpang Ngasem	Utara	14,0698	34,7003	22,5028	B
	Barat	25,2957	27,2986	29,9622	D
	Selatan	11,9852	21,8003	14,8639	B
Simpang Gandok	Utara	11,8229	16,9935	14,6987	B
	Timur	21,9561	27,0083	24,7832	C
	Selatan	15,9395	13,5705	29,3116	C

Hasil dari perencanaan koordinasi sinyal alternatif 2 Simpang Ngasem memiliki nilai Panjang antrean pada lengan Utara sepanjang 34,7003 m, Barat sepanjang 27,2986 m dan Selatan sepanjang 21,8003 m. Dari analisis tersebut diketahui nilai tundaan pada Simpang Ngasem yaitu Utara sebesar 14,0698 detik, Barat sebesar 25,2957 detik dan Selatan sebesar 11,9852 detik.

Sedangkan hasil perencanaan koordinasi alternatif 2 pada Simpang Gandok didapatkan Panjang antrean pada lengan Utara sepanjang 16,9935 m, Timur sepanjang 27,0083 m dan Selatan sepanjang 13,5705 m. Dari analisis tersebut juga

diketahui nilai tundaan pada Simpang Gandok yaitu Utara sebesar 11,8229 detik, Timur sebesar 21,9561 detik dan Selatan sebesar 15,9395 detik.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015, tingkat pelayanan alternatif 2 pada Simpang Ngasem pada lengan Utara yaitu B, Barat D dan Selatan B. Sedangkan Simpang Gandok pada lengan Utara yaitu B, Timur C dan Selatan C.

5.3.3 Alternatif Pemecahan 3

Alternatif pemecahan masalah 3 adalah dengan membuat perancangan koordinasi sinyal antar simpang. Dalam perancangan ini akan dilakukan pemberian sinyal lalu lintas pada kedua simpang dengan waktu siklus selama 130 detik. Digunakan kecepatan rata-rata yang didapat dari VISSIM pada arah Simpang Ngasem ke Simpang Gandok sebesar 24,6408 km/jam dan arah Simpang Gandok ke Simpang Ngasem sebesar 24,2321 km/jam untuk menentukan nilai *offset*. Perhitungan nilai *offset* adalah sebagai berikut.

$$t = \frac{\text{Jarak Antar Simpang}}{\text{Kecepatan}}$$

$$t_1 = \frac{170}{24{,}6408} \times 3600$$

$$= 25 \text{ detik}$$

$$t_2 = \frac{170}{24{,}2321} \times 3600$$

$$= 25 \text{ detik}$$

Dengan:

t_1 = *Offset* ideal atau waktu tempuh Simpang Ngasem ke Simpang Gandok (detik)

t_2 = *Offset* ideal atau waktu tempuh Simpang Gandok ke Simpang Ngasem (detik)

Waktu tempuh di atas digunakan untuk menggabarkan lintasan pergerakan *platoon* pada diagram koordinasi. Perancangan ini akan diawali dengan pembuatan diagram koordinasi.

Pengaturan fase di Simpang Ngasem dengan 3 fase berbeda dari kondisi *existing*, yaitu sebagai berikut:

1. Fase 1 : Lengan Utara

2. Fase 2 : Lengan Selatan
3. Fase 3 : Lengan Barat

Peraturan fase pada Simpang Gandok dengan 3 fase, yaitu sebagai berikut:

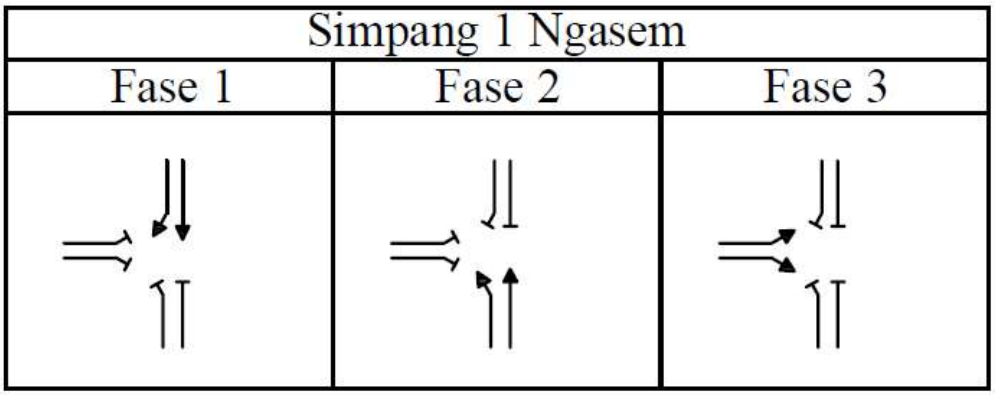
1. Fase 1 : Lengan Utara
2. Fase 2 : Lengan Timur
3. Fase 3 : Lengan Selatan

Data pewaktuan sinyal lalu lintas alternatif 3 pada Simpang Ngasem dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

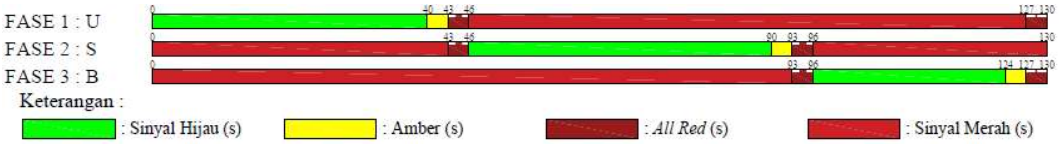
Tabel 5.20 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 3 Simpang Ngasem

Pendekat	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	Kuning	Merah	*All Red*	
Utara	40	3	84	3	130
Selatan	44	3	80	3	130
Barat	28	3	96	3	130

Pengaturan fase alternatif 3 pada Simpang Ngasem dapat dilihat pada Gambar 5.47 dan 5.48 berikut.



Gambar 5.47 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 3 Simpang Ngasem



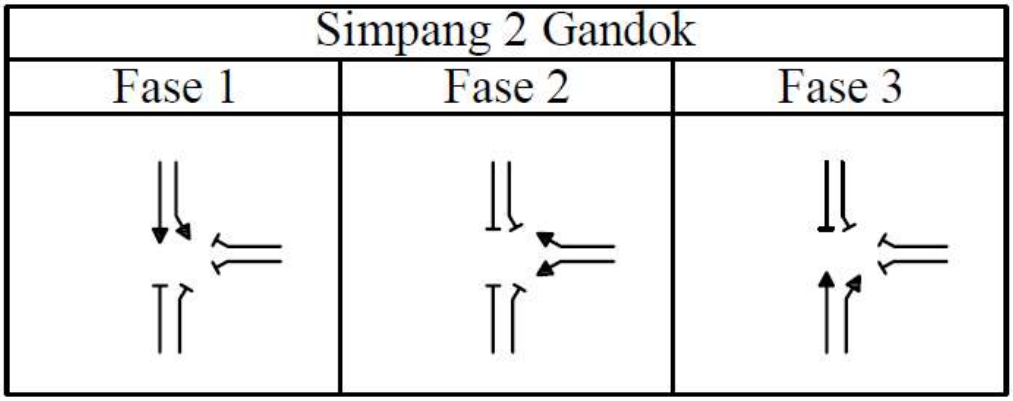
Gambar 5.48 Diagram Sinyal Alternatif 3 Simpang Ngasem

Data pewaktuan sinyal lalu lintas alternatif 3 pada Simpang Gandok dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut.

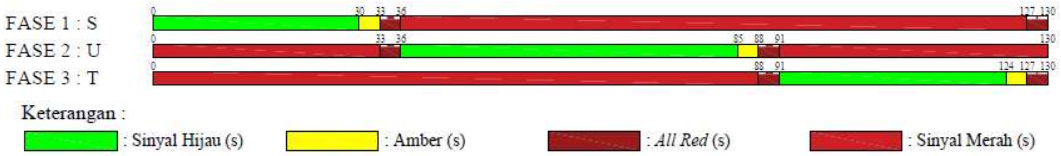
Tabel 5.21 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 3 Simpang Gandok

Pendekat	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	Kuning	Merah	*All Red*	
Utara	49	3	75	3	130
Selatan	30	3	94	3	130
Timur	33	3	91	3	130

Pengaturan fase alternatif 3 pada Simpang Gandok dapat dilihat pada Gambar 5.49 dan 5.50 berikut.

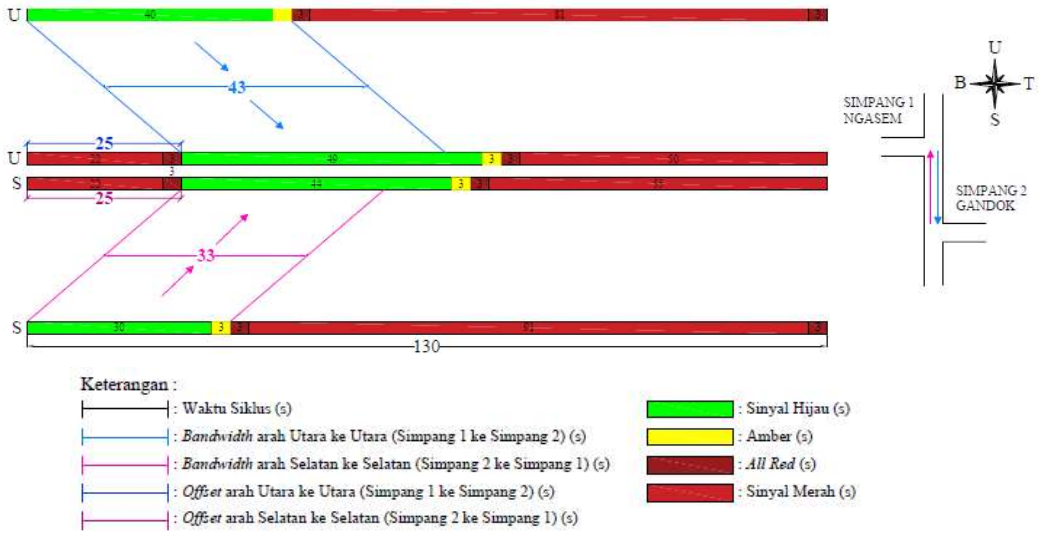


Gambar 5.49 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 3 Simpang Gandok



Gambar 5.50 Diagram Sinyal Alternatif 3 Simpang Gandok

Diagram koordinasi dari alternatif 3 menghasilkan nilai *bandwidth* sebesar 43 detik untuk rute Simpang Ngasem ke Simpang Gandok dan sebesar 33 detik untuk Simpang Gandok ke Simpang Ngasem. Waktu siklus yang digunakan adalah selama 130 detik. Gambar diagram koordinasi alternatif 3 dapat dilihat pada Gambar 5.51 berikut.



Gambar 5.51 Diagram Sinyal Alternatif 3 Sesudah Dikoordinasi

Dari alternatif 3 didapatkan hasil evaluasi tundaan, Panjang antrean dan tingkat pelayanan yang dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5.22 Nilai Tundaan, Panjang Antrean dan Tingkat Pelayanan Hasil Evaluasi VISSIM Alternatif 3

Lokasi	Lengan	*Veh Delay* (*all*) (s)	*Qlen* (m)	*Veh Travel Time (s)*	*Level of Services (LoS)*
Simpang Ngasem	Utara	19,9241	161,7507	70,3414	C
	Barat	29,4950	54,1288	86,5404	D
	Selatan	20,4831	40,5993	44,6072	C
Simpang Gandok	Utara	14,1778	10,9570	34,4726	B
	Timur	24,4120	33,5483	30,2839	D
	Selatan	28,1146	141,6300	66,1605	D

Hasil dari perencanaan koordinasi sinyal alternatif 3 Simpang Ngasem memiliki nilai Panjang antrean pada lengan Utara sepanjang 161,7507 m, Barat sepanjang 54,1288 m dan Selatan sepanjang 40,5993 m. Dari analisis tersebut diketahui nilai tundaan pada Simpang Ngasem yaitu Utara sebesar 19,9241 detik, Barat sebesar 29,4950 detik dan Selatan sebesar 20,4831 detik.

Sedangkan hasil perencanaan koordinasi alternatif 3 pada Simpang Gandok didapatkan Panjang antrean pada lengan Utara sepanjang 10,9570 m, Timur sepanjang 33,5483 m dan Selatan sepanjang 141,6300 m. Dari analisis tersebut juga diketahui nilai tundaan pada Simpang Gandok yaitu Utara sebesar 14,1778 detik, Timur sebesar 24,4120 detik dan Selatan sebesar 28,1146 detik.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015, tingkat pelayanan alternatif 3 pada Simpang Ngasem pada lengan Utara yaitu C, Barat D dan Selatan C. Sedangkan Simpang Gandok pada lengan Utara yaitu B, Timur D dan Selatan D.

5.3.4 Alternatif Pemecahan 4

Alternatif pemecahan masalah 4 adalah dengan membuat perancangan koordinasi sinyal antar simpang. Dalam perancangan ini akan dilakukan pemberian sinyal lalu lintas pada kedua simpang dengan waktu siklus selama 72 detik yang merupakan waktu siklus penyesuaian dari kondisi *existing*. Digunakan kecepatan rata-rata yang didapat dari VISSIM pada arah Simpang Ngasem ke Simpang Gandok sebesar 24,6408 km/jam dan arah Simpang Gandok ke Simpang Ngasem sebesar 24,2321 km/jam untuk menentukan nilai *offset*. Perhitungan nilai *offset* adalah sebagai berikut.

$$t = \frac{\text{Jarak Antar Simpang}}{\text{Kecepatan}}$$

$$t_1 = \frac{170}{26{,}6407} \times 3600$$

$$= 25 \text{ detik}$$

$$t_2 = \frac{170}{24{,}2321} \times 3600$$

$$= 25 \text{ detik}$$

Dengan:

t_1 = *Offset* ideal atau waktu tempuh Simpang Ngasem ke Simpang Gandok (detik)

t_2 = *Offset* ideal atau waktu tempuh Simpang Gandok ke Simpang Ngasem (detik)

Waktu tempuh di atas digunakan untuk menggabarkan lintasan pergerakan *platoon* pada diagram koordinasi.

Pengaturan fase di Simpang Ngasem dengan 3 fase yang sama seperti kondisi *existing*, yaitu sebagai berikut:

1. Fase 1 : Lengan Utara-RT dan Utara-ST
2. Fase 2 : Lengan Selatan dan Utara-ST
3. Fase 3 : Lengan Barat

Peraturan fase pada Simpang Gandok dengan 3 fase, yaitu sebagai berikut:

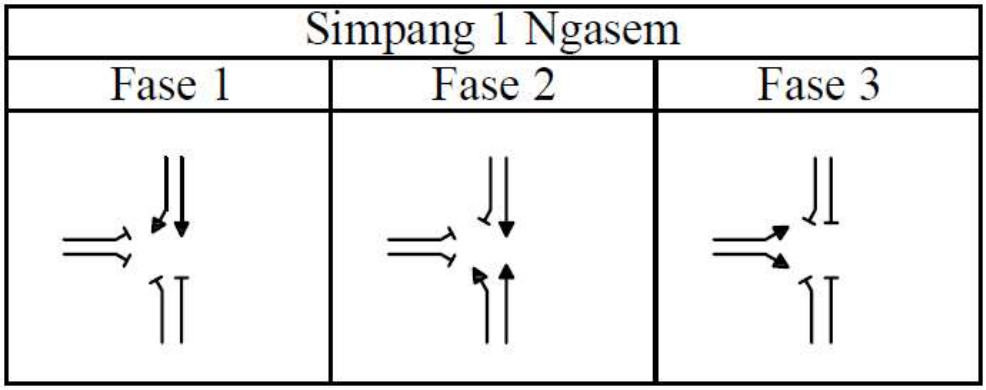
1. Fase 1 : Lengan Utara dan Selatan-ST
2. Fase 2 : Lengan Timur
3. Fase 3 : Lengan Selatan RT dan Selatan-ST

Data pewaktuan sinyal lalu lintas alternatif 4 pada Simpang Ngasem dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5.24 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 4 Simpang Ngasem

Pendekat	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	Kuning	Merah	*All Red*	
Utara-RT	10	3	56	3	72
Utara-ST	27	3	39	3	72
Selatan	27	3	39	3	72
Barat	17	3	49	3	72

Sinyal hijau pada lengan Utara alternatif perencanaan 4 menggunakan pengaturan *early cut off* seperti pada kondisi *existing*. Pengaturan fase alternatif 4 pada Simpang Ngasem dapat dilihat pada Gambar 5.52 dan 5.53 berikut.



Gambar 5.52 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 4 Simpang Ngasem



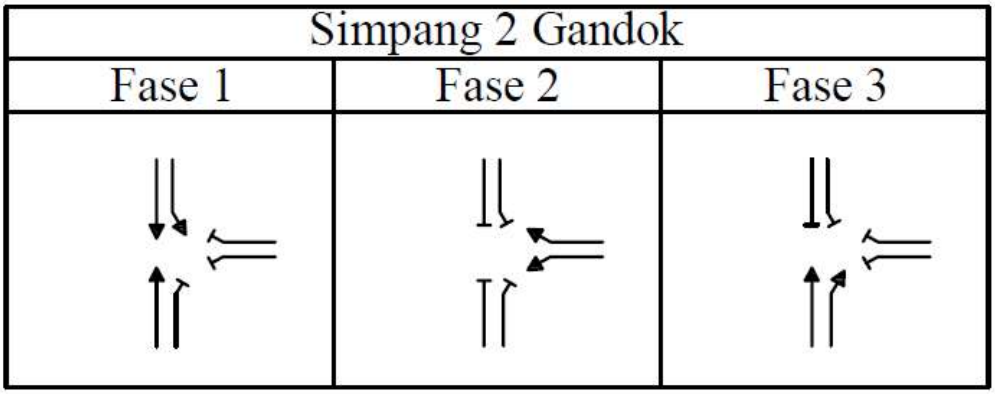
Gambar 5.53 Diagram Sinyal Alternatif 4 Simpang Ngasem

Data pewaktuan sinyal lalu lintas alternatif 4 pada Simpang Gandok dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

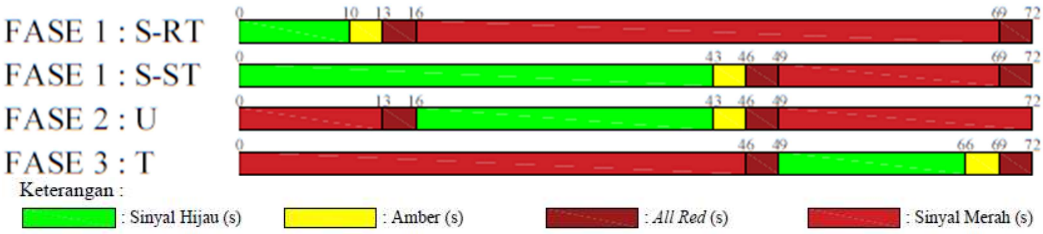
Tabel 5.24 Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 4 Simpang Gandok

Pendekat	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	Kuning	Merah	*All Red*	
Utara	27	3	39	3	72
Timur	17	3	49	3	72
Selatan-RT	10	3	56	3	72
Selatan-ST	27	3	39	3	72

Pengaturan waktu sinyal pada Simpang Gandok disesuaikan dengan pengaturan sinyal pada Simpang Ngasem yaitu dengan menggunakan metode *early cut off* pada lengan Selatan. Pengaturan fase alternatif 4 pada Simpang Gandok dapat dilihat pada Gambar 5.54 dan 5.55 berikut.

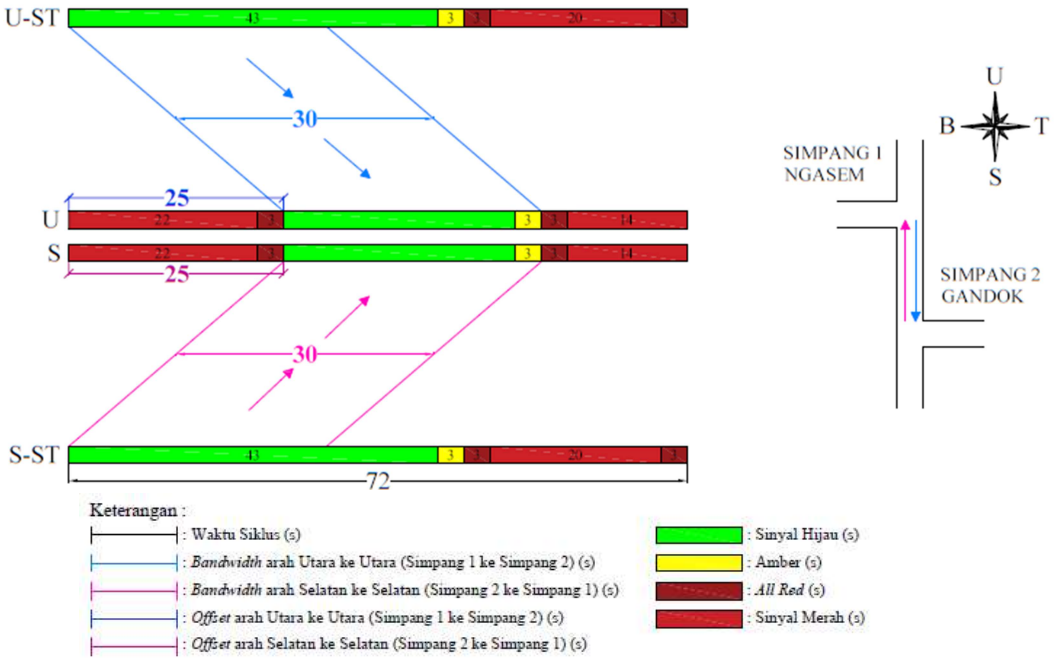


Gambar 5.54 Pengaturan Fase Lalu Lintas Alternatif 4 Simpang Gandok



Gambar 5.55 Diagram Sinyal Alternatif 4 Simpang Gandok

Diagram koordinasi dari alternatif 4 menghasilkan nilai *bandwidth* sebesar 27 detik untuk rute Simpang Ngasem ke Simpang Gandok dan sebesar 27 detik untuk Simpang Gandok ke Simpang Ngasem. Waktu siklus yang digunakan yaitu selama 72 detik. Gambar diagram koordinasi alternatif 4 dapat dilihat pada Gambar 5.56 berikut.



Gambar 5.56 Diagram Sinyal Alternatif 4 Sesudah Dikoordinasi

Dari alternatif 4 didapatkan hasil evaluasi tundaan, Panjang antrean dan tingkat pelayanan yang dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5.25 Nilai Tundaan, Panjang Antrean dan Tingkat Pelayanan Hasil Evaluasi VISSIM Alternatif 4

Lokasi	Lengan	*Veh Delay* (*all*) (s)	*Qlen* (m)	*Veh Travel Time (s)*	*Level of Services (LoS)*
Simpang Ngasem	Utara	19,1782	167,8077	28,6575	C
	Barat	22,2413	24,8918	25,1337	C
	Selatan	7,5512	6,9039	10,5028	B
Simpang Gandok	Utara	8,0409	6,1403	10,8778	B
	Timur	23,5930	26,9900	26,3439	C
	Selatan	16,3580	13,6695	23,4346	C

Hasil dari perencanaan koordinasi sinyal alternatif 4 Simpang Ngasem memiliki nilai Panjang antrean pada lengan Utara sepanjang 167,8077 m, Barat sepanjang 24,8918 m dan Selatan sepanjang 6,9039 m. Dari analisis tersebut diketahui nilai tundaan pada Simpang Ngasem yaitu Utara sebesar 19,1782 detik, Barat sebesar 22,2413 detik dan Selatan sebesar 7,5512 detik.

Sedangkan hasil perencanaan koordinasi alternatif 4 pada Simpang Gandok didapatkan Panjang antrean pada lengan Utara sepanjang 6,1403 m, Timur

sepanjang 26,9900 m dan Selatan sepanjang 13,6695 m. Dari analisis tersebut juga diketahui nilai tundaan pada Simpang Gandok yaitu Utara sebesar 8,0409 detik, Timur sebesar 23,5930 detik dan Selatan sebesar 16,3580 detik.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015, tingkat pelayanan alternatif 4 pada Simpang Ngasem pada lengan Utara yaitu C, Barat C dan Selatan B. Sedangkan Simpang Gandok pada lengan Utara yaitu B, Timur C dan Selatan C.

5.4 Kapasitas

Kapasitas merupakan arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (smp/jam). Berikut merupakan perhitungan kapasitas pada kondisi *existing*, alternatif 1, alternatif 2, alternatif 3 dan alternatif 4 dengan menggunakan Persamaan 3.7 untuk simpang bersinyal dan Persamaan 3.17 untuk simpang tak bersinyal.

5.4.1 Kapasitas Kondisi *Existing*

Berikut merupakan perhitungan kapasitas lengan Selatan Simpang Ngasem (arah Simpang Gandok ke Simpang Ngasem) dan lengan Utara (arah Simpang Ngasem ke Simpang Gandok) pada kondisi *existing*.

1. Lengan Selatan Simpang Ngasem

   S = 3211 smp/jam

   g = 23 detik

   c = 87 detik

   $C = S \times \frac{g}{c}$

   $= 3211 \times \frac{23}{87}$

   = 849 smp/jam

2. Lengan Utara Simpang Gandok

   C_0 = 2700 smp/jam

   F_W = 1,0847

   F_M = 1

   F_{CS} = 1

   F_{RSU} = 0,93

F_{LT} = 1,426

F_{RT} = 1,09

F_{MI} = 0,9819

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

= $2700 \times 1{,}0847 \times 1 \times 1 \times 0{,}93 \times 1{,}426 \times 1{,}09 \times 0{,}9819$

= 4156,844 smp/jam

5.4.2 Kapasitas Alternatif 1

Berikut merupakan perhitungan kapasitas lengan Selatan Simpang Ngasem (arah Simpang Gandok ke Simpang Ngasem) dan lengan Utara (arah Simpang Ngasem ke Simpang Gandok) pada Alternatif 1.

1. Lengan Selatan Simpang Ngasem

S = 4153 smp/jam

g = 28 detik

c = 76 detik

$C = S \times \frac{g}{c}$

$= 4153 \times \frac{28}{76}$

= 1531 smp/jam

2. Lengan Utara Simpang Gandok

S = 3211 smp/jam

g = 28 detik

c = 76 detik

$C = S \times \frac{g}{c}$

$= 3211 \times \frac{28}{76}$

= 1183 smp/jam

5.4.3 Kapasitas Alternatif 2

Berikut merupakan perhitungan kapasitas lengan Selatan Simpang Ngasem (arah Simpang Gandok ke Simpang Ngasem) dan lengan Utara (arah Simpang Ngasem ke Simpang Gandok) pada Alternatif 2.

1. Lengan Selatan Simpang Ngasem

S = 4153 smp/jam

g = 55 detik

c = 130 detik

$C = S \times \frac{g}{c}$

$= 4153 \times \frac{55}{130}$

= 1758 smp/jam

2. Lengan Utara Simpang Gandok

S = 3211 smp/jam

g = 56 detik

c = 130 detik

$C = S \times \frac{g}{c}$

$= 3211 \times \frac{56}{130}$

= 1384 smp/jam

5.4.4 Kapasitas Alternatif 3

Berikut merupakan perhitungan kapasitas lengan Selatan Simpang Ngasem (arah Simpang Gandok ke Simpang Ngasem) dan lengan Utara (arah Simpang Ngasem ke Simpang Gandok) pada Alternatif 3.

1. Lengan Selatan Simpang Ngasem

S = 4153 smp/jam

g = 44 detik

c = 130 detik

$C = S \times \frac{g}{c}$

$= 4153 \times \frac{44}{130}$

= 1406 smp/jam

2. Lengan Utara Simpang Gandok

S = 3211 smp/jam

g = 49 detik

c = 130 detik

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

$$= 3211 \times \frac{49}{130}$$

$$= 1211 \quad \text{smp/jam}$$

5.4.5 Kapasitas Alternatif 4

Berikut merupakan perhitungan kapasitas lengan Selatan Simpang Ngasem (arah Simpang Gandok ke Simpang Ngasem) dan lengan Utara (arah Simpang Ngasem ke Simpang Gandok) pada Alternatif 4.

1. Lengan Selatan Simpang Ngasem

$S = 4153$ smp/jam

$g = 27$ detik

$c = 72$ detik

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

$$= 4153 \times \frac{27}{72}$$

$$= 1558 \quad \text{smp/jam}$$

2. Lengan Utara Simpang Gandok

$S = 3211$ smp/jam

$g = 27$ detik

$c = 72$ detik

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

$$= 3211 \times \frac{27}{72}$$

$$= 1205 \quad \text{smp/jam}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan kapasitas pada kondisi *existing*, alternatif 1, alternatif 2, alternatif 3 dan alternatif 4 dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut.

Tabel 5.26 Rekapitulasi Kapasitas pada Jalan Penghubung antar Simpang

Rute	*Existing* (smp/jam)	Alternatif 1 (smp/jam)	Alternatif 2 (smp/jam)	Alternatif 3 (smp/jam)	Alternatif 4 (smp/jam)
Simpang Gandok ke Simpang Ngasem	849	1531	1758	1406	1558
Simpang Ngasem ke Simpang Gandok	4156,844	1183	1384	1211	1205

Nilai kapasitas pada lengan Selatan Simpang Ngasem pada kondisi *existing* adalah sebesar 849 smp/jam, alternatif 1 adalah sebesar 1531 smp/jam, alternatif 2 sebesar 1758 smp/jam, alternatif 3 sebesar 1406 smp/jam dan alternatif 4 sebesar 1558 smp/jam, sedangkan pada lengan Utara Simpang Gandok pada kondisi *existing* adalah sebesar 4156,844 smp/jam, alternatif 1 sebesar 1183 smp/jam, alternatif 2 sebesar 1384 smp/jam, alternatif 3 sebesar 1211 smp/jam dan alternatif 4 sebesar 1205 smp/jam.

5.5 Pembahasan

Perencanaan yang dilakukan adalah untuk meningkatkan kinerja Simpang Ngasem dan Simpang Gandok.

5.5.1 Perbandingan Panjang Antrean (*Qlen*) Hasil Koordinasi Antar Simpang

Berikut merupakan perbandingan hasil rekapitulasi panjang antrean kondisi asli di lapangan dengan hasil perancangan koordinasi simpang yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.27.

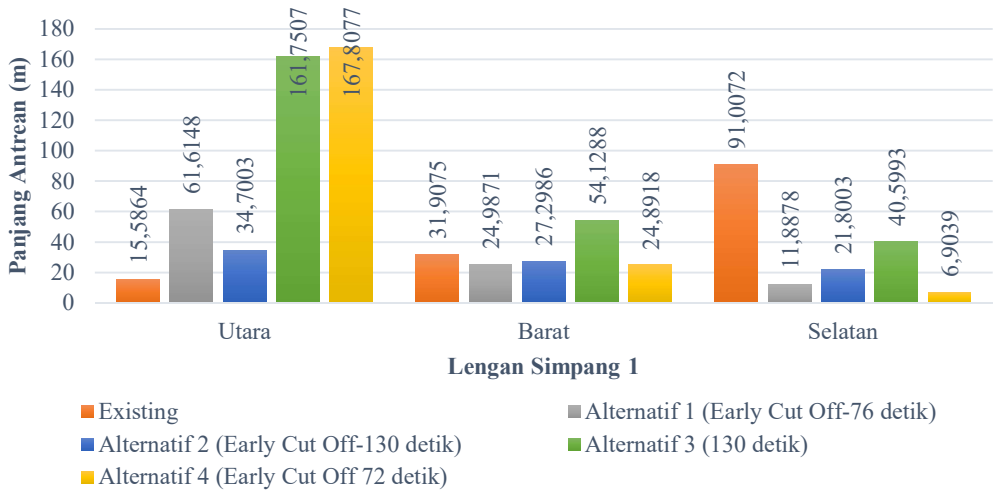
Tabel 5.27 Rekapitulasi Panjang Antrean (*Qlen*) Hasil Evaluasi VISSIM

Lokasi	**Lengan**	***Existing***	**Alternatif 1**		**Alternatif 2**	
		***Qlen* (m)**	***Qlen* (m)**	**Selisih (%)**	***Qlen* (m)**	**Selisih (%)**
Simpang 1	Utara	15,5864	61,61	+295,3%	34,7003	+122,63%
	Barat	31,9075	24,987	-21,69%	27,2986	-14,44%
	Selatan	91,0072	11,88	-86,94%	21,8003	-76,05%
Simpang 2	Utara	47,3357	11,319	-76,09%	16,9935	-64,10%
	Timur	27,2829	19,277	-29,35%	27,0083	-1,01%
	Selatan	13,7598	8,948	-34,97%	13,5705	-1,38%

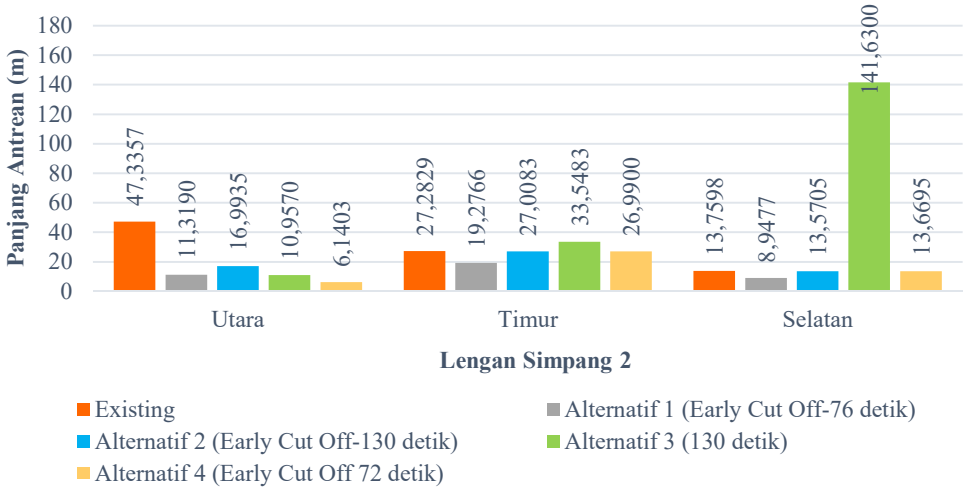
Lanjutan Tabel 5.27 Rekapitulasi Panjang Antrean (*Qlen*) Hasil Evaluasi VISSIM

Lokasi	Lengan	*Existing*	Alternatif 3		Alternatif 4	
		Qlen (m)	*Qlen* (m)	Selisih (%)	*Qlen* (m)	Selisih (%)
Simpang 1	Utara	15,5864	161,7507	+937,77%	167,8077	+976,63%
	Barat	31,9075	54,1288	+69,64%	24,8918	-21,99%
	Selatan	91,0072	40,5993	-55,39%	6,9039	-92,41%
Simpang 2	Utara	47,3357	10,9570	-76,85%	6,1403	-87,03%
	Timur	27,2829	33,5483	+22,96%	26,9900	-1,07%
	Selatan	13,7598	141,6300	+929,30%	13,6695	-0,66%

Berdasarkan hasil yang tertera di Tabel 5.34, diketahui pada alternatif 1 panjang antrean mengalami penurunan pada Simpang Ngasem lengan Barat sebesar 21,69%, lengan Selatan sebesar 86,94% dan pada Simpang Gandok lengan Utara sebesar 76,09%, lengan Timur sebesar 29,35%, lengan Selatan 34,97%. Pada Alternatif 2 panjang antrean mengalami penurunan pada Simpang Ngasem lengan Barat sebesar 14,44%, Selatan 76,05% dan pada Simpang Gandok lengan Utara sebesar 64,10%, lengan Timur 1,01%, lengan Selatan sebesar 1,38%. Pada alternatif 3 panjang antrean hanya mengalami penurunan pada Simpang Ngasem lengan Selatan sebesar 55,39% dan Simpang Gandok lengan Utara sebesar 22,96%. Sedangkan pada alternatif 4 panjang antrean mengalami penurunan pada Simpang Ngasem lengan Barat sebesar 21,99%, lengan Selatan sebesar 92,41% dan pada Simpang Gandok mengalami penurunan pada lengan Utara sebesar 87,03%, Timur sebesar 1,07% dan Selatan sebesar 0,66%. Berikut grafik perbandingan ketiga analisis tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.57 dan 5.58.



Gambar 5.57 Diagram Perbandingan Nilai Panjang Antrean Simpang Ngasem



Gambar 5.58 Diagram Perbandingan Nilai Panjang Antrean Simpang Gandok

5.5.2 Perbandingan Tudaan (*Vehicle Delay*) Hasil Koordinasi Antar Simpang

Berikut merupakan perbandingan hasil rekapitulasi nilai tundaan (*Vehicle Delay*) kondisi asli di lapangan dengan hasil perancangan koordinasi simpang yang dilakukan dan penilaian kinerja pelayanan jalan *(Level Of* Service) dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28 Rekapitulasi Tundaan (*Veh. Delay*) Hasil Evaluasi VISSIM

Lokasi	Lengan	*Existing*		Alternatif 1		
		Veh Delay (all) (s)	*LOS*	*Veh Delay (all) (s)*	*LOS*	Selisih (%)
Simpang Ngasem	Utara	9,7747	B	13,9579	B	42,80%
	Barat	23,4879	C	22,8928	C	2,53%
	Selatan	21,8040	C	10,4754	B	51,96%
Simpang Gandok	Utara	10,8292	B	10,5070	B	2,98%
	Timur	7,5724	B	20,8232	C	174,99%
	Selatan	10,8953	B	12,4011	B	13,82%

Lokasi	Lengan	Alternatif 2			Alternatif 3		
		Veh Delay (all) (s)	*LOS*	Selisih (%)	*Veh Delay (all) (s)*	*LOS*	Selisih (%)
Simpang Ngasem	Utara	14,0698	B	43,94%	19,9241	C	103,83%
	Barat	25,2957	D	7,70%	29,4950	D	25,57%
	Selatan	11,9852	B	45,03%	20,4831	C	6,06%
Simpang Gandok	Utara	11,8229	B	9,18%	14,1778	B	30,92%
	Timur	21,9561	C	189,95%	24,4120	D	222,38%
	Selatan	15,9395	C	46,30%	28,1146	D	158,04%

Lokasi	Lengan	Alternatif 4		
		Veh Delay (all) (s)	*LOS*	Selisih (%)
Simpang Ngasem	Utara	19,1782	C	96,20%
	Barat	22,2413	C	5,31%
	Selatan	7,5512	B	65,37%
Simpang Gandok	Utara	8,0409	B	25,75%
	Timur	23,5930	C	211,56%
	Selatan	16,3580	C	50,14%

Berdasarkan hasil rekapitulasi pada Tabel 5.34 diatas, diketahui nilai tundaan pada alternatif 1 Simpang Ngasem mengalami peningkatan pada lengan Utara sebesar 42,80% dengan tingkat pelayanan B yang berarti tingkat pelayanan tidak mengalami perubahan, penurunan pada lengan Barat sebesar 2,53% dengan tingkat pelayanan C yang berarti tingkat pelayanan tidak mengalami perubahan dan penurunan pada lengan Selatan sebesar 51,96% dengan tingkat pelayanan B yang berarti tingkat pelayanan menjadi semakin baik. Sedangkan pada Simpang Gandok mengalami penurunan pada lengan Utara sebesar 2,98% dengan tingkat pelayanan B yang berarti tingkat pelayanan tidak berubah, peningkatan pada lengan Timur

sebesar 174,99% dengan tingkat pelayanan C yang berarti tingkat pelayanan menjadi semakin buruk dan peningkatan pada lengan Selatan sebesar 13,82% dengan tingkat pelayanan B yang berarti tingkat pelayanan tidak berubah.

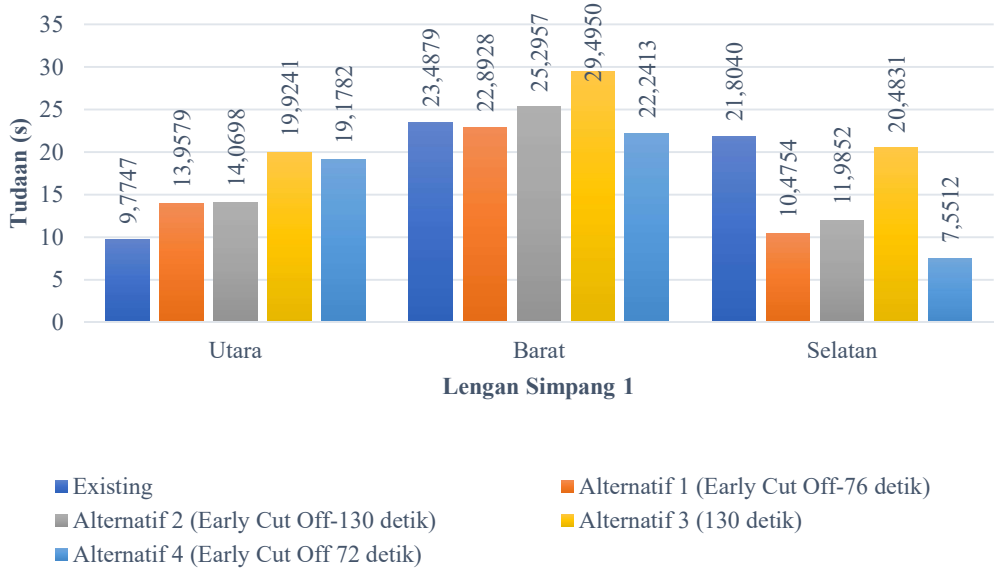
Pada alternatif 2 Simpang Ngasem mengalami peningkatan pada lengan Utara sebesar 43,94% dengan tingkat pelayanan B yang berarti tidak terdapat perubahan, peningkatan pada lengan Barat sebesar 7,70% dengan tingkat pelayanan D yang berarti tingkat pelayanan menjadi semakin buruk dan penurunan pada lengan Selatan sebesar 45,03% dengan tingkat pelayanan B yang berarti tingkat pelayanan menjadi semakin baik. Sedangkan pada Simpang Gandok mengalami peningkatan pada lengan Utara sebesar 9,18% dengan tingkat pelayanan B yang berarti tingkat pelayanan tidak berubah, peningkatan pada lengan Selatan sebesar 189,95% dengan tingkat pelayanan C yang berarti tingkat pelayanan menjadi semakin buruk dan peningkatan pada lengan Timur sebesar 46,30% dengan tingkat pelayanan C yang berarti tingkat pelayanan menjadi semakin buruk.

Pada alternatif 3 Simpang Ngasem mengalami peningkatan pada lengan Utara sebesar 103,83% dengan tingkat pelayanan C yang berarti tingkat pelayanan menjadi semakin buruk, peningkatan pada lengan Barat sebesar 25,57% dengan tingkat pelayanan D yang berarti tingkat pelayanan menjadi semakin buruk dan penurunan pada lengan Selatan sebesar 6,06% dengan tingkat pelayanan C yang berarti tidak terdapat perubahan. Sedangkan pada Simpang Gandok mengalami peningkatan pada lengan Utara sebesar 30,92% dengan tingkat pelayanan B yang berarti tingkat pelayanan tidak berubah, peningkatan pada lengan Selatan sebesar 222,38% dengan tingkat pelayanan D yang berarti tingkat pelayanan menjadi semakin buruk dan peningkatan pada lengan Timur sebesar 158,04% dengan tingkat pelayanan D yang berarti tingkat pelayanan menjadi semakin buruk.

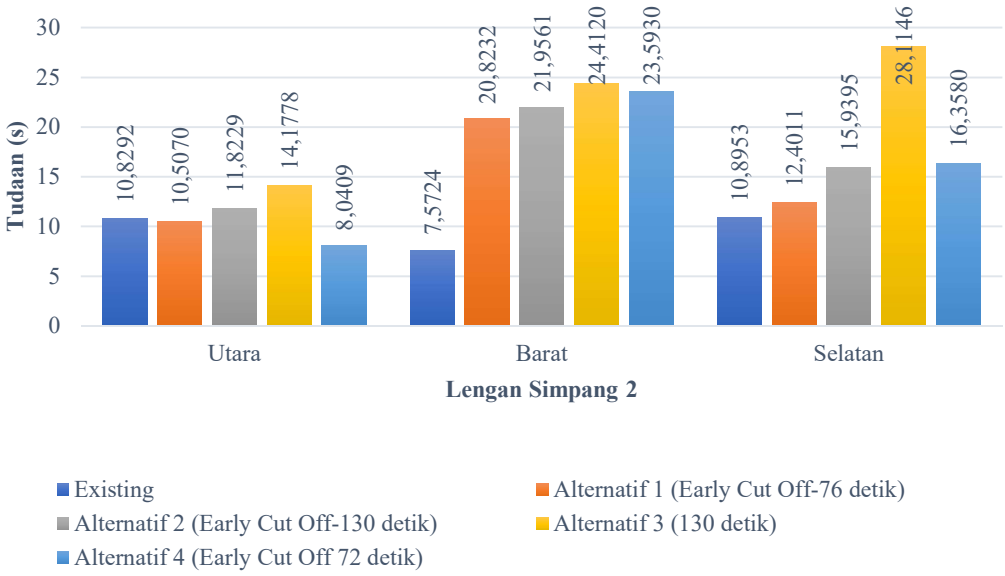
Pada alternatif 4 Simpang Ngasem mengalami peningkatan pada lengan Utara sebesar 96,20% dengan tingkat pelayanan C yang berarti tingkat pelayanan menjadi semakin buruk, penurunan pada lengan Barat sebesar 5,31% dengan tingkat pelayanan C yang berarti tingkat pelayanan tidak berubah dan penurunan pada lengan Selatan sebesar 65,37% dengan tingkat pelayanan B tingkat pelayanan menjadi semakin baik. Sedangkan pada Simpang Gandok mengalami penurunan

pada lengan Utara sebesar 8,0409% dengan tingkat pelayanan B yang berarti tingkat pelayanan tidak berubah, peningkatan pada lengan Selatan sebesar 211,56% dengan tingkat pelayanan C yang berarti tingkat pelayanan menjadi semakin buruk dan peningkatan pada lengan Timur sebesar 50,14% dengan tingkat pelayanan C yang berarti tingkat pelayanan menjadi semakin buruk.

Berikut merupakan grafik perbandingan ketiga analisis tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 5.59 dan 5.60.



Gambar 5.59 Diagram Perbandingan Tundaan Simpang Ngasem



Gambar 5.60 Diagram Perbandingan Tundaan Simpang Gandok

5.5.3 Perbandingan Waktu Tempuh Kendaraan (*Vehicle Travel Time*) Hasil Koordinasi Simpang

Berikut merupakan perbandingan hasil rekapitulasi waktu tempuh kendaraan (*Vehicle Travel Time*) kondisi asli di lapangan dengan hasil perancangan koordinasi simpang yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29 Rekapitulasi Waktu Tempuh Kendaraan (*Veh. Time Travel*) Hasil Evaluasi VISSIM

Lokasi	Lengan	*Existing*	Alternatif 1		Alternatif 2	
		Veh. Travel Time VISSIM (s)	*Veh. Travel Time VISSIM (s)*	Selisih (%)	*Veh. Travel Time VISSIM (s)*	Selisih (%)
Simpang Ngasem	Utara	14,3822	23,3307	+62,22%	22,5028	+56,46%
	Barat	26,6299	25,7743	-3,21%	29,9622	+12,51%
	Selatan	24,7315	13,4173	-45,75%	14,8639	-39,90%
Simpang Gandok	Utara	13,9061	13,3337	-4,12%	14,6987	+5,70%
	Timur	11,0544	23,6089	+113,57%	24,7832	+124,19%
	Selatan	33,0175	21,7682	-34,07%	29,3116	-11,22%
Lokasi	**Lengan**	***Existing***	**Alternatif 3**		**Alternatif 4**	
		Veh. Travel Time VISSIM (s)	***Veh. Travel Time VISSIM (s)***	**Selisih (%)**	***Veh. Travel Time VISSIM (s)***	**Selisih (%)**
Simpang Ngasem	Utara	14,3822	70,3414	+389,09%	28,6575	+99%
	Barat	26,6299	86,5404	+224,97%	25,1337	-6%
	Selatan	24,7315	44,6072	+80,37%	10,5028	-58%
Simpang Gandok	Utara	13,9061	34,4726	+147,90%	10,8778	-22%
	Timur	11,0544	30,2839	+173,95%	26,3439	-138%
	Selatan	33,0175	66,1605	+100,38%	23,4346	-29%

5.5.4 Perbandingan Kecepatan (*Speed Average Arith*) Hasil Koordinasi Antar Simpang

Berikut merupakan perbandingan hasil rekapitulasi kecepatan (*Speed Averange Arith*) kondisi asli di lapangan dengan hasil perancangan koordinasi simpang yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.30.

Tabel 5.30 Rekapitulasi Kecepatan (*Speed Averange Arith*) Hasil Evaluasi VISSIM

Lokasi		Simpang Ngasem ke Simpang Gandok	Simpang Gandok ke Simpang Ngasem
Existing	***Speed Avg. arith* (*All*)**	24,6408	24,2321
	LOS	F	F
Alternatif 1	***Speed Avg. arith* (*All*)**	31,4205	29,5194
	LOS	E	F
	Selisih (%)	27,51%	21,82%
Alternatif 2	***Speed Avg. arith* (*All*)**	30,0863	28,4285
	LOS	E	F
	Selisih (%)	22,10%	17,32%
Alternatif 3	***Speed Avg. arith* (*All*)**	31,2183	28,2829
	LOS	E	F
	Selisih (%)	26,69%	16,72%
Alternatif 4	***Speed Avg. arith* (*All*)**	30,2654	28,4561
	LOS	E	F
	Selisih (%)	22,83%	17,43%

Berdasarkan hasil rekapitulasi pada Tabel 5.36 di atas, diketahui nilai kecepatan pada alternatif 1 Simpang Ngasem ke Simpang Gandok mengalami peningkatan kecepatan sebesar 27,51% dan tingkat pelayanan semakin baik, yaitu E. Sedangkan pada arah Simpang Gandok ke Simpang Ngasem mengalami peningkatan kecepatan sebesar 21,82% dan tingkat pelayanan tidak berubah, yaitu F.

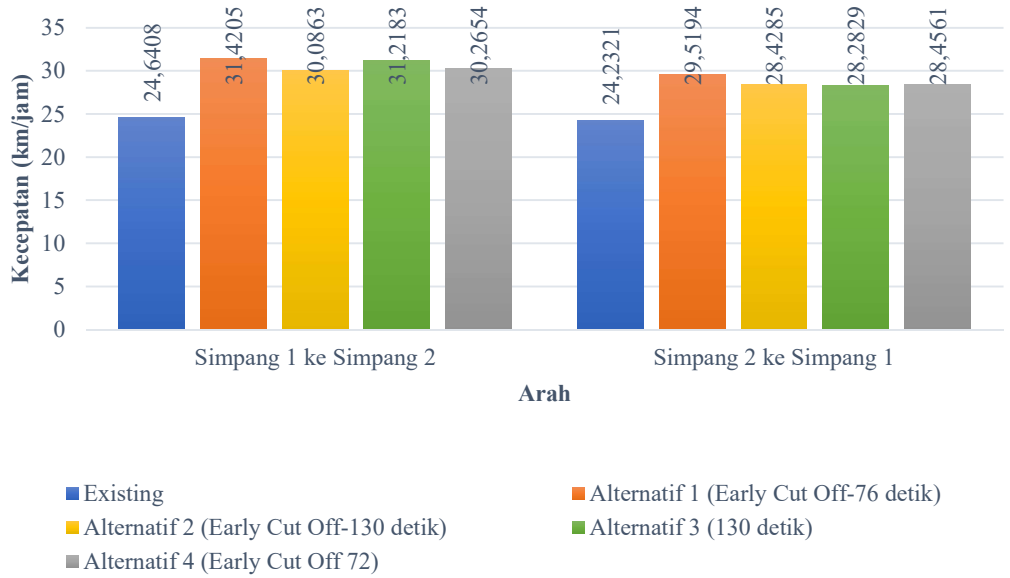
Hasil rekapitulasi nilai kecepatan pada alternatif 2 Simpang Ngasem ke Simpang Gandok mengalami peningkatan kecepatan sebesar 22,10% dan tingkat pelayanan menjadi semakin baik, yaitu E. Sedangkan pada arah Simpang Gandok ke Simpang Ngasem mengalami peningkatan kecepatan sebesar 17,32% dan tingkat pelayanan tidak berubah, yaitu F.

Nilai kecepatan pada alternatif 3 Simpang Ngasem ke Simpang Gandok mengalami peningkatan kecepatan sebesar 26,69% dan tingkat pelayanan menjadi semakin baik, yaitu E. Sedangkan pada arah Simpang Gandok ke Simpang Ngasem mengalami peningkatan kecepatan sebesar 16,72% dan tingkat pelayanan tidak berubah, yaitu F.

Hasil rekapitulasi nilai kecepatan pada alternatif 4 Simpang Ngasem ke Simpang Gandok mengalami peningkatan kecepatan sebesar 22,83% dan tingkat pelayanan menjadi semakin baik, yaitu E. Sedangkan pada arah Simpang Gandok

ke Simpang Ngasem mengalami peningkatan kecepatan sebesar 17,43% dan tingkat pelayanan tidak berubah, yaitu F.

Berikut merupakan grafik perbandingan ketiga analisis tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 5.61.



Gambar 5.61 Diagram Perbandingan Nilai Kecepatan Perjalanan Rata-rata VISSIM

5.5.5 Perbandingan Rata-rata Pajang Antrian, Tundaan dan Waktu Tempuh

Berikut merupakan perbandingan hasil rata-rata rekapitulasi panjang antrian, tundaan dan waktu tempuh dari kondisi lapangan, alternatif 1, alternatif 2, alternatif 3 dan alternatif 4. Dengan adanya perbandingan ini, dapat diketahui alternatif terbaik dari semua kondisi yang ada yang dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut.

Tabel 5.31 Hasil Rata-rata Perbandingan pada Periode *Existing*, Alternatif 1, Alternatif 2, Alternatif 3 dan Alternatif 4

Variabel	**Existing**	**Alternatif 1**	**Penurunan (%)**	**Alternatif 2**	**Penurunan (%)**
Panjang Antrean (m)	37,8132	23,0055	39%	23,5619	38%
Vehicle Travel Time (m)	20,6203	20,2055	2%	22,6871	-10%
Tundaan (s)	14,0606	15,1762	-8%	16,8449	-20%
Variabel	**Existing**	**Alternatif 3**	**Penurunan (%)**	**Alternatif 4**	**Penurunan (%)**
Panjang Antrean (m)	37,8132	73,7690	-95%	41,0672	-9%
Vehicle Travel Time (m)	20,6203	55,4010	-169%	20,8250	-1%
Tundaan (s)	14,0606	22,7677	-62%	16,1604	-15%

Dari perencanaan alternatif 1, 2, 3 dan 4 didapatkan hasil terbaik adalah pada alternatif 1. Dari keempat hasil analisis tersebut, diketahui bahwa hasilnya tidak jauh berbeda, namun untuk koordinasi antar simpang, didapatkan alternatif ke 1 lebih baik dari alternatif lainnya. Hasil panjang antrian pada perencanan alternatif 1 mengalami penurunan sebesar 39% dari 37,8132 meter menjadi 23,0055 meter, hasil waktu tempuh mengalami penurunan sebesar 2% dari 20,6203 detik menjadi 20,2055 detik, namun hasil tundaan mengalami sedikit peningkatan sebesar 8% dari 14,0606 meter menjadi 16,8449 meter.

5.5.6 Perbandingan Kapasitas Hasil Koordinasi Antar Simpang

Berikut merupakan perbandingan hasil rekapitulasi kapasitas kondisi *existing* dengan hasil perancangan koordinasi simpang yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.32.

Tabel 5.32 Hasil Perbandingan Kapasitas pada Kondisi *Existing*, Alternatif 1, Alternatif 2, Alternatif 3 dan Alternatif 4

Arah	*Existing* (smp/jam)	Alternatif 1 (smp/jam)	Alternatif 2 (smp/jam)	Alternatif 3 (smp/jam)	Alternatif 4 (smp/jam)
Simpang Gandok ke Simpang Ngasem	849	1531	1758	1406	1558
Simpang Ngasem ke Simpang Gandok	4156,844	1183	1384	1211	1205

Nilai kapasitas pada lengan Selatan Simpang Ngasem mengalami peningkatan pada alternatif 1 sebesar 80%, alternatif 2 sebesar 107% dan alternatif 3 sebesar 66%, sedangkan pada lengan Utara Simpang Gandok pada alternatif 1 mengalami penurunan sebesar 72%, alternatif 2 sebesar 67%, alternatif 3 sebesar 71% dan alternatif 4 sebesar 71%. Penurunan nilai kapasitas yang signifikan disebabkan karena adanya perubahan kondisi simpang dari tak bersinyal menjadi bersinyal. Namun dengan adanya perubahan tersebut kendaraan yang melewati simpang menjadi lebih teratur.

BAB VI
SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Berdasarkan hasil survey dan analisis yang telah dilakukan dengan menggunakan pemodelan VISSIM, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil pengamatan langsung di lapangan diketahui jam puncak kedua simpang adalah pada hari Senin pukul 16.00 – 17.00 dengan volume lalu lintas pada Simpang 2 (Gandok) sebanyak 3183 smp/jam dan pada Simpang 1 (Ngasem) sebanyak 2136 smp/jam. Dalam kondisi *existing* diketahui kedua simpang tersebut belum terkoordinasi dikarenakan pada Simpang Gandok belum terdapat pengaturan sinyal lalu lintasnya, sehingga direncanakan adanya koordinasi simpang untuk meningkatkan tingkat pelayanan (*Level of Service*) dengan menambahkan pengaturan sinyal lalu lintas untuk Simpang Gandok (simpang tak bersinyal),
2. Koordinasi simpang dilakukan dengan diberikan 4 alternatif perencanaan untuk didapatkan solusi perbaikan kinerja koordinasi kedua simpang yang terbaik dengan menggunakan pemodelan VISSIM. Alternatif perencanaan 1 dilakukan dengan mengoordinasikan simpang dengan percobaan waktu siklus selama 76 detik dengan menggunakan metode *early cut off* pada lengan mayor, alternatif perancangan 2 dengan percobaan waktu siklus selama 130 detik dengan menggunakan metode *early cut off* pada lengan mayor, alternatif 3 dengan waktu siklus selama 130 detik dan dan alternatif 4 dengan waktu siklus selama 72 detik dengan menggunakan metode *early cut off*,
3. Dari keempat alternatif penyelesaian yang telah dilakukan, diketahui bahwa alternatif 1 menunjukkan hasil terbaik jika dibandingkan dengan alternatif lainnya. Kondisi simpang menjadi lebih baik dan teratur setelah dilakukan adanya koordinasi. Penurunan panjang antrean yang signifikan terjadi pada Simpang Ngasem lengan Barat sebesar 21,69%, Selatan sebesar 86,94% dan

pada Simpang Gandok lengan Utara sebesar 76,09%, Timur sebesar 29,35%, Selatan sebesar 34,97%. Nilai tundaan juga mengalami penurunan pada Simpang Ngasem lengan Barat sebesar 2,53%, Selatan sebesar 51,96% dan pada Simpang Gandok lengan Utara sebesar 2,98%.

6.2 Saran

Dari kesimpulan diatas, maka penulis dapat mengajukan beberapa saran terkait dengan hasil penelitian yang telah dilakukan secara langsung maupun dengan *software* VISSIM agar di masa yang akan datang dapat dihasilkan kondisi yang lebih baik, antara lain:

1. Diperlukan pemodelan lanjutan terkait dengan kondisi geometri jalan pada kedua simpang tersebut, terutama pada lebar pendekatnya,
2. Penelitian dapat dilanjutkan dan dikembangkan dengan mempertimbangkan adanya simpang yang lokasinya tidak jauh dari Simpang Gandok (Gandok) agar menghasilkan solusi yang lebih baik untuk kepadatan lalu lintasnya,
3. Melakukan survei kendaraan tak bermotor seperti sepeda, becak dan sejenisnya agar data yang dihasilkan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Bayasut, E.Z.M.T. 2010. Analisa dan Koordinasi Sinyal Antar Simpang pada Ruas Jalan Diponegoro Surabaya. *Tugas Akhir.* (Tidak Diterbitkan). Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Departemen Perhubungan. 1993. *Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 Tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan*. Menteri Perhubungan. Jakarta.

Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Fauziah, M. Dan Raisa, F.P. 2016. Koordinasi Dua Simpang Berdekatan dengan MKJI dan Pemodelan VISSIM. *The 19th FSTPT International Symposium*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta. 11-13 Oktober.

Gustavsson, F.N. 2007. *New Transportation Research Progress.* New York: Nova Science Publishers, Inc.

Hariyanto, J. 2004. *Perencanaan Persimpangan Tidak Sebidang Pada Jalan Raya.* Universitas Sumatera Utara. Medan.

Hellinga, B, Hesham Rakha, et al. 1996. *Systematic Verivication, Validation and Calibration of Traffic Simulation Models, Presented at the 1996 Transportation Research Board Annual Metting.* Canada.

Husna, B.N. 2016. Perancangan Koordinasi Sinyal Antar Simpang di Jalan Perintis Kemerdekaan Kota Yogyakarta. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Khisty, C.J. dan Lall, B.K. 2005. *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi.* Terjemahan oleh Penerbit Erlangga. Jakarta.

Maricar, M.A. 2019. Analisa Perbandingan Nilai Akurasi *Moving Average* dan *Exponential Smoothing* untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem dan Informatika.* Vol.13 No.2. Universitas Udayana. Bali.

McShane, W.R. dan Roess, R.P. 1990. *Traffic Engineering.* Prentice Hall Inc. New Jersey.

Menteri Perhubungan. 2006. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2006 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan.* Menteri Perhubungan. Jakarta.

Menteri Perhubungan. 2014. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 49 Tahun 2014 tentang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas*. Menteri Perhubungan. Jakarta.

Menteri Perhubungan. 2015. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas.* Menteri Perhubungan. Jakarta.

Morlok. E.K. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi, 2nd*. Terjemahan oleh Penerbit Erlangga. Jakarta.

Munawar, A. 2004. *Manajemen Lalu Lintas Perkotaan.* Beta Offset. Yogyakarta.

Munir, A.M. Hadiyanto, F. dan Riyanto, B. 2014. Analisis dan Koordinasi Simpang Kartini dan Simpang Sidodadi Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil.* Vol.3 No.1:119-130. Universitas Diponegoro. Semarang.

Oglesby, C.H. dan Hick, R.G. 1982. *Teknik Jalan Raya. 2nd.* Terjemahan oleh Penerbit Erlangga. Jakarta.

Papacostas, C.S. dan Prevedouros, P.D. 2005. *Transportation Engineering and Planing.* Prentice Hall Inc. Singapore.

Pignataro, L.J. 1973. *Traffic Engineering: Theory and Practice.* Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs. New Jersey.

Putri, N.H. dan Irawan, M.Z. 2015. Mikrosimulasi Mixed Traffic Pada Simpang Bersinyal Dengan Perangkat Lunak VISSIM (Studi Kasus Simpang Tugu, Yogyakarta). *The 18th FSTPT International Symposium*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 28 Agustus.

Romadhona, P.J. dan Irawan, M. 2019. Evaluasi dan Koordinasi di Simpang Gamping dan Simpang Pelem Gurih dengan Menggunakan Pendekatan Mikrosimulasi (VISSIM). *Konferensi Nasional Inovasi Lingkungan Terbangun*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Romadhona, P.J. dan Zainuri, M.A. 2019. Peningkatan Kinerja Simpang dengan Koordinasi Sinyal Lalu Lintas di Simpang BPK dan Badran Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol.8 No.1. Universitas Syiah Kuala. Aceh.

Syafi'ie, E.F. dan Sulistianto, R. 2005. Rekayasa Kinerja Dua Simpang yang Berdekatan dengan Perubahan Geometrik. *Tugas Akhir.* (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Taylor, M. dan Young, W. 1996. *Understanding Traffic System*. Averbury Technical. Sydney.

Ulfah, M. Aly, S.H. dan Ramli, M.I. 2017. Mikrosimulasi Lalu Lintas Pada Simpang Tiga Dengan Software VISSIM (Studi Kasus: Simpang Jl. A. Pettarani – Jl. Let. Jend. Hertasning dan Simpang Jl. A. Pettarani – Jl. Rappocini Raya). *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi Ke-20.* Universitas Hasanuddin. Makassar. 4-5 November.

LAMPIRAN 1

PENGAMBILAN DATA VOLUME LALU LINTAS

Tabel L-1.1 Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam

SIMPANG : NGASEM **LENGAN : UTARA** **HARI, TANGGAL : MINGGU, 21 MARET 2021**						
WAKTU	**TIPE KENDARAAN**					
	ST			**TR**		
	MC	**LV**	**HV**	**MV**	**LV**	**HV**
07.00-07.15	174	44	2	16	9	2
07.15-07.30	169	38	1	38	7	1
07.30-07.45	167	46	5	24	8	0
07.45-08.00	161	38	3	31	11	0
08.00-08.15	183	55	3	33	17	0
08.15-08.30	239	64	3	28	16	1
08.30-08.45	198	66	2	40	17	0
08.45-09.00	192	53	1	39	15	0
09.00-09.15	213	68	4	42	12	1
09.15-09.30	228	82	3	38	10	1
09.30-09.45	210	96	3	50	17	2
09.45-10.00	268	99	3	51	34	0
11.00-11.15	295	115	3	49	28	0
11.15-11.30	281	131	5	41	25	0
11.30-11.45	215	132	3	45	21	0
11.45-12.00	257	121	3	54	26	0
12.00-12.15	335	123	5	60	18	1
12.15-12.30	258	104	4	44	14	0
12.30-12.45	277	139	4	40	32	0
12.45-13.00	302	132	4	51	35	0
13.00-13.15	273	103	2	54	30	0
13.15-13.30	319	137	0	60	31	0
13.30-13.45	307	135	0	49	31	0
13.45-14.00	287	128	4	51	20	0
16.00-16.15	313	150	1	71	26	1
16.15-16.30	295	136	3	67	20	0
16.30-16.45	340	120	4	59	29	0
16.45-17.00	357	140	5	53	24	1
17.00-17.15	316	117	2	47	22	0
17.15-17.30	332	127	2	54	24	0
17.30-17.45	295	96	4	64	29	0
17.45-18.00	257	134	3	39	22	0
18.00-18.15	250	98	2	39	14	0
18.15-18.30	316	106	2	47	18	1
18.30-18.45	354	98	3	54	24	0
18.45-19.00	339	104	3	74	22	0

Tabel L-1.2 Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam

SIMPANG : NGASEM **LENGAN : BARAT** **HARI, TANGGAL : MINGGU, 21 MARET 2021**						
WAKTU	**TIPE KENDARAAN**					
	TL			**TR**		
	MC	**LV**	**HV**	**MV**	**LV**	**HV**
07.00-07.15	44	14	2	54	15	1
07.15-07.30	35	11	1	68	12	0
07.30-07.45	41	24	0	60	14	0
07.45-08.00	54	18	0	86	13	1
08.00-08.15	53	11	0	66	17	1
08.15-08.30	55	15	0	66	17	0
08.30-08.45	56	13	1	70	17	0
08.45-09.00	50	15	1	68	27	0
09.00-09.15	47	17	0	96	16	1
09.15-09.30	53	18	0	74	29	0
09.30-09.45	56	23	0	77	21	2
09.45-10.00	53	22	0	73	29	0
11.00-11.15	48	28	1	78	48	0
11.15-11.30	48	29	2	75	28	0
11.30-11.45	71	21	0	90	37	1
11.45-12.00	45	40	1	74	32	1
12.00-12.15	45	25	0	51	38	0
12.15-12.30	46	26	0	77	29	0
12.30-12.45	59	26	0	91	36	0
12.45-13.00	46	21	0	76	40	2
13.00-13.15	51	22	0	70	35	1
13.15-13.30	55	29	1	74	37	0
13.30-13.45	69	26	1	125	44	1
13.45-14.00	80	29	0	88	33	2
16.00-16.15	58	23	0	111	46	1
16.15-16.30	75	20	0	102	39	1
16.30-16.45	73	23	0	86	27	0
16.45-17.00	76	27	0	119	34	0
17.00-17.15	61	21	0	88	31	0
17.15-17.30	73	22	0	104	35	0
17.30-17.45	60	19	1	85	53	2
17.45-18.00	71	21	1	90	42	0
18.00-18.15	54	15	0	77	33	0
18.15-18.30	71	25	1	85	22	1
18.30-18.45	43	18	1	83	21	0
18.45-19.00	71	30	0	85	38	1

Tabel L-1.3 Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam

SIMPANG : NGASEM **LENGAN : SELATAN** **HARI, TANGGAL : MINGGU, 21 MARET 2021**						
WAKTU	**TIPE KENDARAAN**					
	ST			**TL**		
	MC	**LV**	**HV**	**MV**	**LV**	**HV**
07.00-07.15	170	32	3	52	13	0
07.15-07.30	137	44	4	55	12	0
07.30-07.45	195	53	3	76	27	0
07.45-08.00	164	75	4	85	25	1
08.00-08.15	165	76	2	74	18	0
08.15-08.30	209	79	3	68	25	1
08.30-08.45	221	95	2	62	23	3
08.45-09.00	207	73	2	90	29	1
09.00-09.15	182	90	3	77	30	0
09.15-09.30	277	88	3	66	27	0
09.30-09.45	232	81	3	126	40	0
09.45-10.00	239	93	4	71	38	0
11.00-11.15	235	124	3	86	38	1
11.15-11.30	264	110	3	95	27	2
11.30-11.45	253	126	4	85	37	0
11.45-12.00	230	106	2	77	24	0
12.00-12.15	199	118	7	82	31	0
12.15-12.30	158	95	2	95	28	0
12.30-12.45	185	102	1	89	27	1
12.45-13.00	210	133	4	84	30	2
13.00-13.15	228	114	3	93	37	2
13.15-13.30	220	126	4	109	34	0
13.30-13.45	178	106	4	62	40	1
13.45-14.00	184	107	2	75	33	0
16.00-16.15	262	90	3	94	30	0
16.15-16.30	270	78	3	99	45	0
16.30-16.45	317	91	1	98	46	0
16.45-17.00	281	86	2	89	45	1
17.00-17.15	307	81	3	105	27	0
17.15-17.30	321	87	2	100	36	0
17.30-17.45	287	81	4	115	33	1
17.45-18.00	291	67	2	97	37	0
18.00-18.15	224	81	2	101	39	0
18.15-18.30	229	61	2	79	30	1
18.30-18.45	274	82	2	75	37	2
18.45-19.00	225	73	3	99	25	0

Tabel L-1.4 Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam

SIMPANG : NGASEM **LENGAN : UTARA** **HARI, TANGGAL : SENIN, 22 MARET 2021**						
WAKTU	**TIPE KENDARAAN**					
	ST			**TR**		
	MC	**LV**	**HV**	**MV**	**LV**	**HV**
07.00-07.15	333	91	5	69	16	2
07.15-07.30	368	79	5	94	18	0
07.30-07.45	494	79	5	121	22	0
07.45-08.00	450	68	5	116	14	2
08.00-08.15	360	86	9	93	13	1
08.15-08.30	381	69	4	72	18	2
08.30-08.45	337	71	6	59	12	0
08.45-09.00	309	85	4	78	27	2
09.00-09.15	324	80	7	56	17	0
09.15-09.30	295	59	4	53	17	2
09.30-09.45	333	91	5	55	17	3
09.45-10.00	288	98	4	52	21	2
11.00-11.15	295	77	5	51	22	2
11.15-11.30	275	89	6	44	19	1
11.30-11.45	263	70	10	51	11	4
11.45-12.00	272	83	13	53	21	1
12.00-12.15	261	82	6	57	22	1
12.15-12.30	239	95	5	63	22	3
12.30-12.45	317	111	3	54	21	1
12.45-13.00	302	86	6	54	21	0
13.00-13.15	295	97	2	56	28	2
13.15-13.30	292	107	2	55	25	4
13.30-13.45	303	103	3	57	17	2
13.45-14.00	259	80	4	56	16	4
16.00-16.15	339	74	3	95	22	0
16.15-16.30	375	72	3	61	17	0
16.30-16.45	368	84	5	69	20	1
16.45-17.00	309	73	3	64	20	0
17.00-17.15	293	71	4	86	18	1
17.15-17.30	340	85	3	62	24	1
17.30-17.45	284	66	3	42	20	1
17.45-18.00	319	77	3	36	14	0
18.00-18.15	235	55	2	44	13	0
18.15-18.30	236	76	0	51	13	1
18.30-18.45	305	82	2	48	6	2
18.45-19.00	310	75	3	43	9	0

Tabel L-1.5 Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam

SIMPANG : NGASEM **LENGAN : BARAT** **HARI, TANGGAL : SENIN, 22 MARET 2021**						
WAKTU	**TIPE KENDARAAN**					
	TL			**TR**		
	MC	**LV**	**HV**	**MV**	**LV**	**HV**
07.00-07.15	64	13	1	158	19	2
07.15-07.30	51	11	0	184	20	1
07.30-07.45	77	16	1	248	28	2
07.45-08.00	97	12	2	231	29	4
08.00-08.15	75	11	2	217	31	3
08.15-08.30	106	24	1	240	25	3
08.30-08.45	87	18	0	160	31	3
08.45-09.00	58	16	1	162	25	5
09.00-09.15	64	11	1	125	18	2
09.15-09.30	74	16	2	115	31	2
09.30-09.45	71	8	0	112	26	1
09.45-10.00	48	16	5	130	40	2
11.00-11.15	60	23	2	87	30	6
11.15-11.30	52	28	2	78	34	3
11.30-11.45	62	20	3	116	31	2
11.45-12.00	62	28	1	89	47	1
12.00-12.15	63	18	1	108	31	2
12.15-12.30	62	19	2	110	23	4
12.30-12.45	65	17	2	87	21	4
12.45-13.00	68	18	6	111	28	1
13.00-13.15	59	28	1	102	35	2
13.15-13.30	68	20	0	99	31	4
13.30-13.45	71	26	3	108	30	5
13.45-14.00	67	19	1	107	33	3
16.00-16.15	94	20	0	171	36	5
16.15-16.30	127	15	0	178	33	3
16.30-16.45	117	20	2	153	38	6
16.45-17.00	82	16	0	129	27	1
17.00-17.15	125	29	0	90	40	1
17.15-17.30	108	21	0	85	24	0
17.30-17.45	95	17	2	81	28	1
17.45-18.00	73	10	3	75	20	0
18.00-18.15	88	19	1	74	18	1
18.15-18.30	92	18	0	76	16	1
18.30-18.45	98	13	0	59	23	1
18.45-19.00	63	18	0	99	24	1

Tabel L-1.6 Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam

SIMPANG : NGASEM **LENGAN : SELATAN** **HARI, TANGGAL : SENIN, 22 MARET 2021**						
WAKTU	**TIPE KENDARAAN**					
	ST			**TL**		
	MC	**LV**	**HV**	**MV**	**LV**	**HV**
07.00-07.15	152	37	2	107	34	1
07.15-07.30	212	43	6	181	37	1
07.30-07.45	212	36	4	179	25	1
07.45-08.00	271	53	4	226	30	2
08.00-08.15	246	41	4	185	24	1
08.15-08.30	230	49	4	160	33	2
08.30-08.45	236	54	8	137	29	4
08.45-09.00	219	45	7	128	44	3
09.00-09.15	254	62	10	137	32	6
09.15-09.30	225	50	5	103	31	3
09.30-09.45	212	64	7	127	35	1
09.45-10.00	223	72	7	109	41	2
11.00-11.15	231	74	6	112	32	1
11.15-11.30	252	79	5	88	29	6
11.30-11.45	226	83	4	111	41	1
11.45-12.00	272	79	6	81	37	1
12.00-12.15	232	85	5	91	32	2
12.15-12.30	240	96	6	97	29	2
12.30-12.45	251	78	7	114	29	4
12.45-13.00	227	61	5	115	43	2
13.00-13.15	248	95	2	110	27	8
13.15-13.30	276	112	8	124	42	0
13.30-13.45	244	58	6	107	39	1
13.45-14.00	274	104	3	103	42	2
16.00-16.15	364	77	2	168	38	3
16.15-16.30	469	73	4	194	28	3
16.30-16.45	413	74	2	160	26	1
16.45-17.00	448	106	3	169	35	0
17.00-17.15	329	79	5	149	34	1
17.15-17.30	417	92	3	163	34	0
17.30-17.45	369	96	5	140	35	0
17.45-18.00	320	87	3	108	34	1
18.00-18.15	338	75	5	86	32	0
18.15-18.30	282	61	2	92	30	0
18.30-18.45	296	76	1	103	27	0
18.45-19.00	268	57	4	105	35	2

Tabel L-1.7 Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam

SIMPANG : GANDOK **LENGAN : UTARA** **HARI, TANGGAL : MINGGU, 21 MARET 2021**						
WAKTU	**TIPE KENDARAAN**					
	ST			**TL**		
	MC	**LV**	**HV**	**MV**	**LV**	**HV**
07.00-07.15	133	43	2	52	14	0
07.15-07.30	152	40	2	84	14	0
07.30-07.45	150	41	4	85	17	1
07.45-08.00	155	37	3	94	14	1
08.00-08.15	160	52	1	84	25	1
08.15-08.30	205	63	2	98	17	0
08.30-08.45	176	60	2	92	22	0
08.45-09.00	174	61	2	95	23	0
09.00-09.15	204	61	2	104	20	0
09.15-09.30	196	85	4	100	30	0
09.30-09.45	184	79	2	97	40	2
09.45-10.00	218	98	2	98	38	0
11.00-11.15	249	106	2	106	58	0
11.15-11.30	264	107	5	125	55	0
11.30-11.45	255	145	3	111	35	1
11.45-12.00	204	101	3	110	50	0
12.00-12.15	196	128	3	92	42	2
12.15-12.30	219	86	5	103	36	1
12.30-12.45	260	127	4	0	0	0
12.45-13.00	259	115	4	117	40	3
13.00-13.15	242	86	2	136	56	0
13.15-13.30	281	132	0	128	48	0
13.30-13.45	280	131	1	114	50	1
13.45-14.00	246	110	5	118	51	1
16.00-16.15	267	127	1	137	61	1
16.15-16.30	269	126	3	140	51	2
16.30-16.45	297	107	3	145	43	0
16.45-17.00	304	135	5	174	49	0
17.00-17.15	276	93	1	111	43	1
17.15-17.30	290	145	2	139	45	1
17.30-17.45	270	103	4	121	29	0
17.45-18.00	319	115	0	101	24	2
18.00-18.15	268	98	0	109	24	2
18.15-18.30	282	89	1	93	18	2
18.30-18.45	326	83	0	112	31	3
18.45-19.00	254	115	1	106	33	1

Tabel L-1.8 Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam

SIMPANG : GANDOK **LENGAN : TIMUR** **HARI, TANGGAL : MINGGU, 21 MARET 2021**						
WAKTU	**TIPE KENDARAAN**					
	TL			**TR**		
	MC	**LV**	**HV**	**MV**	**LV**	**HV**
07.00-07.15	39	13	1	65	17	0
07.15-07.30	41	9	0	78	13	0
07.30-07.45	49	9	0	88	24	1
07.45-08.00	54	8	0	99	28	1
08.00-08.15	61	15	1	82	30	0
08.15-08.30	44	14	0	88	33	0
08.30-08.45	72	18	0	103	40	2
08.45-09.00	49	8	0	104	33	1
09.00-09.15	52	14	0	92	40	0
09.15-09.30	45	26	0	100	34	0
09.30-09.45	56	17	0	108	40	0
09.45-10.00	41	15	0	98	37	0
11.00-11.15	66	16	0	108	54	0
11.15-11.30	61	21	0	111	51	1
11.30-11.45	46	22	0	104	48	1
11.45-12.00	47	21	1	91	42	1
12.00-12.15	42	20	0	91	36	1
12.15-12.30	48	35	0	82	46	1
12.30-12.45	59	31	0	118	39	0
12.45-13.00	55	29	0	95	45	2
13.00-13.15	55	35	1	101	62	3
13.15-13.30	45	31	0	107	41	0
13.30-13.45	53	29	0	81	43	0
13.45-14.00	48	22	1	104	45	0
16.00-16.15	53	29	0	110	35	0
16.15-16.30	66	38	0	151	57	1
16.30-16.45	58	20	1	103	49	0
16.45-17.00	71	25	0	131	41	1
17.00-17.15	69	23	0	130	32	0
17.15-17.30	62	33	0	147	43	0
17.30-17.45	66	21	0	157	38	1
17.45-18.00	64	22	0	141	17	0
18.00-18.15	57	24	0	155	23	1
18.15-18.30	51	23	0	148	23	0
18.30-18.45	64	29	0	125	25	3
18.45-19.00	78	30	0	122	28	0

Tabel L-1.9 Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam

SIMPANG : GANDOK **LENGAN : SELATAN** **HARI, TANGGAL : MINGGU, 21 MARET 2021**						
WAKTU	**TIPE KENDARAAN**					
	ST			**TR**		
	MC	**LV**	**HV**	**MV**	**LV**	**HV**
07.00-07.15	142	25	1	23	5	0
07.15-07.30	140	51	3	21	3	0
07.30-07.45	158	54	3	27	12	0
07.45-08.00	147	58	4	26	7	0
08.00-08.15	187	62	2	28	12	0
08.15-08.30	187	72	4	32	5	0
08.30-08.45	174	81	3	40	12	0
08.45-09.00	191	66	2	27	6	0
09.00-09.15	198	86	2	35	8	0
09.15-09.30	226	82	2	36	4	0
09.30-09.45	224	84	4	47	11	1
09.45-10.00	212	90	4	83	19	0
11.00-11.15	214	105	4	19	16	0
11.15-11.30	229	105	4	45	6	0
11.30-11.45	215	85	3	33	14	1
11.45-12.00	226	97	2	38	19	0
12.00-12.15	188	104	3	36	19	0
12.15-12.30	153	83	1	34	15	0
12.30-12.45	186	101	2	25	20	0
12.45-13.00	211	107	5	48	21	0
13.00-13.15	209	106	3	50	16	1
13.15-13.30	201	99	4	38	20	0
13.30-13.45	180	99	4	29	12	0
13.45-14.00	194	92	3	45	17	0
16.00-16.15	227	84	3	48	17	0
16.15-16.30	263	80	1	52	19	0
16.30-16.45	274	72	1	46	19	0
16.45-17.00	233	73	2	48	16	0
17.00-17.15	286	76	3	50	29	1
17.15-17.30	264	74	3	60	21	0
17.30-17.45	271	70	4	45	23	0
17.45-18.00	223	72	1	47	15	2
18.00-18.15	222	64	1	53	18	0
18.15-18.30	247	60	3	46	13	0
18.30-18.45	241	78	3	51	11	1
18.45-19.00	229	78	1	58	26	0

Tabel L-1.10 Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam

SIMPANG : GANDOK **LENGAN : UTARA** **HARI, TANGGAL : SENIN, 22 MARET 2021**						
WAKTU	**TIPE KENDARAAN**					
	ST			**TL**		
	MC	**LV**	**HV**	**MV**	**LV**	**HV**
07.00-07.15	299	79	5	189	26	2
07.15-07.30	324	74	5	243	28	0
07.30-07.45	392	77	3	291	37	2
07.45-08.00	371	68	5	292	34	3
08.00-08.15	312	73	5	238	42	3
08.15-08.30	326	67	2	233	28	4
08.30-08.45	304	74	5	188	32	4
08.45-09.00	286	81	3	186	30	4
09.00-09.15	258	68	6	183	32	2
09.15-09.30	273	60	3	150	37	2
09.30-09.45	295	77	5	150	26	2
09.45-10.00	271	80	4	144	47	2
11.00-11.15	250	79	6	100	26	4
11.15-11.30	233	78	6	108	43	3
11.30-11.45	235	75	8	134	23	4
11.45-12.00	224	88	10	125	44	3
12.00-12.15	267	75	5	130	41	3
12.15-12.30	221	79	4	123	41	3
12.30-12.45	282	97	4	129	35	3
12.45-13.00	262	86	5	143	33	1
13.00-13.15	264	87	2	113	33	0
13.15-13.30	278	98	2	106	49	4
13.30-13.45	280	90	3	122	48	4
13.45-14.00	242	74	3	130	39	3
16.00-16.15	303	82	4	224	33	3
16.15-16.30	307	74	4	220	31	2
16.30-16.45	316	80	4	181	45	6
16.45-17.00	270	65	3	162	38	1
17.00-17.15	257	69	2	161	41	1
17.15-17.30	289	75	1	163	35	1
17.30-17.45	265	62	3	123	37	0
17.45-18.00	267	71	3	119	25	0
18.00-18.15	228	53	3	92	21	1
18.15-18.30	209	68	1	117	21	2
18.30-18.45	296	82	2	117	28	1
18.45-19.00	282	71	4	116	27	0

Tabel L-1.11 Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam

SIMPANG : GANDOK **LENGAN : TIMUR** **HARI, TANGGAL : SENIN, 22 MARET 2021**						
WAKTU	**TIPE KENDARAAN**					
	TL			**TR**		
	MC	**LV**	**HV**	**MV**	**LV**	**HV**
07.00-07.15	73	20	0	137	43	2
07.15-07.30	96	18	0	214	31	1
07.30-07.45	121	18	0	211	26	4
07.45-08.00	143	20	0	284	42	1
08.00-08.15	104	13	0	199	21	2
08.15-08.30	81	27	2	181	39	3
08.30-08.45	81	20	1	168	30	3
08.45-09.00	81	21	1	184	48	1
09.00-09.15	70	17	2	161	34	6
09.15-09.30	68	31	1	155	37	4
09.30-09.45	78	24	3	111	38	1
09.45-10.00	60	24	1	133	58	3
11.00-11.15	62	21	1	112	45	1
11.15-11.30	53	24	2	117	35	3
11.30-11.45	56	27	3	130	46	1
11.45-12.00	52	24	1	111	32	2
12.00-12.15	66	10	0	128	34	2
12.15-12.30	61	17	2	122	33	2
12.30-12.45	71	23	0	122	37	3
12.45-13.00	69	24	0	143	52	4
13.00-13.15	58	35	0	154	44	6
13.15-13.30	79	24	2	143	45	2
13.30-13.45	67	24	1	124	38	1
13.45-14.00	61	16	2	133	41	2
16.00-16.15	76	27	3	183	44	3
16.15-16.30	79	15	1	234	35	3
16.30-16.45	75	27	1	198	36	0
16.45-17.00	79	24	3	201	42	1
17.00-17.15	83	25	1	179	47	1
17.15-17.30	84	26	0	199	34	0
17.30-17.45	75	14	0	186	39	0
17.45-18.00	56	18	2	142	38	1
18.00-18.15	61	16	2	142	31	2
18.15-18.30	48	17	0	146	34	0
18.30-18.45	67	17	0	148	29	1
18.45-19.00	74	19	0	139	35	1

Tabel L-1.12 Volume Lalu Lintas Per 15 Menit Periode 9 Jam

SIMPANG : GANDOK **LENGAN : SELATAN** **HARI, TANGGAL : SENIN, 22 MARET 2021**						
WAKTU	**TIPE KENDARAAN**					
	ST			**TR**		
	MC	**LV**	**HV**	**MV**	**LV**	**HV**
07.00-07.15	144	30	1	31	3	0
07.15-07.30	174	41	6	29	4	1
07.30-07.45	186	32	2	58	6	0
07.45-08.00	222	34	3	54	6	0
08.00-08.15	219	41	3	59	13	1
08.15-08.30	206	49	3	41	12	1
08.30-08.45	207	45	8	45	7	0
08.45-09.00	208	50	9	54	18	0
09.00-09.15	191	59	7	52	15	0
09.15-09.30	210	52	3	36	14	1
09.30-09.45	194	58	6	51	16	2
09.45-10.00	220	63	8	45	14	2
11.00-11.15	234	67	6	46	24	1
11.15-11.30	229	71	6	57	27	1
11.30-11.45	197	82	3	54	17	2
11.45-12.00	256	80	5	42	15	4
12.00-12.15	187	79	3	59	15	0
12.15-12.30	222	97	6	44	17	1
12.30-12.45	213	66	5	60	15	0
12.45-13.00	223	61	3	42	10	2
13.00-13.15	231	98	2	52	15	1
13.15-13.30	238	80	6	50	21	0
13.30-13.45	240	72	5	49	19	2
13.45-14.00	240	105	3	42	18	2
16.00-16.15	348	73	2	107	19	0
16.15-16.30	422	67	2	105	17	0
16.30-16.45	419	79	3	98	17	1
16.45-17.00	385	82	2	90	20	6
17.00-17.15	308	78	3	115	25	0
17.15-17.30	349	95	3	80	18	1
17.30-17.45	325	93	5	89	18	0
17.45-18.00	289	82	2	52	18	2
18.00-18.15	275	66	2	48	16	0
18.15-18.30	237	63	3	50	13	1
18.30-18.45	236	64	1	48	13	0
18.45-19.00	265	61	5	62	24	1

LAMPIRAN 2

PENGAMBILAN DATA KECEPATAN KENDARAAN

Tabel L-2.1 Kecepatan Pengereman Kendaraan (*Reduce Speed*) Lengan Utara Simpang Ngasem

REDUCE SPEED			
SAMPEL	**KECEPATAN KENDARAAN (Km/Jam)**		
	MC	**LV**	**HV**
1	28	29	20
2	29	25	25
3	31	20	21
4	31	29	18
5	33	29	20
6	26	28	
7	29	26	
8	34	23	
9	28	29	
10	23	23	
11	25		
12	23		
13	31		
14	29		
15	29		
16	26		
17	26		
18	34		
19	29		
20	33		
21	28		
22	31		
23	29		
24	33		
25	29		
26	26		
27	26		
28	26		
29	31		
30	21		
31	25		
32	34		
33	31		
34	29		
35	29		
36	28		
37	26		
38	28		
39	34		
40	26		
41	33		
42	31		
43	31		
44	28		
45	29		
46	31		
47	31		
48	25		
49	21		
50	28		

Tabel L-2.2 Kecepatan Pengereman Kendaraan (*Reduce Speed*) Lengan Barat Simpang Ngasem

REDUCE SPEED			
SAMPEL	**KECEPATAN KENDARAAN (Km/Jam)**		
	MC	**LV**	**HV**
1	27	19	21
2	23	23	24
3	23	23	19
4	26	27	16
5	26	24	18
6	26	29	
7	26	29	
8	27	26	
9	26	27	
10	26	21	
11	27		
12	36		
13	29		
14	27		
15	34		
16	27		
17	27		
18	32		
19	26		
20	27		
21	26		
22	29		
23	24		
24	27		
25	27		
26	24		
27	23		
28	29		
29	24		
30	24		
31	27		
32	24		
33	29		
34	29		
35	24		
36	27		
37	26		
38	36		
39	23		
40	27		
41	23		
42	26		
43	29		
44	27		
45	29		
46	23		
47	24		
48	21		
49	31		
50	32		

Tabel L-2.3 Kecepatan Pengereman Kendaraan (*Reduce Speed*) Lengan Selatan Simpang Ngasem

REDUCE SPEED			
SAMPEL	**KECEPATAN KENDARAAN (Km/Jam)**		
	MC	**LV**	**HV**
1	26	18	19
2	23	19	24
3	32	24	23
4	29	21	18
5	31	19	21
6	37	19	
7	26	24	
8	26	27	
9	27	19	
10	18	27	
11	19		
12	23		
13	29		
14	23		
15	26		
16	27		
17	26		
18	29		
19	27		
20	27		
21	29		
22	31		
23	24		
24	23		
25	29		
26	29		
27	31		
28	34		
29	32		
30	23		
31	27		
32	24		
33	21		
34	24		
35	24		
36	23		
37	24		
38	23		
39	32		
40	32		
41	26		
42	26		
43	23		
44	27		
45	21		
46	32		
47	26		
48	29		
49	26		
50	31		

Tabel L-2.4 Kecepatan Konstan Kendaraan (*Constan Speed*) Lengan Utara Simpang Ngasem

CONSTAN SPEED			
SAMPEL	**KECEPATAN KENDARAAN (Km/Jam)**		
	MC	**LV**	**HV**
1	54	62	34
2	41	38	38
3	33	33	34
4	44	39	34
5	46	38	33
6	41	34	
7	43	38	
8	46	31	
9	29	36	
10	38	44	
11	43		
12	44		
13	36		
14	39		
15	33		
16	31		
17	38		
18	34		
19	36		
20	57		
21	38		
22	29		
23	59		
24	39		
25	44		
26	34		
27	39		
28	38		
29	36		
30	34		
31	39		
32	33		
33	36		
34	34		
35	49		
36	39		
37	67		
38	46		
39	39		
40	38		
41	46		
42	52		
43	38		
44	48		
45	41		
46	46		
47	36		
48	44		
49	39		
50	36		

Tabel L-2.5 Kecepatan Konstan Kendaraan (*Constan Speed*) Lengan Barat Simpang Ngasem

CONSTAN SPEED			
SAMPEL	**KECEPATAN KENDARAAN (Km/Jam)**		
	MC	**LV**	**HV**
1	37	29	29
2	55	37	32
3	36	42	27
4	34	34	27
5	40	24	31
6	37	27	
7	32	32	
8	29	29	
9	50	27	
10	55	32	
11	34		
12	37		
13	45		
14	44		
15	44		
16	44		
17	42		
18	39		
19	37		
20	32		
21	27		
22	31		
23	29		
24	24		
25	26		
26	19		
27	37		
28	34		
29	37		
30	45		
31	42		
32	40		
33	39		
34	47		
35	24		
36	23		
37	34		
38	36		
39	37		
40	24		
41	24		
42	29		
43	26		
44	23		
45	50		
46	32		
47	40		
48	45		
49	34		
50	27		

Tabel L-2.6 Kecepatan Konstan Kendaraan (*Constan Speed*) Lengan Selatan Simpang Ngasem

CONSTAN SPEED			
SAMPEL	**KECEPATAN KENDARAAN (Km/Jam)**		
	MC	**LV**	**HV**
1	33	26	23
2	26	21	21
3	49	20	25
4	46	20	23
5	43	23	23
6	36	38	
7	43	30	
8	30	20	
9	31	23	
10	33	31	
11	39		
12	35		
13	41		
14	48		
15	39		
16	26		
17	44		
18	41		
19	30		
20	31		
21	39		
22	33		
23	43		
24	36		
25	30		
26	26		
27	30		
28	41		
29	31		
30	28		
31	30		
32	41		
33	30		
34	36		
35	39		
36	35		
37	31		
38	26		
39	33		
40	31		
41	31		
42	30		
43	35		
44	26		
45	33		
46	30		
47	38		
48	41		
49	36		
50	38		

Tabel L-2.7 Kecepatan Pengereman Kendaraan (*Reduce Speed*) Lengan Utara Simpang Gandok

REDUCE SPEED			
SAMPEL	**KECEPATAN KENDARAAN (Km/Jam)**		
	MC	**LV**	**HV**
1	31	28	23
2	26	23	24
3	28	28	24
4	34	26	21
5	26	28	23
6	26	23	
7	24	20	
8	23	18	
9	21	24	
10	21	21	
11	29		
12	31		
13	38		
14	29		
15	29		
16	33		
17	34		
18	24		
19	29		
20	29		
21	28		
22	28		
23	29		
24	24		
25	26		
26	26		
27	28		
28	31		
29	31		
30	28		
31	26		
32	26		
33	34		
34	29		
35	29		
36	26		
37	31		
38	29		
39	36		
40	29		
41	24		
42	24		
43	24		
44	28		
45	28		
46	29		
47	21		
48	33		
49	24		
50	38		

Tabel L-2.8 Kecepatan Pengereman Kendaraan (*Reduce Speed*) Lengan Timur Simpang Gandok

REDUCE SPEED			
SAMPEL	**KECEPATAN KENDARAAN (Km/Jam)**		
	MC	**LV**	**HV**
1	32	23	19
2	32	27	21
3	31	27	23
4	29	26	18
5	24	27	19
6	39	26	
7	32	24	
8	27	21	
9	32	19	
10	32	27	
11	24		
12	34		
13	37		
14	32		
15	27		
16	26		
17	29		
18	26		
19	29		
20	21		
21	23		
22	23		
23	23		
24	37		
25	39		
26	27		
27	23		
28	27		
29	27		
30	23		
31	23		
32	26		
33	34		
34	19		
35	26		
36	23		
37	31		
38	27		
39	29		
40	21		
41	24		
42	29		
43	26		
44	23		
45	27		
46	21		
47	31		
48	26		
49	27		
50	21		

Tabel L-2.9 Kecepatan Pengereman Kendaraan (*Reduce Speed*) Lengan Selatan Simpang Gandok

REDUCE SPEED			
SAMPEL	**KECEPATAN KENDARAAN (Km/Jam)**		
	MC	**LV**	**HV**
1	33	26	23
2	28	26	21
3	33	28	25
4	31	25	21
5	31	28	21
6	31	26	
7	30	23	
8	28	23	
9	30	31	
10	31	26	
11	35		
12	30		
13	31		
14	31		
15	31		
16	25		
17	28		
18	28		
19	28		
20	26		
21	33		
22	30		
23	30		
24	33		
25	30		
26	23		
27	26		
28	26		
29	26		
30	30		
31	26		
32	28		
33	28		
34	31		
35	31		
36	31		
37	33		
38	31		
39	35		
40	26		
41	35		
42	25		
43	23		
44	31		
45	25		
46	26		
47	30		
48	33		
49	33		
50	36		

Tabel L-2.10 Kecepatan Konstan Kendaraan (*Constan Speed*) Lengan Utara Simpang Gandok

CONSTAN SPEED			
SAMPEL	**KECEPATAN KENDARAAN (Km/Jam)**		
	MC	**LV**	**HV**
1	42	54	33
2	36	26	29
3	31	28	36
4	34	29	33
5	39	28	31
6	31	33	
7	39	36	
8	31	36	
9	38	34	
10	34	24	
11	44		
12	36		
13	34		
14	24		
15	28		
16	31		
17	42		
18	47		
19	33		
20	26		
21	29		
22	42		
23	24		
24	54		
25	44		
26	29		
27	49		
28	24		
29	44		
30	31		
31	23		
32	29		
33	28		
34	31		
35	28		
36	39		
37	38		
38	46		
39	31		
40	39		
41	38		
42	33		
43	41		
44	34		
45	31		
46	36		
47	33		
48	31		
49	33		
50	29		

Tabel L-2.11 Kecepatan Konstan Kendaraan (*Constan Speed*) Lengan Timur Simpang Gandok

CONSTAN SPEED			
SAMPEL	**KECEPATAN KENDARAAN (Km/Jam)**		
	MC	**LV**	**HV**
1	32	26	24
2	29	23	21
3	31	26	23
4	26	27	24
5	29	23	23
6	32	26	
7	26	27	
8	27	27	
9	32	29	
10	34	23	
11	27		
12	24		
13	26		
14	29		
15	23		
16	26		
17	27		
18	31		
19	24		
20	29		
21	23		
22	27		
23	23		
24	24		
25	23		
26	21		
27	21		
28	24		
29	23		
30	36		
31	27		
32	26		
33	21		
34	24		
35	29		
36	24		
37	31		
38	26		
39	16		
40	26		
41	19		
42	27		
43	34		
44	26		
45	34		
46	27		
47	23		
48	23		
49	21		
50	29		

Tabel L-2.12 Kecepatan Konstan Kendaraan (*Constan Speed*) Lengan Selatan Simpang Gandok

CONSTAN SPEED			
SAMPEL	**KECEPATAN KENDARAAN (Km/Jam)**		
	MC	**LV**	**HV**
1	41	30	26
2	51	35	30
3	46	41	28
4	38	33	26
5	44	51	26
6	30	25	
7	35	41	
8	46	41	
9	39	39	
10	36	33	
11	48		
12	38		
13	41		
14	36		
15	36		
16	41		
17	38		
18	31		
19	28		
20	43		
21	26		
22	33		
23	46		
24	36		
25	39		
26	59		
27	44		
28	43		
29	36		
30	38		
31	35		
32	28		
33	35		
34	53		
35	44		
36	39		
37	44		
38	48		
39	44		
40	43		
41	33		
42	36		
43	38		
44	41		
45	39		
46	38		
47	43		
48	33		
49	35		
50	43		

LAMPIRAN 3

FORMULIR PERHITUNGAN MKJI

Lampiran 3.1 Alternatif 1 Simpang 1 Formulir SIG-II

Kode Pendekat	Arah	Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)														Kend. Tak Bermotor	
		Kendaraan Ringan (LV) emp terlindung = 1 emp terlawan = 1			Kendaraan Berat (HV) emp terlindung = 1,3 emp terlawan = 1,3			Sepeda Motor (MC) emp terlindung = 0,2 emp terlawan = 0,4			Kendaraan Bermotor Total MV			Rasio Berbelok		Arus UM	Rasio UM/MV
		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		PLT	PRT	kend/jam	Rms (15)
			Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan	Rms (13)	Rms (14)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
U-ST	LT/LTOR																
	ST	268	268	268	14	19	19	1391	279	557	1673	566	844				
	RT																
	Total	268	268	268	14	19	19	1391	279	557	1673	566	844				
U-RT	LT/LTOR																
	ST	35	35	35	0	0	0	0	0	0	35	35	35				
	RT	79	79	79	1	2	2	289	58	116	369	139	197		0,7989		
	Total	114	114	114	1	2	2	289	58	116	404	174	232				
S	LT/LTOR	127	127	127	7	10	10	691	139	277	825	276	414	0,2875			
	ST	330	330	330	11	15	15	1694	339	678	2035	684	1023				
	RT																
	Total	457	457	457	18	25	25	2385	478	955	2860	960	1437				
B	LT/LTOR	71	71	71	2	3	3	420	84	168	493	158	242	0,3599			
	ST																
	RT	134	134	134	15	20	20	631	127	253	780	281	407		0,6401		
	Total	205	205	205	17	23	23	1051	211	421	1273	439	649				

Lampiran 3.2 Alternatif 1 Simpang 1 Formulir SIG-IV

Kode Pendekat	Hijau Dalam Fase No.	Tipe Pendekat	Rasio Kendaraan Berbelok			Arus RT smp/jam		Lebar efektif (m)	Arus jenuh smp/jam hijau								Arus lalulintas smp/jam	Rasio arus FR	Rasio fase PR = FRcrit	Waktu hijau det	Kapasitas smp/jam S x g/c	Derajat Kejenuhan
						Arah diri	Arah lawan		Nilai dasar smp/jam hijau	Faktor-faktor penyesuaian							Nilai disesuaikan smp/jam hijau					
										Semua tipe pendekat				Hanya tipe P								
			PLTOR	PLT	PRT	QRT	QRTO	We		Ukuran Kota	Hambatan Samping	Kelandaian	Parkir	Belok Kanan	Belok Kiri							
									So	FCS	FSF	FG	FP	FRT	FLT	S	Q	Q/S	IFR	g	C	Q/C
								Rms.(18) Rms.(19)	Rms.(20) Gb.C-3:2 Gb.C-3:3	Tb.C-4:3	Tb.C-4:4	Gb.C-4:1	Rms.(21)	Rms.(22)	Rms.(23)	Rms.(24)		Rms.(26)	Rms.(28)	Rms.(30)	Rms.(32)	Rms.(33)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
U-ST	2	P						2,6	2028	1	0,93	1	1	1	1	1887	566	0,2999		46	1143	0,4952
U-RT	1	P			0,7989			2,1	1638	1	0,93	1	1	1,2077	1	1840	174	0,0946	0,2010	12	291	0,5979
S	2	P		0,2875				6	4680	1	0,93	1	1	1	0,9540	4153	960	0,2312	0,4912	28	1531	0,6270
B	3	P		0,3599	0,6401			3,8	2964	1	0,93	1	1	1,1664	0,9424	3031	439	0,1448	0,3078	18	718	0,6114
Waktu Hilang Total L			18	Waktu Siklus Pra Penyesuaian				cua	(det)	Rms.(29)	61							IFR = ΣFRcrit	0,4705601004			
LTI (det)				Waktu Siklus Disesuaikan				c	(det)	Rms.(31)	76											

Lampiran 3.3 Alternatif 1 Simpang 1 Formulir SIG-V

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam	Kapasitas smp/jam	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah Kendaraan Antri (smp)				Panjang Antrian (m)	Rasio kendaraan stop/smp	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam	Tundaan			
					N1	N2	Total NQ1+NQ2=NQ	NQMAX				Tundaan Lalu lintas Rata-rata det/smp	Tundaan Geometrik Rata-rata det/smp	Tundaan rata-rata det/smp	Tundaan Total smp.det
			DS	GR					QL	NS	NSV	DT	DG	D=DT+DG	D x Q
	Q	C	= Q/C	= g/c	Rms.(34.1)	Rms.(35)	Rms.(37)	Gb.E-2:2	Rms.(38)	Rms.(39)	Rms.(40)	Rms.(42)	Rms.(43)	(13)+(14)	(2)x(15)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
S-ST	566	1143	0,4952	0,6053	-0,0095	6,735392557	6,7259	20	153,8461538	0,5066	287	8,4252	2,0264	10,4516	5915,616664
S-RT	174	291	0,5979	0,1579	0,2426	3,415825844	3,6584	8	76,1905	0,8963	156	32,7578	3,5854	36,3432	6323,708394
U	960	1531	0,6270	0,3684	0,3402	16,645321 65	16,9855	26	86,66666667	0,7543	725	20,5116	3,0172	23,5287	22587,59155
T	439	718	0,6114	0,2368	0,2862	8,270418244	8,5566	14	73,68421053	0,8309	365	27,3139	3,3237	30,6376	13449,91512
LTOR (Semua)										Total:	1533			Total:	48276,83172
										Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp:	0,7167			Tundaan simpang rata-rata (det/smp):	22,5698138
Arus total Qtot.	2139														

Lampiran 3.4 Alternatif 1 Simpang 2 Formulir SIG-II

Kode Pendekat	Arah	Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)														Kend. Tak Bermotor	
		Kendaraan Ringan (LV) emp terlindung = 1 emp terlawan = 1			Kendaraan Berat (HV) emp terlindung = 1,3 emp terlawan = 1,3			Sepeda Motor (MC) emp terlindung = 0,2 emp terlawan = 0,4			Kendaraan Bermotor Total MV			Rasio Berbelok		Arus UM	Rasio UM/MV
		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		PLT	PRT	kend/jam	Rms (15)
			Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan	Rms (13)	Rms (14)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
S-ST	LT/LTOR																
	ST	249	249	249	0	0	0	1574	315	630	1823	564	879				
	RT																
	Total	249	249	249	0	0	0	1574	315	630	1823	564	879				
S-RT	LT/LTOR																
	ST	52	52	52	9	12	12	0	0	0	61	64	64				
	RT	73	73	73	7	10	10	400	80	160	480	163	243		0,71806		
	Total	125	125	125	16	22	22	400	80	160	541	227	307				
U	LT/LTOR	147	147	147	12	16	16	787	158	315	946	321	478	0,3639			
	ST	301	301	301	15	20	20	1196	240	479	1512	561	800				
	RT																
	Total	448	448	448	27	36	36	1983	398	794	2458	882	1278				
T	LT/LTOR	93	93	93	8	11	11	309	62	124	410	166	228	0,3340			
	ST																
	RT	157	157	157	7	10	10	816	164	327	980	331	494		0,6660		
	Total	250	250	250	15	21	21	1125	226	451	1390	497	722				

Lampiran 3.5 Alternatif 1 Simpang 2 Formulir SIG-IV

Kode Pendekat	Hijau Dalam Fase No.	Tipe Pendekat	Rasio Kendaraan Berbelok			Arus RT smp/jam		Lebar efektif (m)	Arus jenuh smp/jam hijau								Arus lalulintas smp/jam	Rasio arus FR	Rasio fase PR = FRcrit	Waktu hijau det	Kapasitas smp/jam S x g/c	Derajat Kejenuhan
						Arah diri	Arah lawan		Nilai dasar smp/jam hijau	Faktor-faktor penyesuaian						Nilai disesuaikan smp/jam hijau						
										Semua tipe pendekat				Hanya tipe P								
			PLTOR	PLT	PRT	QRT	QRTO	We		Ukuran Kota	Hambatan Samping	Kelandaian	Parkir	Belok Kanan	Belok Kiri							
									So	FCS	FSF	FG	FP	FRT	FLT	S		Q/S	IFR	g	C	Q/C
								Rms.(18) Rms.(19)	Rms.(20) Gb.C-3:2 Gb.C-3:3	Tb.C-4:3	Tb.C-4:4	Gb.C-4:1	Rms.(21)	Rms.(22)	Rms.(23)	Rms.(24)	Q	Rms.(26)	Rms.(28)	Rms.(30)	Rms.(32)	Rms.(33)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
S-ST	1	P						3,1	2418	1	0,93	1	1	1	1	2249	564	0,2508		44	1303	0,4328
S-RT	2	P			0,7181			2,9	2262	1	0,93	1	1	1,1867	1	2497	227	0,0909	0,1645	10	329	0,6900
U	1	P		0,3639				4,7	3666	1	0,93	1	1	1	0,9418	3211	882	0,2747	0,4972	28	1183	0,7456
T	3	P		0,3340	0,6660			3,3	2574	1	0,93	1	1	1,17	0,9466	2659	497	0,1869	0,3383	20	700	0,7100
Waktu Hilang Total L			18	Waktu Siklus Pra Penyesuaian				cua	(det)	Rms.(29)	72							IFR = ΣFRcrit	0,5525			
LTI (det)				Waktu Siklus Disesuaikan				c	(det)	Rms.(31)	76											

Lampiran 3.6 Alternatif 1 Simpang 2 Formulir SIG-V

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam	Kapasitas smp/jam	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah Kendaraan Antri (smp)				Panjang Antrian (m)	Rasio kendaraan stop/smp	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam	Tundaan			
			DS	GR	N1	N2	Total NQ1+NQ2=NQ	NQMAX	QL	NS	NSV	Tundaan Lalu lintas Rata-rata det/smp	Tundaan Geometrik Rata-rata det/smp	Tundaan rata-rata det/smp	Tundaan Total smp.det
	Q	C	=	=								DT	DG	D=DT+DG	D x Q
			Q/C	g/c	Rms.(34.1)	Rms.(35)	Rms.(37)	Gb.E-2:2	Rms.(38)	Rms.(39)	Rms.(40)	Rms.(42)	Rms.(43)	(13)+(14)	(2)x(15)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
S-ST	564	1303	0,4328	0,5789	-0,1184	6,6898	6,5713	16	103,2258065	0,4967	281	8,6624	1,9868	10,6492	6006,1544
S-RT	227	329	0,6900	0,1316	0,6056	4,5772	5,1828	10	68,96551724	0,9733	221	38,1455	4,0082	42,1538	9568,9015
U	882	1183	0,7456	0,3684	0,9590	16,2136	17,1726	26	110,6382979	0,8300	733	23,8166	3,6913	27,5079	24261,9607
T	497	700	0,7100	0,2632	0,7190	9,5075	10,2266	16	96,969697	0,8772	436	29,0701	4,2456	33,3157	16557,8956
LTOR (Semua)										Total:	1671			Total:	56394,9122
										Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp:	0,7700			Tundaan simpang rata-rata (det/smp):	25,9884
Arus total Qtot.	2170														

Lampiran 3.7 Alternatif 2 Simpang 1 Formulir SIG-II

Kode Pendekat	Arah	Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)														Kend. Tak Bermotor	
		Kendaraan Ringan (LV) emp terlindung = 1 emp terlawan = 1			Kendaraan Berat (HV) emp terlindung = 1,3 emp terlawan = 1,3			Sepeda Motor (MC) emp terlindung = 0,2 emp terlawan = 0,4			Kendaraan Bermotor Total MV			Rasio Berbelok		Arus UM	Rasio UM/MV
		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		PLT	PRT	kend/jam	Rms (15)
			Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan	Rms (13)	Rms (14)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
U-ST	LT/LTOR																
	ST	268	268	268	14	19	19	1391	279	557	1673	566	844				
	RT																
	Total	268	268	268	14	19	19	1391	279	557	1673	566	844				
U-RT	LT/LTOR																
	ST	35	35	35	0	0	0	0	0	0	35	35	35				
	RT	79	79	79	1	2	2	289	58	116	369	139	197		0,7989		
	Total	114	114	114	1	2	2	289	58	116	404	174	232				
S	LT/LTOR	127	127	127	7	10	10	691	139	277	825	276	414	0,2875			
	ST	330	330	330	11	15	15	1694	339	678	2035	684	1023				
	RT																
	Total	457	457	457	18	25	25	2385	478	955	2860	960	1437				
B	LT/LTOR	71	71	71	2	3	3	420	84	168	493	158	242	0,3599			
	ST																
	RT	134	134	134	15	20	20	631	127	253	780	281	407		0,6401		
	Total	205	205	205	17	23	23	1051	211	421	1273	439	649				

Lampiran 3.8 Alternatif 2 Simpang 1 Formulir SIG-IV

Kode Pendekat	Hijau Dalam Fase No.	Tipe Pendekat	Rasio Kendaraan Berbelok			Arus RT smp/jam		Lebar efektif (m)	Arus jenuh smp/jam hijau								Arus lalulintas smp/jam	Rasio arus FR	Rasio fase PR = FRcrit	Waktu hijau det	Kapasitas smp/jam S x g/c	Derajat Kejenuhan
						Arah diri	Arah lawan		Nilai dasar smp/jam hijau	Faktor-faktor penyesuaian							Nilai disesuaikan smp/jam hijau					
										Semua tipe pendekat				Hanya tipe P								
			PLTOR	PLT	PRT	QRT	QRTO	We		Ukuran Kota	Hambatan Samping	Kelandaian	Parkir	Belok Kanan	Belok Kiri							
									So	FCS	FSF	FG	FP	FRT	FLT	S	Q	Q/S	IFR	g	C	Q/C
								Rms.(18) Rms.(19)	Rms.(20) Gb.C-3:2 Gb.C-3:3	Tb.C-4:3	Tb.C-4:4	Gb.C-4:1	Rms.(21)	Rms.(22)	Rms.(23)	Rms.(24)		Rms.(26)	Rms.(28)	Rms.(30)	Rms.(32)	Rms.(33)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
U-ST	2	P						2,6	2028	1	0,93	1	1	1	1	1887	566	0,29 99		84	1220	0,4639
U-RT	1	P			0,7989			2,1	1638	1	0,93	1	1	1,2077	1	1840	174	0,0946	0,2010	23	326	0,5337
S	2	P		0,2875				6	4680	1	0,93	1	1	1	0,9540	4153	960	0,2312	0,4912	55	1758	0,5461
B	3	P		0,3599	0,6401			3,8	2964	1	0,93	1	1	1,1664	0,9424	3031	439	0,1448	0,3078	34	793	0,5536
Waktu Hilang Total L			18	Waktu Siklus Pra Penyesuaian				cua	(det)	Rms.(29)	61							IFR = ΣFRcrit	0,470560104			
LTI (det)				Waktu Siklus Disesuaikan				c	(det)	Rms.(31)	130											

Lampiran 3.9 Alternatif 2 Simpang 1 Formulir SIG-V

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam	Kapasitas smp/jam	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah Kendaraan Antri (smp)				Panjang Antrian (m)	Rasio kendaraan stop/smp	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam	Tundaan			
			DS	GR	N1	N2	Total NQ1+NQ2=NQ	NQMAX	QL	NS	NSV	Tundaan Lalu lintas Rata-rata det/smp	Tundaan Geometrik Rata-rata det/smp	Tundaan rata-rata det/smp	Tundaan Total smp.det
	Q	C	= Q/C	= g/c	Rms.(34.1)	Rms.(35)	Rms.(37)	Gb.E-2:2	Rms.(38)	Rms.(39)	Rms.(40)	DT Rms.(42)	DG Rms.(43)	D=DT+DG (13)+(14)	D x Q (2)x(15)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
S-ST	566	1220	0,4639	0,6462	-0,0673	10,328397	10,2611	26	200	0,4518	256	11,4240	1,8073	13,2314	7488,9586
S-RT	174	326	0,5337	0,1769	0,0723	5,7109603	5,7833	10	95,2381	0,8284	145	49,4249	3,3135	52,7384	9176,4756
U	960	1758	0,5461	0,4231	0,1015	26,008877	26,1104	38	126,666667	0,6779	651	28,3424	2,7115	31,0539	29811,7122
T	439	793	0,5536	0,2615	0,1200	13,688583	13,8086	21	110,526316	0,7839	345	41,9918	3,1358	45,1276	19810,9964
LTOR (Semua)										Total:	1397			Total:	66288,1428
										Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp:	0,6531			Tundaan simpang rata-rata (det/smp):	30,9902
Arus total Qtot.	2139														

Lampiran 3.10 Alternatif 2 Simpang 2 Formulir SIG-II

Kode Pendekat	Arah	Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)														Kend. Tak Bermotor	
		Kendaraan Ringan (LV) emp terlindung = 1 emp terlawan = 1			Kendaraan Berat (HV) emp terlindung = 1,3 emp terlawan = 1,3			Sepeda Motor (MC) emp terlindung = 0,2 emp terlawan = 0,4			Kendaraan Bermotor Total MV			Rasio Berbelok		Arus UM	Rasio UM/MV
		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		PLT	PRT	kend/jam	Rms (15)
			Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan	Rms (13)	Rms (14)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
S-ST	LT/LTOR																
	ST	249	249	249	0	0	0	1574	315	630	1823	564	879				
	RT																
	Total	249	249	249	0	0	0	1574	315	630	1823	564	879				
S-RT	LT/LTOR																
	ST	52	52	52	9	12	12	0	0	0	61	64	64				
	RT	73	73	73	7	10	10	400	80	160	480	163	243		0,71806		
	Total	125	125	125	16	22	22	400	80	160	541	227	307				
U	LT/LTOR	147	147	147	12	16	16	787	158	315	946	321	478	0,3639			
	ST	301	301	301	15	20	20	1196	240	479	1512	561	800				
	RT																
	Total	448	448	448	27	36	36	1983	398	794	2458	882	1278				
T	LT/LTOR	93	93	93	8	11	11	309	62	124	410	166	228	0,3340			
	ST																
	RT	157	157	157	7	10	10	816	164	327	980	331	494		0,6660		
	Total	250	250	250	15	21	21	1125	226	451	1390	497	722				

Lampiran 3.11 Alternatif 2 Simpang 2 Formulir SIG-IV

Kode Pendekat	Hijau Dalam Fase No.	Tipe Pendekat	Rasio Kendaraan Berbelok			Arus RT smp/jam		Lebar efektif (m)	Arus jenuh smp/jam hijau								Arus lalulintas smp/jam	Rasio arus FR	Rasio fase PR = FRcrit	Waktu hijau det	Kapasitas smp/jam S x g/c	Derajat Kejenuhan
						Arah diri	Arah lawan		Nilai dasar smp/jam hijau	Faktor-faktor penyesuaian							Nilai disesuaikan smp/jam hijau					
										Semua tipe pendekat				Hanya tipe P								
			PLTOR	PLT	PRT	QRT	QRTO	We		Ukuran Kota	Hambatan Samping	Kelandaian	Parkir	Belok Kanan	Belok Kiri							
									So	FCS	FSF	FG	FP	FRT	FLT	S		Q/S	IFR	g	C	Q/C
								Rms.(18) Rms.(19)	Rms.(20) Gb.C-3:2 Gb.C-3:3	Tb.C-4:3	Tb.C-4:4	Gb.C-4:1	Rms.(21)	Rms.(22)	Rms.(23)	Rms.(24)	Q	Rms.(26)	Rms.(28)	Rms.(30)	Rms.(32)	Rms.(33)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
S-ST	1	P						3,1	2418	1	0,93	1	1	1	1	2249	564	0,2508		80	1384	0,4075
S-RT	2	P			0,7181			2,9	2262	1	0,93	1	1	1,1867	1	2497	227	0,0909	0,1645	18	346	0,6561
U	1	P		0,3639				4,7	3666	1	0,93	1	1	1	0,9418	3211	882	0,2747	0,4972	56	1384	0,6373
T	3	P		0,3340	0,6660			3,3	2574	1	0,93	1	1	1,17	0,9466	2659	497	0,1869	0,3383	38	778	0,6388
Waktu Hilang Total L			18	Waktu Siklus Pra Penyesuaian				cua	(det)	Rms.(29)	72							IFR = ΣFRcrit	0,5525	112	130	
LTI (det)				Waktu Siklus Disesuaikan				c	(det)	Rms.(31)	130											

Lampiran 3.12 Alternatif 2 Simpang 2 Formulir SIG-V

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam	Kapasitas smp/jam	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah Kendaraan Antri (smp)				Panjang Antrian (m)	Rasio kendaraan stop/smp	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam	Tundaan			
			DS	GR	N1	N2	Total NQ1+NQ2=NQ	NQMAX	QL	NS	NSV	Tundaan Lalu lintas Rata-rata det/smp	Tundaan Geometrik Rata-rata det/smp	Tundaan rata-rata det/smp	Tundaan Total smp.det
	Q	C	=	=								DT	DG	D=DT+DG	D x Q
			Q/C	g/c	Rms.(34.1)	Rms.(35)	Rms.(37)	Gb.E-2:2	Rms.(38)	Rms.(39)	Rms.(40)	Rms.(42)	Rms.(43)	(13)+(14)	(2)x(15)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
S-ST	564	1384	0,4075	0,6154	-0,1562	10,4553	10,2991	24	154,83871	0,4551	257	12,4276	1,8205	14,2481	8035,9329
S-RT	227	346	0,6561	0,1385	0,4504	7,7679	8,2182	14	96,5517241	0,9023	205	57,7527	4,0301	61,7828	14024,7048
U	882	1384	0,6373	0,4308	0,3779	24,9904	25,3683	36	153,191489	0,7168	633	30,0143	3,4857	33,5000	29546,9792
T	497	778	0,6388	0,2923	0,3833	15,6174	16,0007	24	145,454545	0,8024	399	41,8020	4,3952	46,1972	22960,0257
LTOR (Semua)										Total:	1494			Total:	74567,6427
										Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp:	0,6885			Tundaan simpang rata-rata (det/smp):	34,3630
Arus total Qtot.	2170														

Lampiran 3.13 Alternatif 3 Simpang 1 Formulir SIG-II

Kode Pendekat	Arah	Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)														Kend. Tak Bermotor	
		Kendaraan Ringan (LV)			Kendaraan Berat (HV)			Sepeda Motor (MC)			Kendaraan Bermotor Total MV			Rasio Berbelok		Arus UM	Rasio UM/MV
		emp terlindung = 1			emp terlindung = 1,3			emp terlindung = 0,2									
		emp terlawan = 1			emp terlawan = 1,3			emp terlawan = 0,4									
		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		PLT	PRT	kend/jam	Rms (15)
			Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan	Rms (13)	Rms (14)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
U	LT/LTOR																
	ST	303	303	303	14	19	19	1391	279	557	1708	601	879				
	RT	79	79	79	1	2	2	289	58	116	369	139	197		0,1878		
	Total	382	382	382	15	21	21	1680	337	673	2077	740	1076				
S	LT/LTOR	127	127	127	7	10	10	691	139	277	825	276	414	0,2875			
	ST	330	330	330	11	15	15	1694	339	678	2035	684	1023				
	RT																
	Total	457	457	457	18	25	25	2385	478	955	2860	960	1437				
B	LT/LTOR	71	71	71	2	3	3	420	84	168	493	158	242	0,3599			
	ST																
	RT	134	134	134	15	20	20	631	127	253	780	281	407		0,6401		
	Total	205	205	205	17	23	23	1051	211	421	1273	439	649				

Lampiran 3.14 Alternatif 3 Simpang 1 Formulir SIG-IV

Kode Pendekat	Hijau Dalam Fase No.	Tipe Pendekat	Rasio Kendaraan Berbelok			Arus RT smp/jam		Lebar efektif (m)	Arus jenuh smp/jam hijau								Arus lalulintas smp/jam	Rasio arus FR	Rasio fase PR = FRcrit	Waktu hijau det	Kapasitas smp/jam S x g/c	Derajat Kejenuhan
						Arah diri	Arah lawan		Nilai dasar smp/jam hijau	Faktor-faktor penyesuaian							Nilai disesuaikan smp/jam hijau					
										Semua tipe pendekat				Hanya tipe P								
			PLTOR	PLT	PRT	QRT	QRTO	We		Ukuran Kota	Hambatan Samping	Kelandaian	Parkir	Belok Kanan	Belok Kiri							
									So	FCS	FSF	FG	FP	FRT	FLT	S		Q/S	IFR	g	C	Q/C
								Rms.(18) Rms.(19)	Rms.(20) Gb.C-3:2 Gb.C-3:3	Tb.C-4:3	Tb.C-4:4	Gb.C-4:1	Rms.(21)	Rms.(22)	Rms.(23)	Rms.(24)	Q	Rms.(26)	Rms.(28)	Rms.(30)	Rms.(32)	Rms.(33)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
U	1	P			0,1878			4,7	3666	1	0,93	1	1	1,0488	1	3576	740	0,2069	0,3550	40	1101	0,6721
S	2	P		0,2875				6	4680	1	0,93	1	1	1	0,9540	4153	960	0,2312	0,3965	44	1406	0,6828
B	3	P		0,3599	0,6401			3,8	2964	1	0,93	1	1	1,1664	0,9424	3031	439	0,1448	0,2485	28	653	0,6723

Waktu Hilang Total L		18	Waktu Siklus Pra Penyesuaian	cua	(det)	Rms.(29)	77	IFR = ΣFRcrit	0,5829
LTI (det)			Waktu Siklus Disesuaikan	c	(det)	Rms.(31)	130		

Lampiran 3.15 Alternatif 3 Simpang 1 Formulir SIG-V

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam	Kapasitas smp/jam	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah Kendaraan Antri (smp)				Panjang Antrian (m)	Rasio kendaraan stop/smp	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam	Tundaan			
			DS	GR	N1	N2	Total NQ1+NQ2=NQ	NQMAX				Tundaan Lalu lintas Rata-rata det/smp	Tundaan Geometrik Rata-rata det/smp	Tundaan rata-rata det/smp	Tundaan Total smp.det
									QL	NS	NSV				
	Q	C	= Q/C	= g/c	Rms.(34.1)	Rms.(35)	Rms.(37)	Gb.E-2:2	Rms.(38)	Rms.(39)	Rms.(40)	DT Rms.(42)	DG Rms.(43)	D=DT+DG (13)+(14)	D x Q (2)x(15)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
S	740	1101	0,6721	0,3077	0,5234	23,3234	23,8468	34	144,6809	0,8032	595	40,9878	3,4345	44,4223	32872,5085
U	960	1406	0,6828	0,3385	0,5748	29,8261	30,4008	43	143,333333	0,7893	758	38,4674	3,5205	41,9880	40308,4436
T	439	653	0,6723	0,2154	0,5231	14,5443	15,0675	23	121,052632	0,8554	376	49,6747	4,2892	53,9639	23690,1481
LTOR (Semua)										Total:	1729			Total:	96871,1001
										Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp:	0,8083			Tundaan simpang rata-rata (det/smp):	45,2880
Arus total Qtot.	2139														

Lampiran 3.16 Alternatif 3 Simpang 2 Formulir SIG-II

Kode Pendekat	Arah	Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)														Kend. Tak Bermotor	
		Kendaraan Ringan (LV) emp terlindung = 1 emp terlawan = 1			Kendaraan Berat (HV) emp terlindung = 1,3 emp terlawan = 1,3			Sepeda Motor (MC) emp terlindung = 0,2 emp terlawan = 0,4			Kendaraan Bermotor Total MV			Rasio Berbelok		Arus UM	Rasio UM/MV
		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		PLT	PRT	kend/jam	Rms (15)
			Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan	Rms (13)	Rms (14)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
S	LT/LTOR																
	ST	301	301	301	9	12	12	1574	315	630	1884	628	943				
	RT	73	73	73	7	10	10	400	80	160	480	163	243		0,2061		
	Total	374	374	374	16	22	22	1974	395	790	2364	791	1186				
U	LT/LTOR	147	147	147	12	16	16	787	158	315	946	321	478	0,3639			
	ST	301	301	301	15	20	20	1196	240	479	1512	561	800				
	RT																
	Total	448	448	448	27	36	36	1983	398	794	2458	882	1278				
T	LT/LTOR	93	93	93	8	11	11	309	62	124	410	166	228	0,3340			
	ST																
	RT	157	157	157	7	10	10	816	164	327	980	331	494		0,6660		
	Total	250	250	250	15	21	21	1125	226	451	1390	497	722				

Lampiran 3.17 Alternatif 3 Simpang 2 Formulir SIG-IV

Kode Pendekat	Hijau Dalam Fase No.	Tipe Pendekat	Rasio Kendaraan Berbelok			Arus RT smp/jam		Lebar efektif (m)	Arus jenuh smp/jam hijau								Arus lalulintas smp/jam	Rasio arus FR	Rasio fase PR = FRcrit	Waktu hijau det	Kapasitas smp/jam S x g/c	Derajat Kejenuhan
						Arah diri	Arah lawan		Nilai dasar smp/jam hijau	Faktor-faktor penyesuaian							Nilai disesuaikan smp/jam hijau					
										Semua tipe pendekat				Hanya tipe P								
			PLTOR	PLT	PRT	QRT	QRTO	We		Ukuran Kota	Hambatan Samping	Kelandaian	Parkir	Belok Kanan	Belok Kiri							
									So	FCS	FSF	FG	FP	FRT	FLT	S		Q/S	IFR	g	C	Q/C
								Rms.(18) Rms.(19)	Rms.(20) Gb.C-3:2 Gb.C-3:3	Tb.C-4:3	Tb.C-4:4	Gb.C-4:1	Rms.(21)	Rms.(22)	Rms.(23)	Rms.(24)	Q	Rms.(26)	Rms.(28)	Rms.(30)	Rms.(32)	Rms.(33)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
S	2	P			0,2061			6	4680	1	0,93	1	1	1,0536	1	4586	791	0,1725	0,2720	30	1059	0,7469
U	1	P		0,3639				4,7	3666	1	0,93	1	1	1	0,9418	3211	882	0,2747	0,4332	49	1211	0,7283
T	3	P		0,3340	0,6660			3,3	2574	1	0,93	1	1	1,17	0,9466	2659	497	0,1869	0,2948	33	675	0,7363
Waktu Hilang Total L			18	Waktu Siklus Pra Penyesuaian				cua	(det)	Rms.(29)	88							IFR = ΣFRcrit	0,6341				
LTI (det)				Waktu Siklus Disesuaikan				c	(det)	Rms.(31)	130											

Lampiran 3.18 Alternatif 3 Simpang 2 Formulir SIG-V

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam	Kapasitas smp/jam	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah Kendaraan Antri (smp)				Panjang Antrian (m)	Rasio kendaraan stop/smp	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam	Tundaan			
			DS	GR	N1	N2	Total NQ1+NQ2=NQ	NQMAX				Tundaan Lalu lintas Rata-rata det/smp	Tundaan Geometrik Rata-rata det/smp	Tundaan rata-rata det/smp	Tundaan Total smp.det
			=	=					QL	NS	NSV	DT	DG	D=DT+DG	D x Q
	Q	C	Q/C	g/c	Rms.(34.1)	Rms.(35)	Rms.(37)	Gb.E-2:2	Rms.(38)	Rms.(39)	Rms.(40)	Rms.(42)	Rms.(43)	(13)+(14)	(2)x(15)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
S	791	1059	0,7469	0,2308	0,9687	26,5483	27,5171	39	130	0,8670	686	49,7650	3,6325	53,3975	42237,4159
U	882	1211	0,7283	0,3769	0,8362	27,3544	28,1906	40	170,212766	0,7966	703	37,2692	3,6305	40,8997	36073,5531
T	497	675	0,7363	0,2538	0,8872	16,4697	17,3569	26	157,575758	0,8704	433	49,2390	4,2592	53,4982	26588,5895
LTOR (Semua)										Total:	1822			Total:	104899,5584
										Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp:	0,8396			Tundaan simpang rata-rata (det/smp):	48,3408
Arus total Qtot.	2170														

Lampiran 3.19 Alternatif 4 Simpang 1 Formulir SIG-II

Kode Pendekat	Arah	Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)														Kend. Tak Bermotor	
		Kendaraan Ringan (LV)			Kendaraan Berat (HV)			Sepeda Motor (MC)			Kendaraan Bermotor Total MV			Rasio Berbelok		Arus UM	Rasio UM/MV
		emp terlindung = 1			emp terlindung = 1,3			emp terlindung = 0,2									
		emp terlawan = 1			emp terlawan = 1,3			emp terlawan = 0,4									
		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		PLT	PRT	kend/jam	Rms (15)
			Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan	Rms (13)	Rms (14)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
U-ST	LT/LTOR																
	ST	268	268	268	14	19	19	1391	279	557	1673	566	844				
	RT																
	Total	268	268	268	14	19	19	1391	279	557	1673	566	844				
U-RT	LT/LTOR																
	ST	35	35	35	0	0	0	0	0	0	35	35	35				
	RT	79	79	79	1	2	2	289	58	116	369	139	197		0,7989		
	Total	114	114	114	1	2	2	289	58	116	404	174	232				
S	LT/LTOR	127	127	127	7	10	10	691	139	277	825	276	414	0,2875			
	ST	330	330	330	11	15	15	1694	339	678	2035	684	1023				
	RT																
	Total	457	457	457	18	25	25	2385	478	955	2860	960	1437				
B	LT/LTOR	71	71	71	2	3	3	420	84	168	493	158	242	0,3599			
	ST																
	RT	134	134	134	15	20	20	631	127	253	780	281	407		0,6401		
	Total	205	205	205	17	23	23	1051	211	421	1273	439	649				

Lampiran 3.20 Alternatif 4 Simpang 1 Formulir SIG-IV

Kode Pendekat	Hijau Dalam Fase No.	Tipe Pendekat	Rasio Kendaraan Berbelok			Arus RT smp/jam		Lebar efektif (m)	Arus jenuh smp/jam hijau								Arus lalulintas smp/jam	Rasio arus FR	Rasio fase PR = FRcrit	Waktu hijau det	Kapasitas smp/jam S x g/c	Derajat Kejenuhan
						Arah diri	Arah lawan		Nilai dasar smp/jam hijau	Faktor-faktor penyesuaian						Nilai disesuaikan smp/jam hijau						
										Semua tipe pendekat				Hanya tipe P								
			PLTOR	PLT	PRT	QRT	QRTO	We		Ukuran Kota	Hambatan Samping	Kelandaian	Parkir	Belok Kanan	Belok Kiri							
									So	FCS	FSF	FG	FP	FRT	FLT	S		Q/S	IFR	g	C	Q/C
								Rms.(18) Rms.(19)	Rms.(20) Gb.C-3:2 Gb.C-3:3	Tb.C-4:3	Tb.C-4:4	Gb.C-4:1	Rms.(21)	Rms.(22)	Rms.(23)	Rms.(24)	Q	Rms.(26)	Rms.(28)	Rms.(30)	Rms.(32)	Rms.(33)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
U-ST	2	P						2,6	2028	1	0,93	1	1	1	1	1887	566	0,2999		27	708	0,7994
U-RT	1	P			0,7989			2,1	1638	1	0,93	1	1	1,2077	1	1840	174	0,0946	0,2010	10	256	0,6797
S	2	P		0,2875				6	4680	1	0,93	1	1	1	0,9540	4153	960	0,2312	0,4912	27	1558	0,6162
B	3	P		0,3599	0,6401			3,8	2964	1	0,93	1	1	1,1664	0,9424	3031	439	0,1448	0,3078	17	716	0,6131
Waktu Hilang Total L			18	Waktu Siklus Pra Penyesuaian				cua	(det)	Rms.(29)	61							IFR = ΣFRcrit	0,47056			
LTI (det)				Waktu Siklus Disesuaikan				c	(det)	Rms.(31)	72											

Lampiran 3.21 Alternatif 4 Simpang 1 Formulir SIG-V

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam	Kapasitas smp/jam	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah Kendaraan Antri (smp)				Panjang Antrian (m)	Rasio kendaraan stop/smp	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam	Tundaan			
					N1	N2	Total NQ1+NQ2=NQ	NQMAX				Tundaan Lalu lintas Rata-rata det/smp	Tundaan Geometrik Rata-rata det/smp	Tundaan rata-rata det/smp	Tundaan Total smp.det
	Q	C	DS = Q/C	GR = g/c	Rms.(34.1)	Rms.(35)	Rms.(37)	Gb.E-2:2	QL Rms.(38)	NS Rms.(39)	NSV Rms.(40)	DT Rms.(42)	DG Rms.(43)	D=DT+DG (13)+(14)	D x Q (2)x(15)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
S-ST	566	708	0,7994	0,3553	1,4628	10,75976881	12,2226	20	153,8461538	0,9206	522	29,4999	3,6825	33,1824	18781,2117
S-RT	174	256	0,6797	0,1316	0,5535	3,503310002	4,0568	8	76,1905	0,9940	173	39,2562	3,9758	43,2320	7522,373426
U	960	1558	0,6162	0,3553	0,3024	16,728633362	17,0310	26	86,666666667	0,7563	727	20,9216	3,0252	23,9469	22988,97914
T	439	716	0,6131	0,2237	0,2918	8,338295837	8,6301	14	73,68421053	0,8381	368	28,0086	3,3523	31,3609	13767,4184
LTOR (Semua)										Total:	1533			Total:	48276,83172
										Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp:	0,7167			Tundaan simpang rata-rata (det/smp):	22,5698138
Arus total Qtot.	2139														

Lampiran 3.22 Alternatif 4 Simpang 2 Formulir SIG-II

Kode Pendekat	Arah	Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)														Kend. Tak Bermotor	
		Kendaraan Ringan (LV)			Kendaraan Berat (HV)			Sepeda Motor (MC)			Kendaraan Bermotor Total MV			Rasio Berbelok		Arus UM	Rasio UM/MV
		emp terlindung = 1			emp terlindung = 1,3			emp terlindung = 0,2									
		emp terlawan = 1			emp terlawan = 1,3			emp terlawan = 0,4									
		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		kend/jam	smp/jam		PLT	PRT	kend/jam	Rms (15)
			Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan		Terlindung	Terlawan	Rms (13)	Rms (14)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
S-ST	LT/LTOR																
	ST	249	249	249	0	0	0	1574	315	630	1823	564	879				
	RT																
	Total	249	249	249	0	0	0	1574	315	630	1823	564	879				
S-RT	LT/LTOR																
	ST	52	52	52	9	12	12	0	0	0	61	64	64				
	RT	73	73	73	7	10	10	400	80	160	480	163	243		0,71806		
	Total	125	125	125	16	22	22	400	80	160	541	227	307				
U	LT/LTOR	147	147	147	12	16	16	787	158	315	946	321	478	0,3639			
	ST	301	301	301	15	20	20	1196	240	479	1512	561	800				
	RT																
	Total	448	448	448	27	36	36	1983	398	794	2458	882	1278				
T	LT/LTOR	93	93	93	8	11	11	309	62	124	410	166	228	0,3340			
	ST																
	RT	157	157	157	7	10	10	816	164	327	980	331	494		0,6660		
	Total	250	250	250	15	21	21	1125	226	451	1390	497	722				

Lampiran 3.23 Alternatif 4 Simpang 2 Formulir SIG-IV

Kode Pendekat	Hijau Dalam Fase No.	Tipe Pendekat	Rasio Kendaraan Berbelok			Arus RT smp/jam		Lebar efektif (m)	Arus jenuh smp/jam hijau								Arus lalulintas smp/jam	Rasio arus FR	Rasio fase PR = FRcrit	Waktu hijau det	Kapasitas smp/jam S x g/c	Derajat Kejenuhan
						Arah diri	Arah lawan		Nilai dasar smp/jam hijau	Faktor-faktor penyesuaian						Nilai disesuaikan smp/jam hijau						
										Semua tipe pendekat				Hanya tipe P								
			PLTOR	PLT	PRT	QRT	QRTO	We		Ukuran Kota	Hambatan Samping	Kelandaian	Parkir	Belok Kanan	Belok Kiri							
									So	FCS	FSF	FG	FP	FRT	FLT	S		Q/S	IFR	g	C	Q/C
								Rms.(18) Rms.(19)	Rms.(20) Gb.C-3:2 Gb.C-3:3	Tb.C-4:3	Tb.C-4:4	Gb.C-4:1	Rms.(21)	Rms.(22)	Rms.(23)	Rms.(24)	Q	Rms.(26)	Rms.(28)	Rms.(30)	Rms.(32)	Rms.(33)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
S-ST	1	P						3,1	2418	1	0,93	1	1	1	1	2249	564	0,2508		27	844	0,6682
S-RT	2	P			0,7181			2,9	2262	1	0,93	1	1	1,1867	1	2497	227	0,0909	0,1645	9	313	0,7252
U	1	P		0,3639				4,7	3666	1	0,93	1	1	1	0,9418	3211	882	0,2747	0,4972	27	1205	0,7320
T	3	P		0,3340	0,6660			3,3	2574	1	0,93	1	1	1,17	0,9466	2659	497	0,1869	0,3383	18	665	0,7474
Waktu Hilang Total L			18	Waktu Siklus Pra Penyesuaian				cua	(det)	Rms.(29)	72							IFR = ΣFRcrit	0,5525			
LTI (det)				Waktu Siklus Disesuaikan				c	(det)	Rms.(31)	72											

Lampiran 3.24 Alternatif 4 Simpang 2 Formulir SIG-V

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam	Kapasitas smp/jam	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah Kendaraan Antri (smp)				Panjang Antrian (m)	Rasio kendaraan stop/smp	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam	Tundaan			
			DS	GR	N1	N2	Total NQ1+NQ2=NQ	NQMAX				Tundaan Lalu lintas Rata-rata det/smp	Tundaan Geometrik Rata-rata det/smp	Tundaan rata-rata det/smp	Tundaan Total smp.det
									QL	NS	NSV	DT	DG	D=DT+DG	D x Q
	Q	C	= Q/C	= g/c	Rms.(34.1)	Rms.(35)	Rms.(37)	Gb.E-2:2	Rms.(38)	Rms.(39)	Rms.(40)	Rms.(42)	Rms.(43)	(13)+(14)	(2)x(15)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
S-ST	564	844	0,6682	0,3553	0,5053	10,0665	10,5718	16	103,2258065	0,7991	451	22,8689	3,1964	26,0653	14700,8289
S-RT	227	313	0,7252	0,1184	0,8047	4,6216	5,4264	10	68,96551724	1,0191	232	41,5630	3,9941	45,5571	10341,4681
U	882	1205	0,7320	0,3553	0,8607	16,2237	17,0845	26	110,6382979	0,8258	729	23,9185	3,6836	27,6021	24345,0377
T	497	665	0,7474	0,2368	0,9680	9,7294	10,6974	16	96,969697	0,9176	457	32,1320	4,1648	36,2968	18039,4989
LTOR (Semua)										Total:	1869			Total:	67426,8335
										Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp:	0,8613			Tundaan simpang rata-rata (det/smp):	31,0723
Arus total Qtot.	2170														