

TUGAS AKHIR

Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal UPN Yogyakarta (*The Performance Evaluation of Signalized Intersection at UPN Yogyakarta*)

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



Muhammad Zaki

14511134

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

2020

TUGAS AKHIR

Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal UPN Yogyakarta (*The Performance Evaluation of Signalized Intersection at UPN Yogyakarta*)

Disusun oleh

Muhammad Zaki

14511134

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

Diuji pada tanggal 15 September 2020

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Prima Juanita R., ST., M.Sc.

NIP: 135111103

Penguji I

Corry Ya'cub, Jr., M.T.

NIP: 815110102

Penguji II

Edy Purwanto, Dr. Ir., CES., DEA

NIP: 855110101

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Sri Amini Yuni Astuti, MT.

NIP: 885110101

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Oktober 2020
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Zaki
NIM: 14511134

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr. wb

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena atas ijin-Nya saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal UPN Yogyakarta. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tentunya banyak hambatan yang dihadapi dan menjadi penghambat dalam proses penyelesaiannya. Berkaitan dengan ini, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Faizul Chasanah, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Proposal Tugas Akhir.
2. Ibu Prima Juanita Romadhona, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, memberi nasihat dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir.
3. Pak Berlian Kushari, ST., M.Eng. dan Pak Edy Purwanto, Dr., Ir., CES., DEA selaku penguji sidang yang telah memberikan saran, masukan, dan nasihat kepada penulis.
4. Ibu Dr.Ir.Sri Amini Yuni Astuti, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Kedua orangtua saya yang telah berkorban baik secara moril maupun materil secara tulus untuk masa depan penulis dan selalu memberikan doanya.
6. Seluruh staf pengajar FTSP UII, terima kasih atas saran dan bimbingannya selama perkuliahan.
7. Anak - anak kontrakan yang selalu bersemangat dan berjuang untuk bisa sama - sama lulus. Semoga perjuangan ini berbuah manis dan selalu membimbing kita pada rahmatan lil alamin.
8. Seluruh rekan - rekan seperjuangan di HMTS, DPM FTSP, Teknik Sipil 2014 yang saling memberi dukungan satu sama lain.

9. Teman - teman seperantauan Tanjungpinang - Jogja yang selalu memberi dukungan.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata penulis berharap, semoga tugas akhir ini dapat diterima dengan baik dan bermanfaat untuk perkembangan penelitian selanjutnya.

Wassalamu'alaikum wr. Wb.

Yogyakarta, Juni 2020

Penulis,



Muhammad Zaki

14511134

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum	4
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Perbandingan Penelitian Saat ini Dengan Penelitian Terdahulu	7
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Simpang Bersinyal	11
3.1.1 Arus Lalu Lintas (Q)	11
3.1.2 Arus Jenuh	12
3.1.3 Kapasitas Simpang	12

3.1.4	Derajat Kejenuhan (DS)	13
3.1.5	Panjang Antrian	13
3.1.6	Angka Henti	14
3.1.7	Tundaan	15
3.2	Tingkat Pelayanan Simpang	15
3.3	Simulasi Lalu Lintas dengan <i>VISSIM</i>	16
3.3.1	Input data dasar kendaraan	16
3.3.2	Pemodelan Simpang	17
3.3.3	Traffic Network	18
3.3.4	Evaluation	18
3.3.5	Kalibrasi dan Validasi Data	18
3.4	Manajemen Rekayasa Lalu Lintas	19
BAB IV METODE PENELITIAN		22
4.1	Jenis Penelitian	22
4.2	Lokasi Penelitian	22
4.3	Data Penelitian	22
4.4	Metode Pengumpulan Data	23
4.4.1	Peralatan Yang Digunakan	23
4.4.2	Waktu Pelaksanaan Survei	24
4.5	Metode Analisis Data	24
4.6	Bagan Alir Penelitian	25
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		26
5.1	Data Hasil Penelitian	26
5.1.1	Geometrik Simpang	26
5.1.2	Volume Lalu Lintas	27
5.1.3	Sinyal Lalu Lintas	32
5.1.4	Kecepatan Kendaraan	34

5.1.5	Driving Behavior	35
5.2	Pemodelan Simpang Seturan UPN Pada <i>Software VISSIM</i>	37
5.2.1	Pemodelan Jaringan	37
5.2.2	Input Data Kendaraan	41
5.2.3	Pengaturan Lanjutan	44
5.2.4	Run and Evaluation	47
5.3	Pemodelan Link dan Pembagian Arus Pada <i>Software VISSIM</i>	49
5.3.1	Lengan utara	49
5.3.2	Lengan timur	53
5.3.3	Lengan selatan	59
5.3.4	Lengan barat	65
5.4	Analisis Data	68
5.4.1	Validasi Data Dengan Rumus Statistik <i>GEH</i>	68
5.4.2	Analisis Menggunakan Metode MKJI 1997	69
5.4.3	Kinerja Lalu Lintas Simpang Seturan UPN Kondisi Eksisting	71
5.4.4	Alternatif Penanganan Dengan Rekayasa Fase Sinyal Lalu Lintas 1	72
5.4.5	Alternatif Penanganan Dengan Rekayasa Fase Sinyal Lalu Lintas 2	76
5.4.6	Alternatif Penanganan Dengan Rekayasa Fase Sinyal Lalu Lintas 3	79
5.4.7	Alternatif Penanganan Dengan Penerapan Sistem Jalan Satu Arah (<i>One Way</i>)	82
5.5	Pembahasan	87
5.5.1	Kapasitas dan Derajat Kejenuhan	87
5.5.2	Waktu Tundaan (<i>Delay Result</i>)	89
5.5.3	Panjang Antrian (<i>Queue Result</i>)	91

5.5.4 Perbandingan Kinerja Lalu Lintas	92
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	95
6.1 Kesimpulan	95
6.2 Saran	95
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN	99



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang akan Dilakukan	8
Tabel 3. 1 Angka Ekuivalen Kendaraan Penumpang	11
Tabel 3. 2 Tingkat Pelayanan pada Simpang Bersinyal	16
Tabel 3. 3 Waktu Siklus Layak	20
Tabel 3. 4 Maksimum Durasi Waktu Hijau	20
Tabel 4. 1 Data Penelitian	23
Tabel 5. 1 Data Geometri Simpang Seturan UPN	26
Tabel 5. 2 Data Volume Lalu Lintas	27
Tabel 5. 3 Pewaktuan Sinyal Lalu Lintas Simpang Seturan UPN Kondisi Eksisting	33
Tabel 5. 4 Data Kecepatan Kendaraan	34
Tabel 5. 5 Data <i>Driving Behavior</i>	35
Tabel 5. 6 Hasil <i>Running</i> Simulasi <i>VISSIM</i>	49
Tabel 5. 7 Pembagian Arus Link Utama Lengan Utara	50
Tabel 5. 8 Pembagian Arus Link MC LT, ST Lengan Utara	51
Tabel 5. 9 Link MC RT Lengan Utara	52
Tabel 5. 10 Link ST Lengan Timur	54
Tabel 5. 11 Link RT Lengan Timur	56
Tabel 5. 12 Link LT Lengan Timur	57
Tabel 5. 13 Link Khusus MC ST Lengan Timur	58
Tabel 5. 14 Link ST RT Lengan Selatan	60
Tabel 5. 15 Link LT Lengan Selatan	61
Tabel 5. 16 Link Khusus MC RT Lengan Selatan	62
Tabel 5. 17 Link Khusus MC ST Lengan Selatan	64
Tabel 5. 18 Link ST LT Lengan Barat	65
Tabel 5. 19 Link RT ST Lengan Barat	67
Tabel 5. 20 Kriteria Hasil Perhitungan <i>GEH</i>	68

Tabel 5. 21 Hasil Validasi Uji Statistik <i>GEH</i>	68
Tabel 5. 22 Rangkuman Perhitungan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan	70
Tabel 5. 23 Tundaan Pada Simpang Seturan UPN Kondisi Eksisting	71
Tabel 5. 24 Panjang Antrian Pada Simpang Seturan UPN Kondisi Eksisting	71
Tabel 5. 25 Tingkat Pelayanan Simpang Seturan UPN Kondisi Eksisting	72
Tabel 5. 26 Pewaktuan Sinyal Lalu Lintas Simpang Seturan UPN Alternatif 1	73
Tabel 5. 27 Tundaan Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 1	74
Tabel 5. 28 Panjang Antrian Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 1	75
Tabel 5. 29 Tingkat Pelayanan Simpang Seturan UPN Alternatif 1	75
Tabel 5. 30 Pewaktuan Sinyal Lalu Lintas Simpang Seturan UPN Alternatif 2	76
Tabel 5. 31 Tundaan Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 2	77
Tabel 5. 32 Panjang Antrian Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 2	78
Tabel 5. 33 Tingkat Pelayanan Simpang Seturan UPN Alternatif 1	78
Tabel 5. 34 Pewaktuan Sinyal Lalu Lintas Simpang Seturan UPN Alternatif 1	79
Tabel 5. 35 Tundaan Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 3	80
Tabel 5. 36 Panjang Antrian Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 3	81
Tabel 5. 37 Tingkat Pelayanan Simpang Seturan UPN Alternatif 3	81
Tabel 5. 38 Pewaktuan Sinyal Lalu Lintas Simpang Seturan UPN Alternatif 4	85
Tabel 5. 39 Tundaan Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 4	86
Tabel 5. 40 Panjang Antrian Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 4	86
Tabel 5. 41 Tingkat Pelayanan Simpang Seturan UPN Alternatif 4	87
Tabel 5. 42 Perbandingan Kapasitas	88
Tabel 5. 43 Perbandingan Derajat Kejenuhan	88
Tabel 5. 44 Perbandingan Waktu Tundaan	90
Tabel 5. 45 Perbandingan Nilai Panjang Antrian	91
Tabel 5. 46 Perbandingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Utara	92
Tabel 5. 47 Perbandingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Timur	93
Tabel 5. 48 Perbandingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Selatan	93
Tabel 5. 49 Perbandingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Barat	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Titik Konflik pada Persimpangan	5
Gambar 3. 1 Grafik perhitungan jumlah antrian (NQmax) dalam smp	14
Gambar 4. 1 Peta Lokasi Penelitian	22
Gambar 4. 2 Diagram Alir (<i>flowchart</i>) Penelitian	25
Gambar 5. 1 Geometri Simpang Seturan UPN	27
Gambar 5. 2 Data Volume Lalu Lintas Periode Pagi	29
Gambar 5. 3 Data Volume Lalu Lintas Siang	30
Gambar 5. 4 Data Volume Lalu Lintas Sore	31
Gambar 5. 5 Distribusi Arus Pada Jam Sibuk	32
Gambar 5. 6 Grafik Diagram Waktu Siklus Sinyal Simpang Seturan UPN Kondisi Eksisting	33
Gambar 5. 7 Fase Sinyal Simpang Seturan UPN Kondisi Eksisting	34
Gambar 5. 8 Tampilan Pengaturan Lajur Kendaraan	38
Gambar 5. 9 Tampilan Pengaturan Satuan	38
Gambar 5. 10 Tampilan Input <i>Background Image</i>	39
Gambar 5. 11 Tampilan Pada Saat Pengaturan Skala	39
Gambar 5. 12 Tampilan Pembuatan <i>Link</i>	40
Gambar 5. 13 Tampilan Pembuatan <i>Connector</i>	41
Gambar 5. 14 Tampilan Pengaturan <i>Vehicle Composition</i>	42
Gambar 5. 15 Tampilan Pengaturan Input Kecepatan	42
Gambar 5. 16 Tampilan Pengaturan <i>Vehicle Input</i>	43
Gambar 5. 17 Tampilan Pengaturan <i>Vehicle Route</i>	43
Gambar 5. 18 Tampilan Pengaturan <i>Reduce Speed Area</i>	44
Gambar 5. 19 Tampilan Pengaturan <i>Conflict Area</i>	45
Gambar 5. 20 Tampilan Pengaturan <i>Signal Controller</i>	45
Gambar 5. 21 Tampilan Pengaturan <i>Driving Behavior</i> untuk <i>Car Following</i>	46
Gambar 5. 22 Tampilan Pengaturan <i>Driving Behavior Lateral</i>	47
Gambar 5. 23 Tampilan Pengaturan <i>Evaluation Configuration</i>	47

Gambar 5. 24 Tampilan Penempatan <i>Data Collection Point</i> dan <i>Queue Counter</i> Pada Lengan Barat	48
Gambar 5. 25 Tampilan Pengaturan <i>Simulation Parameters</i>	48
Gambar 5. 26 Link Utama Lengan Utara Pada <i>VISSIM</i>	49
Gambar 5. 27 <i>Vehicle Route</i> Link Utama Lengan Utara	50
Gambar 5. 28 Link MC LT, ST Lengan Utara Pada <i>VISSIM</i>	51
Gambar 5. 29 <i>Vehicle Route</i> Link MC LT, ST Lengan Utara	51
Gambar 5. 30 Link MC RT Lengan Utara Pada <i>VISSIM</i>	52
Gambar 5. 31 <i>Vehicle Route</i> Link MC RT Lengan Utara	53
Gambar 5. 32 Tampilan Simulasi Lengan Utara	53
Gambar 5. 33 Link ST Lengan Timur Pada <i>VISSIM</i>	54
Gambar 5. 34 <i>Vehicle Route</i> Link ST Lengan Timur	55
Gambar 5. 35 Link RT Lengan Timur Pada <i>VISSIM</i>	55
Gambar 5. 36 <i>Vehicle Route</i> Link RT Lengan Timur	56
Gambar 5. 37 Link LT Lengan Timur Pada <i>VISSIM</i>	56
Gambar 5. 38 <i>Vehicle Route</i> Link LT Lengan Timur	57
Gambar 5. 39 Link Khusus MC ST Lengan Timur Pada <i>VISSIM</i>	58
Gambar 5. 40 <i>Vehicle Route</i> Link Khusus MC ST Lengan Timur	58
Gambar 5. 41 Tampilan Simulasi Lengan Timur	59
Gambar 5. 42 Link ST Lengan Selatan Pada <i>VISSIM</i>	59
Gambar 5. 43 <i>Vehicle Route</i> Link ST RT Lengan Selatan	60
Gambar 5. 44 Link ST Lengan Selatan Pada <i>VISSIM</i>	61
Gambar 5. 45 <i>Vehicle Route</i> Link LT Lengan Selatan	61
Gambar 5. 46 Link Khusus MC RT Lengan Selatan Pada <i>VISSIM</i>	62
Gambar 5. 47 <i>Vehicle Route</i> Link Khusus MC RT Lengan Selatan	63
Gambar 5. 48 Link Khusus MC ST Lengan Selatan Pada <i>VISSIM</i>	63
Gambar 5. 49 <i>Vehicle Route</i> Link Khusus MC ST Lengan Selatan	64
Gambar 5. 50 Tampilan Simulasi Lengan Selatan	64
Gambar 5. 51 Link ST LT Lengan Barat Pada <i>VISSIM</i>	65
Gambar 5. 52 <i>Vehicle Route</i> Link ST LT Lengan Barat	66
Gambar 5. 53 Link RT ST Lengan Barat Pada <i>VISSIM</i>	66

Gambar 5. 54 <i>Vehicle Route</i> Link RT ST Lengan Barat	67
Gambar 5. 55 Tampilan Simulasi Lengan Barat	67
Gambar 5. 56 Grafik Diagram Waktu Siklus Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 1	73
Gambar 5. 57 Fase Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 1	74
Gambar 5. 58 Grafik Diagram Waktu Siklus Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 2	76
Gambar 5. 59 Fase Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 2	77
Gambar 5. 60 Grafik Diagram Waktu Siklus Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 3	79
Gambar 5. 61 Fase Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 3	80
Gambar 5. 62 Arah Pergerakan Kendaraan Ketika <i>One Way</i> pada Jalan Prawiro Kwat	82
Gambar 5. 63 Rute Distribusi Arus Kendaraan Dari Arah Utara (smp/jam)	83
Gambar 5. 64 Distribusi Arus Kendaraan Simpang Seturan UPN Alternatif 4	84
Gambar 5. 65 Grafik Diagram Waktu Siklus Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 4	85
Gambar 5. 66 Fase Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 2	85
Gambar 5. 67 Grafik Perbandingan Kapasitas	88
Gambar 5. 68 Grafik Perbandingan Derajat Kejenuhan	89
Gambar 5. 69 Grafik Perbandingan Waktu Tundaan	90
Gambar 5. 70 Grafik Perbandingan Nilai Panjang Antrian	91
Gambar 5. 71 Kawasan Ruas Jalan Terdampak Yang Disarankan	96

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 VOLUME KENDARAAN	100
LAMPIRAN 2 DOKUMENTASI SURVEY	109



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Q	: Arus Lalu Lintas (smp/jam)
smp	: Satuan Mobil Penumpang
emp	: Ekuivalensi Mobil Penumpang
MC	: Sepeda Motor
LV	: Kendaraan Ringan
HV	: Kendaraan Berat
ST	: Lurus
RT	: Belok Kanan
LT	: Belok Kiri



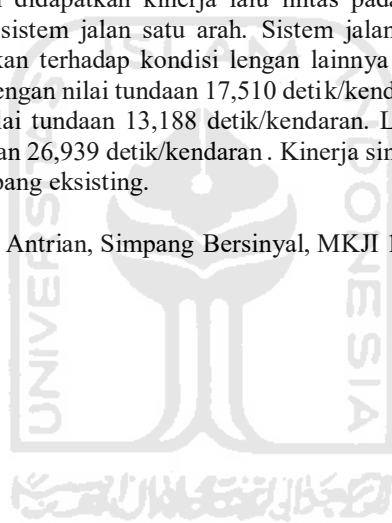
ABSTRAK

Arus Lalu Lintas kendaraan pada simpang seturan UPN sangat tinggi dipengaruhi oleh aktivitas dari mahasiswa, karena dekat dengan pusat pendidikan yaitu Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta (UPN) dan Fakultas Ekonomi Universitas Islam Indonesia (FE UII). Selain dekat dengan pusat pendidikan, simpang seturan UPN juga merupakan jalur utama lalu lintas dari Kota Yogyakarta dan Kabupaten Sleman untuk sampai ke Bandara Adi Sucipto. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja lalu lintas eksisting dan alternatif solusi penanganan pada simpang.

Data yang digunakan adalah data sekunder yang didapatkan dari PUSTRAL UGM tahun 2018. Analisis pada simpang dilakukan sesuai dengan syarat teknis simpang bersinyal menurut MKJI 1997 dan dilakukan pemodelan dengan *software VISSIM*. Pemodelan dengan menggunakan *software VISSIM* pada kondisi eksisting dan 4 alternatif penanganan untuk membandingkan tingkat pelayanan pada simpang seturan UPN.

Hasil dari penelitian ini didapatkan kinerja lalu lintas pada simpang terbaik yaitu pada alternatif 4 dengan penerapan sistem jalan satu arah. Sistem jalan satu arah pada lengan utara memberi dampak yang signifikan terhadap kondisi lengan lainnya pada simpang. Lengan timur memiliki tingkat pelayanan C dengan nilai tundaan 17,510 detik/kendaraan. Lengan selatan memiliki tingkat pelayanan B dengan nilai tundaan 13,188 detik/kendaraan. Lengan barat memiliki tingkat pelayanan D dengan nilai tundaan 26,939 detik/kendaraan. Kinerja simpang alternatif 4 naik sebesar 62% dibandingkan kondisi simpang eksisting.

Kata Kunci: Tundaan, Panjang Antrian, Simpang Bersinyal, MKJI 1997, VISSIM



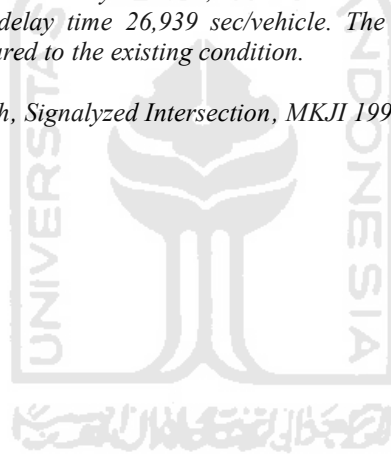
ABSTRACT

Traffic Vehicle at seturan UPN intersection was very high caused by student activities, because close to the centre of education that is University of National Development “Veteran” Yogyakarta (UPN) and Faculty of Economic Universitas Islam Indonesia (FE UII). Beside close to the centre of education, seturan UPN intersection was the main route of traffic from Yogyakarta and Sleman to get to Adisucipto Airport. This study aims to determine the performance of traffic on existing conditions and alternative solution handling on the intersection.

This study used secondary data obtained from PUSTRAL UGM. Analisis of the intersection was using technical guidance of signalized intersections according to MKJI 1997 and modeled using VISSIM software. Modelling with VISSIM software carried on existing condition and 4 alternative treatments to compare the level of service at the seturan UPN intersection.

The result of this study obtained that the best traffic performance at the intersection was alternative 4 with the application of one-way traffic system. One-way traffic system gave a significant impact to the performance of the other road segment on the intersections. The Level of service on road segment east namely C with delay time 17,510 sec/vehicle. The Level of service on road segment south namely B with delay time 13,188 sec/vehicle. The Level of service on road segment west namely D with delay time 26,939 sec/vehicle. The performance of alternative 4 condition increased 62% compared to the existing condition.

Keywords: *Delay, Queue Length, Signalized Intersection, MKJI 1997, VISSIM*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) yang dikenal dengan kota pelajar memiliki pertumbuhan volume lalu lintas yang meningkat dengan pesat. Peningkatan volume lalu lintas ini menimbulkan permasalahan lalu lintas berupa kemacetan, tundaan, polusi udara serta suara yang sering di temui setiap hari. Kemacetan merupakan masalah utama yang dihadapi pengguna jalan. Selain itu kemacetan, dapat menimbulkan masalah-masalah lain yang timbul seperti meningkatnya polusi udara akibat asap dari kendaraan bermotor, meningkatnya polusi suara, meningkatnya biaya operasi kendaraan, hingga penurunan produktivitas masyarakat. Menurut MKJI (1997), kemacetan adalah kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati atau melebihi 0 km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrian. Pada saat terjadinya kemacetan, nilai derajat kejenuhan pada ruas jalan akan ditinjau dimana kemacetan akan terjadi bila nilai derajat kejenuhan mencapai lebih dari 0,5.

Kemacetan terjadi di persimpangan yang berada dekat dengan pusat keramaian karena konflik yang terjadi antar kendaraan yang datang dari tiap kaki simpang. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah kemacetan adalah dengan adanya simpang bersinyal. Simpang bersinyal juga dapat mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang berlawanan. Akan tetapi, di beberapa simpang bersinyal masih juga terjadi kemacetan yang sangat parah.

Salah satu simpang dengan tingkat kemacetan tinggi yang ada di D.I Yogyakarta adalah simpang setoran UPN. Arus lalu lintas disimpang ini sangat tinggi dipengaruhi oleh aktivitas dari mahasiswa, karena dekat dengan pusat pendidikan yaitu Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta (UPN) dan Fakultas Ekonomi Universitas Islam Indonesia (FE UII). Selain dekat dengan

pusat pendidikan, simpang seturan UPN juga merupakan jalur utama lalu lintas dari Kota Yogyakarta dan Kabupaten Sleman untuk sampai ke Bandara Adi Sucipto. Salah satu penyelesaian masalah kemacetan di simpang ini dengan cara menganalisis kinerja simpang dengan menggunakan jumlah volume lalu lintas eksisting.

Dalam penelitian ini, penulis melakukan analisis kinerja lalu lintas pada simpang seturan UPN dengan melakukan pemodelan menggunakan program komputer *VISSIM*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas rumusan masalah yang dapat diuraikan adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja lalu lintas simpang seturan UPN pada kondisi eksisting saat ini?
2. Bagaimana alternatif solusi penanganan di simpang seturan UPN dengan menggunakan *VISSIM*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan diatas, maka didapatkan tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Mengetahui kinerja lalu lintas simpang seturan UPN pada kondisi eksisting saat ini.
2. Mengetahui alternatif solusi penanganan di simpang seturan UPN dengan menggunakan *VISSIM*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan untuk pihak terkait seperti Kementerian Perhubungan dan Kementerian PUPR dalam usaha peningkatan pelayanan lalu lintas.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian dimaksudkan agar penelitian tepat sasaran dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun batasan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan pada simpang bersinyal seturan UPN, Kabupaten Sleman, Yogyakarta.
2. Melakukan analisis kinerja lalu lintas simpang sesuai dengan syarat teknis simpang bersinyal menurut MKJI 1997.
3. Pemodelan simpang bersinyal seturan UPN menggunakan *software VISSIM*.
4. Data volume lalu lintas diperoleh dari data sekunder PUSTRAL UGM pada tahun 2018.
5. Data lainnya diambil dengan pengamatan langsung di lapangan tahun 2019.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

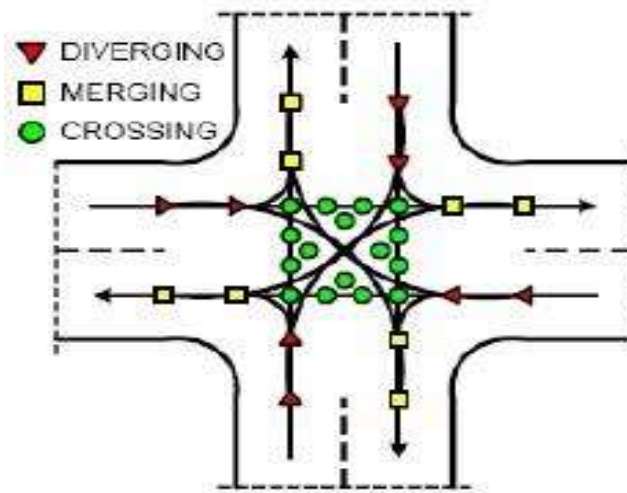
Simpang adalah simpul dalam jaringan transportasi dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu, di sini arus lalu lintas mengalami konflik. Untuk mengendalikan konflik ini ditetapkan aturan lalu lintas untuk menetapkan siapa yang mempunyai hak terlebih dahulu untuk menggunakan persimpangan. Simpang dapat dibedakan menjadi 3 yaitu simpang bersinyal, simpang tak bersinyal, dan bundaran.

Sinyal lalu lintas adalah suatu alat kendali dengan menggunakan lampu yang terpasang pada persimpangan dengan tujuan untuk mengatur arus lalu lintas. Pada umumnya sinyal lalu lintas digunakan pada daerah persimpangan dengan arus lalu lintas tinggi untuk menghindari kemacetan pada sebuah simpang dan dapat mengurangi jumlah kecelakaan. Evaluasi simpang bersinyal dilakukan guna mendapatkan tingkat pelayanan pada simpang tersebut.

Keberadaan persimpangan pada suatu jaringan jalan, ditujukan agar kendaraan bermotor, pejalan kaki (*pedestrian*), dan kendaraan tidak bermotor dapat bergerak dalam arah yang berbeda dan pada waktu yang bersamaan. Dengan demikian pada persimpangan akan terjadi suatu keadaan yang menjadi karakteristik yang unik dari persimpangan yaitu munculnya konflik yang berulang sebagai akibat dari pergerakan (*manuver*) tersebut. Berdasarkan sifatnya konflik yang ditimbulkan oleh manuver kendaraan dan keberadaan pedestrian dibedakan 2 tipe, sebagai berikut.

1. Konflik primer yaitu konflik yang terjadi antara arus lalu lintas yang saling memotong.
2. Konflik sekunder yaitu konflik yang terjadi antara arus lalu lintas kanan dengan arus lalu lintas arah lainnya dan atau lalu lintas belok kiri dengan para pejalan kaki.

Adapun titik konflik yang terjadi disuatu persimpangan dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2. 1 Titik Konflik pada Persimpangan

Sumber : geotranspot.wordpress.com

Diverging adalah peristiwa memisahkannya kendaraan dari suatu arus yang sama ke jalur. *Merging* adalah peristiwa menggabungkannya kendaraan dari suatu jalur ke jalur yang lain. *Crossing* adalah peristiwa perpotongan antara arus kendaraan dari suatu jalur ke jalur yang lain pada persimpangan dimana keadaan yang demikian akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan tersebut.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penulisan Tugas Akhir mengenai analisis kinerja simpang bersinyal dengan perangkat lunak *Vissim* ini mengacu pada penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini. Maka dari itu, beberapa penelitian tersebut dapat dijadikan referensi untuk penelitian yang akan dilakukan.

Ida Rofida (2018) melakukan penelitian yang memiliki beberapa tujuan antara lain adalah untuk mengetahui kondisi kinerja ruas Jalan Prawirokuat sebelum dan sesudah pengaturan lalu lintas satu arah serta mengetahui dampak yang dihasilkan dari penerapan lalu lintas satu arah di Jalan Prawirokuat terhadap tingkat pelayanan ruas jalan sekitarnya (Jalan Ringin Raya, Jalan Candi Gebang, dan Jalan Ring Road utara jalur lambat). Hasil yang didapatkan adalah nilai derajat kejenuhan

pada ruas Jalan pada kondisi eksisting Jalan Prawirokuat adalah sebesar 0,71 dan sesudah pengaturan lalu lintas satu arah adalah sebesar 0,43 sedangkan kecepatan kendaraan yang semula 24,14 km/jam menjadi 35,04 km/jam. Dampak perancangan sistem satu arah pada Jalan Prawirokuat cukup berpengaruh terhadap derajat kejenuhan dan kecepatan tiap ruas jalan. Pada ruas Jalan Ringin raya nilai derajat kejenuhan dari 0,79 menjadi 0,47 dan kecepatan kendaraan yang semula 25,89 km/jam menjadi 27,82 km/jam. Ruas jalan candi gebang nilai derajat kejenuhan dari 0,28 menjadi 0,17 dan kecepatan kendaraan yang semula 29,57 km/jam menjadi 33,45 km/jam. Ruas jalan Ring Road lengan barat nilai derajat kejenuhan dari 0,99 naik menjadi 1,21 dan kecepatan kendaraan semula 26,88 km/jam turun menjadi 19,52 km/jam.

Penelitian tentang kinerja persimpangan juga dilakukan oleh Budiman, dkk (2016) yang bertujuan untuk menganalisis kapasitas dan tingkat kinerja simpang bersinyal di Simpang Palima, mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kapasitas simpang, dan mengetahui bagaimana alternatif pemecahan masalah pada kinerja Simpang Palima. Berdasarkan hasil analisis simpang bersinyal pada Simpang Palima didapatkan tingkat pelayanan pada simpang termasuk ke dalam tingkat pelayanan E (40-60 detik) dilihat dari hasil tundaan rata-rata simpang yang dihasilkan adalah 41,96 det/smp.

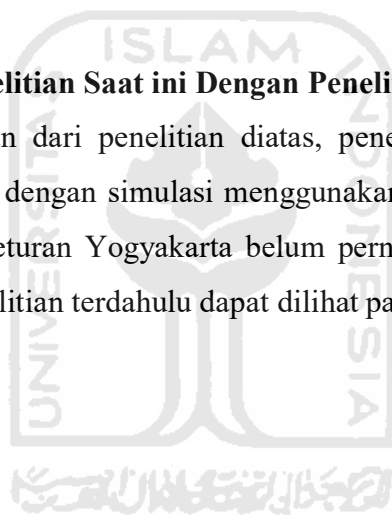
Panjang antrian tertinggi pada simpang yaitu 97 m. Besar nilai angka henti seluruh simpang 0,75 stop/smp. Faktor – faktor yang mempengaruhi kapasitas simpang antara lain yaitu geometrik jalan, jenis fase, waktu antar hijau dan waktu siklus. Penulis juga memberikan beberapa alternatif perbaikan yang dilakukan, untuk jangka pendek yaitu dengan melakukan koordinasi lampu hijau. Alternatif yang dapat digunakan untuk jangka panjang yaitu dengan melakukan perubahan lebar geometrik dan perubahan fase.

Penelitian terkait penggunaan *Software Vissim* juga dilakukan oleh Hidayati, dkk (2018). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keandalan *Software Vissim* untuk diterapkan dalam analisis masalah transportasi di Indonesia. Setelah mengetahui keandalan *Software Vissim*, penulis membandingkan hasil analisis panjang antrian dan tundaan dengan menggunakan hitungan Manual Kapasitas

Jalan Indonesia (MKJI), *Software Vissim*, dan hasil pengamatan langsung di lapangan. Hidayati, dkk (2018) dalam jurnalnya memperoleh hasil bahwa pada kondisi eksisting simpang menunjukkan hasil yang tidak memenuhi persyaratan jika disesuaikan dengan rumus peraturan MKJI. Kapasitas Jalan yang terlalu minim tidak sebanding dengan volume kendaraan yang ada, sehingga hal tersebut menyebabkan meningkatnya Derajat Kejenuhan, Panjang Antrian, dan Tundaan. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan pada kondisi eksisting nilai derajat kejenuhan tinggi ($DS \leq 0.85$), dan hasil panjang antrian sangat berbeda hasilnya dengan lapangan, untuk itu akan di lakukan analisa selanjutnya dengan *Software Vissim* untuk mendapatkan panjang antrian dan tundaan dengan kondisi eksisting.

2.3 Perbandingan Penelitian Saat ini Dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan tinjauan dari penelitian diatas, penelitian mengenai analisis kinerja simpang bersinyal dengan simulasi menggunakan perangkat lunak *Vissim* disimpang empat UPN Seturan Yogyakarta belum pernah dilakukan. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.



Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang akan Dilakukan

No	Peneliti	Tujuan Penelitian	Lokasi	Metode	Hasil
1.	Ida Rofida (2018)	Mengetahui kondisi kinerja ruas Jalan Prawirokuat sebelum dan sesudah pengaturan lalu lintas satu arah serta mengetahui dampak yang dihasilkan dari penerapan lalu lintas satu arah di Jalan Prawirokuat terhadap tingkat pelayanan ruas jalan sekitarnya (Jalan Ringin Raya, Jalan Candi Gebang, dan Jalan Ring Road utara jalur lambat)	Jalan Prawirokuat	Pemodelan dengan <i>Software Vissim</i>	Nilai derajat kejenuhan pada ruas Jalan pada kondisi eksisting Jalan Prawirokuat adalah sebesar 0,71 dan sesudah pengaturan lalu lintas satu arah adalah sebesar 0,43. Dampak perancangan sistem satu arah pada Jalan Prawirokuat cukup berpengaruh terhadap derajat kejenuhan tiap ruas jalan. Pada ruas Jalan Ringin raya nilai derajat kejenuhan dari 0,79 menjadi 0,47. Ruas jalan candi gebang nilai derajat kejenuhan dari 0,28 menjadi 0,17. Ruas jalan Ring Road lengan barat mengalami kenaikan dari 0,99 menjadi 1,21.
2.	Budiman, A dkk. (2016)	Menganalisis kapasitas dan tingkat kinerja simpang bersinyal di Simpang Palima, mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kapasitas simpang, dan mengetahui bagaimana	Simpang Palima, Serang, Banten	Analisis dengan MKJI	Simpang Palima didapatkan tingkat pelayanan pada simpang termasuk ke dalam tingkat pelayanan E (40-60 detik) dilihat dari hasil tundaan rata-rata simpang yang dihasilkan adalah 41,96 det/smp.

Lanjutan Tabel 2. 2 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang akan Dilakukan

No	Peneliti	Tujuan Penelitian	Lokasi	Metode	Hasil
		alternatif pemecahan masalah pada kinerja Simpang Palima			Panjang antrian tertinggi pada simpang yaitu 97 m. Besar nilai angka henti seluruh simpang 0,75 stop/smp.
3.	Hidayati, R dkk. (2018)	Mengetahui keandalan <i>Software Vissim</i> untuk diterapkan dalam analisis masalah transportasi di Indonesia. Membandingkan hasil analisis panjang antrian dan tundaan dengan menggunakan hitungan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), <i>Software Vissim</i> , dan hasil pengamatan langsung di lapangan.	JL. Sultan Hamid – JL Tanjung Raya I – JL Perintis Kemerdekaan – JL Tanjung Raya II Pontianak	Perhitungan dengan MKJI dan pemodelan dengan <i>Software Vissim</i>	Berdasarkan analisa yang telah dilakukan pada kondisi eksisting nilai derajat kejenuhan tinggi ($DS \leq 0.85$), dan hasil panjang antrian sangat berbeda hasilnya dengan lapangan, untuk itu akan di lakukan analisa selanjutnya dengan <i>Software Vissim</i> untuk mendapatkan panjang antrian dan tundaan dengan kondisi eksisting.
4.	Peneliti	Mengetahui kinerja lalu lintas Simpang Seturan UPN pada kondisi eksisting saat ini, dan mengetahui alternatif solusi penanganan di Simpang Seturan UPN.	Simpang Seturan UPN, Yogyakarta.	Simulasi dengan <i>Software Vissim 9</i>	Tingkat pelayanan simpang pada kondisi eksisting adalah D dengan waktu tundaan sebesar 38,105 detik/kendaraan dan panjang antrian sebesar 92,779 meter. Tingkat Pelayanan Simpang pada kondisi alternatif 1 adalah E dengan nilai tundaan sebesar 40,414 detik/kendaraan dan panjang antrian sebesar

Lanjutan Tabel 2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang akan Dilakukan

No	Peneliti	Tujuan Penelitian	Lokasi	Metode	Hasil
					<p>167,349 meter. Tingkat Pelayanan Simping pada kondisi alternatif 2 adalah D dengan nilai tundaan sebesar 38,928 detik/kendaraan dan panjang antrian sebesar 94,306 meter. Tingkat Pelayanan Simping pada kondisi alternatif 3 adalah D dengan nilai tundaan sebesar 30,486 detik/kendaraan dan panjang antrian sebesar 162,024 meter. Tingkat Pelayanan Simping pada kondisi alternatif 4 adalah B dengan nilai tundaan sebesar 14,409 detik/kendaraan dan panjang antrian sebesar 59,771 meter.</p>

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Simpang Bersinyal

3.1.1 Arus Lalu Lintas (Q)

Arus lalu lintas (Q) untuk setiap arus gerakan kendaraan ringan, kendaraan berat, dan sepeda motor (QLV, QHV, dan QMC) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan. Angka ekivalen kendaraan penumpang ditampilkan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Angka Ekivalen Kendaraan Penumpang

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

(Sumber: Bina Marga, 1997)

Untuk menghitung arus dapat menggunakan persamaan 3.1 berikut.

$$Q = Q_{lv} + Q_{hv} \times emp_{hv} + Q_{mc} \times emp_{mc} \quad (3.1)$$

Keterangan :

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Q_{lv} = Arus kendaraan ringan (kend/jam)

Q_{hv} = Arus kendaraan berat (kend/jam)

Q_{mc} = Arus kendaraan motor (kend/jam)

emp_{hv} = Emp kendaraan berat

emp_{mc} = Emp sepeda motor

3.1.2 Arus Jenuh

Arus jenuh berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) didefinisikan sebagai besarnya keberangkatan rata – rata antrian di dalam suatu pendekatan simpang selama sinyal hijau yang besarnya dinyatakan dalam satuan smp per jam hijau (smp/jam hijau). Arus jenuh untuk simpang bersinyal dapat dihitung dengan persamaan 3.2 berikut.

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{lt} \times F_{rt} \quad (3.2)$$

Keterangan :

- S = Arus jenuh (smp/waktu hijau efektif)
- S_o = Arus jenuh dasar (smp/waktu hijau efektif)
- F_{cs} = Faktor koreksi arus jenuh akibat ukuran kota (jumlah penduduk)
- F_{sf} = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya gangguan samping
- F_g = Faktor koreksi arus jenuh akibat kelandaian jalan
- F_p = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya kegiatan perparkiran dekat dengan lengan persimpangan
- F_{lt} = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya pergerakan belok kiri
- F_{rt} = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya pergerakan belok kanan

3.1.3 Kapasitas Simpang

Kapasitas adalah kemampuan simpang untuk menampung arus lalu lintas maksimum per satuan waktu dinyatakan dalam smp/jam hijau. Kapasitas pada simpang dihitung pada setiap pendekat ataupun kelompok lajur didalam suatu pendekat. Kapasitas simpang dihitung dengan persamaan 3.3 berikut.

$$C = S \times g/c \quad (3.3)$$

Keterangan :

- C = Kapasitas (smp/jam hijau)
- S = Arus jenuh (smp/jam hijau)
- g = Waktu hijau (detik)
- c = Panjang siklus (detik)

3.1.4 Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio volume (Q) terhadap kapasitas (C). Derajat kejenuhan dihitung dengan persamaan 3.4 berikut.

$$DS = Q/C \quad (3.4)$$

3.1.5 Panjang Antrian

Panjang antrian adalah banyaknya kendaraan yang berada pada simpang tiap jalur saat nyala lampu merah (Departemen P.U., 1997). Berikut adalah persamaan 3.5 untuk menentukan rata-rata panjang antrian berdasarkan MKJI 1997:

Untuk derajat kejenuhan (DS) > 0.5:

$$NQ1 = 0,25 \cdot C \cdot \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \cdot (DS - 0,5)}{C}} \right] \quad (3.5)$$

Keterangan :

NQ1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas (smp/jam)

Untuk DS < 0,5 ; NQ1 = 0

Jumlah antrian selama fase merah (NQ2)

$$NQ2 = C \cdot \frac{1-GR}{1-GR \cdot DS} \times \frac{Q \text{ masuk}}{3600}$$

Keterangan :

NQ2 = Jumlah smp yang datang ada fase merah

GR = Rasio hijau

C = Waktu siklus (detik)

Q masuk = Arus lalu lintas yang masuk diluar LTOR (smp/jam)

Jumlah kendaraan antri menjadi:

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

Panjang antrian (QL) didapatkan dari perkalian (NQmax) dengan luar rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m²) dan pembagian dengan lebar masuk (Wmasuk). NQmax didapat dengan menyesuaikan nilai NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih POL (%) dengan menggunakan grafik seperti terlihat pada gambar 3.1 untuk perencanaan dan desain disarankan nilai POL ≤ 5%,

untuk operasional disarankan $POL = 5 - 10\%$. Dengan rumus seperti pada persamaan 3.6 berikut.

$$QL = NQ_{max} \times \frac{20}{w_{masuk}} \quad (3.6)$$

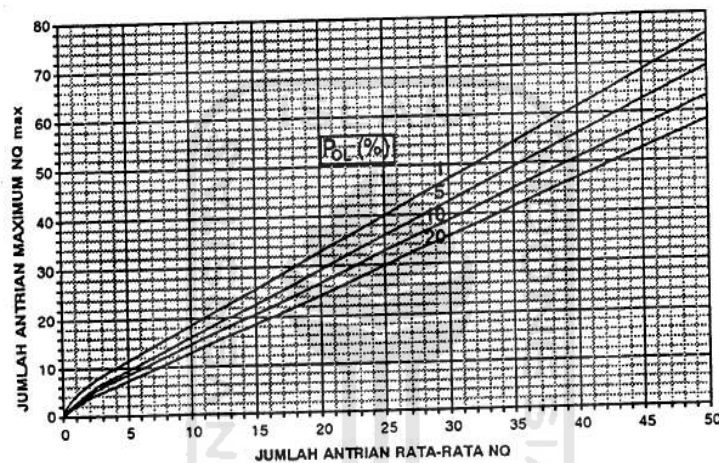
Keterangan :

QL = Panjang antrian

NQ_{max} = Jumlah antrian maksimum

W masuk = Lebar masuk

Berikut adalah grafik perhitungan jumlah antrian (NQ_{max}) dalam smp:



Gambar 3. 1 Grafik perhitungan jumlah antrian (NQ_{max}) dalam smp

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997

3.1.6 Angka Henti

Angka henti (NS) pada masing – masing pendekatan adalah jumlah rata-rata kendaraan berhenti per smp, ini termasuk henti berulang sebelum melewati gariis stop simpang. Rumus angka henti dapat dilihat pada persamaan 3.7 berikut ini.

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (3.7)$$

Keterangan :

NS : Angka henti

NQ : Jumlah antrian

Q : Arus lalu lintas (smp/jam)

c : Waktu siklus (detik)

3.1.7 Tundaan

Tundaan, terdapat dua tundaan pada suatu simpang yaitu Tundaan geometri (DG) dan Tundaan lalu lintas (DT). Sehingga tundaan dapat dihitung dengan persamaan 3.8, 3.9, dan 3.10 berikut.

$$D = DT + DG \quad (3.8)$$

Keterangan :

$$DT = c \times 0,5 \times (1 - GR)^2 (1 - GR \times DS) + NQ1 + 3600C \quad (3.9)$$

$$DG = (1 - Psv) \times Pt \times 6 + (Psv \times 4) \quad (3.10)$$

Keterangan :

DT = Tundaan lalu lintas (det/smp)

DG = Tundaan geometri (det/smp)

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

GR = Rasio hijau (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

NQ1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas (smp/jam)

Pt = Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

Psv = Rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

3.2 Tingkat Pelayanan Simpang

Tingkat pelayanan adalah kemampuan ruas jalan dan/atau persimpangan untuk menampung lalu lintas pada keadaan tertentu. Tingkat pelayanan umumnya digunakan sebagai ukuran dari pengaruh yang membatasi akibat peningkatan volume setiap ruas jalan yang dapat digolongkan pada tingkat tertentu yaitu antara A sampai F. Apabila volume meningkat maka tingkat pelayanan menurun, suatu akibat dari arus lalu lintas yang lebih buruk dalam kaitannya dengan karakteristik pelayanan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas bahwa tingkat pelayanan pada persimpangan mempertimbangkan faktor tundaan dan kapasitas persimpangan. Tingkat pelayanan atau *Level Of*

Service (LOS) berdasarkan tundaan rata-rata simpang dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 Tingkat Pelayanan pada Simpang Bersinyal

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

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 96 Tahun 2015

3.3 Simulasi Lalu Lintas dengan *VISSIM*

Simulasi adalah penggambaran suatu sistem atau proses dengan peragaan berupa model statistik atau pemeranan. Simulasi merupakan proses peniruan dari sesuatu yang nyata beserta dengan keadaan di sekelilingnya. *VISSIM* adalah perangkat lunak multi-moda lalu lintas aliran mikroskopis simulasi yang dapat menganalisis operasi kendaraan pribadi dan angkutan umum dengan permasalahan seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas dan lain-lain, sehingga *VISSIM* menjadi perangkat yang berguna untuk evaluasi berbagai langkah alternatif berdasarkan langkah-langkah rekayasa transportasi dan perencanaan efektivitas PTV-AG (2011). Dalam proses penggunaan *VISSIM* untuk melakukan simulasi lalu lintas, dibutuhkan beberapa data masukan (input) yang akan digunakan kemudian diolah menjadi suatu model simulasi dan akan dianalisis melalui program *VISSIM*.

3.3.1 Input data dasar kendaraan

Kondisi lalu lintas dalam hal ini kendaraan yang melintas pada simpang merupakan variabel yang harus disediakan dalam simulasi lalu lintas menggunakan

software VISSIM. Data-data kendaraan yang harus diinput kedalam software VISSIM antara lain.

1. *Vehicle Composition*

Komposisi kendaraan pada jalan perkotaan dibagi menjadi 4 jenis sebagai berikut.

a. Sepeda Motor (*Motor Cycle = MC*)

Yaitu kendaraan bermotor dengan dua roda dan kendaraan tiga roda.

b. Kendaraan ringan (*Light Vehicles = LV*)

Meliputi kendaraan bermotor 2 as beroda empat dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (termasuk mobil penumpang, kopata, mikro bus, pick-up, dan truck kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

c. Kendaraan berat (*Heavy Vehicles = HV*)

Meliputi kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,5 m biasanya beroda lebih dari empat (bus, truk dua as truk kombinasi sesuai klasifikasi Bina Marga).

d. Kendaraan tak bermotor / *un motorized* (UM) yaitu klasifikasinya kendaraan yang menggunakan tenaga manusia atau hewan termasuk becak, sepeda.

2. *Driving Behaviour*

Lingkungan jalan, kendaraan, dan pengguna jalan merupakan bagian dari sistem transportasi jalan yang mempengaruhi kondisi lalu lintas. Faktor manusia adalah yang paling kompleks dan dinamis. Perilaku berkendara pengemudi akan mempengaruhi kondisi lalu lintas yang dilaluinya.

3. *Signal Control*

Sinyal pada lalu lintas merupakan hal yang penting pada persimpangan. sinyal yang diinput kedalam software adalah merah, kuning, dan hijau serta waktu merah seluruhnya.

3.3.2 **Pemodelan Simpang**

Pemodelan persimpangan yang dibuat akan didasarkan pada kondisi eksisting dengan menginput data tipe jalan, lebar jalur, arah arus, dan lingkungan sekitar.

3.3.3 Traffic Network

Elemen dasar dari jaringan lalu lintas dalam VISSIM adalah sebuah penghubung atau *links* yang merepresentasikan satu atau lebih segmen jalur dengan arah arus yang spesifik. Sebuah jaringan bisa dibuat dengan menghubungkan antar *links* dengan *connectors*. Hanya *links* yang dihubungkan dengan *connectors* yang diperbolehkan untuk melanjutkan lalu lintas. Elemen – elemen *Traffic Network* antara lain sebagai berikut.

1. *Links*.
2. *Connectors*.
3. *Background and Scalling*.

3.3.4 Evaluation

Evaluation adalah suatu proses mengevaluasi simulasi sehingga didapat hasil yang diinginkan dari simulasi yang telah dibuat. Proses *Evaluation* akan memeriksa simulasi yang dibuat supaya tidak terdapat error ketika proses *Evaluation* dieksekusi. Parameter yang akan dipilih pada proses *Evaluation* antara lain.

1. *Queue Counter* adalah penetapan titik dimana saat kendaraan berhenti, panjang antrian mulai dihitung.
2. *Delay* adalah perhitungan tundaan yang dialami kendaraan sesuai rute yang ditentukan.
3. *Level of Services* adalah tingkat pelayanan jalan maupun simpang eksisting.

3.3.5 Kalibrasi dan Validasi Data

Kalibrasi adalah proses penyesuaian kembali komponen model simulasi, agar komponen model simulasi dapat mewakili secara akurat atau hampir mendekati dengan kenyatannya di lokasi. Validasi adalah perbandingan parameter yang didapatkan dari lapangan dengan hasil simulasi dengan menggunakan *Software VISSIM*. Proses kalibrasi yang dilakukan pada *Software VISSIM* dilakukan dengan membuat perubahan pada menu *Driving Behavior* dengan metode *trial and error* sehingga dicapai perilaku pengemudi yang sesuai dengan karakteristik pengemudi di sekitar Simpang Seturan UPN. Proses perubahan pada *Driving Behavior*

dilakukan secara bertahap dari *trial* pertama dibandingkan dengan *trial* selanjutnya hingga volume lalu lintas dan kecepatan yang dihasilkan dari simulasi sesuai dengan survei lapangan atau mendekati. Dalam melakukan validasi menggunakan jumlah volume arus lalu lintas menurut Gustavsson (2007), metode terbaik untuk membandingkan data input dan output simulasi adalah dengan menggunakan rumus statistik Geoffrey E. Havers (GEH). GEH merupakan rumus statistik modifikasi dari Chi-squared dengan menggabungkan perbedaan antara nilai relatif dan mutlak. Rumus uji statistik GEH dapat dilihat pada persamaan 3.11 berikut.

$$\sqrt{\frac{(q_{\text{simulated}} - q_{\text{observed}})^2}{0,5 \times (q_{\text{simulated}} + q_{\text{observed}})}} \quad (3.11)$$

Keterangan :

q = data volume arus lalu lintas (kendaraan/jam)

3.4 Manajemen Rekayasa Lalu Lintas

Manajemen Rekayasa Lalu Lintas (MRL) adalah serangkaian usaha dan kegiatan yang meliputi perencanaan, pengadaan, pemasangan, dan pemeliharaan fasilitas perlengkapan jalan dalam rangka mewujudkan, mendukung, dan memelihara keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas (Undang - Undang No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan). Manajemen lalu lintas dapat dikelompokkan menjadi 4 bagian, Malkhamah (1995) yaitu sebagai berikut.

1. Manajemen lalu lintas dengan melakukan perubahan sistem jalan secara fisik, seperti : perubahan pada *lay out* pertemuan jalan, pengaturan kecepatan lalu lintas dengan pengkasaran permukaan jalan, pemasangan lampu lalu lintas, dan sebagainya.
2. Manajemen lalu lintas dengan melakukan perubahan sistem jalan secara non fisik, seperti : pengaturan dengan lampu lalu lintas, penerapan sistem jalan satu arah, pengaturan waktu dan tempat untuk parkir, dan sebagainya.

3. Penyediaan informasi bagi pemakai jalan, seperti informasi mengenai arah, marka pembagian badan jalan, pemberian nama jalan, informasi trayek angkutan umum, dan sebagainya.
4. Penetapan tarif untuk pemakai prasarana lalu lintas, misalnya pemberlakuan tarif parkir sesuai waktunya (jam sibuk atau di luar jam sibuk), tarif angkutan umum, *road pricing*, dan sebagainya.

Manajemen lalu lintas dengan pengaturan dengan pengoptimalan waktu fase lalu lintas juga harus disesuaikan dengan syarat dan aturan yang sudah ditetapkan. Berikut adalah waktu siklus yang layak menurut MKJI 1997.

Tabel 3. 3 Waktu Siklus Layak

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

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997

Sedangkan menurut , *Traffic Signal Timing Manual* yang dikeluarkan oleh U.S. Department of Transportation waktu hijau pada setiap fase dibatasi berdasarkan jenis jalan dan kecepatan pada jalan tersebut.

Tabel 3. 4 Maksimum Durasi Waktu Hijau

<i>Phase</i>	<i>Facility Type</i>	<i>Maximum Green, s</i>
	<i>Major Arterial (speed limit exceeds 40 mph)</i>	<i>50 to 70</i>
	<i>Major Arterial (speed limit is 40 mph or less)</i>	<i>40 to 60</i>
	<i>Minor Arterial</i>	<i>30 to 50</i>
	<i>Collector, Local, Driveaway</i>	<i>20 to 40</i>
<i>Left Turn</i>	<i>Any</i>	<i>15 to 30</i>

Sumber : *Traffic Signal Timing Manual, U.S Department of Transportation, 2008*

Manajemen lalu lintas dengan penerapan sistem jalan satu arah merupakan salah satu cara untuk mengatasi kepadatan pada suatu jaringan jalan. Sistem jalan

satu arah adalah suatu pola lalu lintas yang dilakukan dengan merubah jalan dua arah menjadi jalan satu arah yang berfungsi untuk meningkatkan keselamatan dan kapasitas jalan dan persimpangan sehingga meningkatkan kelancaran lalu lintas yang biasanya diterapkan di wilayah perkotaan. Adapun karakteristik jalan satu arah adalah sebagai berikut.

1. Lebar jalur lalu lintas 5 – 10,5 m.
2. Lebar bahu efektif paling sedikit 2 m pada setiap sisi.
3. Tidak ada median.
4. Hambatan samping rendah.
5. Tipe alinyemen datar.



BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Pada Tugas Akhir ini, penelitian yang dilakukan bersifat studi kasus. Hal ini dikarenakan dalam melaksanakan penelitian, peneliti menyelidiki secara cermat suatu peristiwa, aktivitas, proses mengenai suatu proyek tertentu.

4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada simpang bersinyal seturan UPN, Kecamatan Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Berikut adalah denah lokasi penelitian.



Gambar 4. 1 Peta Lokasi Penelitian

(Sumber : Google Earth, 2018)

4.3 Data Penelitian

Data yang digunakan pada Tugas Akhir ini dibagi menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah sumber data penelitian yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya yang berupa wawancara, jajak pendapat dari individu atau kelompok (orang) maupun hasil observasi dari suatu obyek, kejadian atau hasil pengujian (benda). Data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang

berupa buku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan secara umum. Data penelitian pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4. 1 Data Penelitian

Data Primer	Data Sekunder
a. Sinyal lalu lintas b. <i>Driving behavior</i> c. Kecepatan kendaraan yang melintas d. Data Geometri (lebar ruas jalan, jumlah lajur, tipe lajur, dll)	a. Volume kendaraan pada jam sibuk b. Jenis Kendaraan (<i>MC, HV, LV</i>) c. Peta Lokasi, Simpang Seturan UPN, Kabupaten Sleman, Yogyakarta

4.4 Metode Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam menganalisa kondisi lalu lintas pada simpang bersinyal seturan UPN Yogyakarta, dibutuhkan survei lapangan sehingga akan diperoleh data-data yang akurat dengan kondisi persimpangan. Dari kedua data di atas, data sekunder didapatkan dari data survei yang dilakukan oleh Pusat Studi Transportasi dan Logistik Universitas Gadjah Mada (PUSTRAL UGM). Sedangkan pengumpulan data primer dilakukan dengan dengan cara survei lapangan.

4.4.1 Peralatan Yang Digunakan

Pada Tugas Akhir ini menggunakan beberapa alat untuk menunjang pengumpulan data dengan survei lapangan, alat yang digunakan yaitu sebagai berikut.

1. Formulir survei
2. Alat tulis
3. Alat ukur dimensi atau *Lasermeter*
4. *Speed Gun*
5. Peralatan penunjang lainnya

4.4.2 Waktu Pelaksanaan Survei

Survei dilakukan selama satu hari kerja (*weekday*) dan satu hari libur (*weekend*) dengan beberapa rentang jam sebagai berikut.

Pagi, pukul : 06.00 – 09.00

Siang, pukul : 11.00 – 14.00

Sore, pukul : 16.00 – 19.00

Penetapan waktu pelaksanaan survei berdasarkan kebutuhan data dengan mempertimbangkan beberapa rentang waktu yang dapat mewakili kondisi padat maupun kondisi lenggang.

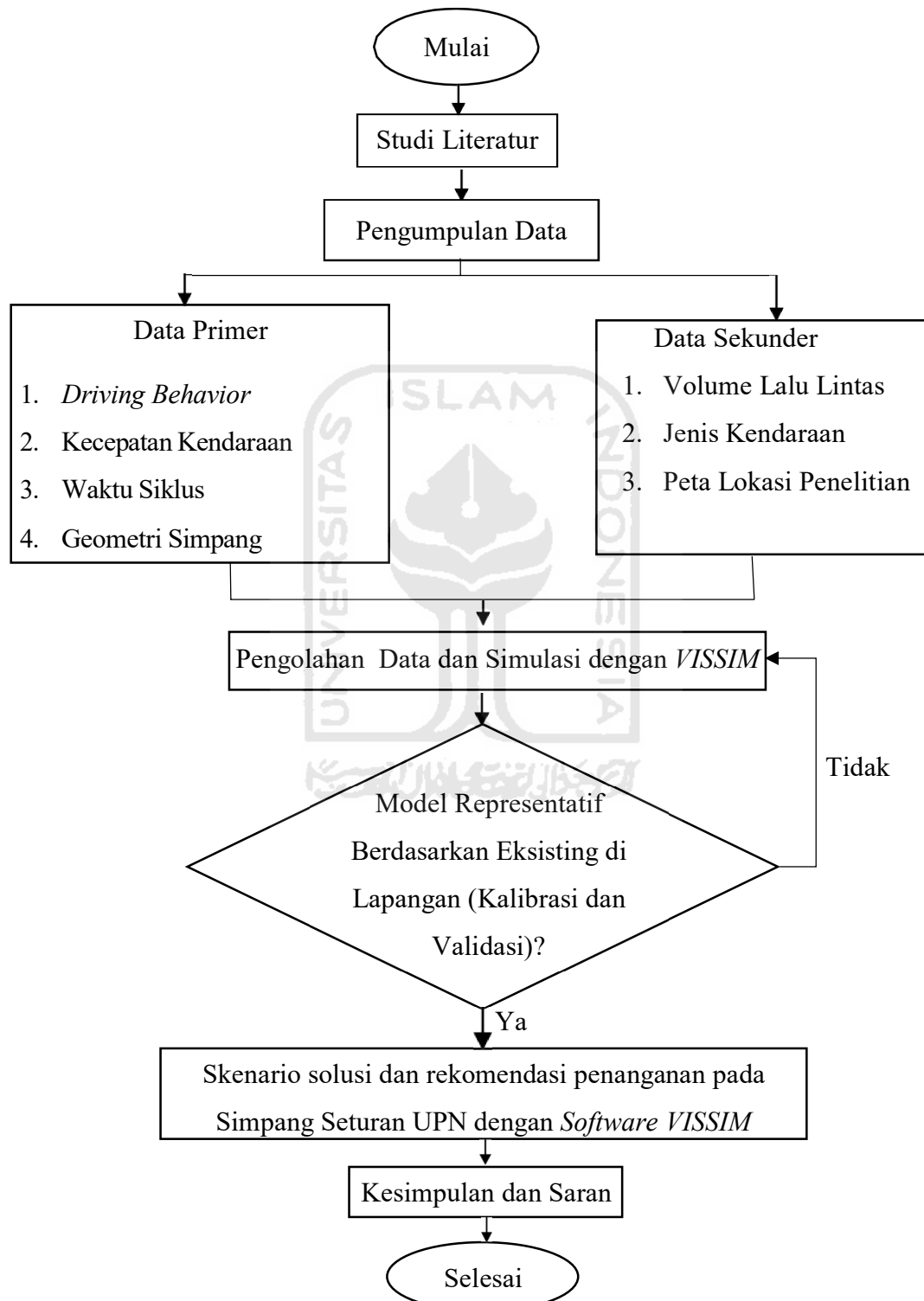
4.5 Metode Analisis Data

Data volume lalu lintas yang diperoleh diolah dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) untuk mengetahui jam puncak. Hasil tersebut kemudian akan dikumpulkan bersama data kecepatan, geometrik simpang, *driving behavior*, dan lainnya untuk dilakukan simulasi lalu lintas kondisi eksisting pada *software VISSIM*. Hasil yang diinginkan berupa data panjang antrian, tundaan, dan tingkat pelayanan pada jalan maupun simpang.

Jika hasil analisis kapasitas simpang menunjukkan kondisi jenuh, dilakukan alternatif penanganan dengan manajemen lalu lintas berupa penerapan sistem jalan satu arah, optimalisasi sinyal lalu lintas, dan penambahan rambu serta marka jalan. Kemudian dilakukan simulasi kedua dengan *Software Vissim* untuk mendapatkan hasil yang sama. Kemudian dapat diketahui perbandingan kinerja simpang antara kondisi eksisting dan alternatif penanganan yang akan digunakan.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4. 2 Diagram Alir (flowchart) Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Hasil Penelitian

Data pada penelitian ini adalah berupa data primer dan data sekunder. Data primer yaitu data yang diperoleh melalui pengamatan langsung dilapangan yaitu data waktu sinyal, data kecepatan, data jenis kendaraan dan data *driving behavior*. Data sekunder diperoleh dari PUSTRAL UGM yaitu berupa data volume lalu lintas dan geometri simpang pada bulan September 2018. Sedangkan data sekunder yang diperoleh dari *Google Earth* berupa data peta lokasi penelitian.

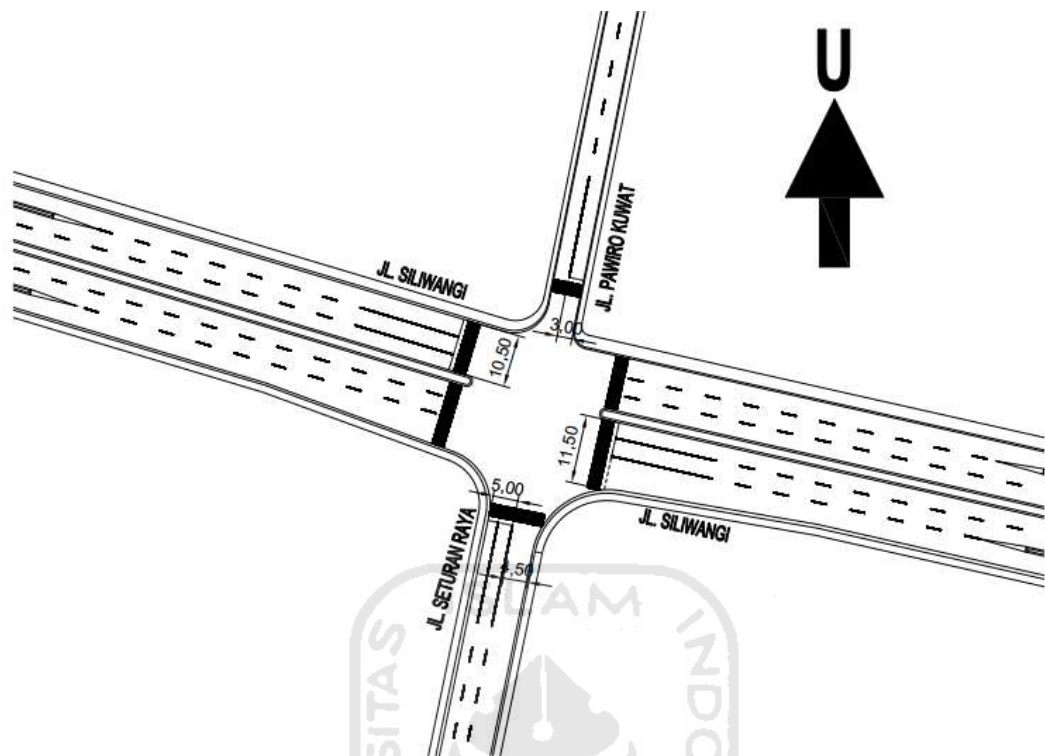
5.1.1 Geometrik Simpang

Data geometri simpang berupa data dimensi yang ada pada simpang yang diamati seperti tiper lajur tiap ruas, lebar pendekat per lajur, dan lebar median jalan tiap ruas. Data ini merupakan hasil pengukuran dan pengamatan langsung dilapangan. Data geometri simpang UPN dan lebar pendekat masing-masing ruas jalan disajikan pada tabel 5.1 Berikut.

Tabel 5. 1 Data Geometri Simpang Seturan UPN

Ruas jalan	Tipe lajur	Lebar lajur pendekat masuk (m)	Lebar lajur pendekat keluar (m)	Lebar Median (m)
Jl. Pawiro Kuwat (U)	2/2 UD	3	3	-
Jl. Seturan Raya (S)	2/2 UD	4,5	2+3	-
Jl. Siliwangi (T)	6/2 D	4+3,5+3	4,5+3,5+3,5	1,4
Jl. Siliwangi (B)	6/2 D	3,5+3,5+4,9	4+3,5+3	1,4

Untuk dapat dilihat lebih jelasnya disajikan secara visual pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5. 1 Geometri Simpang Seturan UPN

5.1.2 Volume Lalu Lintas

Pengambilan data volume lalu lintas dilakukan selama dua hari yaitu pada hari Kamis (20 September 2018) dan hari Sabtu (22 September 2018). Volume lalu lintas setiap ruas jalan dihitung pada jam sibuk. Dari hasil perhitungan volume pada dua hari tersebut kemudian dibandingkan dan diambil nilai maksimum untuk dilakukan analisis. Berikut adalah data volume lalu lintas pada dua hari yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5. 2 Data Volume Lalu Lintas

Periode Waktu	Volume Lalu Lintas (smp/jam)	
	Kamis 20 September 2018	Sabtu 22 September 2018
PAGI		
06.00 - 07.00	3238	2600

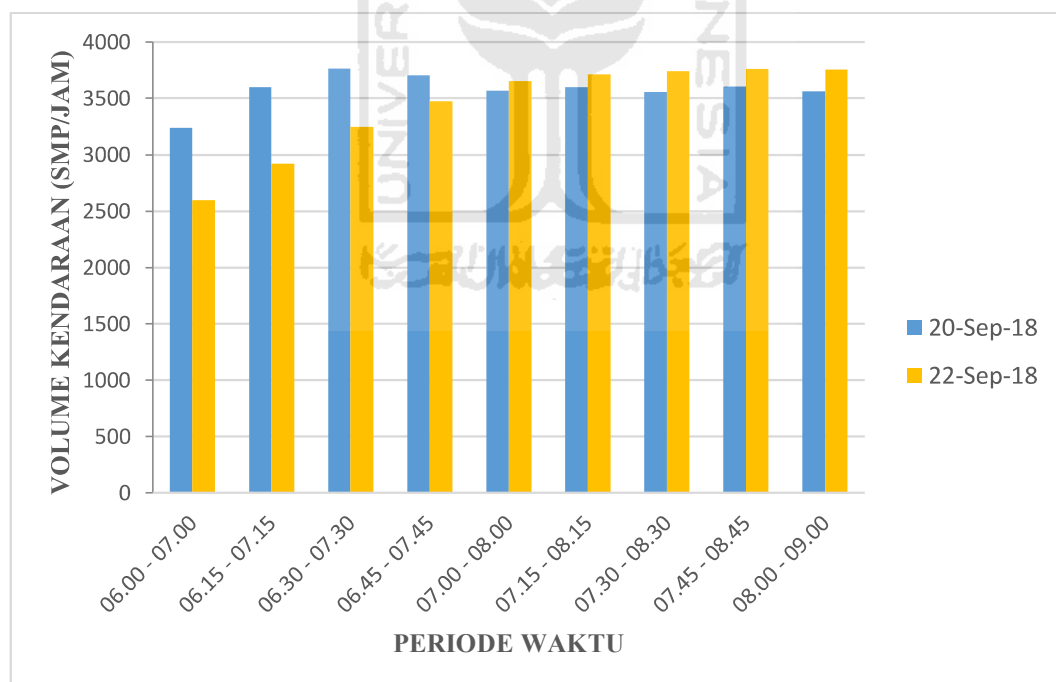
Lanjutan Tabel 5. 2 Data Volume Lalu Lintas

Periode Waktu	Volume Lalu Lintas (smp/jam)	
	Kamis 20 September 2018	Sabtu 22 September 2018
PAGI		
06.15 - 07.15	3600	2925
06.30 - 07.30	3768	3247
06.45 - 07.45	3707	3476
07.00 - 08.00	3567	3653
07.15 - 08.15	3599	3716
07.30 - 08.30	3559	3742
07.45 - 08.45	3605	3762
08.00 - 09.00	3566	3757
SIANG		
11.00 - 12.00	3167	3414
11.15 - 12.15	3190	3504
11.30 - 12.30	3335	3589
11.45 - 12.45	3446	3681
12.00 - 13.00	3669	3808
12.15 - 13.15	3779	3859
12.30 - 13.30	3785	3867
12.45 - 13.45	3804	3906
13.00 - 14.00	3782	3938
SORE		
16.00 - 17.00	3691	3709
16.15 - 17.15	3723	3656
16.30 - 17.30	3841	3696
16.45 - 17.45	3897	3733
17.00 - 18.00	4014	3847
17.15 - 18.15	3964	3889

Lanjutan Tabel 5. 2 Data Volume Lalu Lintas

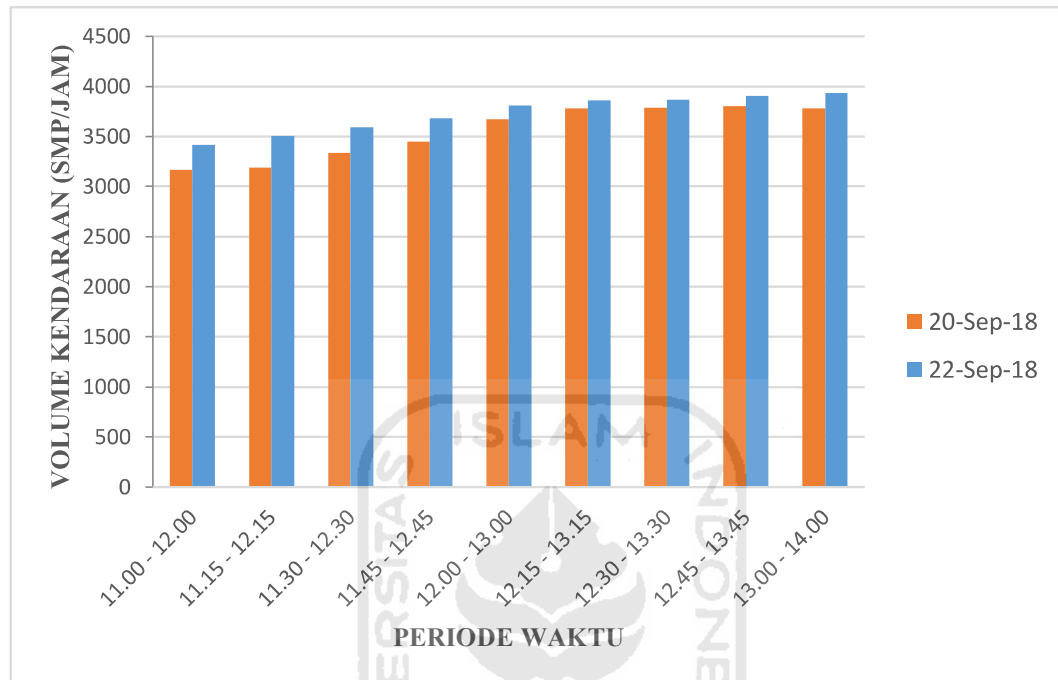
Periode Waktu	Volume Lalu Lintas (smp/jam)	
	Kamis 20 September 2018	Sabtu 22 September 2018
SORE		
17.30 - 18.30	3853	3893
17.45 - 18.45	3818	3940
18.00 - 19.00	3744	3924

Untuk lebih jelas dalam memvisualisasikan data volume lalu lintas diatas, berikut disajikan grafik volume lalu lintas pada periode pagi, siang, dan sore hari. Gambar grafik volume lalu lintas pada periode pagi hari dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.

**Gambar 5. 2 Data Volume Lalu Lintas Periode Pagi**

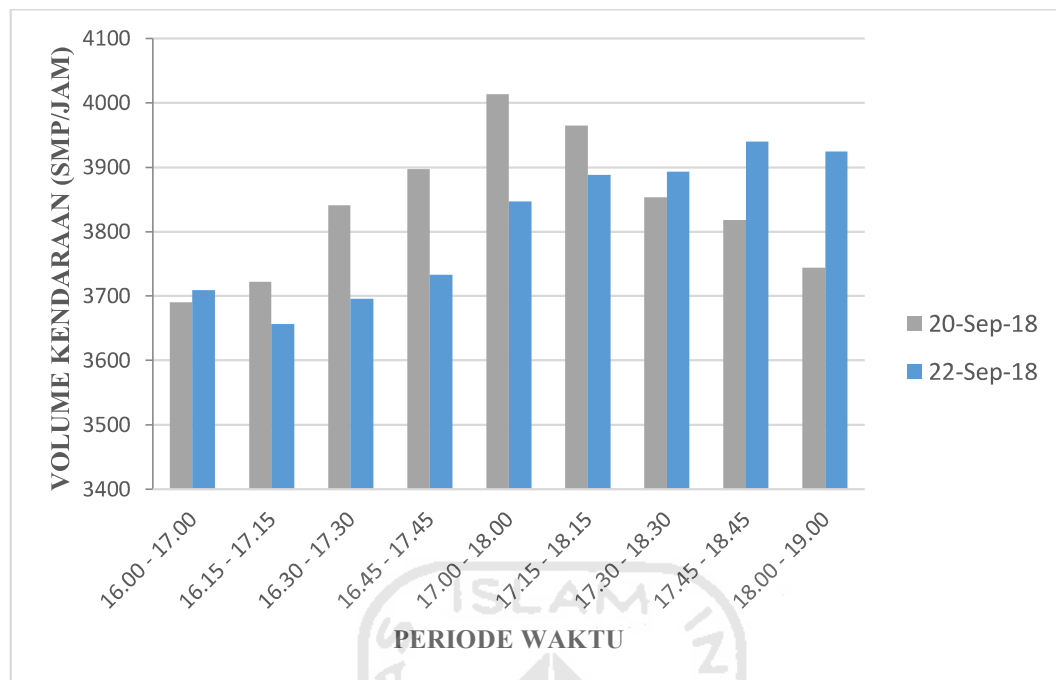
Dari Grafik 5.2 diatas diperoleh jam puncak pada periode pagi hari yaitu pada hari Kamis, 20 September 2018 pada pukul 06.30-07.30 WIB sebesar 3768

smp/jam. Gambar grafik volume lalu lintas pada periode siang hari dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Data Volume Lalu Lintas Siang

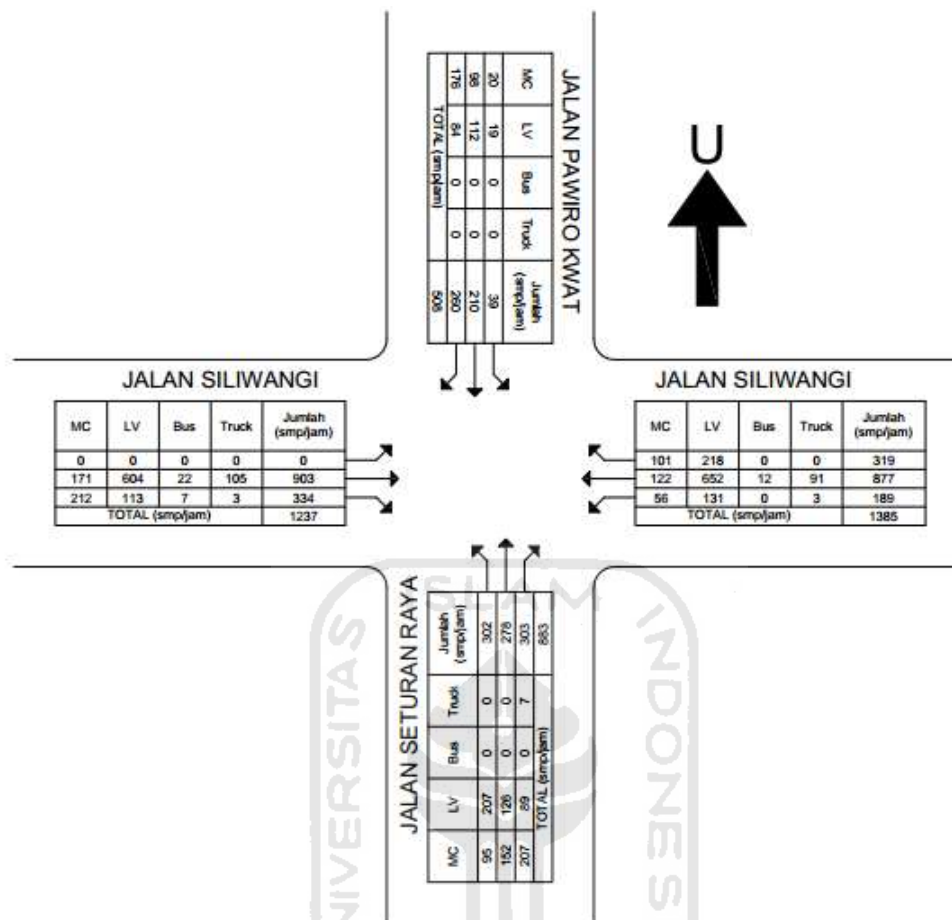
Dari Grafik 5.3 diatas diperoleh jam puncak pada periode siang hari yaitu pada hari Sabtu, 22 September 2018 pada pukul 13.00-14.00 WIB sebesar 3938 smp/jam. Gambar grafik volume lalu lintas pada periode siang hari dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5. 4 Data Volume Lalu Lintas Sore

Dari Grafik 5.4 diatas diperoleh jam puncak pada periode siang hari yaitu pada hari Kamis, 20 September 2018 pada pukul 17.00-18.00 WIB sebesar 4014 smp/jam. Dari ketiga periode diatas maka diperoleh periode jam puncak keseluruhan terjadi pada periode waktu sore hari yaitu dengan volume total 4014 smp/jam.

Berikut adalah distribusi pergerakan arus kendararaan pada jam puncak pada setiap lengan simpang yang divisualisasikan melalui Gambar 5.5 berikut.



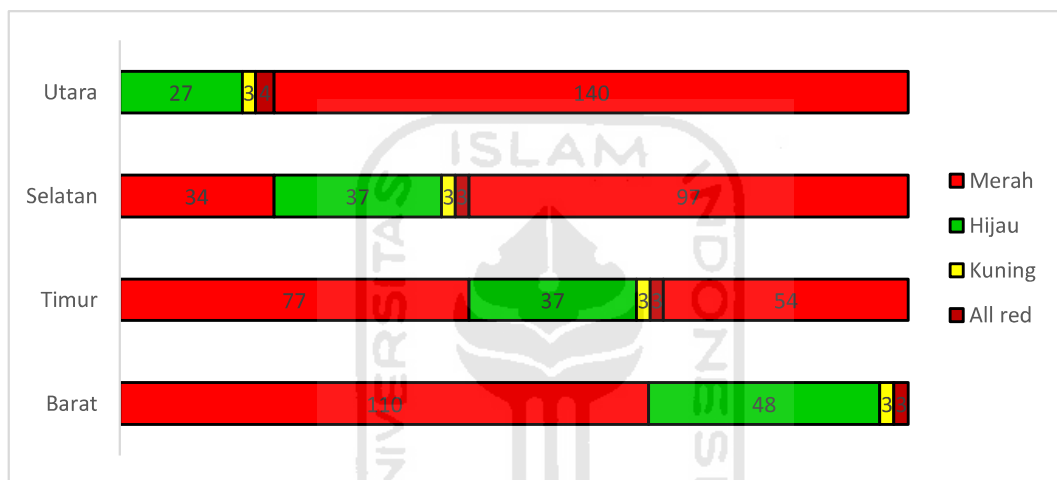
Gambar 5. 5 Distribusi Arus Pada Jam Sibuk

5.1.3 Sinyal Lalu Lintas

Data sinyal lalu lintas diambil untuk mengetahui waktu siklus sinyal pada setiap lengan dan fase simpang. Data ini diperoleh melalui pengamatan langsung dilapangan dan dilakukan pada jam puncak volume kendaraan. Data sinyal lalu lintas pada simpang Seturan UPN dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut.

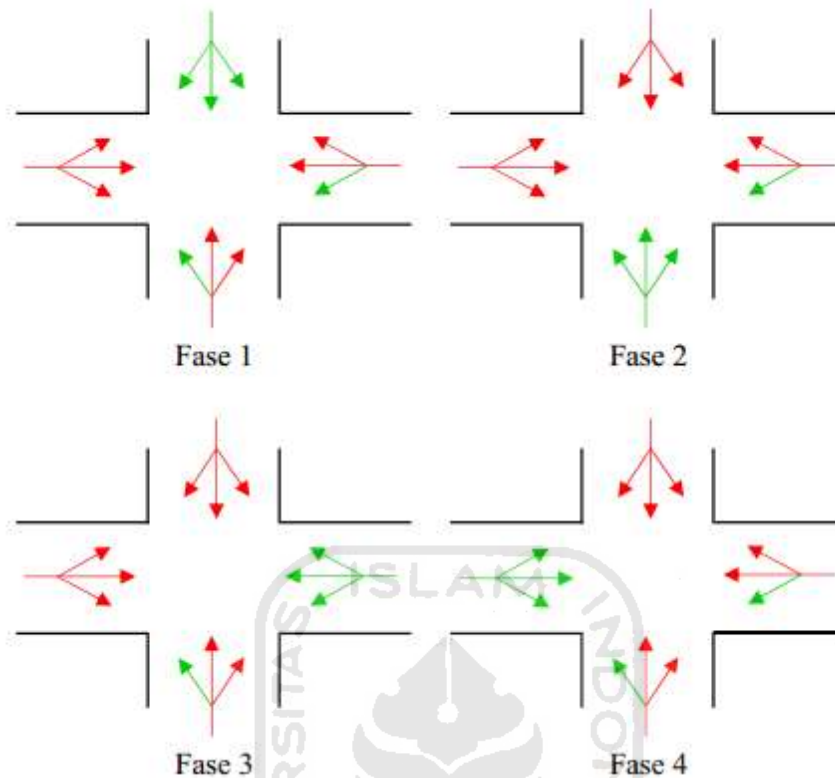
Tabel 5. 3 Pewaktuan Sinyal Lalu Lintas Simpang Seturan UPN Kondisi Eksisting

Lengan	Waktu (detik)				Siklus
	Merah	Hijau	Kuning	All Red	
Utara	140	27	3	4	
Timur	131	37	3	3	
Selatan	131	37	3	3	
Barat	120	48	3	3	



Gambar 5. 6 Grafik Diagram Waktu Siklus Sinyal Simpang Seturan UPN Kondisi Eksisting

Fase sinyal kondisi existing pada Simpang Seturan UPN dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5. 7 Fase Sinyal Simpang Seturan UPN Kondisi Eksisting

5.1.4 Kecepatan Kendaraan

Data kecepatan kendaraan merupakan data primer yang diperoleh langsung di lapangan. Data kecepatan akan diinput di dalam pemodelan VISSIM guna mendapatkan kondisi yang sesuai dengan existing di lapangan. Berikut adalah data kecepatan kendaraan yang telah dirangkum dalam Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5. 4 Data Kecepatan Kendaraan

No	MC		LV		HV (Bus & Truck)	
	detik/20m	km/jam	detik/20m	km/jam	detik/20m	km/jam
1	1,70	42,35	1,25	57,60	2,40	30,00
2	1,80	40,00	1,87	38,50	3,25	22,15
3	1,58	45,57	1,67	43,11	4,10	17,56
4	1,70	42,35	1,98	36,36	4,60	15,65

Lanjutan Tabel 5. 4 Data Kecepatan Kendaraan

No	MC		LV		HV (Bus & Truck)	
	detik/20m	km/jam	detik/20m	km/jam	detik/20m	km/jam
5	1,65	43,64	1,76	40,91	1,76	40,91
6	1,45	49,66	1,01	71,29	2,78	25,90
7	1,12	64,29	2,00	36,00	1,80	40,00
8	1,33	54,14	1,16	62,07	3,70	19,46
9	1,05	68,57	1,19	60,50	3,57	20,17
10	1,56	46,15	1,11	64,86	2,67	26,97

Berdasarkan Tabel 5.4 diatas diperoleh nilai kecepatan terendah ada pada bus dan truck yaitu 15,65 km/jam, sedangkan nilai kecepatan tertinggi adalah pada motor yaitu sebesar 68,57 km/jam.

5.1.5 Driving Behavior

Data *driving behavior* adalah data perilaku berkendara yang diidentifikasi dalam jarak antar kendaraan depan-belakang atau kiri-kanan dalam keadaan diam maupun bergerak. Data *driving behavior* diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan yang nantinya akan diinput kedalam VISSIM untuk mendapatkan perilaku berkendara yang sesuai dengan keadaan existing di lapangan. Data *driving behavior* dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5. 5 Data *Driving Behavior*

Jumlah Sampel Kendaraan	Depan Belakang (<i>Following</i>) Kendaraan Berhenti (m)	Berdampingan (<i>Lateral</i>) Kendaraan Berhenti (m)	Depan Belakang (<i>Following</i>) Kendaraan Berjalan (m)	Berdampingan (<i>Lateral</i>) Kendaraan Berjalan (m)
1	0,5	0,2	0,2	0,4
2	1,3	0,4	0,3	1,2

Lanjutan Tabel 5. 5 Data *Driving Behavior*

Jumlah Sampel Kendaraan	Depan Belakang (Following) Kendaraan Berhenti (m)	Berdampingan (Lateral) Kendaraan Berhenti (m)	Depan Belakang (Following) Kendaraan Berjalan (m)	Berdampingan (Lateral) Kendaraan Berjalan (m)
3	0,13	0,7	0,5	0,6
4	0,11	0,2	0,5	1,2
5	0,3	0,3	0,3	0,7
6	0,5	3	0,4	2
7	0,6	0,9	0,3	1,5
8	0,6	3,4	0,5	3
9	0,9	0,8	0,4	2,5
10	0,6	1,1	0,3	2,7
11	0,7	0,97	0,7	1,5
12	0,15	0,3	0,3	2
13	0,7	0,2	0,4	1
14	0,15	0,3	0,7	1,3
15	0,15	0,6	0,7	0,5
16	0,22	0,5	0,5	0,8
17	0,2	0,7	0,7	1,3
18	0,4	0,4	0,4	0,8
19	0,3	3	0,5	0,4
20	0,4	2,5	1	0,8
21	0,3	0,5	1,2	1,2
22	0,2	1	0,3	1,7
23	0,4	0,7	1	1,5
24	0,9	1,6	0,2	3,1
25	0,8	2,2	1	2,7
26	0,4	0,4	0,2	3,5

Lanjutan Tabel 5. 5 Data *Driving Behavior*

Jumlah Sampel Kendaraan	Depan Belakang (Following) Kendaraan Berhenti (m)	Berdampingan (Lateral) Kendaraan Berhenti (m)	Depan Belakang (Following) Kendaraan Berjalan (m)	Berdampingan (Lateral) Kendaraan Berjalan (m)
27	0,15	0,3	0,7	2,2
28	0,3	1,6	0,6	1,4
29	0,4	0,4	0,5	0,7
30	0,4	0,6	0,2	0,9

Berdasarkan Tabel 5.5 diatas diperoleh jarak rerata depan-belakang ketika kendaraan berhenti adalah 0,4 m, jarak minimum berdampingan (kiri-kanan) ketika kendaraan berhenti adalah 0,2 m, jarak rerata depan-belakang ketika kendaraan berjalan adalah 0,5 m, dan jarak minimum berdampingan (kiri-kanan) ketika kendaraan berjalan adalah 0,4 m. Hasil tersebut yang nantinya akan diinput kedalam VISSIM.

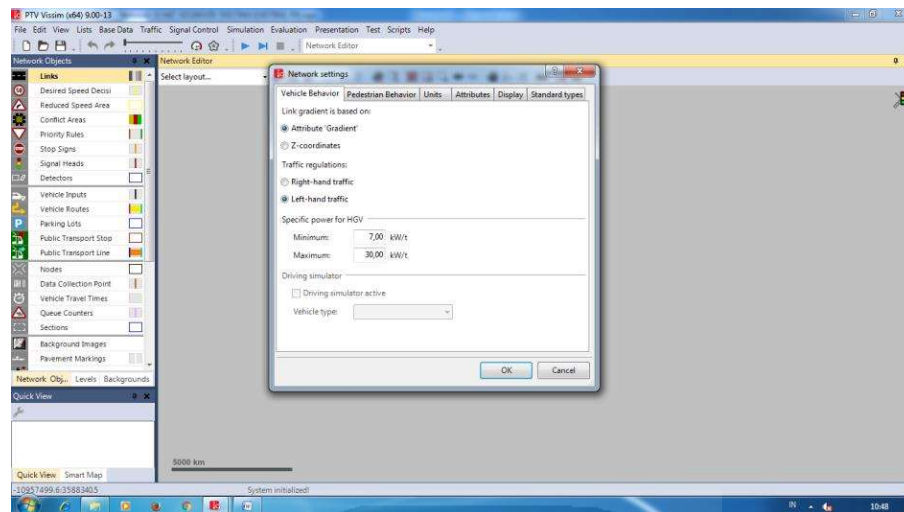
5.2 Pemodelan Simpang Seturan UPN Pada *Software VISSIM*

Pemodelan kondisi eksisting Simpang Seturan UPN dilakukan dengan menggunakan *software VISSIM*. Berikut ini adalah penjabaran penulis dalam melakukan pemodelan dengan *software VISSIM*.

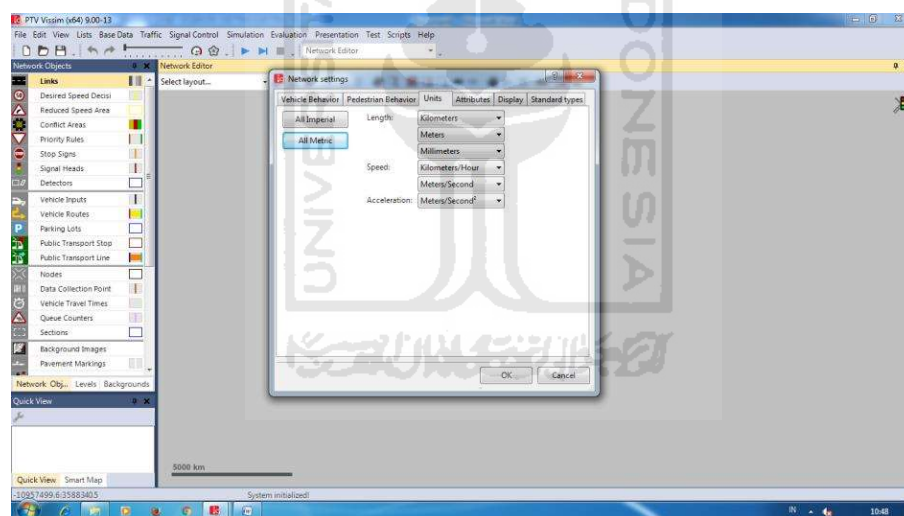
5.2.1 Pemodelan Jaringan

1. *Network Setting*

Network Setting merupakan pengaturan mendasar pada aplikasi pemodelan *VISSIM*. Dalam *Network Setting*, pengguna dapat mengatur beberapa valuabel pada aplikasi *VISSIM* agar sesuai dengan kondisi yang ada di Indonesia. Beberapa contohnya yaitu penggunaan jalur lintas yang ada di Indonesia dapat diatur menjadi jalur sebelah kiri dan penggunaan satuan dengan satuan meter. Berikut ini merupakan pengaturan setelan pada *Network Setting* dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5. 8 Tampilan Pengaturan Lajur Kendaraan

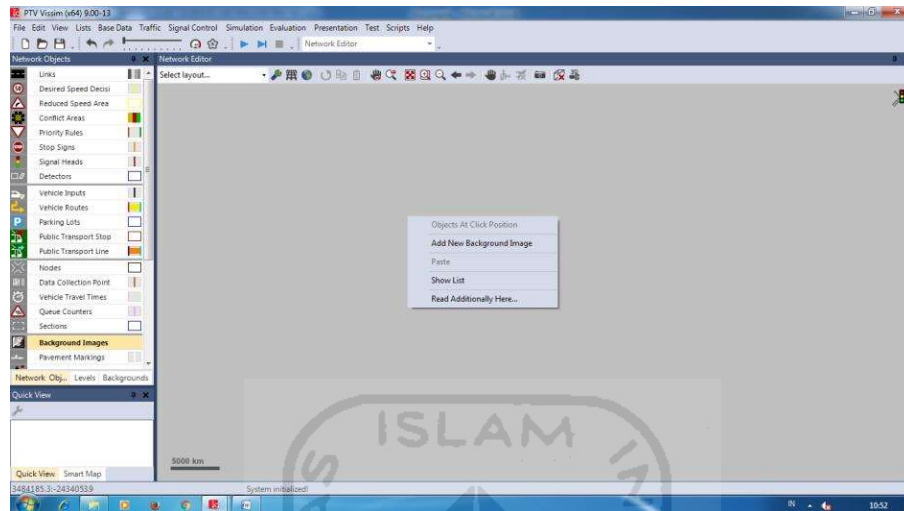


Gambar 5. 9 Tampilan Pengaturan Satuan

2. *Input Background Image*

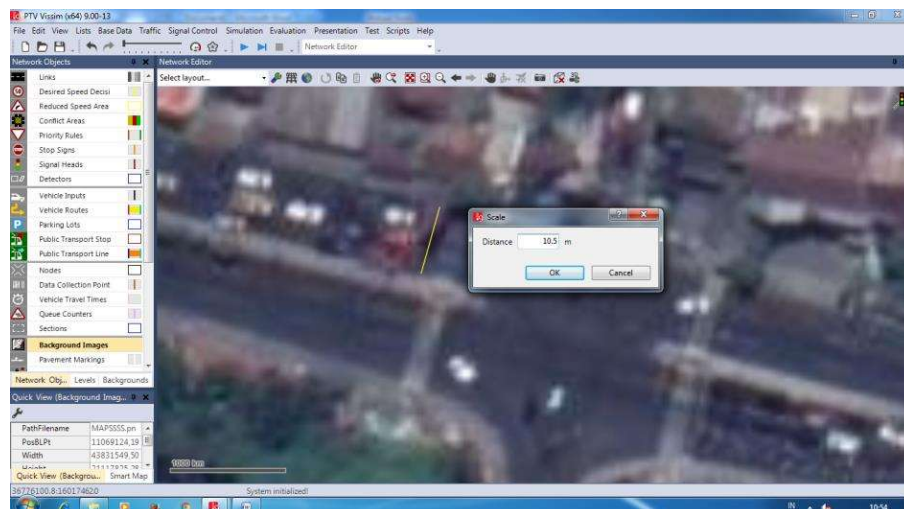
Background Image diambil dari *Google Earth* yang disesuaikan dengan lokasi penelitian. Fungsi *Input Background Image* yaitu sebagai perbandingan (skala) lebar jalan eksisting dengan peta lokasi di *Google Earth*. Untuk menginput *Background Image* dilakukan dengan cara memilih menu *Background Image* pada *Network Object*, klik kanan pada jendela lalu

pilih *Add New Background Image*. Pengaturan dalam *Input Background Image* dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5. 10 Tampilan Input *Background Image*

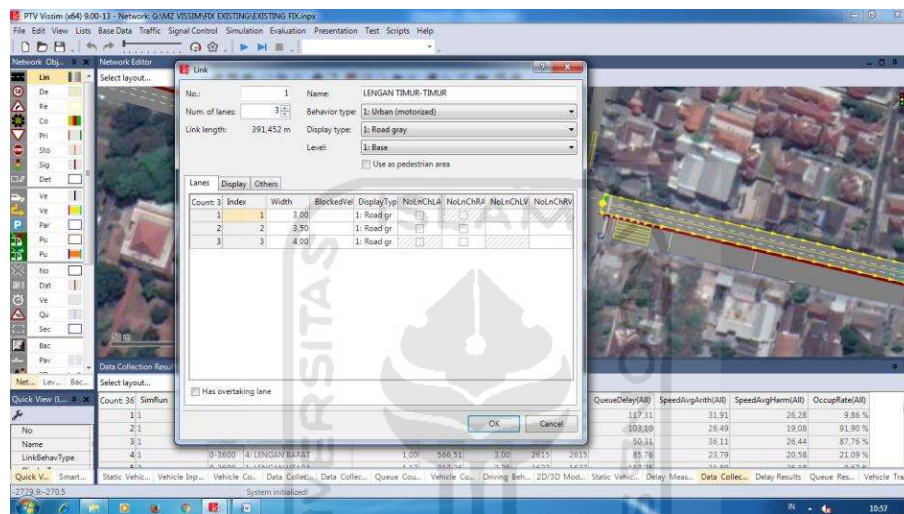
Setelah *background image* diinput kedalam software, langkah selanjutnya adalah menyesuaikan skala perbandingan antara gambar dari *Google Earth* dengan lebar jalan asli. Untuk mengatur skala dilakukan dengan klik kanan pada *mouse* lalu pilih *set scale*, selanjutnya adalah menarik garis acuan kemudian diinput panjang asli dari garis tersebut.



Gambar 5. 11 Tampilan Pada Saat Pengaturan Skala

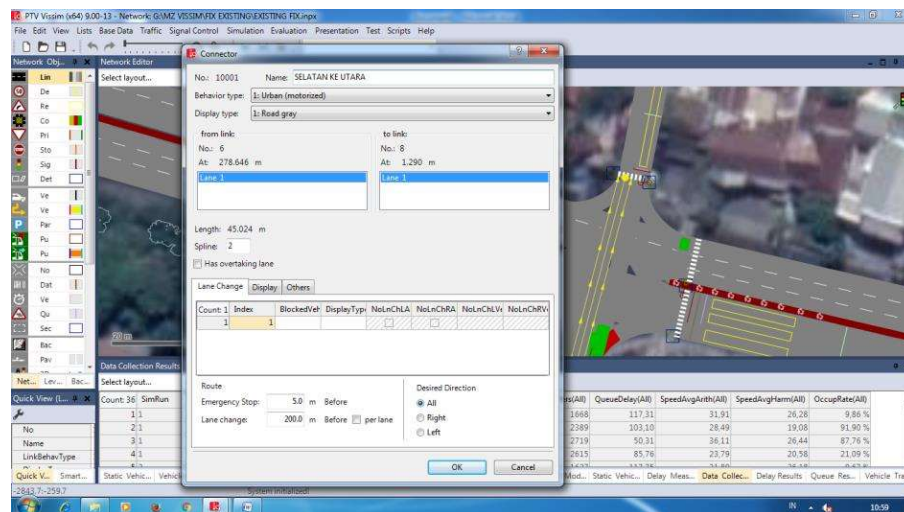
3. Pembuatan *Links* dan *Connector*

Links adalah jaringan jalan berupa jalur jalan pada ruas. Lebar *Link* disesuaikan dengan aslinya pada simpang Seturan UPN. Pembuatan *Link* dilakukan dengan cara klik *Links* kemudian tekan CTRL + klik kanan (secara bersamaan) lalu tarik sesuai panjang yang diinginkan. Pembuatan *Link* dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut.



Gambar 5. 12 Tampilan Pembuatan *Link*

Setelah pembuatan *Link* pada tiap ruas jalan sudah dilakukan, selanjutnya membuat *Connector* untuk menghubungkan tiap ruasnya. Untuk pembuatan *Connector* dilakukan dengan cara menekan CTRL + klik kanan mouse pada *Link* asal dan arahkan pada *Link* yang diinginkan. Pembuatan *Connector* dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.



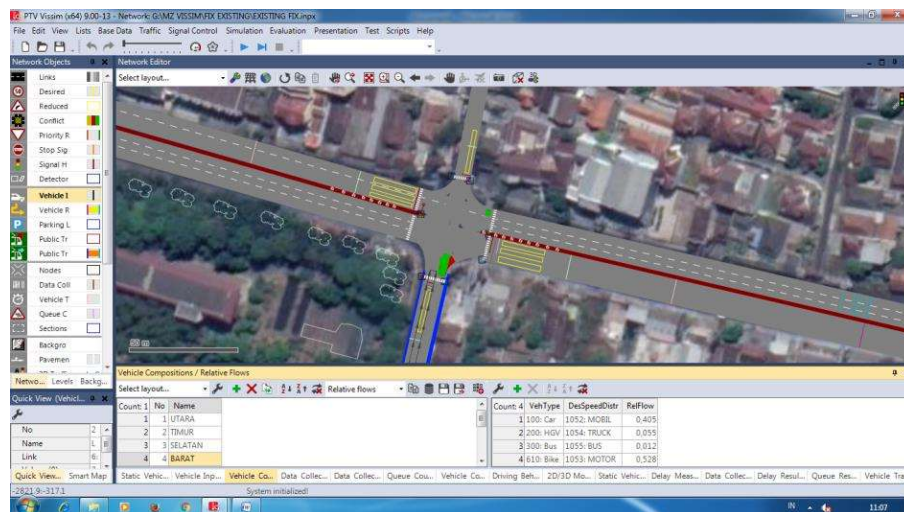
Gambar 5. 13 Tampilan Pembuatan Connector

5.2.2 Input Data Kendaraan

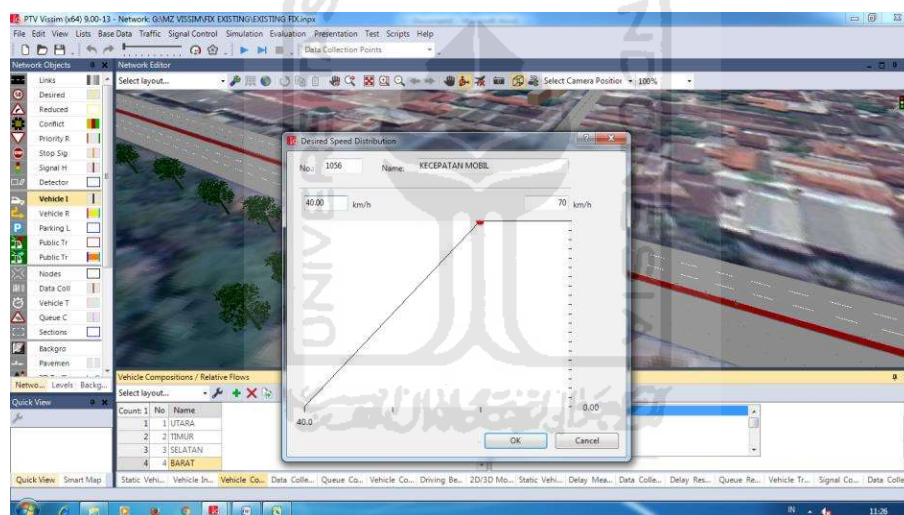
Volume lalu lintas kendaraan yang diinput kedalam software VISSIM menggunakan data volume lalu lintas kendaraan pada jam puncak. Berikut adalah proses input data kendaraan mulai dari komposisi per lengan, volume kendaraan, dan arah pergerakan kendaraan.

1. *Vehicle Composition*

Volume kendaraan yang diinput ke dalam VISSIM terbagi menjadi sepeda motor (*MC*), kendaraan ringan (*LV*), kendaraan berat (*HV*) dibagi menjadi dua yaitu *Bus* dan *Truck*. Karena setiap lengan simpang memiliki komposisi dari setiap jenis kendaraan dan kecepatan pada jam puncak yang akan disesuaikan di pengaturan *Vehicle Composition* yang dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15 berikut.



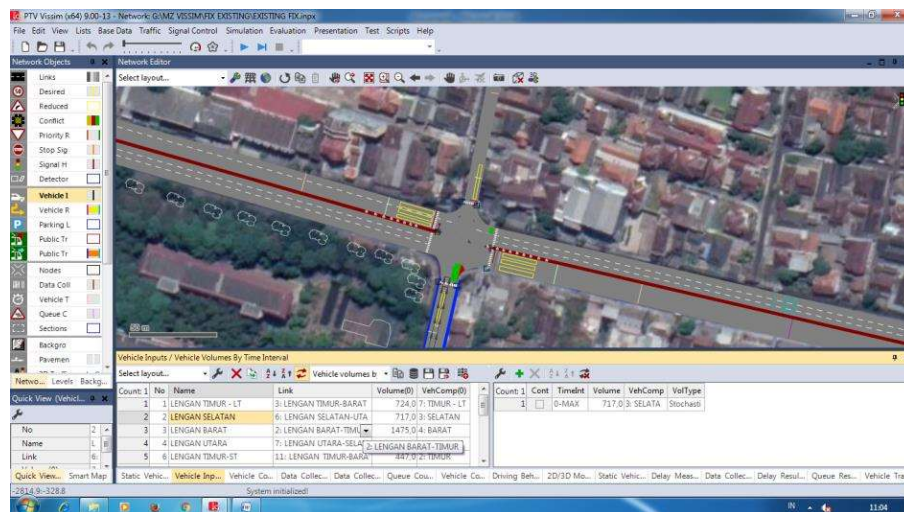
Gambar 5. 14 Tampilan Pengaturan *Vehicle Composition*



Gambar 5. 15 Tampilan Pengaturan Input Kecepatan

2. *Vehicle Input*

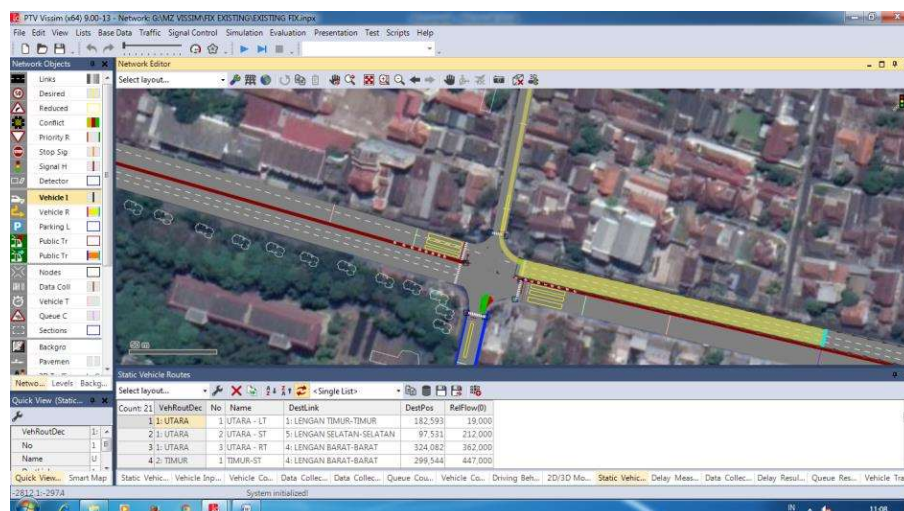
Vehicle Input merupakan data dari volume lalu lintas pada jam puncak yang didapat dari survei di lapangan. Langkah pembuatan *Vehicle Input* dilakukan dengan cara memilih *Network Object*, *Vehicle Input*, dan klik ruas yang akan diatur input volumenya. Untuk *VehComp(0)* diisi sesuai *Vehicle Composition* yang telah diatur sebelumnya. Pengaturan *Vehicle Input* dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.



Gambar 5. 16 Tampilan Pengaturan *Vehicle Input*

3. *Vehicle Route*

Setelah *Vehicle Input* dan *Vehicle Composition* selesai, maka kemudian dilakukan pembuatan rute yang berfungsi untuk membuat pergerakan kendaraan. Langkah pembuatan rute dimulai dengan pilih *Vehicle Route* pada *Network Objects*, kemudian klik bagian lajur yang telah diinput volume kendaraannya setelah itu arahkan ke lajur sesuai rute yang diinginkan. Setelah selesai, isi volume kendaraan (*RealFlow*) pada masing-masing pergerakan. Pengaturan *Vehicle Route* dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut.

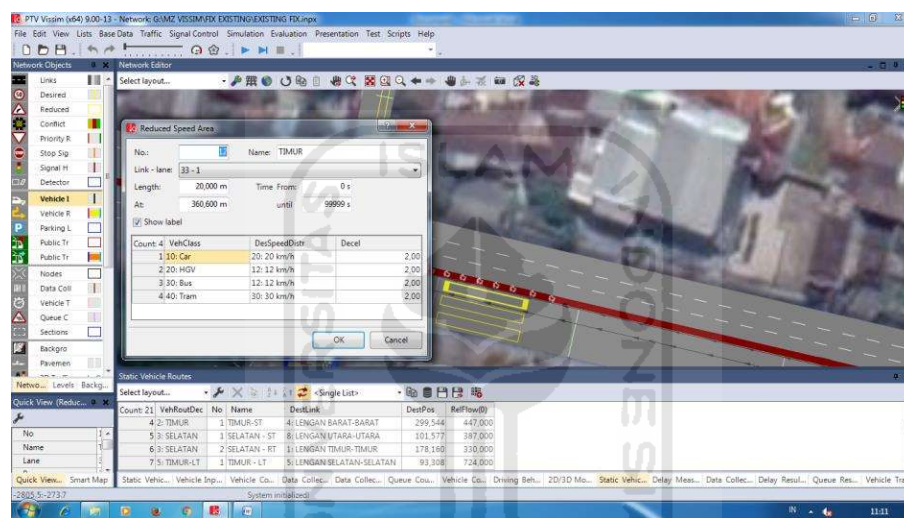


Gambar 5. 17 Tampilan Pengaturan *Vehicle Route*

5.2.3 Pengaturan Lanjutan

1. *Reduce Speed Area*

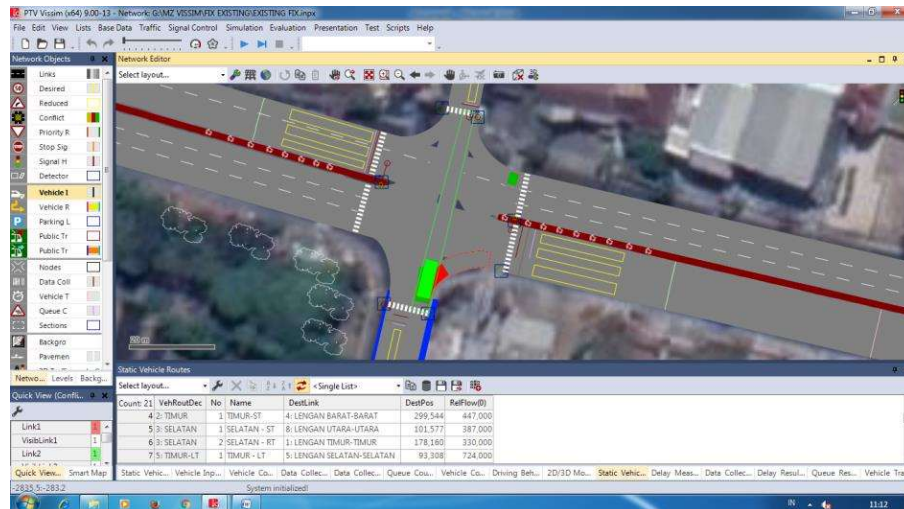
Reduce Speed Area merupakan pengaturan parameter pengurangan kecepatan pada saat kendaraan akan mendekati simpang. Langkah pembuatan *Reduce Speed Area* adalah pada *Network Object* pilih *Reduce Speed Area* kemudian pilih lajur yang akan ditambahkan *Reduce Speed Area*. Pengaturan *Reduce Speed Area* dapat dilihat pada Gambar 5.18 berikut.



Gambar 5. 18 Tampilan Pengaturan *Reduce Speed Area*

2. *Conflict Area*

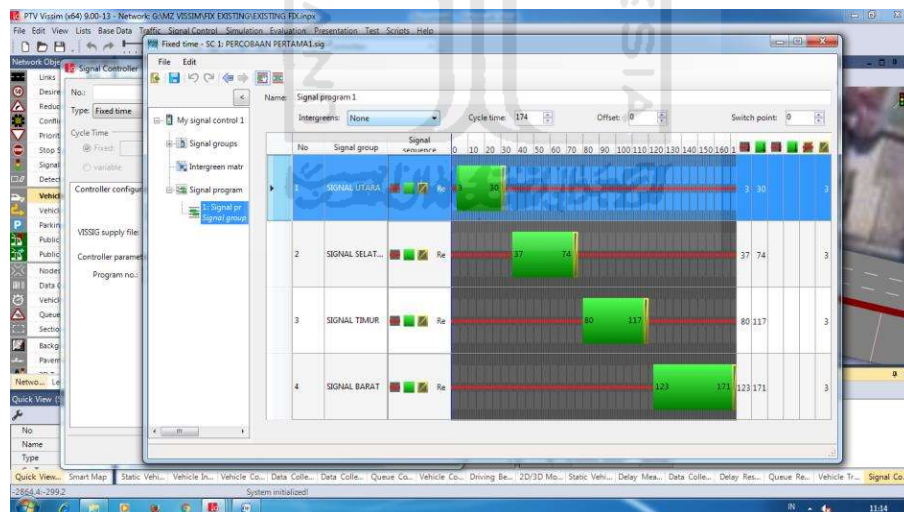
Conflik area pada Simpang UPN Veteran hanya terjadi pada lengan yang terdapat belok kiri langsung / *Left Turn On Red (LTOR)*. Langkah pengaturan *Conflict Area* dapat dilakukan melalui *Network Object*, lalu pilih *Conflict Area*. Area yang berwarna kuning merupakan area terjadinya konflik kendaraan yang secara otomatis dianalisis oleh VISSIM. Area konflik tersebut dapat diatur dan disesuaikan dengan area eksisting lapangan. Penentuan dan pengaturan titik *conflict area* dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut.



Gambar 5. 19 Tampilan Pengaturan Conflict Area

3. Signal Controller

Signal Controllers berguna untuk mengatur pengaturan lampu lalu lintas yang dapat disesuaikan dengan durasi lampu lalu lintas aslinya. Pengaturan *Signal Controller* dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut.



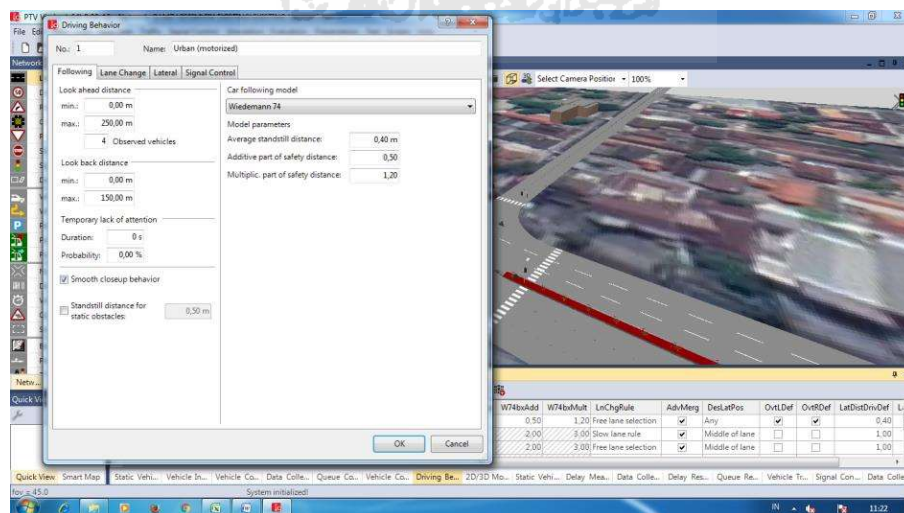
Gambar 5. 20 Tampilan Pengaturan Signal Controller

4. Driving Behavior

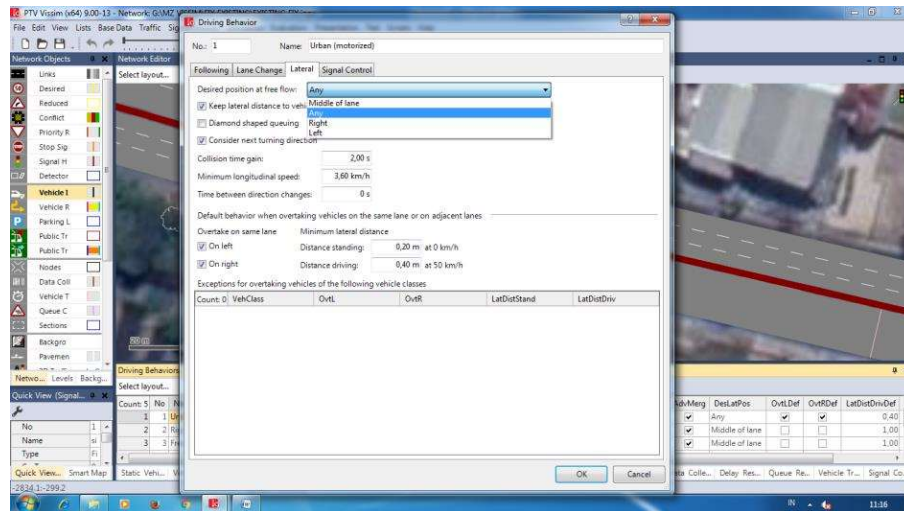
Driving Behaviour atau perilaku mengemudi merupakan parameter dari *VISSIM* yang mempengaruhi secara langsung kondisi antar kendaraan. *Driving Behaviour* harus disesuaikan dengan kondisi eksisting di lapangan

agar pemodelan pada *VISSIM* dapat mewakili kondisi di lapangan. Di dalam *Driving Behaviour* terdapat beberapa parameter yang akan diinput berdasarkan kondisi eksisting dilapangan. Berikut ini adalah parameter yang akan diinput pada *Driving Behaviour*.

- a. *Desired position at free flow*, digunakan untuk mengatur pada sebelah manakah kendaraan akan berjalan.
- b. *Overtake on same lane*, digunakan untuk mengatur kebebasan pengemudi dalam menyalip kendaraan didepannya.
- c. *Average standstill distance*, digunakan untuk mengatur perilaku jarak pengemudi sisi depan-belakang ketika kendaraan berhenti.
- d. *Additive part of safety distance*, digunakan untuk mengatur perilaku jarak pengemudi sisi depan-belakang ketika kendaraan berjalan.
- e. *Multiplicative part of safety distance*, digunakan untuk mengatur parameter penentu jarak aman kendaraan.
- f. *Distance standing*, digunakan untuk mengatur perilaku jarak pengemudi sisi kiri-kanan ketika kendaraan berhenti.
- g. *Distance driving*, digunakan untuk mengatur perilaku jarak pengemudi sisi kiri-kanan ketika kendaraan berjalan.



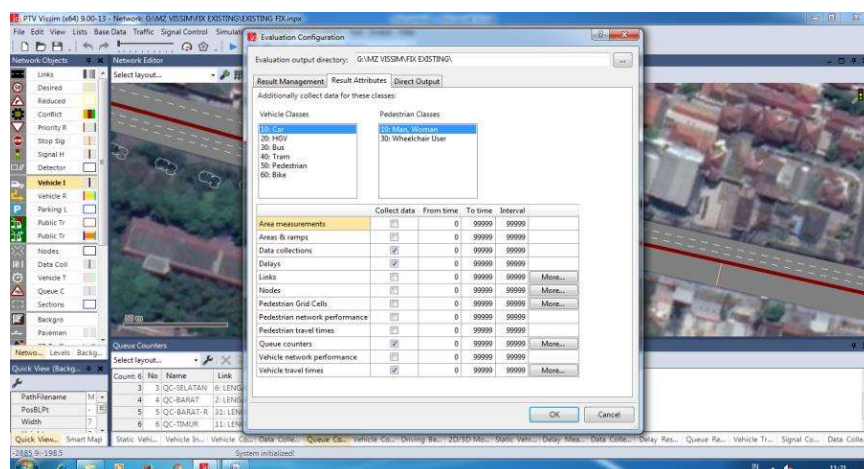
Gambar 5. 21 Tampilan Pengaturan *Driving Behavior* untuk *Car Following*



Gambar 5. 22 Tampilan Pengaturan *Driving Behavior Lateral*

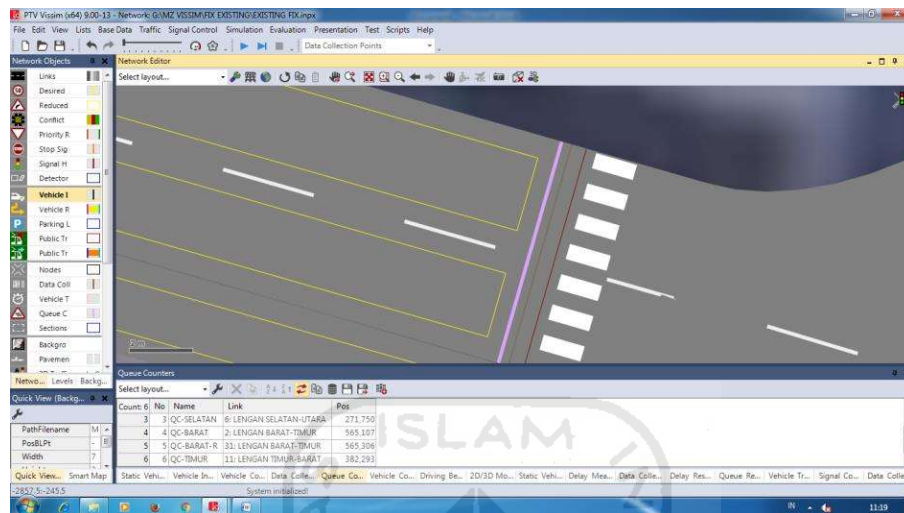
5.2.4 Run and Evaluation

Setelah semua data telah diinput dan pemodelan jaringan telah sesuai, maka saatnya untuk melakukan running simulasi dan mengevaluasi hasil dari permodelan *VISSIM* tersebut. Parameter yang akan digunakan *Data Collection Point*, *Delay*, dan *Queue Counter*. *Data Collection Point* akan digunakan untuk proses validasi data. *Delay* dan *Queue Counter* digunakan untuk menentukan kinerja lalu lintas pada simpang. Pengaturan parameter evaluasi dapat dilihat pada Gambar 5.23 berikut.



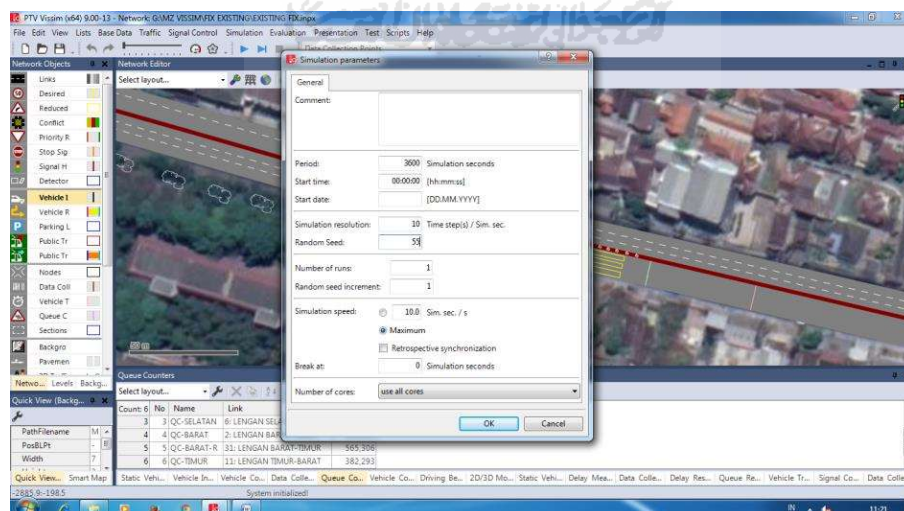
Gambar 5. 23 Tampilan Pengaturan *Evaluation Configuration*

Penempatan *Data Collection Point* berada di pendekat pada setiap ruas. Penempatan *Data Collection Point* pada setiap ruas dapat dilihat pada Gambar 5.24.



Gambar 5. 24 Tampilan Penempatan *Data Collection Point* dan *Queue Counter* Pada Lengan Barat

Untuk pengaturan *simulation parameters* dapat dilihat pada Gambar 5.25 berikut.



Gambar 5. 25 Tampilan Pengaturan *Simulation Parameters*

Proses validasi dilakukan dengan *running* simulasi sebanyak lima kali dengan mengisi nilai *random seed* yang berbeda-beda. Setelah itu diambil rata-rata dari kelima hasil *running* simulasi kemudian dibandingkan dengan volume kendaraan per jam yang diinput. Hasil *running* dengan lima *random seed* berbeda dan validasi dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5. 6 Hasil *Running* Simulasi VISSIM

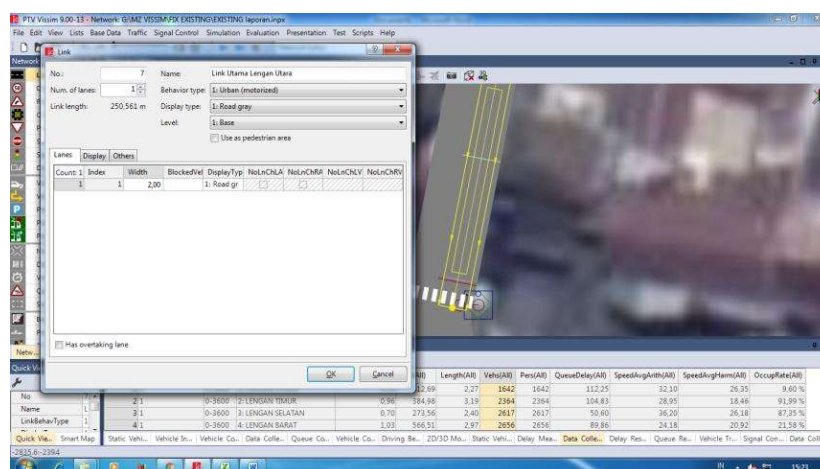
Lengan	Hasil Simulasi					
	RS 10	RS 25	RS 40	RS 55	RS 70	Rerata
	Kend/jam					
Utara	1668	1627	1685	1572	1658	1642
Timur	2389	2343	2350	2417	2387	2377,2
Selatan	2719	2631	2617	2666	2624	2651,4
Barat	2615	2627	2645	2647	2665	2639,8

5.3 Pemodelan Link dan Pembagian Arus Pada *Software VISSIM*

Untuk mendapatkan hasil yang serupa dengan keadaan eksisting, dilakukan pemodelan dengan membagi satu jalur ke beberapa link. Berikut adalah beberapa pembagian jalur pada setiap lengannya.

5.3.1 Lengan utara

Lengan utara menuju simpang dibagi menjadi 3 link yaitu link semua kendaraan, link belok kiri khusus motor, dan link belok kanan khusus motor. Untuk melihat tampilan link utama lengan utara ditampilkan pada Gambar 5.26 berikut.

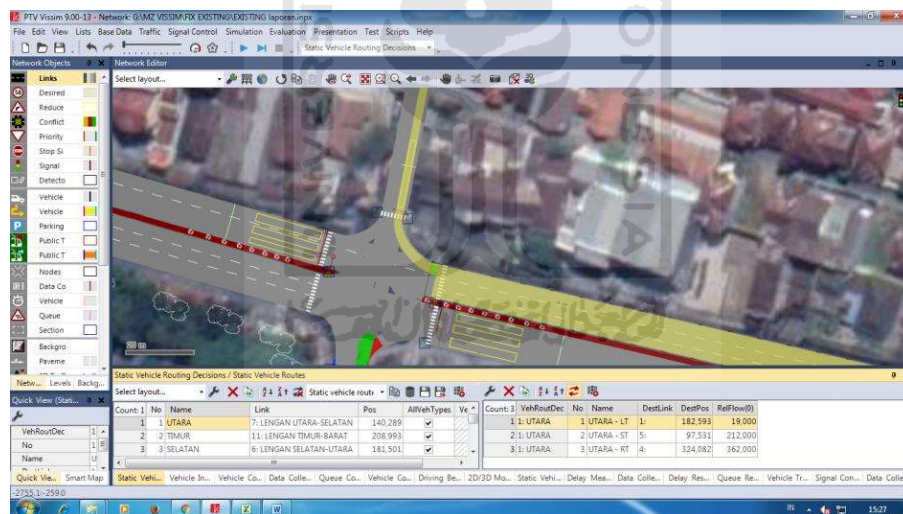


Gambar 5. 26 Link Utama Lengan Utara Pada VISSIM

Dengan adanya pembagian link pada permodelan *VISSIM*, maka perlu dilakukan pembagian arus lalu lintas untuk menginput volume kendaraan ke dalam *VISSIM*. Untuk melihat pembagian arus link utama lengan utara dan input *vehicle route* pada *VISSIM* ditampilkan pada Tabel 5.7 dan Gambar 5.27 berikut.

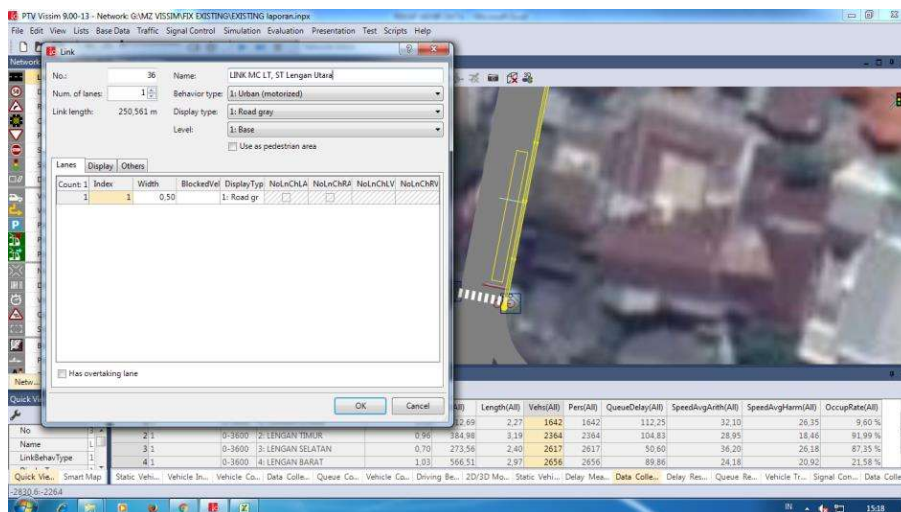
Tabel 5. 7 Pembagian Arus Link Utama Lengan Utara

	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	BUS (kend/jam)	TRUCK (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)
LT	0	19	0	0	19
ST	100	112	0	0	212
RT	278	84	0	0	362
Komposisi	63,7%	36,3%	0%	0%	100%



Gambar 5. 27 Vehicle Route Link Utama Lengan Utara

Untuk melihat tampilan link MC LT, ST lengan utara ditampilkan pada Gambar 5.28 berikut.

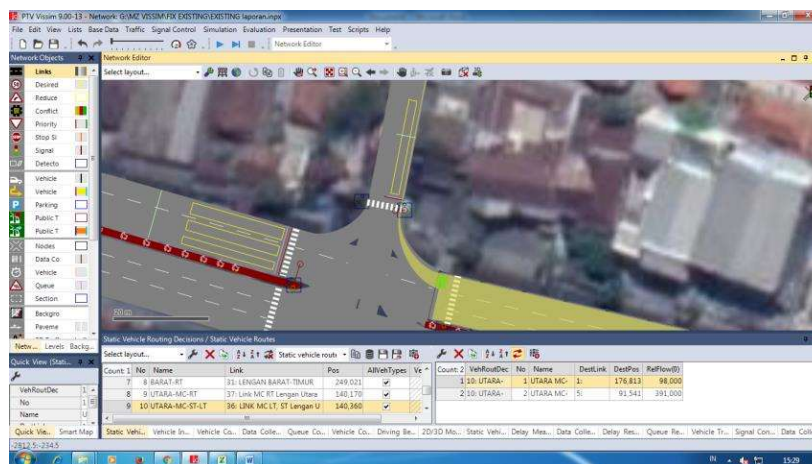


Gambar 5. 28 Link MC LT, ST Lengan Utara Pada VISSIM

Untuk melihat pembagian arus link MC LT, ST lengan utara dan input *vehicle route* pada VISSIM ditampilkan pada Tabel 5.8 dan Gambar 5.29 berikut.

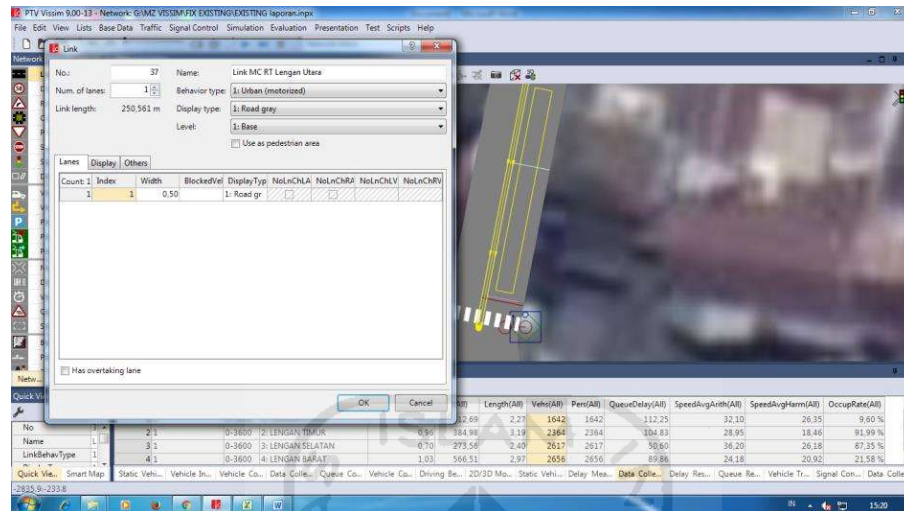
Tabel 5. 8 Pembagian Arus Link MC LT, ST Lengan Utara

	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	BUS (kend/jam)	TRUCK (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)
LT	98	0	0	0	98
ST	391	0	0	0	391
Komposisi	100%	0%	0%	0%	100%



Gambar 5. 29 Vehicle Route Link MC LT, ST Lengan Utara

Untuk melihat tampilan link MC RT lengan utara ditampilkan pada Gambar 5.30 berikut.

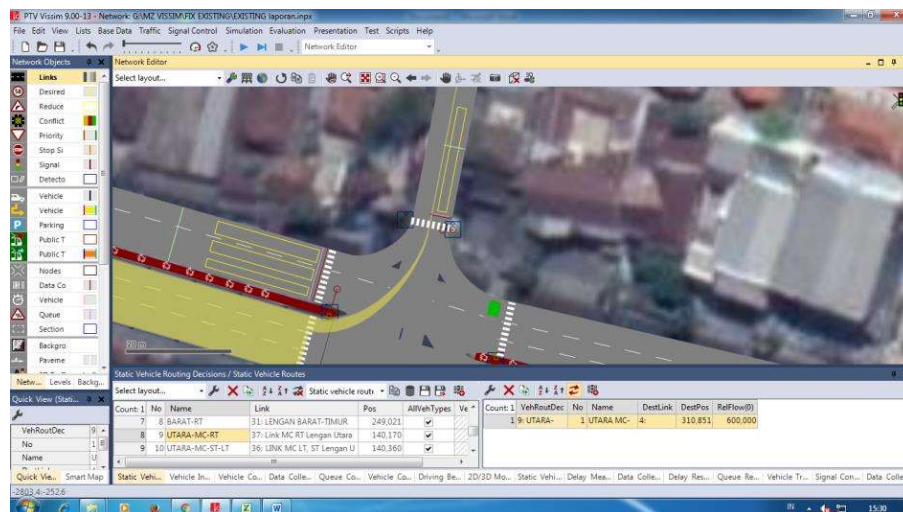


Gambar 5. 30 Link MC RT Lengan Utara Pada VISSIM

Untuk melihat pembagian arus link MC RT lengan utara dan input *vehicle route* pada *VISSIM* ditampilkan pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.31 berikut.

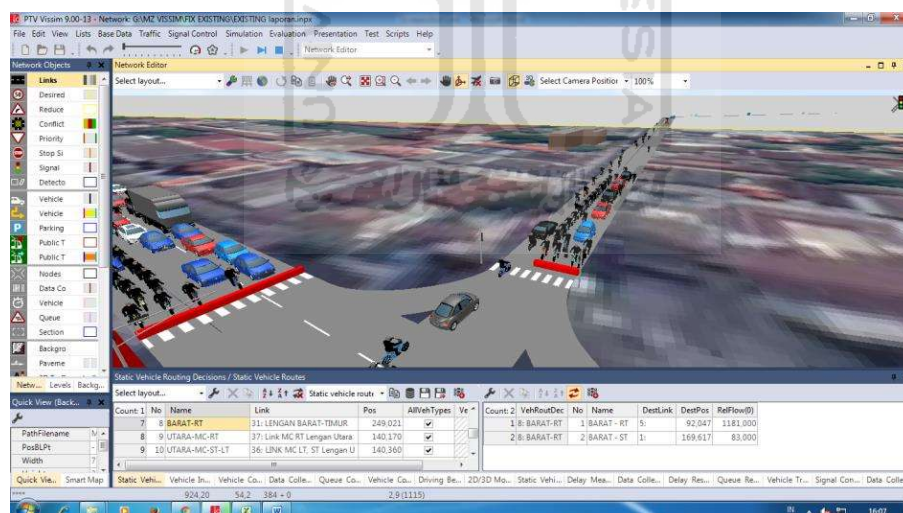
Tabel 5. 9 Link MC RT Lengan Utara

	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	BUS (kend/jam)	TRUCK (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)
RT	600	0	0	0	600
Komposisi	100%	0%	0%	0%	100%



Gambar 5. 31 Vehicle Route Link MC RT Lengan Utara

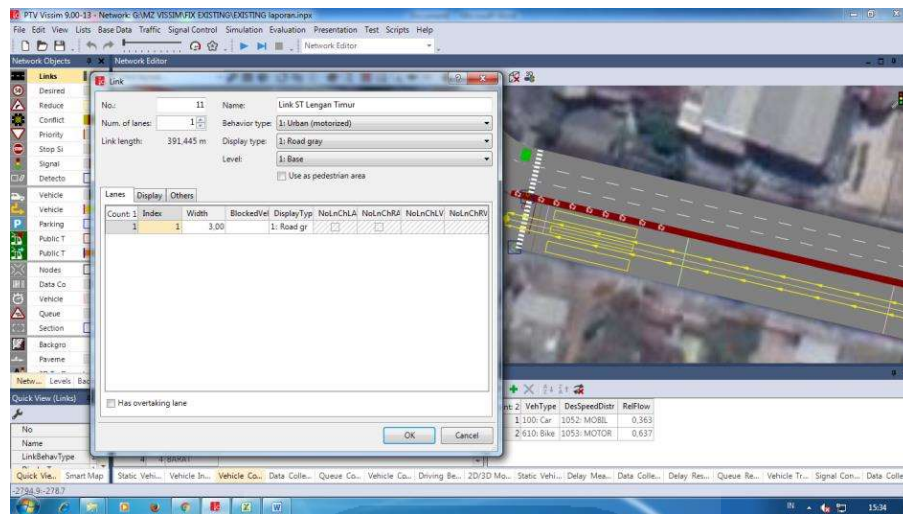
Setelah dilakukan pembagian arus dan input volume kendaraan, *vehicle route*, dan *vehicle composition* pada VISSIM. Tampilan lengan utara pada saat dilakukan *running* simulasi pada VISSIM dapat dilihat pada Gambar 5.32 berikut.



Gambar 5. 32 Tampilan Simulasi Lengan Utara

5.3.2 Lengan timur

Lengan timur menuju simpang dibagi menjadi 4 link yaitu link ST, link belok LT, link RT dan link ST khusus motor. Untuk melihat tampilan link ST lengan timur ditampilkan pada Gambar 5.33 berikut.

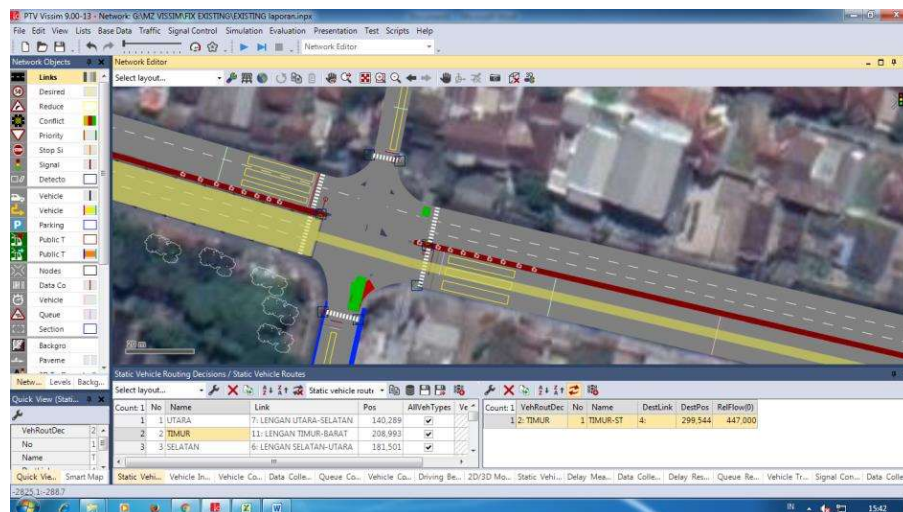


Gambar 5. 33 Link ST Lengan Timur Pada VISSIM

Dengan adanya pembagian link pada permodelan VISSIM, maka perlu dilakukan pembagian arus lalu lintas untuk menginput volume kendaraan ke dalam VISSIM. Untuk melihat pembagian arus link ST lengan timur dan input *vehicle route* pada VISSIM ditampilkan pada Tabel 5.10 dan Gambar 5.34 berikut.

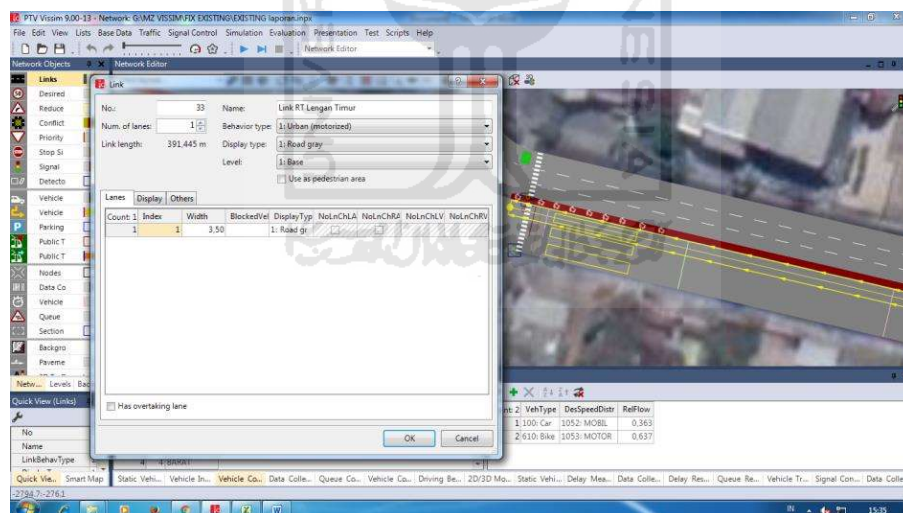
Tabel 5. 10 Link ST Lengan Timur

	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	BUS (kend/jam)	TRUCK (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)
ST	0	402	5	40	447
Komposisi	0%	89,9%	1,1%	9%	100%



Gambar 5. 34 Vehicle Route Link ST Lengan Timur

Untuk melihat tampilan link RT lengan timur ditampilkan pada Gambar 5.35 berikut.

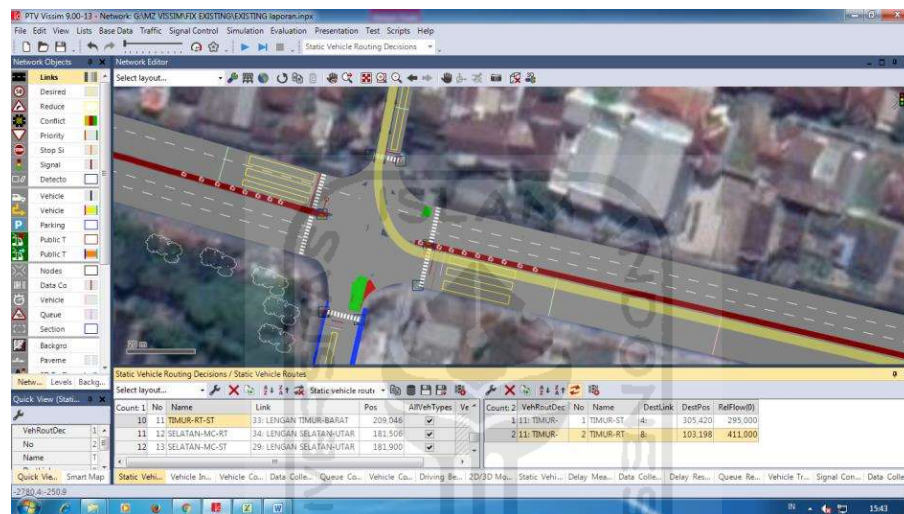


Gambar 5. 35 Link RT Lengan Timur Pada VISSIM

Untuk melihat pembagian arus link RT lengan timur dan input *vehicle route* pada VISSIM ditampilkan pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.36 berikut.

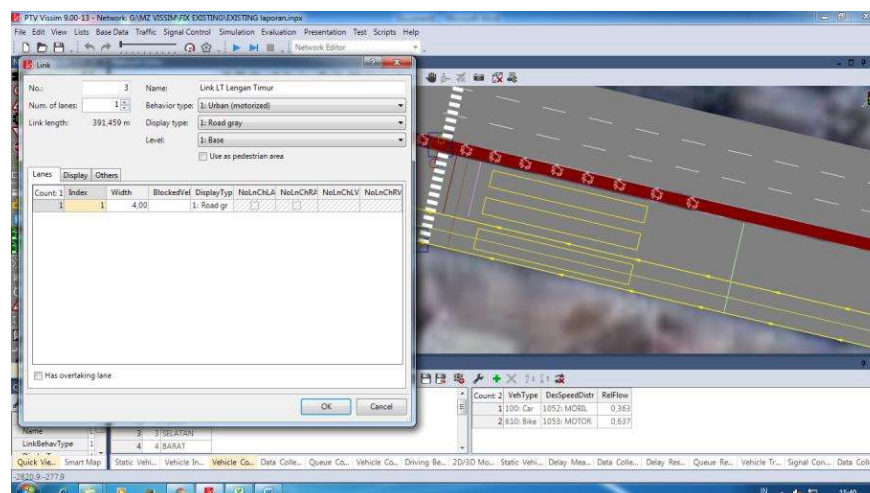
Tabel 5. 11 Link RT Lengan Timur

	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	BUS (kend/jam)	TRUCK (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)
ST	11	250	4	30	295
RT	278	131	0	2	411
Komposisi	40,9%	54,0%	0,6%	4,5%	100%



Gambar 5. 36 Vehicle Route Link RT Lengan Timur

Untuk melihat tampilan link LT lengan timur ditampilkan pada Gambar 5.37 berikut.

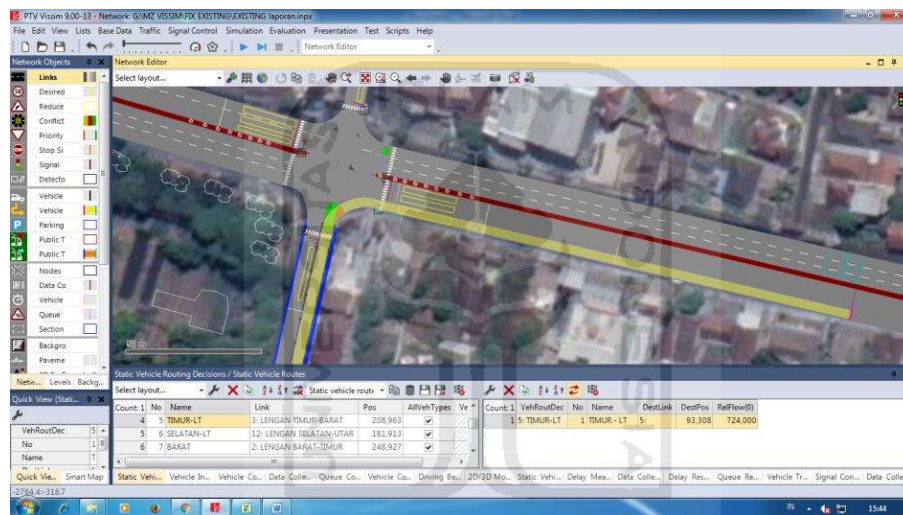


Gambar 5. 37 Link LT Lengan Timur Pada VISSIM

Untuk melihat pembagian arus link LT lengan timur dan input *vehicle route* pada VISSIM ditampilkan pada Tabel 5.12 dan Gambar 5.38 berikut.

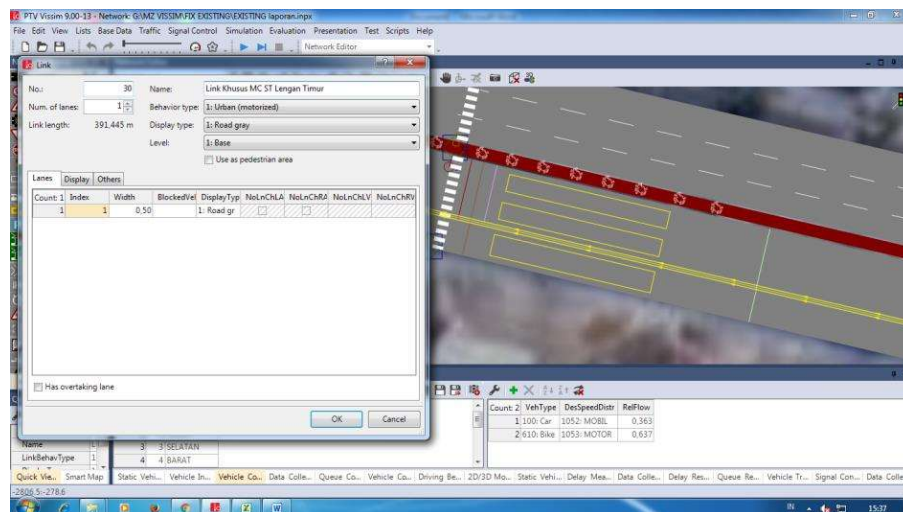
Tabel 5. 12 Link LT Lengan Timur

	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	BUS (kend/jam)	TRUCK (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)
LT	506	218	0	0	724
Komposisi	69,9%	30,1%	0%	0%	100%



Gambar 5. 38 Vehicle Route Link LT Lengan Timur

Untuk melihat tampilan link khusus MC ST lengan timur ditampilkan pada Gambar 5.39 berikut.

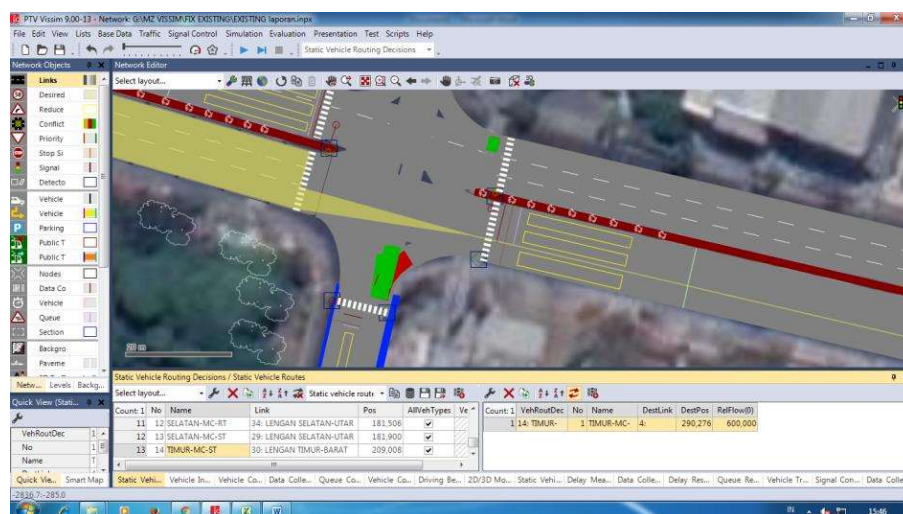


Gambar 5. 39 Link Khusus MC ST Lengan Timur Pada VISSIM

Untuk melihat pembagian arus link Khusus MC ST lengan timur dan input *vehicle route* pada VISSIM ditampilkan pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.40 berikut.

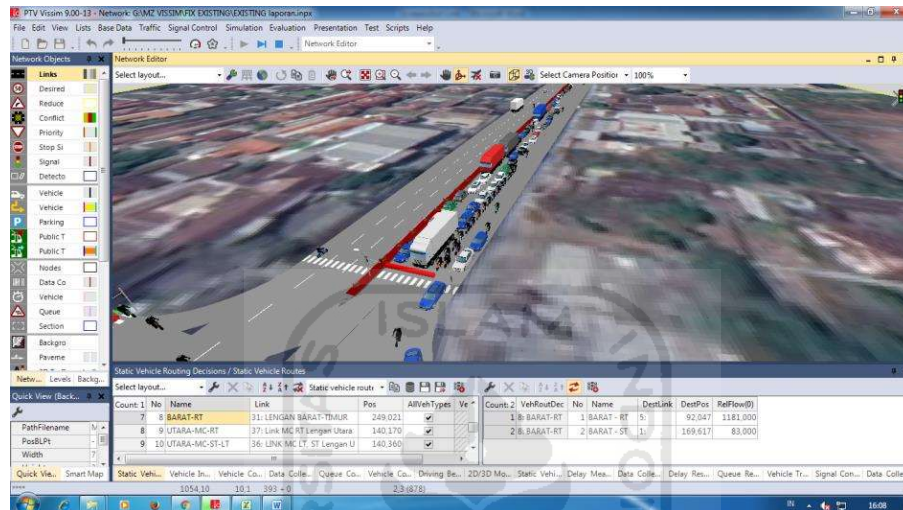
Tabel 5. 13 Link Khusus MC ST Lengan Timur

	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	BUS (kend/jam)	TRUCK (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)
ST	600	0	0	0	600
Komposisi	100%	0%	0%	0%	100%



Gambar 5. 40 Vehicle Route Link Khusus MC ST Lengan Timur

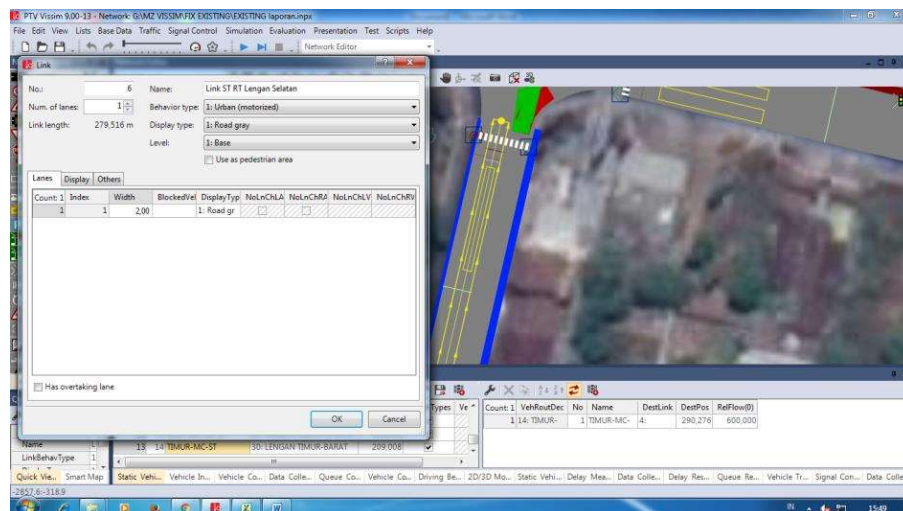
Setelah dilakukan pembagian arus dan input volume kendaraan, *vehicle route*, dan *vehicle composition* pada VISSIM. Tampilan lengan timur pada saat dilakukan *running* simulasi pada VISSIM dapat dilihat pada Gambar 5.41 berikut.



Gambar 5. 41 Tampilan Simulasi Lengan Timur

5.3.3 Lengan selatan

Lengan selatan menuju simpang dibagi menjadi 4 link yaitu link ST RT, link LT, link khusus MC RT dan link khusus MC ST. Untuk melihat tampilan link ST RT lengan selatan ditampilkan pada Gambar 5.42 berikut.

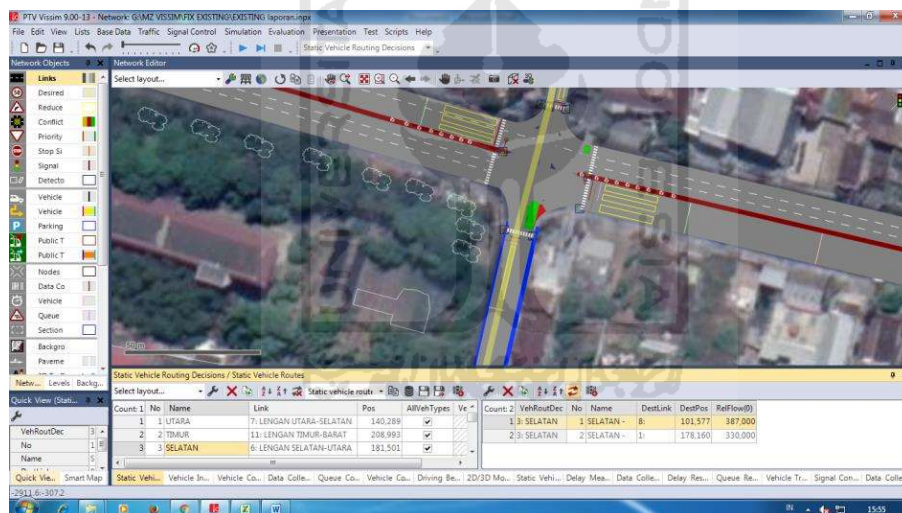


Gambar 5. 42 Link ST Lengan Selatan Pada VISSIM

Dengan adanya pembagian link pada permodelan *VISSIM*, maka perlu dilakukan pembagian arus lalu lintas untuk menginput volume kendaraan ke dalam *VISSIM*. Untuk melihat pembagian arus link ST RT lengan selatan dan input *vehicle route* pada *VISSIM* ditampilkan pada Tabel 5.14 dan Gambar 5.43 berikut.

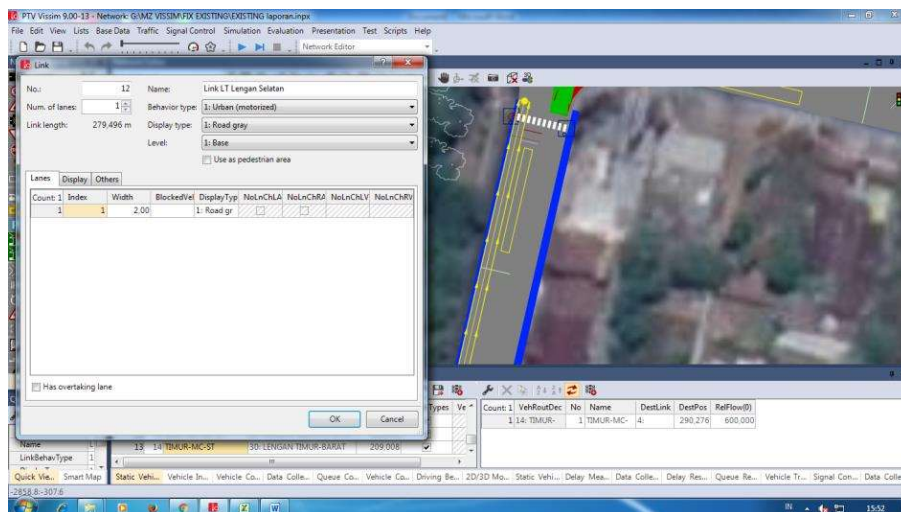
Tabel 5. 14 Link ST RT Lengan Selatan

	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	BUS (kend/jam)	TRUCK (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)
ST	261	126	0	0	387
RT	236	89	0	5	330
Komposisi	69,3%	30%	0%	0,7%	100%



Gambar 5. 43 Vehicle Route Link ST RT Lengan Selatan

Untuk melihat tampilan link LT lengan selatan ditampilkan pada Gambar 5.44 berikut.

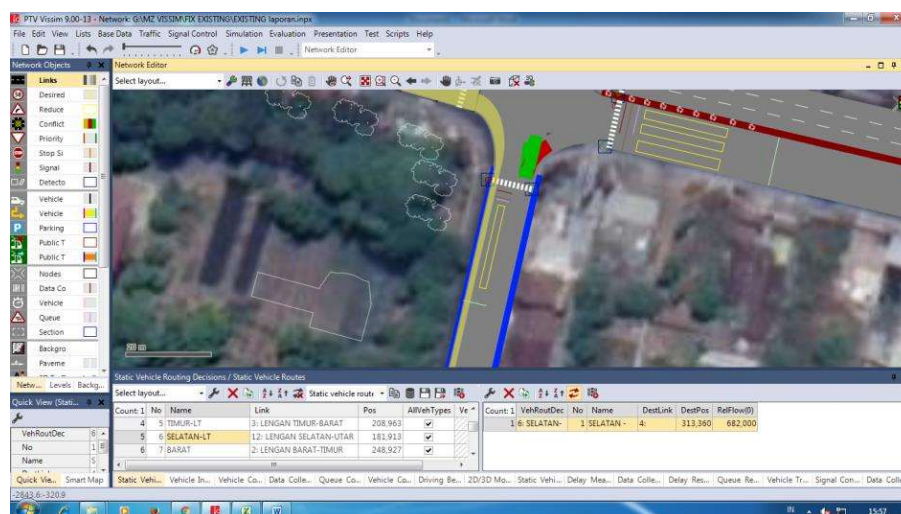


Gambar 5. 44 Link ST Lengan Selatan Pada VISSIM

Untuk melihat pembagian arus link LT lengan selatan dan input *vehicle route* pada VISSIM ditampilkan pada Tabel 5.15 dan Gambar 5.45 berikut.

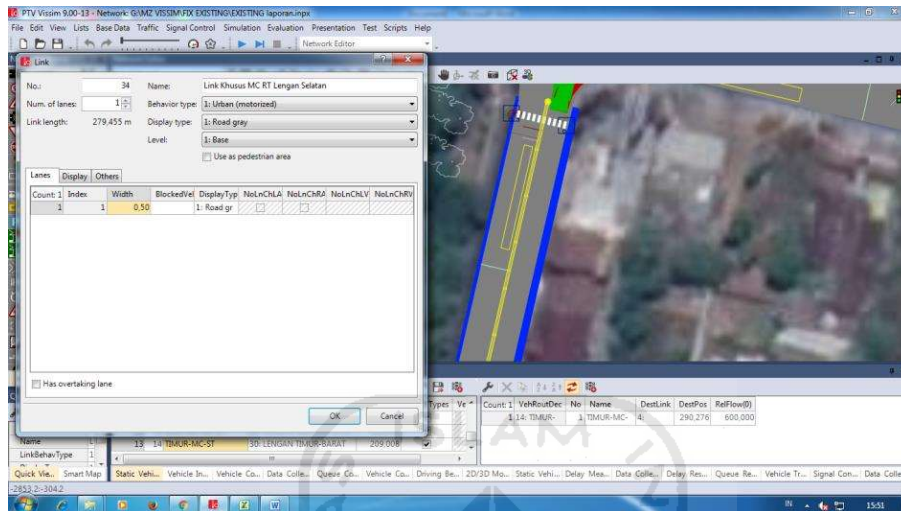
Tabel 5. 15 Link LT Lengan Selatan

	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	BUS (kend/jam)	TRUCK (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)
LT	475	207	0	0	682
Komposisi	69,6%	30,4%	0%	0 %	100%



Gambar 5. 45 Vehicle Route Link LT Lengan Selatan

Untuk melihat tampilan link khusus MC RT lengan selatan ditampilkan pada Gambar 5.46 berikut.

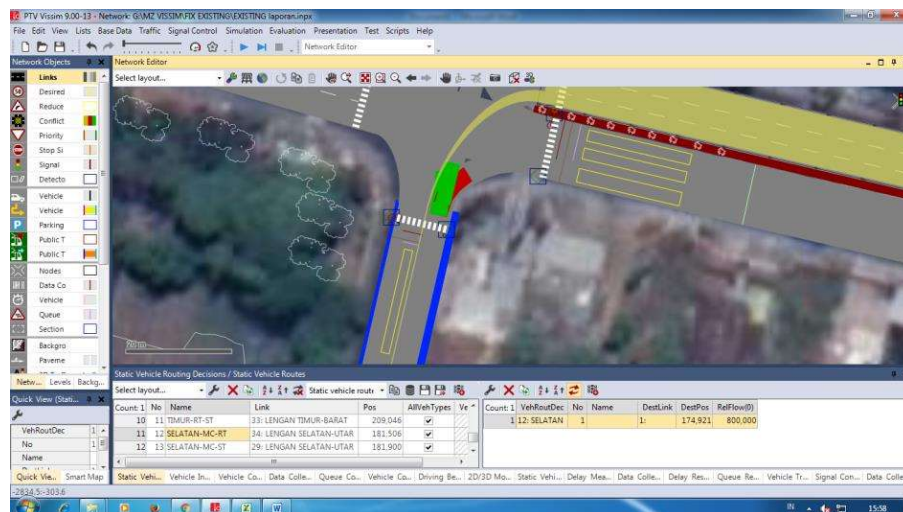


Gambar 5. 46 Link Khusus MC RT Lengan Selatan Pada VISSIM

Untuk melihat pembagian arus link Khusus MC RT lengan selatan dan input *vehicle route* pada VISSIM ditampilkan pada Tabel 5.16 dan Gambar 5.47 berikut.

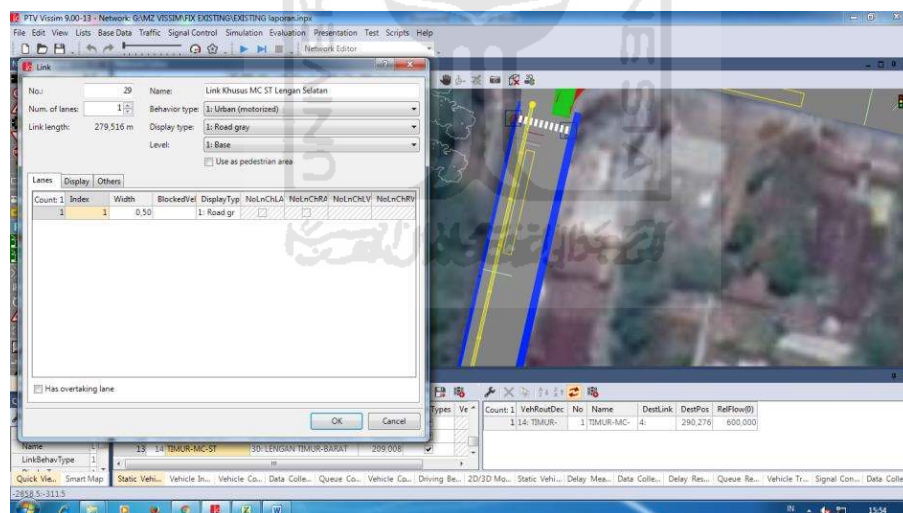
Tabel 5. 16 Link Khusus MC RT Lengan Selatan

	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	BUS (kend/jam)	TRUCK (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)
RT	800	0	0	0	800
Komposisi	100%	0%	0%	0 %	100%



Gambar 5. 47 Vehicle Route Link Khusus MC RT Lengan Selatan

Untuk melihat tampilan link Khusus MC ST lengan selatan ditampilkan pada Gambar 5.48 berikut.

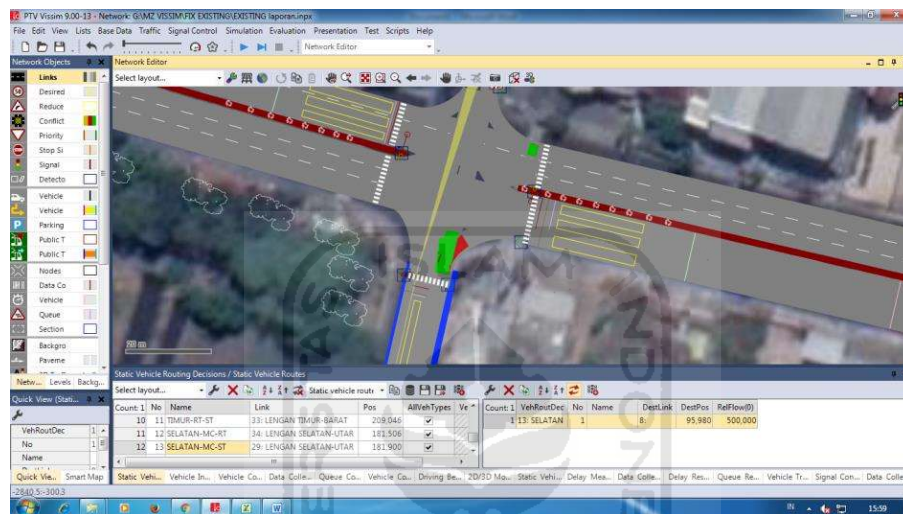


Gambar 5. 48 Link Khusus MC ST Lengan Selatan Pada VISSIM

Untuk melihat pembagian arus Khusus MC ST lengan selatan dan input *vehicle route* pada VISSIM ditampilkan pada Tabel 5.17 dan Gambar 5.49 berikut.

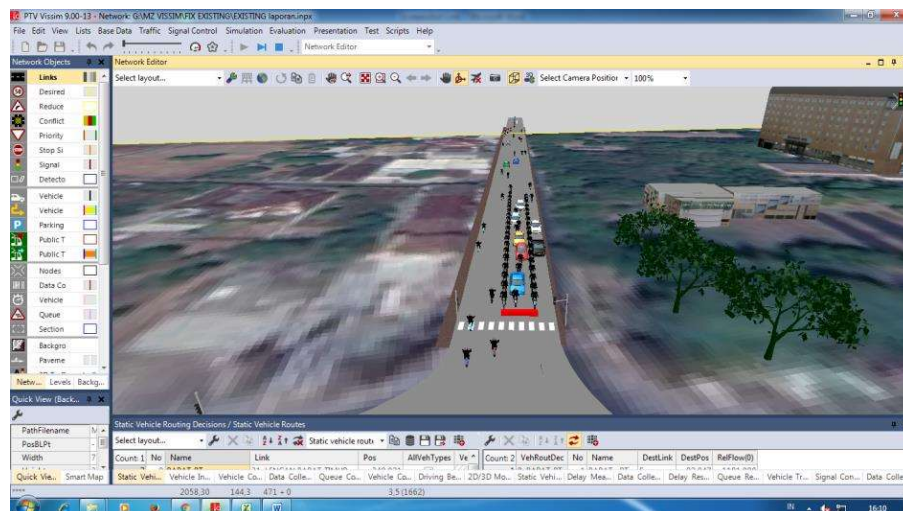
Tabel 5. 17 Link Khusus MC ST Lengan Selatan

	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	BUS (kend/jam)	TRUCK (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)
RT	500	0	0	0	500
Komposisi	100%	0%	0%	0 %	100%



Gambar 5. 49 Vehicle Route Link Khusus MC ST Lengan Selatan

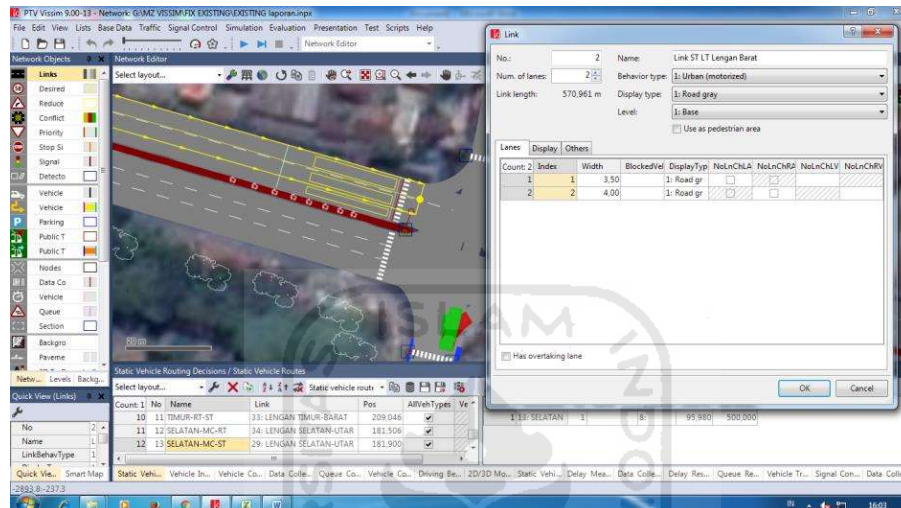
Setelah dilakukan pembagian arus dan input volume kendaraan, *vehicle route*, dan *vehicle composition* pada VISSIM. Tampilan lengan selatan pada saat dilakukan *running* simulasi pada VISSIM dapat dilihat pada Gambar 5.50 berikut.



Gambar 5. 50 Tampilan Simulasi Lengan Selatan

5.3.4 Lengan barat

Lengan barat menuju simpang dibagi menjadi 2 link yaitu link ST LT dan link RT ST. Untuk melihat tampilan link ST LT lengan selatan ditampilkan pada Gambar 5.51 berikut.

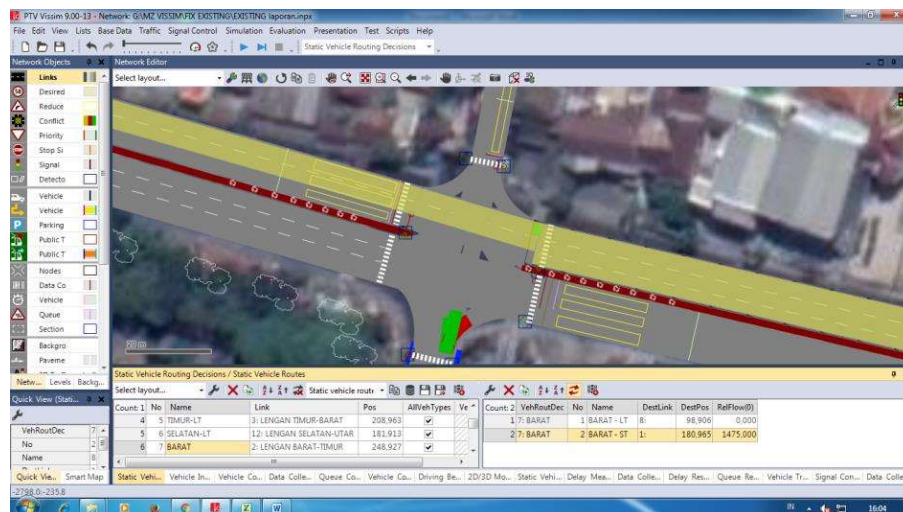


Gambar 5. 51 Link ST LT Lengan Barat Pada VISSIM

Untuk melihat pembagian arus link ST LT lengan selatan dan input *vehicle route* pada VISSIM ditampilkan pada Tabel 5.18 dan Gambar 5.52 berikut.

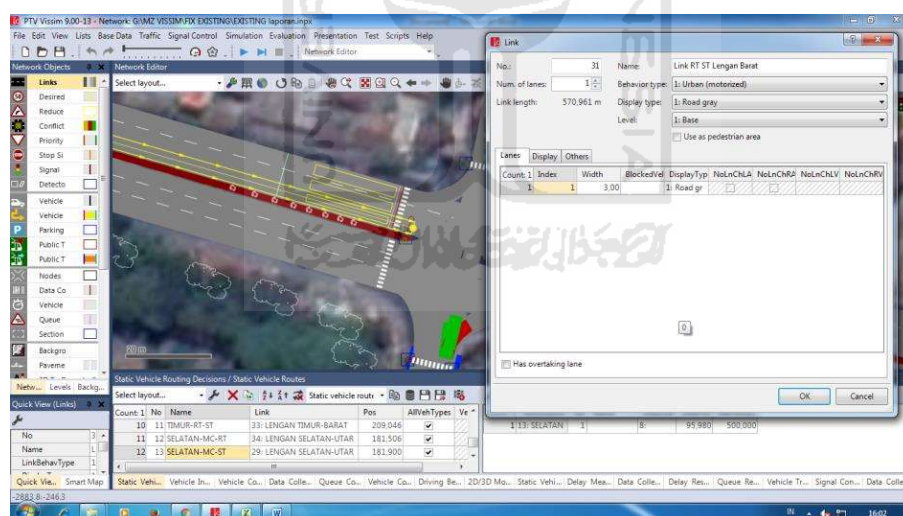
Tabel 5. 18 Link ST LT Lengan Barat

	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	BUS (kend/jam)	TRUCK (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)
LT	0	0	0	0	0
ST	779	598	17	81	1475
Komposisi	52,8%	40,5%	1,2%	5,5%	100%



Gambar 5. 52 Vehicle Route Link ST LT Lengan Barat

Untuk melihat tampilan link RT ST lengan selatan ditampilkan pada Gambar 5.53 berikut.

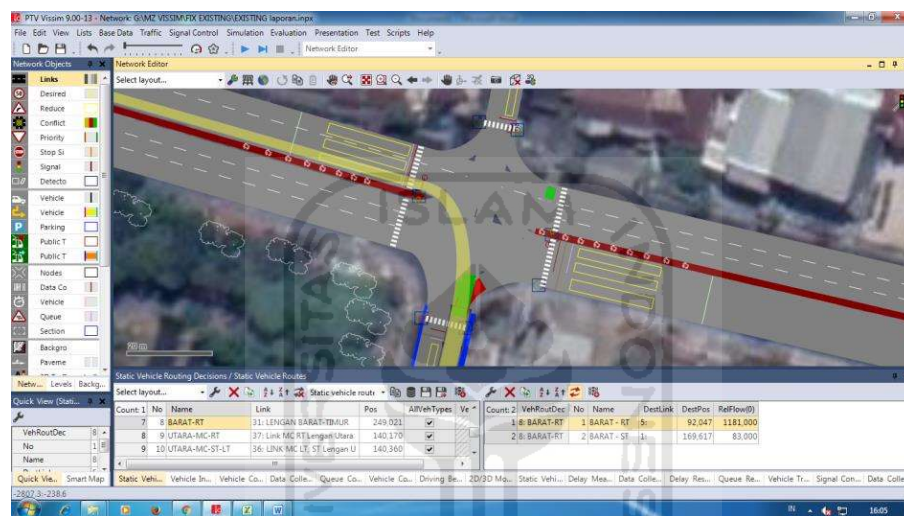


Gambar 5. 53 Link RT ST Lengan Barat Pada VISSIM

Untuk melihat pembagian arus link RT ST lengan selatan dan input *vehicle route* pada VISSIM ditampilkan pada Tabel 5.19 dan Gambar 5.54 berikut.

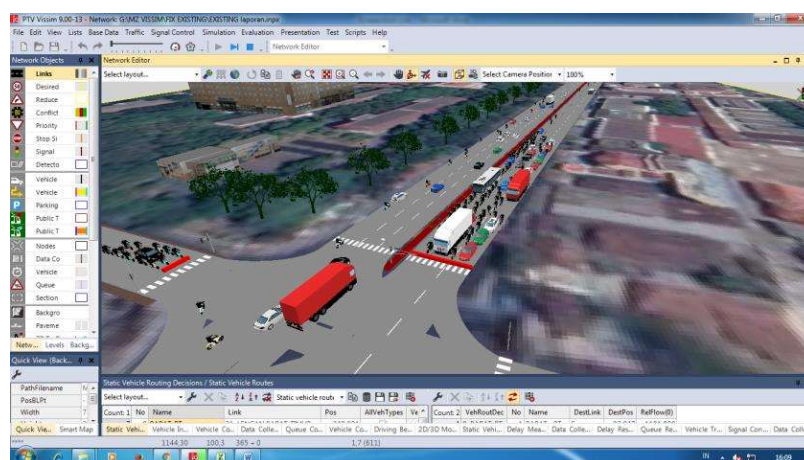
Tabel 5. 19 Link RT ST Lengan Barat

	MC (kend/jam)	LV (kend/jam)	BUS (kend/jam)	TRUCK (kend/jam)	TOTAL (kend/jam)
ST	77	6	0	0	83
RT	1061	113	5	2	1181
Komposisi	90%	9,4%	0,4%	0,2%	100%



Gambar 5. 54 Vehicle Route Link RT ST Lengan Barat

Setelah dilakukan pembagian arus dan input volume kendaraan, *vehicle route*, dan *vehicle composition* pada *VISSIM*. Tampilan lengan barat pada saat dilakukan *running* simulasi pada *VISSIM* dapat dilihat pada Gambar 5.55 berikut.



Gambar 5. 55 Tampilan Simulasi Lengan Barat

5.4 Analisis Data

5.4.1 Validasi Data Dengan Rumus Statistik *GEH*

Dalam melakukan validasi menggunakan jumlah volume arus lalu lintas menurut Gustavsson (2007), metode terbaik untuk membandingkan data *input* dan *output* simulasi adalah dengan menggunakan rumus statistik *Geoffrey E. Havers (GEH)*. Rumus *GEH* memiliki ketentuan khusus dari nilai *error* yang dihasilkan seperti pada Tabel 5.20 dan hasil validasi dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5. 20 Kriteria Hasil Perhitungan *GEH*

$GEH < 5,0$	Diterima
$5,0 \leq GEH \leq 10$	Peringatan: kemungkinan model <i>error</i> atau data buruk
$GEH > 10$	ditolak

Tabel 5. 21 Hasil Validasi Uji Statistik *GEH*

Lengan	$Q_{observed}$ (kend/jam)	$Q_{simulated}$ (kend/jam)	<i>GEH</i>	Keterangan
Utara	1682	1642	0,98	Diterima
Timur	2477	2377,2	2,03	Diterima
Selatan	2699	2651,4	0,92	Diterima
Barat	2739	2639,8	1,91	Diterima

Dari Tabel 5.21 diatas, dapat disimpulkan bahwa permodelan simulasi *VISSIM* kondisi eksisting dapat diterima setelah melihat hasil uji validasi dengan menggunakan rumus statistik *GEH*.

5.4.2 Analisis Menggunakan Metode MKJI 1997

Analisis menggunakan metode MKJI 1997 dilakukan untuk mengetahui kapasitas dan derajat kejenuhan pada simpang. Berikut adalah perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan pada simpang Seturan UPN kondisi eksisting.

1. Perhitungan Kapasitas

a. Lengan Utara

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

$$C = 2601,38 \times \frac{27}{174} = 403,66 \text{ smp/jam}$$

b. Lengan Timur

$$C = 5489,02 \times \frac{37}{174} = 1145,94 \text{ smp/jam}$$

c. Lengan Selatan

$$C = 4268,34 \times \frac{37}{174} = 907,64 \text{ smp/jam}$$

d. Lengan Barat

$$C = 8083,53 \times \frac{48}{174} = 2229,94 \text{ smp/jam}$$

2. Derajat Kejenuhan

a. Lengan Utara

$$Q = 508,40 \text{ smp/jam}$$

$$C = 403,66 \text{ smp/jam}$$

$$D_s = \frac{508,40}{403,66} = 1,26$$

b. Lengan Timur

QLTOR dikeluarkan dari analisa (WLTOR > 2 m) sehingga

$$Q = Q_{ST} + Q_{RT} = 1066,10 \text{ smp/jam}$$

$$C = 1145,94 \text{ smp/jam}$$

$$D_s = \frac{1066,10}{1145,94} = 0,93$$

c. Lengan Selatan

$$Q = 882,90 \text{ smp/jam}$$

$$C = 907,64 \text{ smp/jam}$$

$$D_s = \frac{882,90}{907,64} = 0,97$$

d. Lengan Barat

$$Q = 1236,90 \text{ smp/jam}$$

$$C = 2229,94 \text{ smp/jam}$$

$$D_s = \frac{1236,90}{2229,94} = 0,55$$

Berikut ini adalah rangkuman perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan pada setiap kondisi yang dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5. 22 Rangkuman Perhitungan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Kondisi	Lengan	Arus Lalu Lintas (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
		(Q)	(C)	(Q/C)
Eksisting	Utara	508	403,66	1,26
	Timur	1066	1145,94	0,93
	Selatan	883	907,64	0,97
	Barat	1237	2229,94	0,55
Alternatif 1	Utara	508	593,60	0,86
	Timur	1066	1604,31	0,66
	Selatan	883	1031,28	0,86
	Barat	1237	1464,80	0,84
Alternatif 2	Utara	508	433,56	1,17
	Timur	1066	1207,88	0,88
	Selatan	883	907,64	0,97
	Barat	1237	1997,65	0,62
Alternatif 3	Utara	508	453,14	1,12
	Timur	1066	1261,38	0,85
	Selatan	883	1018,89	0,87
	Barat	1237	2190,78	0,56
Alternatif 4	Utara	0	0	0
	Timur	1300	1412,29	0,92
	Selatan	883	1059,73	0,83
	Barat	1488	2898,92	0,51

5.4.3 Kinerja Lalu Lintas Simpang Seturan UPN Kondisi Eksisting

Berikut merupakan hasil analisis kinerja lalu lintas simpang Seturan UPN kondisi eksisting menggunakan *software VISSIM*.

1. *Delay*

Delay adalah parameter waktu tundaan yang dialami kendaraan sesuai rute yang ditentukan. *Delay Result* didapatkan dengan melakukan running simulasi pada *software VISSIM*. Data *Delay Result* pada simpang dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5. 23 Tundaan Pada Simpang Seturan UPN Kondisi Eksisting

Lengan	Tundaan (detik)					
	RS 10	RS 25	RS 40	RS 55	RS 70	Rerata
Utara	69,944	67,343	67,036	57,491	62,454	64,854
Timur	26,577	30,841	25,124	24,910	26,602	26,810
Selatan	24,030	21,258	23,111	23,779	21,656	22,767
Barat	40,635	35,797	34,019	42,068	37,422	37,989

Dari Tabel 5.23 diatas, diperoleh data tundaan untuk lengan utara sebesar 64,854 detik, lengan timur sebesar 26,810 detik, lengan selatan sebesar 22,767 detik, dan lengan barat sebesar 37,989 detik. Nilai tundaan terbesar adalah pada lengan utara yaitu sebesar 64,854 detik per kendaraan.

2. *Queue Counter*

Queue Counter adalah penetapan titik dimana saat kendaraan berhenti, panjang antrian mulai dihitung. Dari *queue counter* didapatkan data berupa panjang antrian pada setiap lengannya. Data panjang antrian setiap lengan dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5. 24 Panjang Antrian Pada Simpang Seturan UPN Kondisi Eksisting

Lengan	Panjang Antrian (m)					
	RS 10	RS 25	RS 40	RS 55	RS 70	Rerata
Utara	81,019	62,052	93,316	53,849	64,246	70,896
Timur	219,809	208,495	94,925	200,992	142,496	173,343
Selatan	42,456	43,292	51,822	41,736	40,221	43,905
Barat	92,215	64,789	68,141	95,847	93,862	82,971

Dari Tabel 5.24 diatas, diperoleh nilai panjang antrian pada lengan utara sebesar 70,896 meter, lengan timur sebesar 173,343 meter, lengan selatan sebesar 43,905 meter, dan lengan barat sebesar 92, 215 meter. Nilai panjang antrian terbesar adalah pada lengan timur yaitu sebesar 173,343 meter.

3. Tingkat Pelayanan Simpang (*Level Of Service*)

Tingkat Pelayanan Simpang adalah kemampuan ruas jalan dan/atau persimpangan untuk menampung lalu lintas pada keadaan tertentu. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015, perhitungan tingkat pelayanan pada simpang mempertimbangkan faktor tundaan dan kapasitas simpang. Tingkat pelayanan pada Simpang Seturan UPN kondisi eksisting dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5. 25 Tingkat Pelayanan Simpang Seturan UPN Kondisi Eksisting

Lengan	Waktu Tundaan (detik)	<i>Level Of Service</i>
Utara	64,854	F
Timur	26,810	D
Selatan	22,767	C
Barat	37,989	D

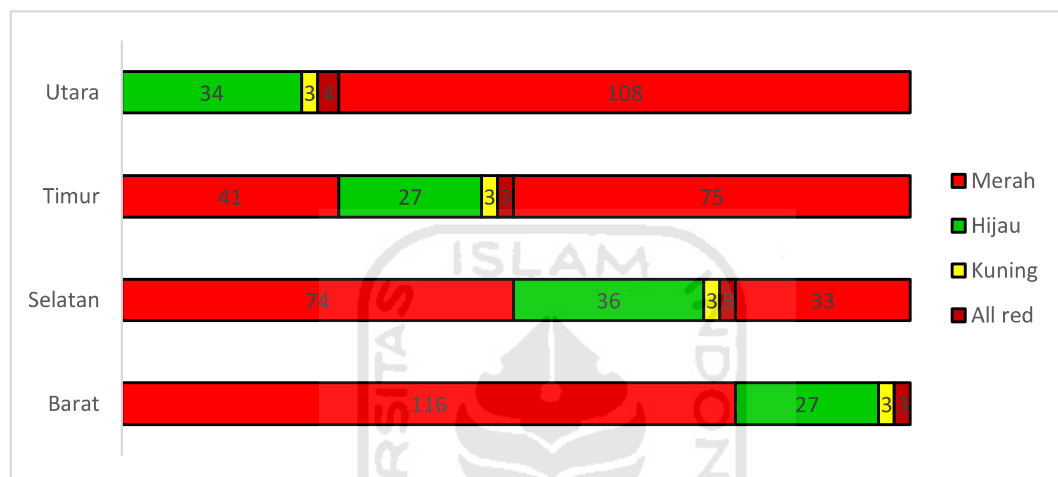
Dari Tabel 5.25 diatas, diperoleh nilai *Level Of Service* pada lengan utara adalah F, lengan timur adalah D, lengan selatan adalah C, dan lengan barat adalah D. pada lengan utara nilai LOS adalah F yang menunjukkan waktu tunggu per kendaraan adalah lebih dari 60 detik.

5.4.4 Alternatif Penanganan Dengan Rekayasa Fase Sinyal Lalu Lintas 1

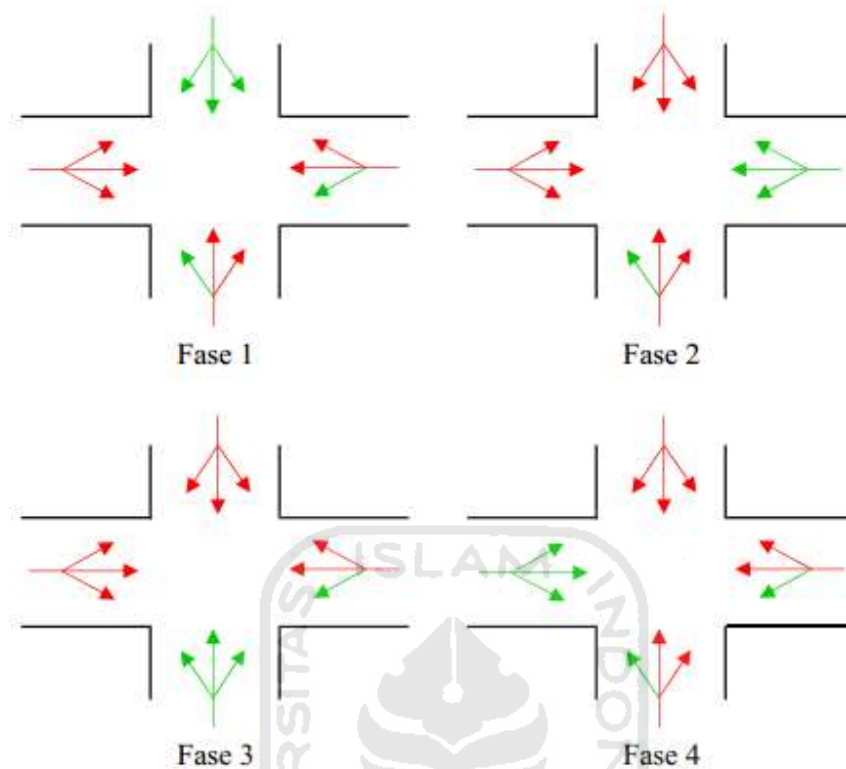
Alternatif pertama yang dilakukan penulis adalah dengan melakukan rekayasa fase sinyal lalu lintas. Waktu siklus dihitung berdasarkan rumus MKJI 1997. Berikut adalah perubahan waktu sinyal yang dapat dilihat pada Tabel 5.26 dan Gambar 5.56.

Tabel 5. 26 Pewaktuan Sinyal Lalu Lintas Simpang Seturan UPN Alternatif 1

Lengan	Waktu (detik)				Siklus
	Merah	Hijau	Kuning	All Red	
Utara	108	34	3	4	149
Timur	116	27	3	3	
Selatan	107	36	3	3	
Barat	116	27	3	3	

**Gambar 5. 56** Grafik Diagram Waktu Siklus Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 1

Untuk fase sinyal yang digunakan juga diubah dari utara-selatan-timur-barat menjadi utara-timur-selatan-barat. Untuk fase sinyal alternatif 1 dapat dilihat pada Gambar 5.57 berikut.



Gambar 5. 57 Fase Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 1

Berikut merupakan hasil analisis kinerja lalu lintas simpang Seturan UPN alternatif 1 menggunakan *software VISSIM*.

1. *Delay*

Delay Result pada simpang Seturan UPN Alternatif 1 dapat dilihat pada Tabel 5.27 berikut.

Tabel 5. 27 Tundaan Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 1

Lengan	Tundaan (detik)					
	RS 10	RS 25	RS 40	RS 55	RS 70	Rerata
Utara	27,570	29,170	30,180	28,780	29,590	29,058
Timur	32,690	34,420	33,760	31,080	32,060	32,802
Selatan	14,480	13,490	13,810	14,140	12,980	13,780
Barat	85,600	87,050	83,850	88,170	85,410	86,016

Dari Tabel 5.27 diatas, diperoleh data tundaan untuk lengan utara sebesar 29,058 detik, lengan timur sebesar 32,802 detik, lengan selatan sebesar

13,780 detik, dan lengan barat sebesar 86,016 detik. Nilai tundaan terbesar adalah pada lengan barat yaitu sebesar 86,016 detik per kendaraan.

2. *Queue Counter*

Data panjang antrian setiap lengan dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5. 28 Panjang Antrian Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 1

Lengan	Panjang Antrian (m)					
	RS 10	RS 25	RS 40	RS 55	RS 70	Rerata
Utara	26,320	25,370	27,480	25,170	25,810	26,030
Timur	272,780	285,660	206,030	307,520	287,480	271,894
Selatan	29,950	30,450	33,770	30,890	29,560	30,924
Barat	308,360	328,330	348,300	382,940	334,800	340,546

Dari Tabel 5.28 diatas, diperoleh nilai panjang antrian pada lengan utara sebesar 26,030 meter, lengan timur sebesar 271,894 meter, lengan selatan sebesar 30,924 meter, dan lengan barat sebesar 340,546 meter. Nilai panjang antrian terbesar adalah pada lengan barat yaitu sebesar 340,546 meter.

3. *Tingkat Pelayanan Simpang (Level Of Service)*

Tingkat pelayanan pada Simpang Seturan UPN alternatif 1 dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut.

Tabel 5. 29 Tingkat Pelayanan Simpang Seturan UPN Alternatif 1

Lengan	Waktu Tundaan (detik)	<i>Level Of Service</i>
Utara	29,058	D
Timur	32,802	D
Selatan	13,780	B
Barat	86,016	F

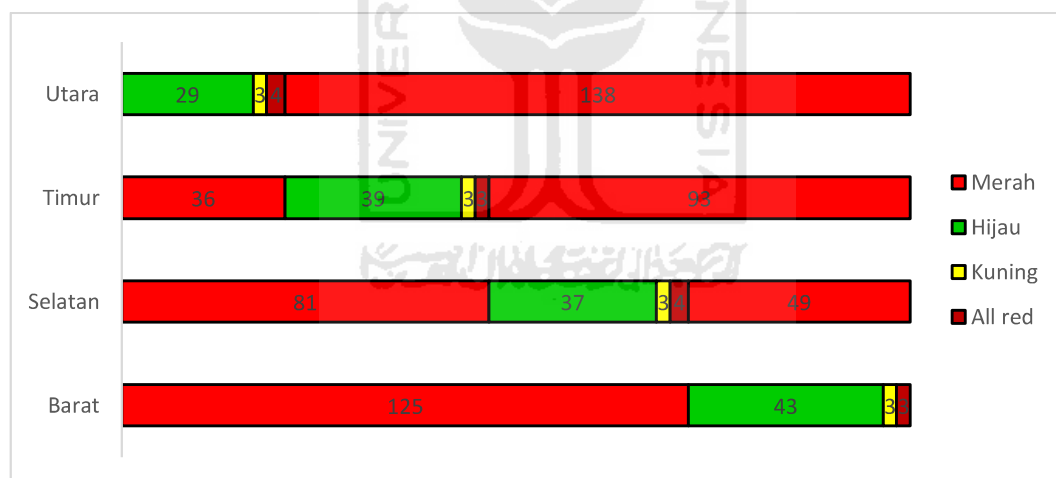
Dari Tabel 5.29 diatas, diperoleh nilai *Level Of Service* pada lengan utara adalah D, lengan timur adalah D, lengan selatan adalah B, dan lengan barat adalah F. Pada lengan utara dan barat nilai LOS adalah F yang menunjukkan waktu tunggu per kendaraan adalah lebih dari 60 detik.

5.4.5 Alternatif Penanganan Dengan Rekayasa Fase Sinyal Lalu Lintas 2

Alternatif kedua juga dilakukan dengan melakukan rekayasa fase sinyal lalu lintas. Waktu siklus pada rekayasa kedua ini mengikuti waktu siklus eksisting pada simpang, akan tetapi dilakukan perubahan fase sinyal dan penyesuaian waktu hijau. Dilakukan penyesuaian waktu hijau dikarenakan lengan utara pada kondisi eksisting memiliki nilai tundaan dan panjang antrian yang tinggi. Perubahan waktu sinyal yang dapat dilihat pada Tabel 5.30 dan Gambar 5.58 berikut.

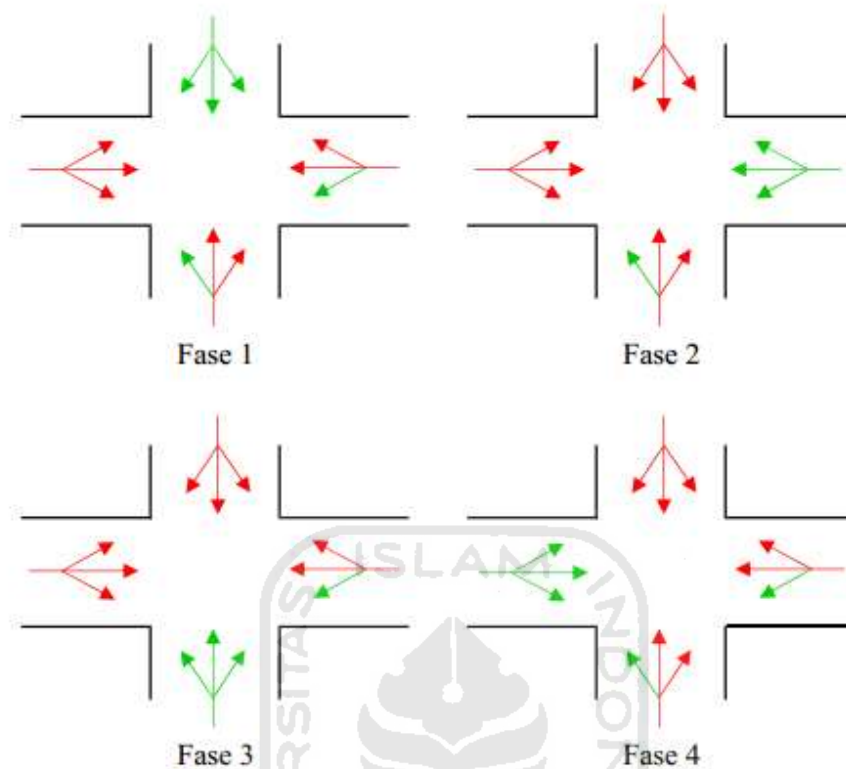
Tabel 5. 30 Pewaktuan Sinyal Lalu Lintas Simpang Seturan UPN Alternatif 2

Lengan	Waktu (detik)				Siklus
	Merah	Hijau	Kuning	All Red	
Utara	138	29	3	4	174
Timur	129	39	3	3	
Selatan	130	37	3	4	
Barat	125	43	3	3	



Gambar 5. 58 Grafik Diagram Waktu Siklus Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 2

Perubahan fase sinyal juga sama dengan alternatif pertama yaitu dari utara-selatan-timur-barat menjadi utara-timur-selatan-barat. Untuk fase sinyal alternatif 2 dapat dilihat pada Gambar 5.59 berikut.



Gambar 5. 59 Fase Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 2

Berikut merupakan hasil analisis kinerja lalu lintas simpang Seturan UPN alternatif 2 menggunakan *software VISSIM*.

1. *Delay*

Delay Result pada simpang Seturan UPN Alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut.

Tabel 5. 31 Tundaan Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 2

Lengan	Tundaan (detik)					
	RS 10	RS 25	RS 40	RS 55	RS 70	Rerata
Utara	53,586	55,791	52,905	45,711	52,621	52,123
Timur	24,624	29,868	23,156	23,803	24,959	25,282
Selatan	23,792	24,057	22,812	21,555	23,245	23,092
Barat	52,163	55,531	50,942	61,725	55,707	55,214

Dari Tabel 5.31 diatas, diperoleh data tundaan untuk lengan utara sebesar 52,123 detik, lengan timur sebesar 25,282 detik, lengan selatan sebesar

23,092 detik, dan lengan barat sebesar 55,214 detik. Nilai tundaan terbesar adalah pada lengan barat yaitu sebesar 55,214 detik per kendaraan.

2. *Queue Counter*

Data panjang antrian setiap lengan dapat dilihat pada Tabel 5.32 berikut.

Tabel 5. 32 Panjang Antrian Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 2

Lengan	Panjang Antrian (m)					
	RS 10	RS 25	RS 40	RS 55	RS 70	Rerata
Utara	55,942	44,254	50,975	37,272	48,161	47,321
Timur	126,064	167,020	87,115	197,048	123,778	140,205
Selatan	40,981	48,155	45,140	38,770	40,055	42,620
Barat	99,172	128,444	132,676	187,934	187,164	147,078

Dari Tabel 5.32 diatas, diperoleh nilai panjang antrian pada lengan utara sebesar 47,321 meter, lengan timur sebesar 140,205 meter, lengan selatan sebesar 42,620 meter, dan lengan barat sebesar 147,078 meter. Nilai panjang antrian terbesar adalah pada lengan barat yaitu sebesar 147,078 meter.

3. *Tingkat Pelayanan Simpang (Level Of Service)*

Tingkat pelayanan pada Simpang Seturan UPN alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 5.33 berikut.

Tabel 5. 33 Tingkat Pelayanan Simpang Seturan UPN Alternatif 1

Lengan	Waktu Tundaan (detik)	<i>Level Of Service</i>
Utara	52,123	E
Timur	25,282	D
Selatan	23,092	C
Barat	55,214	E

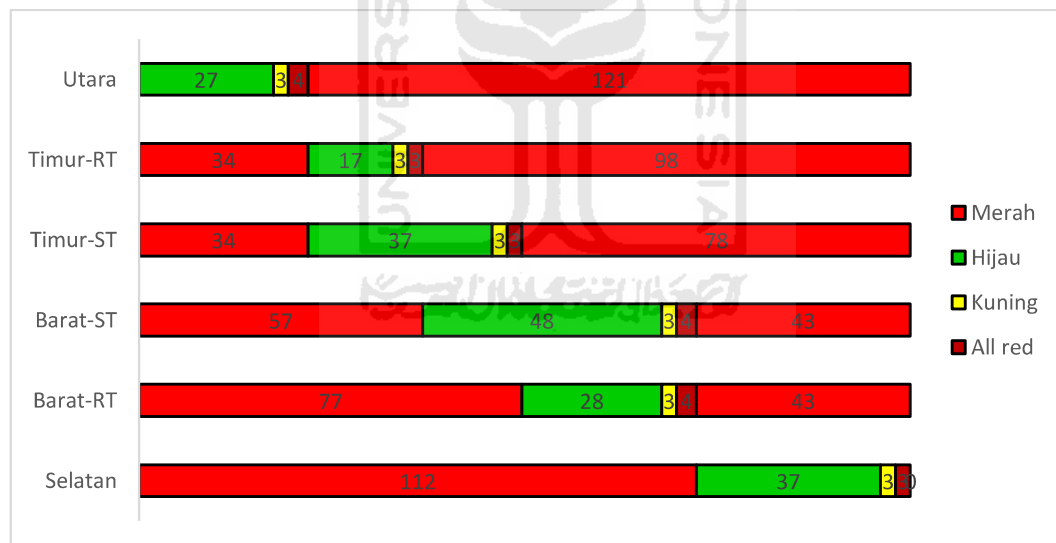
Dari Tabel 5.33 diatas, diperoleh nilai *Level Of Service* pada lengan utara adalah E, lengan timur adalah D, lengan selatan adalah C, dan lengan barat adalah E. Pada lengan utara dan barat nilai LOS adalah E yang menunjukkan waktu tunggu per kendaraan adalah lebih dari 40 sampai dengan 60 detik.

5.4.6 Alternatif Penanganan Dengan Rekayasa Fase Sinyal Lalu Lintas 3

Alternatif ketiga yang dilakukan penulis adalah juga masih dengan melakukan rekayasa fase sinyal lalu lintas. Rekayasa dilakukan dengan menambah fase sinyal sehingga menjadi 5 fase sinyal. Berikut adalah perubahan waktu sinyal yang dapat dilihat pada Tabel 5.34 dan Gambar 5.60.

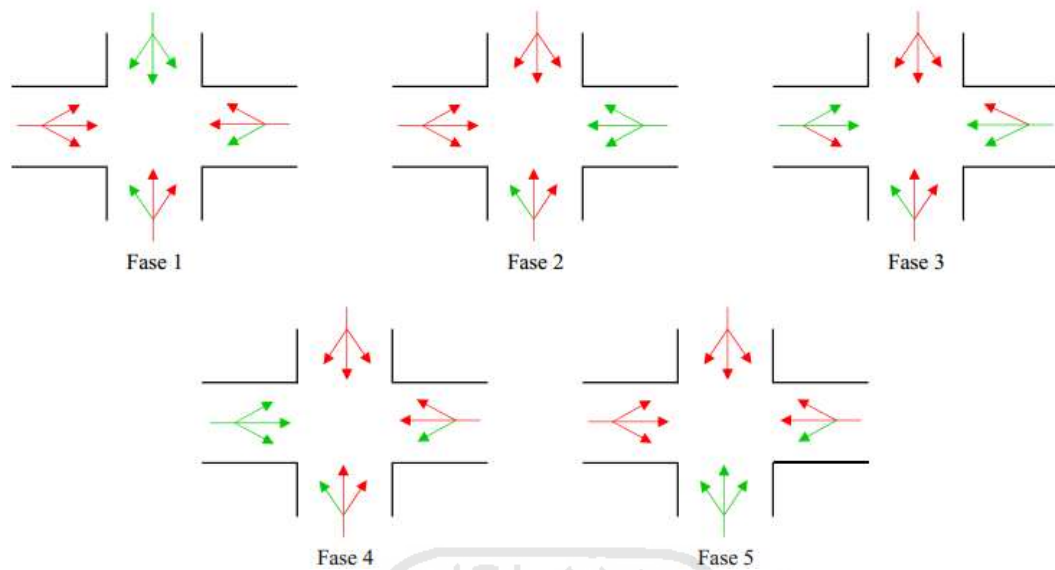
Tabel 5. 34 Pewaktuan Sinyal Lalu Lintas Simpang Seturan UPN Alternatif 1

Lengan	Waktu (detik)				Siklus
	Merah	Hijau	Kuning	All Red	
Utara	121	27	3	4	155
Timur	132	17	3	3	
Timur - ST	112	37	3	3	
Barat - ST	100	48	3	4	
Barat	120	28	3	4	
Selatan	112	37	3	3	



Gambar 5. 60 Grafik Diagram Waktu Siklus Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 3

Untuk fase sinyal yang digunakan juga diubah dari utara-selatan-timur-barat menjadi utara – timur (total RT,ST) – timur (ST) – barat (ST) – barat (total RT,ST) - selatan. Untuk lebih jelasnya fase sinyal alternatif 3 dapat dilihat pada Gambar 5.61 berikut.



Gambar 5. 61 Fase Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 3

Berikut merupakan hasil analisis kinerja lalu lintas simpang Seturan UPN alternatif 3 menggunakan *software VISSIM*.

1. *Delay*

Delay Result pada simpang Seturan UPN Alternatif 3 dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5. 35 Tundaan Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 3

Lengan	Tundaan (detik)					
	RS 10	RS 25	RS 40	RS 55	RS 70	Rerata
Utara	40,503	45,404	40,862	39,095	37,425	40,658
Timur	19,987	15,249	14,824	16,336	15,910	16,461
Selatan	16,566	15,455	15,092	15,141	15,638	15,579
Barat	46,953	47,148	48,986	52,068	51,082	49,247

Dari Tabel 5.35 diatas, diperoleh data tundaan untuk lengan utara sebesar 40,658 detik, lengan timur sebesar 16,461 detik, lengan selatan sebesar 15,579 detik, dan lengan barat sebesar 49,247 detik. Nilai tundaan terbesar adalah pada lengan barat yaitu sebesar 49,247 detik per kendaraan.

2. *Queue Counter*

Data panjang antrian setiap lengan dapat dilihat pada Tabel 5.36 berikut.

Tabel 5. 36 Panjang Antrian Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 3

Lengan	Panjang Antrian (m)					
	RS 10	RS 25	RS 40	RS 55	RS 70	Rerata
Utara	37,745	35,033	34,243	29,899	31,139	33,612
Timur	314,063	332,474	319,109	291,017	322,023	315,737
Selatan	32,069	34,124	34,926	31,880	31,138	32,827
Barat	224,375	238,987	292,701	289,347	284,183	265,919

Dari Tabel 5.36 diatas, diperoleh nilai panjang antrian pada lengan utara sebesar 33,612 meter, lengan timur sebesar 315,737 meter, lengan selatan sebesar 32,827 meter, dan lengan barat sebesar 265,919 meter. Nilai panjang antrian terbesar adalah pada lengan timur yaitu sebesar 315,737 meter.

3. *Tingkat Pelayanan Simpang (Level Of Service)*

Tingkat pelayanan pada Simpang Seturan UPN alternatif 3 dapat dilihat pada Tabel 5.37 berikut.

Tabel 5. 37 Tingkat Pelayanan Simpang Seturan UPN Alternatif 3

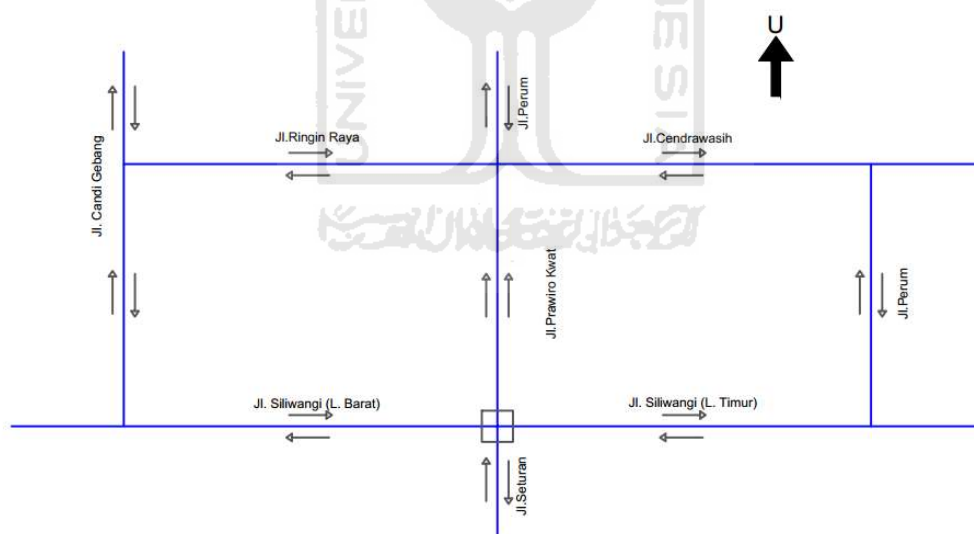
Lengan	Waktu Tundaan (detik)	<i>Level Of Service</i>
Utara	40,658	E
Timur	16,461	C
Selatan	15,579	B
Barat	49,247	E

Dari Tabel 5.37 diatas, diperoleh nilai *Level Of Service* pada lengan utara adalah E, lengan timur adalah C, lengan selatan adalah B, dan lengan barat adalah E. Pada lengan utara dan barat nilai LOS adalah E yang menunjukkan waktu tunggu per kendaraan adalah lebih dari 40 sampai dengan 60 detik.

5.4.7 Alternatif Penanganan Dengan Penerapan Sistem Jalan Satu Arah (*One Way*)

Alternatif keempat yang dilakukan adalah rekayasa lalu lintas dengan penerapan sistem jalan satu arah pada lengan utara. Penerapan sistem satu arah ini untuk meminimalkan antrian kendaraan yang akan masuk ke arah lengan utara. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rofida (2018), penerapan *one way system* di jalan Prawirokwat mempertimbangkan ruas jalan di sekitarnya yang akan mendapatkan beban lalu lintas dari volume lalu lintas ruas Prawirokwat.

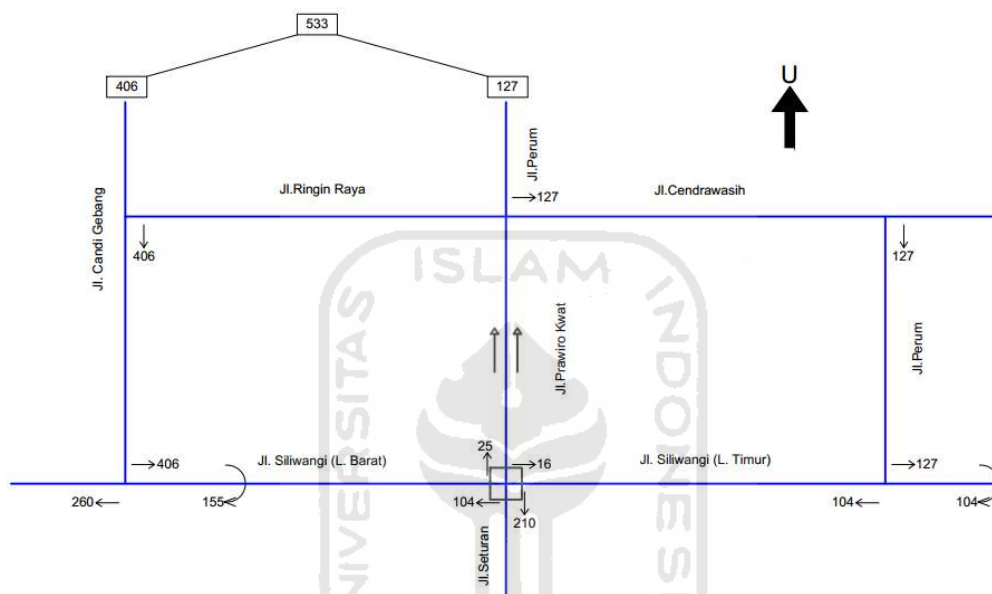
Pada alternatif keempat dilakukan penerapan sistem jalan satu arah (*one way system*) yang hanya berdampak pada simpang yang ditinjau yaitu Simpang Seturan UPN. Arus lalu lintas dari lengan utara menuju simpang dihilangkan dan dibebankan ke lengan simpang yang lain. Arah pergerakan arus lalu lintas dan rute pergerakan dari lengan utara yang dibebankan ke lengan lain dapat dilihat pada Gambar 5.62 dan Gambar 5.63 berikut.



Gambar 5. 62 Arah Pergerakan Kendaraan Ketika *One Way* pada Jalan Prawiro Kwat

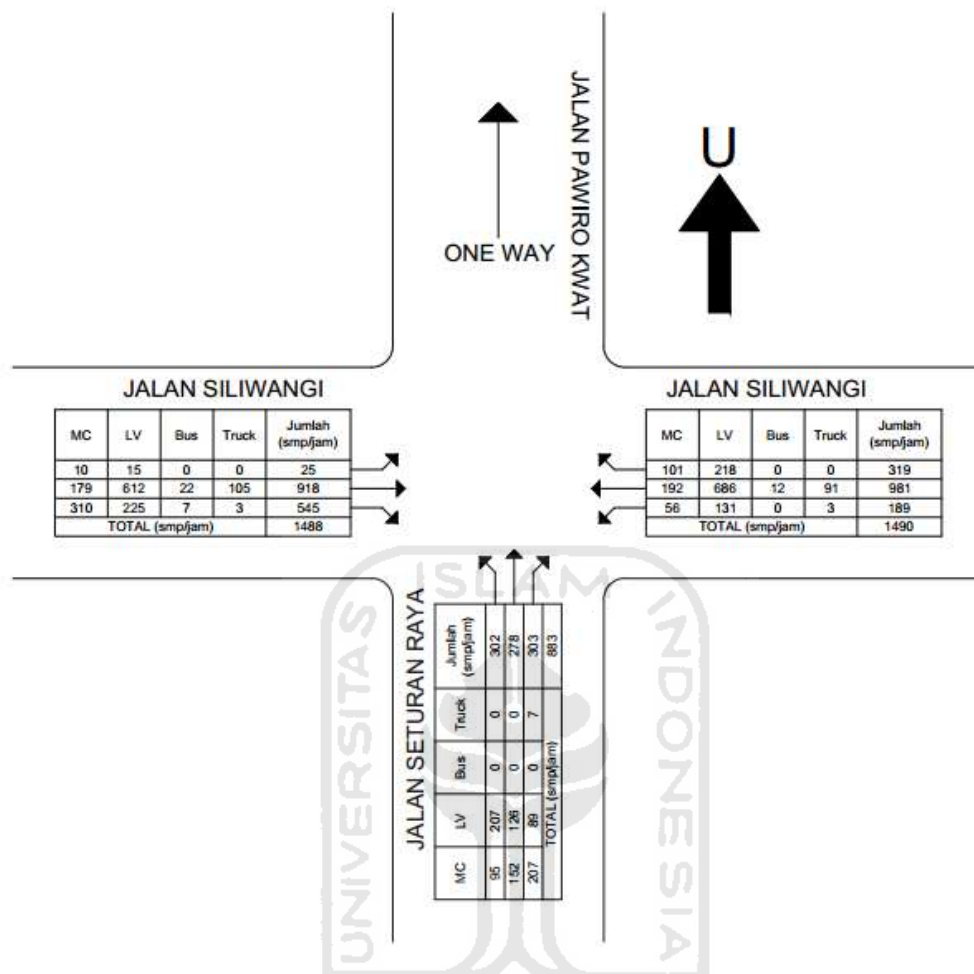
Pada penelitian yang dilakukan oleh Daulay (2018), manajemen lalu lintas dengan mengubah jalan menjadi satu arah tetap membebankan 60% volume kendaraan yang dihilangkan pada ruas jalan tersebut. Pada penelitian ini,

pembebanan pada lengan barat diperoleh dari 60% volume lengan utara yang akan bergerak kearah barat dan 40% volume lengan kearah timur. Sebaliknya pada lengan timur pembebanan yang digunakan adalah 40% volume lengan utara yang akan bergerak kearah barat dan 60% volume lengan utara kearah timur. Volume kendaraan lengan utara yang dibebankan untuk menuju simpang sebesar 62% dari total volume lalu lintas pada lengan utara menuju simpang kondisi eksisting.



Gambar 5. 63 Rute Distribusi Arus Kendaraan Dari Arah Utara (smp/jam)

Dari Gambar 5.63 diatas, diperoleh penambahan beban lalu lintas pada lengan barat sebesar 251 smp/jam dengan pembagian 25 smp/jam ke utara, 16 smp/jam ke timur, 210 smp/jam ke selatan. Penambahan beban lalu lintas pada lengan timur sebesar 104 smp/jam kearah barat. Pembebanan volume lalu dan pergerakan arus lalu lintas pada simpang Seturan UPN ketika dilakukan penerapan sistem jalan satu arah yang dapat dilihat pada Gambar 5.62.

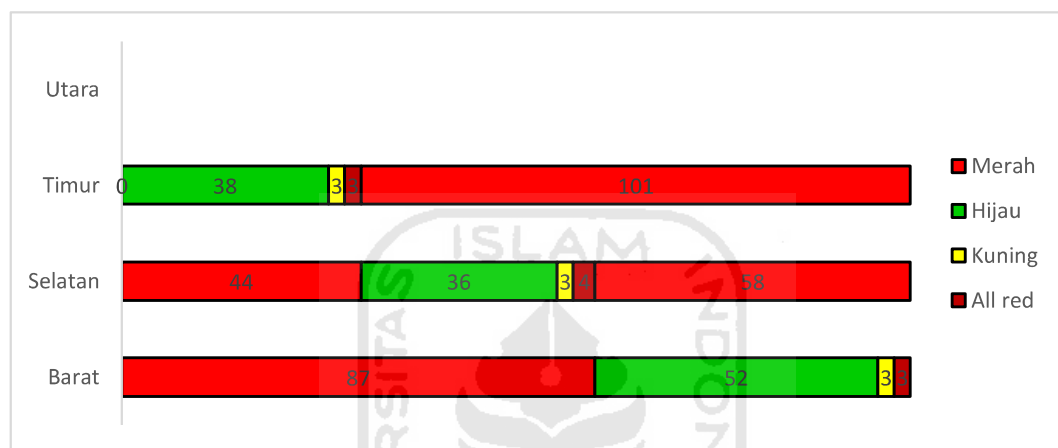


Gambar 5. 64 Distribusi Arus Kendaraan Simpang Seturan UPN Alternatif 4

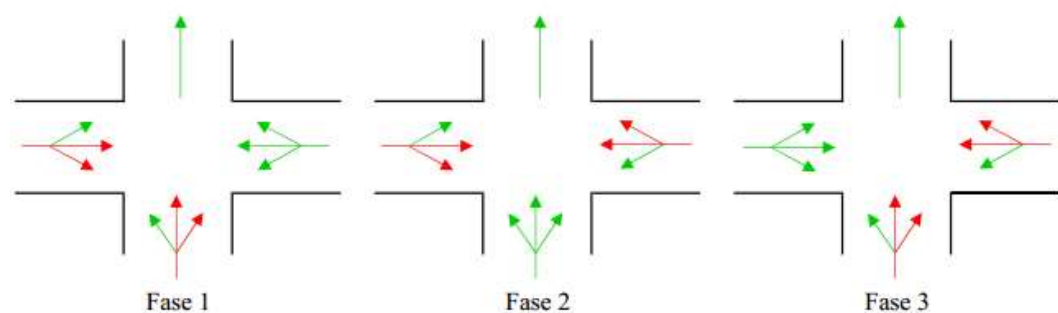
Selain volume kendaraan yang berubah dengan rekayasa lalu lintas satu arah, fase dan pewaktuan sinyal tentunya juga akan berubah. Berikut adalah perubahan waktu dan fase sinyal yang dapat dilihat pada Tabel 5.38 dan Gambar 5.63

Tabel 5. 38 Pewaktuan Sinyal Lalu Lintas Simpang Seturan UPN Alternatif 4

Lengan	Waktu (detik)				Siklus
	Merah	Hijau	Kuning	All Red	
Timur	101	38	3	3	145
Selatan	102	36	3	4	
Barat	87	52	3	3	

**Gambar 5. 65** Grafik Diagram Waktu Siklus Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 4

Untuk fase sinyal yang digunakan juga berubah menjadi 3 fase yaitu timur-selatan-barat. Untuk fase sinyal alternatif 4 dapat dilihat pada Gambar 5.64 berikut.

**Gambar 5. 66** Fase Sinyal Simpang Seturan UPN Alternatif 2

Berikut merupakan hasil analisis kinerja lalu lintas simpang Seturan UPN alternatif 4 menggunakan *software VISSIM*.

1. *Delay*

Delay Result pada simpang Seturan UPN Alternatif 4 dapat dilihat pada Tabel 5.39 berikut.

Tabel 5. 39 Tundaan Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 4

Lengan	Tundaan (detik)					
	RS 10	RS 25	RS 40	RS 55	RS 70	Rerata
Timur	18,824	19,784	16,080	14,917	17,945	17,510
Selatan	13,855	12,659	13,146	13,426	12,857	13,188
Barat	24,645	28,506	27,312	26,793	27,439	26,939

Dari Tabel 5.39 diatas, diperoleh data tundaan untuk lengan timur sebesar 17,510 detik, lengan selatan sebesar 13,188 detik, dan lengan barat sebesar 26,939 detik. Nilai tundaan terbesar adalah pada lengan barat yaitu sebesar 26,939 detik per kendaraan.

2. *Queue Counter*

Data panjang antrian setiap lengan dapat dilihat pada Tabel 5.40 berikut.

Tabel 5. 40 Panjang Antrian Pada Simpang Seturan UPN Alternatif 4

Lengan	Panjang Antrian (m)					
	RS 10	RS 25	RS 40	RS 55	RS 70	Rerata
Timur	102,071	102,166	65,644	58,378	61,807	78,011
Selatan	29,133	30,115	29,592	29,545	27,868	29,251
Barat	103,133	156,573	151,158	117,766	130,488	131,824

Dari Tabel 5.40 diatas, diperoleh nilai panjang antrian pada lengan timur sebesar 78,011 meter, lengan selatan sebesar 29,251 meter, dan lengan barat sebesar 131,824 meter. Nilai panjang antrian terbesar adalah pada lengan barat yaitu sebesar 131,824 meter.

3. *Tingkat Pelayanan Simpang (Level Of Service)*

Tingkat pelayanan pada Simpang Seturan UPN alternatif 4 dapat dilihat pada Tabel 5.41 berikut.

Tabel 5. 41 Tingkat Pelayanan Simpang Seturan UPN Alternatif 4

Lengan	Waktu Tundaan (detik)	<i>Level Of Service</i>
Timur	17,510	C
Selatan	13,188	B
Barat	26,939	D

Dari Tabel 5.41 diatas, diperoleh nilai *Level Of Service* pada lengan timur adalah C, lengan selatan adalah B, dan lengan barat adalah D. Pada lengan barat nilai LOS adalah D yang menunjukkan waktu tunggu per kendaraan adalah lebih dari 25 sampai dengan 40 detik.

5.5 Pembahasan

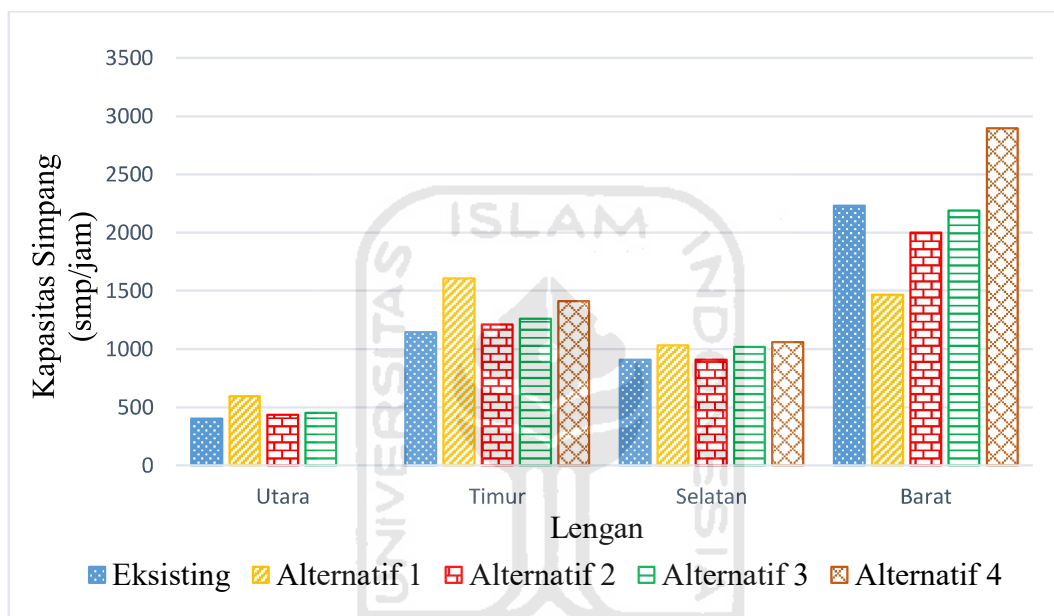
Dengan perhitungan menggunakan metode MKJI 1997, didapatkan perhitungan berupa kapasitas per lengan dari simpang dan derajat kejenuhannya. Kapasitas dan derajat kejenuhan telah dihitung pada 5 kondisi. Dari simulasi dengan *software VISSIM* diperoleh hasil berupa waktu tundaan dan panjang antrian pada setiap lengannya. Telah dilakukan 5 kali simulasi dengan keadaan berbeda yaitu keadaan existing, alternatif 1, alternatif 2, alternatif 3 dan alternatif 4. Dari kelima kondisi tersebut, waktu siklus lebih dari syarat MKJI yaitu 80-130 detik dan diperoleh perbedaan hasil waktu tundaan (*delay result*) dan panjang antrian (*queue result*). Berikut ini akan dibahas perbandingan antara kelima kondisi yang telah disebutkan tadi.

5.5.1 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Terdapat perbedaan kapasitas simpang pada setiap kondisi, hal ini dikarenakan kapasitas simpang juga berpengaruh terhadap pengaturan waktu sinyal lalu lintas pada simpang. Sehingga perbandingan kapasitas tiap kondisi dapat dilihat pada tabel 5.42 dan secara visualisasi dapat dilihat pada gambar 5.67 berikut.

Tabel 5. 42 Perbandingan Kapasitas

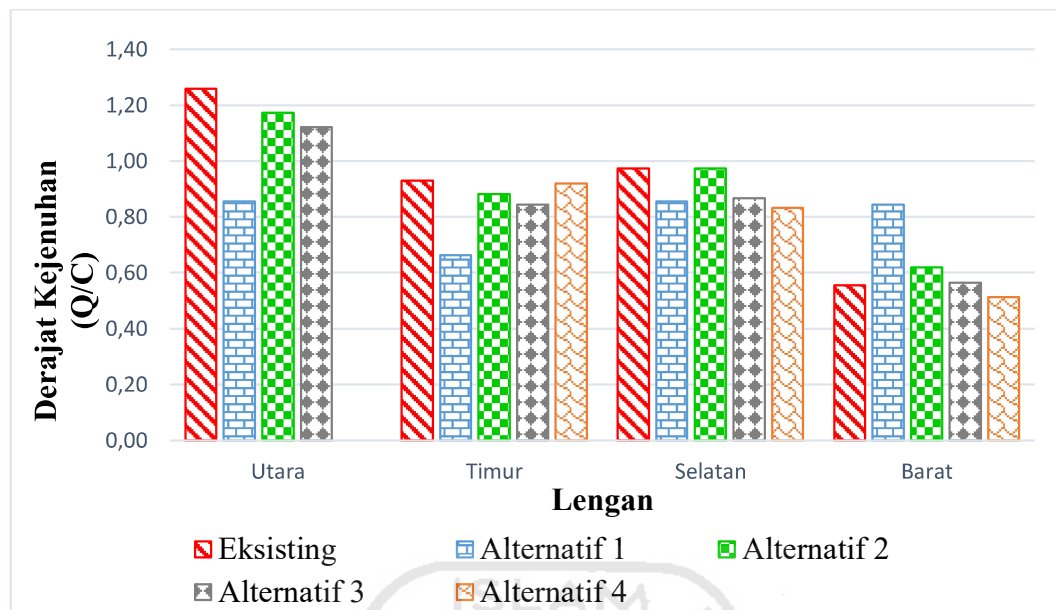
Lengan	Eksisting (smp/jam)	Alternatif 1 (smp/jam)	Alternatif 2 (smp/jam)	Alternatif 3 (smp/jam)	Alternatif 4 (smp/jam)
Utara	404	593,60	433,56	453,14	0
Timur	1146	1604,31	1207,88	1261,38	1412,295
Selatan	908	1031,28	907,64	1018,89	1059,726
Barat	2230	1464,80	1997,65	2190,78	2898,921

**Gambar 5. 67 Grafik Perbandingan Kapasitas**

Berikut adalah perbandingan derajat kejenuhan pada setiap kondisi beserta dengan kinerja dalam persen dapat dilihat pada tabel 5.43 dan secara visualisasi dapat dilihat pada gambar 5.68 berikut.

Tabel 5. 43 Perbandingan Derajat Kejenuhan

Lengan	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Utara	1,26	0,86 (32%)	1,17 (7%)	1,12 (11%)	0,00
Timur	0,93	0,66 (29%)	0,88 (5%)	0,85 (9%)	0,92 (1%)
Selatan	0,97	0,86 (12%)	0,97 (0%)	0,87 (11%)	0,83 (14%)
Barat	0,55	0,84 (-52%)	0,62 (-12%)	0,56(-2%)	0,51 (7%)



Gambar 5. 68 Grafik Perbandingan Derajat Kejenuhan

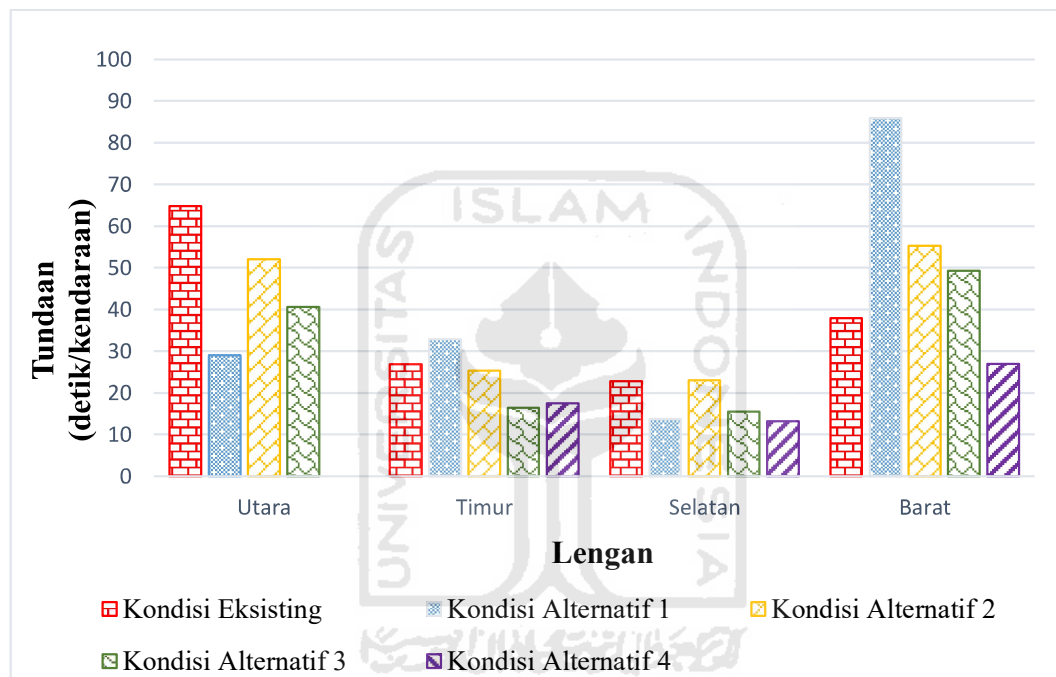
Dari tabel dan grafik diatas, diperoleh nilai derajat kejenuhan pada setiap kondisi tidak mengalami perbedaan yang cukup signifikan. Pada lengan utara mengalami kenaikan kinerja nilai derajat kejenuhan yaitu, 32% untuk kondisi alternatif 1, 7% untuk alternatif 2, dan 11% untuk alternatif 3. Pada lengan timur juga mengalami kenaikan kinerja nilai derajat kejenuhan yaitu sebesar 39% untuk alternatif 1, 5% untuk alternatif 2, 9% untuk alternatif 3, dan 1% untuk alternatif 4. Pada lengan selatan juga mengalami kenaikan kinerja nilai derajat kejenuhan yaitu sebesar 12% untuk alternatif 2, 11% untuk alternatif 3, dan 14% untuk alternatif 4. Pada lengan barat lebih banyak mengalami penurunan kinerja kecuali untuk kondisi alternatif 4 yaitu sebesar 7 %.

5.5.2 Waktu Tundaan (*Delay Result*)

Terdapat perbedaan waktu tundaan antara kondisi eksisting, alternatif 1 (rekayasa fase sinyal lalu lintas 1), alternatif 2 (rekayasa fase sinyal lalu lintas 2), alternatif 3 (rekayasa fase sinyal lalu lintas 3), dan alternatif 4 (penerapan sistem jalan satu arah). Perbandingan dari waktu tundaan dapat dilihat pada Tabel 5.44 dan Gambar 5.69 berikut.

Tabel 5. 44 Perbandingan Waktu Tundaan

Lengan	Tundaan (detik/kendaraan)				
	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Utara	65	29	52	41	0
Timur	27	33	25	16	18
Selatan	23	14	23	16	13
Barat	38	86	55	49	27

**Gambar 5. 69 Grafik Perbandingan Waktu Tundaan**

Dari tabel dan grafik diatas, diperoleh penurunan waktu tundaan pada lengan utara bila dibandingkan dengan keadaan eksisting yaitu sebesar 35,796 detik/kendaraan untuk alternatif 1, 12,731 detik/kendaraan untuk alternatif 2, dan 24,196 detik/kendaraan untuk alternatif 3. Waktu tundaan pada lengan timur yaitu naik sebesar 5,992 detik/kendaraan untuk alternatif 1, turun sebesar 1,529 detik/kendaraan untuk alternatif 2, turun sebesar 10,349 detik/kendaraan untuk alternatif 3 dan turun sebesar 9,301 detik/kendaraan untuk alternatif 4.

Penurunan waktu tundaan pada lengan selatan yaitu sebesar 8,987 detik/kendaraan untuk alternatif 1, 7,188 detik/kendaraan untuk alternatif 3 dan

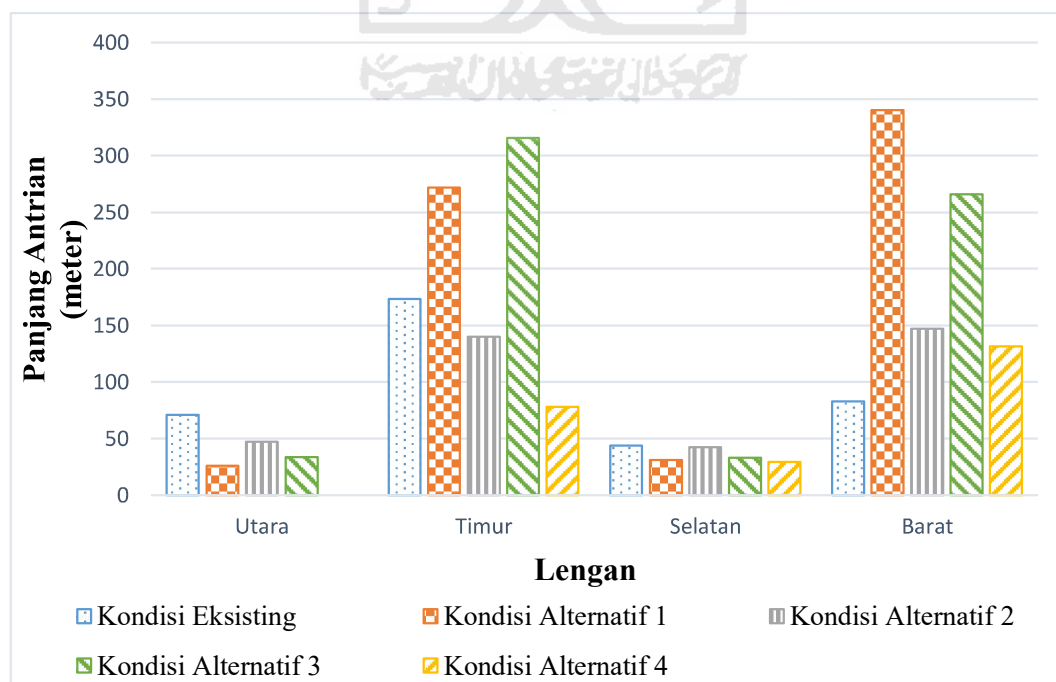
9,578 detik/kendaraan untuk alternatif 4. Pada alternatif 2 waktu tundaan naik sebesar 0,326 detik/kendaraan pada lengan selatan. Waktu tundaan pada lengan barat untuk alternatif 1 terjadi kenaikan sebesar 48,027 detik/kendaraan, alternatif 2 terjadi kenaikan sebesar 17,225 detik/kendaraan, alternatif 3 terjadi kenaikan sebesar 11,259 detik/kendaraan dan pada alternatif 4 terjadi penurunan sebesar 11,050 detik/kendaraan bila dibandingkan dengan kondisi eksisting.

5.5.3 Panjang Antrian (*Queue Result*)

Perbandingan nilai panjang antrian dapat dilihat pada Tabel 5.45 dan Gambar 5.70 berikut.

Tabel 5. 45 Perbandingan Nilai Panjang Antrian

Lengan	Panjang Antrian (m)				
	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Utara	71	26	47	34	0
Timur	173	272	140	316	78
Selatan	44	31	43	33	29
Barat	83	341	147	266	132



Gambar 5. 70 Grafik Perbandingan Nilai Panjang Antrian

Dari tabel dan grafik diatas, diperoleh tren penurunan nilai panjang antrian pada lengan utara bila dibandingkan dengan keadaan eksisting yaitu sebesar 44,866 meter untuk alternatif 1, 23,576 meter untuk alternatif 2, dan 70,896 meter untuk alternatif 3. Pada lengan timur terjadi kenaikan nilai panjang antrian pada alternatif 1 sebesar 98,551 meter dan alternatif 3 sebesar 142,394 meter. Penurunan nilai panjang antrian pada lengan timur yaitu sebesar 33,138 meter untuk alternatif 2 dan 95,332 meter untuk alternatif 4.

Penurunan nilai panjang antrian pada lengan selatan yaitu sebesar 12,981 meter untuk alternatif 1, 1,285 meter untuk alternatif 2, 11,078 meter untuk alternatif 3 dan 14,654 meter untuk alternatif 4. Nilai panjang antrian pada lengan barat terjadi kenaikan sebesar 257,575 meter untuk alternatif 1, 64,107 meter untuk alternatif 2, 182,948 meter untuk alternatif 3 dan 48,453 meter pada alternatif 4 bila dibandingkan dengan kondisi eksisting.

5.5.4 Perbandingan Kinerja Lalu Lintas

Hasil analisis dengan simulasi *software VISSIM* dihitung pada setiap lengan untuk mendapatkan kinerja pada simpang. Perbandingan kinerja waktu tundaan dan nilai panjang antrian pada setiap kondisi untuk lengan utara dapat dilihat pada Tabel 5.46 berikut.

Tabel 5. 46 Perbandingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Utara

Kondisi	Tundaan (detik/kendaraan)	Panjang Antrian (meter)	<i>Level Of Service (LOS)</i>
Eksisting	64,854	70,896	F
Alternatif 1	29,058 (55%)	26,030 (63%)	D
Alternatif 2	52,123 (20%)	47,321 (33%)	E
Alternatif 3	40,658 (37%)	33,612 (53%)	E
Alternatif 4	0	0	-

Dari Tabel 5.46 diatas, dapat disimpulkan bahwa kinerja lalu lintas pada lengan utara yang paling baik adalah pada kondisi alternatif 1 dengan kenaikan kinerja waktu tundaan sebesar 55% menjadi 29,058 detik/kendaraan dan kenaikan

kinerja panjang antrian sebesar 63% menjadi 26,030 meter serta nilai *Level Of Service* adalah D. Perbandingan kinerja waktu tundaan dan nilai panjang antrian pada setiap kondisi untuk lengan timur dapat dilihat pada Tabel 5.47 berikut.

Tabel 5. 47 Perbandingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Timur

Kondisi	Tundaan (detik/kendaraan)	Panjang Antrian (meter)	<i>Level Of Service (LOS)</i>
Eksisting	26,810	173,343	D
Alternatif 1	32,802 (-22%)	271,894 (-57%)	D
Alternatif 2	25,282 (6%)	140,205 (19%)	D
Alternatif 3	16,461 (39%)	315,737 (-82%)	C
Alternatif 4	17,510 (35%)	78,011 (55%)	C

Dari Tabel 5.47 diatas, dapat disimpulkan bahwa kinerja waktu tundaan pada lengan timur yang paling baik adalah pada kondisi alternatif 3 dengan kenaikan kinerja sebesar 39% menjadi 16,461 detik/kendaraan dan nilai *Level Of Service* adalah C. Kenaikan kinerja panjang antrian yang paling baik adalah pada alternatif 4 sebesar 55% menjadi 78,011 meter. Perbandingan kinerja waktu tundaan dan nilai panjang antrian pada setiap kondisi untuk lengan selatan dapat dilihat pada Tabel 5.48 berikut.

Tabel 5. 48 Perbandingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Selatan

Kondisi	Tundaan (detik/kendaraan)	Panjang Antrian (meter)	<i>Level Of Service (LOS)</i>
Eksisting	22,767	43,905	C
Alternatif 1	13,780 (39%)	30,924 (30%)	B
Alternatif 2	23,092 (-1%)	42,620 (3%)	C
Alternatif 3	32,827 (-44%)	32,827 (25%)	C
Alternatif 4	13,188 (42%)	29,251 (33%)	B

Dari Tabel 5.48 diatas, dapat disimpulkan bahwa kinerja lalu lintas pada lengan selatan yang paling baik adalah pada kondisi alternatif 4 dengan kenaikan kinerja waktu tundaan sebesar 42% menjadi 13,188 detik/kendaraan dan kenaikan kinerja panjang antrian sebesar 33% menjadi 29,251 meter serta nilai *Level Of Service* adalah B. Perbandingan kinerja waktu tundaan dan nilai panjang antrian pada setiap kondisi untuk lengan barat dapat dilihat pada Tabel 5.49 berikut.

Tabel 5. 49 Perbandingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Barat

Kondisi	Tundaan (detik/kendaraan)	Panjang Antrian (meter)	<i>Level Of Service (LOS)</i>
Eksisting	37,989	82,971	D
Alternatif 1	86,016 (-126%)	340,546 (-310%)	F
Alternatif 2	55,214 (-45%)	147,078 (-77%)	E
Alternatif 3	49,247 (-30%)	265,919 (-220%)	E
Alternatif 4	26,939 (29%)	131,824 (-59%)	D

Dari Tabel 5.49 diatas, dapat disimpulkan bahwa kinerja lalu lintas pada lengan selatan yang paling baik adalah pada kondisi alternatif 4 dengan kenaikan kinerja waktu tundaan sebesar 29% menjadi 26,939 detik/kendaraan dan mengalami penurunan kinerja panjang antrian sebesar -59% menjadi 131,824 meter serta nilai *Level Of Service* adalah D.

Dari hasil penelitian Rofida Tahun 2018 tentang desain penerapan sistem jalan satu arah pada ruas jalan prawirokuat bahwa kinerja ruas jalan sebelum dan sesudah dilakukan sistem satu arah menjadi lebih baik. Rofida (2018) membandingkan derajat kejenuhan eksisting yaitu 0,71 dan DS satu arah yaitu 0,43 dengan peningkatan kinerja sebesar 39%. Pada penelitian ini penulis tidak membandingkan DS pada ruas jalan, tetapi membandingkan kinerja pada simpang Seturan UPN berdasarkan nilai tundaan kendaraan, derajat kejenuhan, dan panjang antrian setiap ruas ketika akan memasuki simpang. Dari analisis diperoleh bahwa kinerja setiap ruas jalan dengan penerapan sistem jalan satu arah lebih baik $\geq 29\%$ dibandingkan dengan keadaan eksisting.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis dan permodelan 4 alternatif pada simpang Seturan UPN dengan *Software VISSIM*. Maka diperoleh kesimpulan seperti dibawah ini.

1. Kinerja lalu lintas simpang pada kondisi eksisting dinilai cukup baik kecuali pada lengan utara dengan nilai waktu tundaan sebesar 64,854 detik/kendaraan dengan nilai *Level Of Service* adalah F. Nilai panjang antrian yang paling buruk adalah pada lengan timur sebesar 171,343 meter.
2. Manajemen lalu lintas dengan penerapan sistem jalan satu arah paling efektif dilakukan karena berpengaruh signifikan terhadap kinerja lengan lainnya. Lengan timur memiliki tingkat pelayanan C dengan nilai tundaan 17,510 detik/kendaraan. Lengan selatan memiliki tingkat pelayanan B dengan nilai tundaan 13,188 detik/kendaraan. Lengan barat memiliki tingkat pelayanan D dengan nilai tundaan 26,939 detik/kendaraan. Akan tetapi, penerapan sistem jalan satu arah pada ruas jalan prawirokuat tidak mempertimbangkan kondisi ruas jalan terdampak lainnya dan hanya berfokus pada kinerja simpang. Volume lalu lintas yang dibebankan pada ruas jalan terdampak lainnya tidak dilakukan survey *traffic counting* (TC) dan geometri jalan.

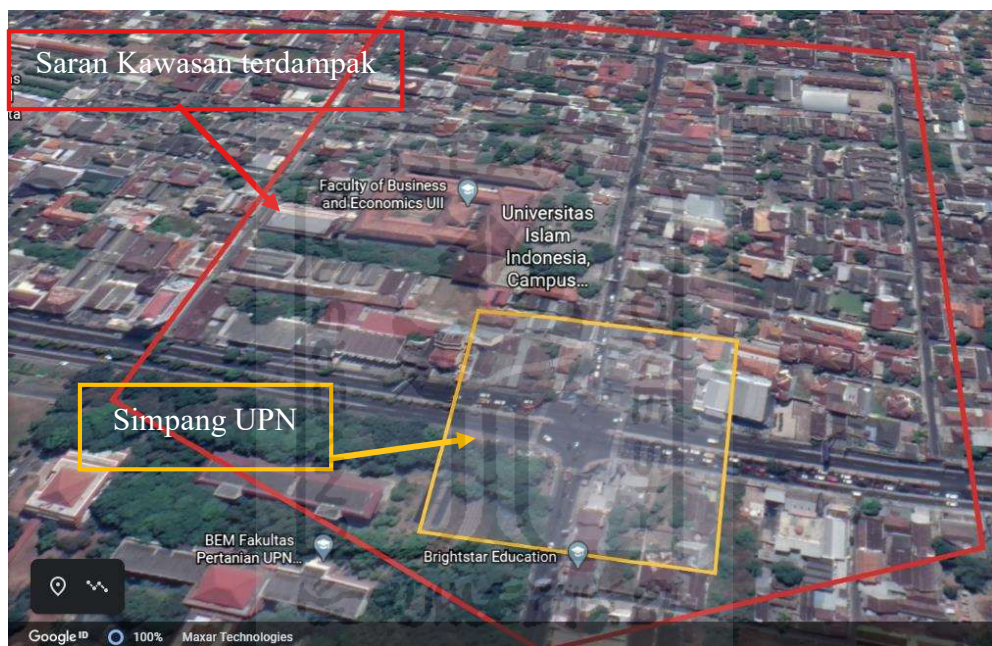
6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan permodelan dengan *software VISSIM*, dapat diberikan beberapa saran terkait penelitian yang dilakukan penulis dan untuk pengembangan penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik.

1. Penelitian yang akan dilakukan selanjutnya sebaiknya menggunakan metode pengambilan data langsung secara simultan dilapangan yaitu volume lalu lintas, geometri, *driving behavior*, dan kecepatan kendaraan.
2. Penelitian pada simpang bersinyal yang memiliki tingkat pelayanan buruk dapat diberikan alternatif berupa manajemen lalu lintas dengan penerapan

sistem jalan satu arah dan ditambah dengan alternatif simpang tidak sebidang dapat berupa *flyover*, *underpass*, dan gabungan antara keduanya.

3. Penelitian selanjutnya yang ingin menerapkan sistem jalan satu arah pada ruas jalan prawirokuat dapat mempertimbangkan ruas jalan terdampak lainnya untuk pembebanan akibat volume ruas jalan prawirokuat dari arah utara yang ingin menuju simpang. Kawasan ruas jalan terdampak yang disarankan penulis untuk diberikan pembebanan volume lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 5.71 berikut.



Gambar 5. 71 Kawasan Ruas Jalan Terdampak Yang Disarankan

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, W. S. (2017). Pengaruh Perubahan Sistem Satu Arah Ruas Purwosari-Gendengan Terhadap Kinerja Simpang Jackstar. *Tugas Akhir*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Andrian, Rori; Cahyono, Setiyo Daru; Rohman, Rosyid Kholilur. (2019). Pengaruh Perubahan Sistem Satu Arah Pada Ruas Jalan Panglima Sudirman 2 Terhadap Kinerja Ruas Jalan di Sekitarnya. *Seminar Nasional Infrastruktur Berkelanjutan Era Revolusi Industri 4.0 Institut Teknologi Nasional* (pp. VI-19;VI-24). Malang: Universitas Merdeka Madiun.
- Anonim. (2015). *Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Aryadi, R. D., & Munawar, A. (2014). Penggunaan Software Vissim Untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta). *The 17th FSTPT International Symposium, Jember University*.
- Budiman, A., Intari, D. E., & Sianturi, L. (2016). Analisis Kapasitas Dan Tingkat Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Palima. *Jurnal Fondasi, Volume 5 No 1*, 69-78.
- Daulay, M. R., & Romadhona, P. J. (2018). Estimasi Kinerja Ruas Jalan Dengan Pengaturan Lalu Lintas Satu Arah Pada Kawasan Jetis, Yogyakarta. *Jurnal Teknisia, Volume XXIII, No 1*, 439-448.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Eisele, W., Frawley, W., Park, E. S., & Robertson, J. (2012). Safety and Economic Impacts of Converting Two-Way Frontage Roads to One-Way Operation. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No.2301, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C.*, 66-75.

- Handayarsi, I., Rokhman, A., & Halusman, S. (2019). Optimalisasi Kinerja Simpang APILL Puri Kembangan Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014. *Jurnal Konstruksia, Volume 11 Nomer 1*, 33-40.
- Hidayati, R., Widodo, S., & Sumiyattinah. (2018). Penggunaan Software Vissim untuk Analisa Simpang Bersinyal (Studi kasus: Jl. Sultan Hamid - Jl. Tanjung Raya I - Jl. Perintis Kemerdekaan - Jl. Tanjung Raya II Pontianak). *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Vol 5, No 3*, 1-13.
- Hutabarat, F. (2013, Mei 24). *Teori Persimpangan*. Retrieved from wordpress.com: <https://geotranspot.wordpress.com/2013/05/24/teori-persimpangan/>
- Maulana, A., & Nugraha, F. A. (2019, Agustus). Studi Mikrosimulasi Penilaian Kinerja Persimpangan Bersinyal Jalan Ir. H Juanda - Cikapayang. *Jurnal Teknik Sipil ITB Vol. 26 No. 2*, 183-188.
- Putra, A. A., Arsyad, L. M., & Aswandri. (2019). Optimalisasi Fase, Untuk Meningkatkan Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan H.E.A.Mokodompit - M.T. Haryono). *STABILITA Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Volume 7, Nomer 3*, 253-266.
- Rofida, I. (2018). Perbandingan Kinerja Ruas Jalan Sebelum dan Sesudah Penerapan Sistem Jalan Satu Arah di Jalan Prawirokuat. *Tugas Akhir*. Sleman: Universitas Islam Indonesia.
- U.S Department of Transportation. (2008). *Traffic Signal Timing Manual*. Washington, DC: Federal Highway Administration.
- Welendo, L., & Syamsu, A. S. (2017). Evaluasi Waktu Siklus Pada Simpang Bersinyal Jalan MT. Haryono - Laode Hadi - Brigjen M. Yoenes Kota Kendari. *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 9, No. 1*, 46-53.

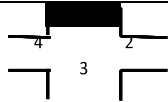


LAMPIRAN



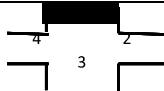
LAMPIRAN 1



Tabel L-1.1 Volume Lalu Lintas Lengan Utara 20 September 2018

Survey																
Turning Movement													ANGKASA PURA II <small>INDONESIA AIRPORT COMPANY</small> <small>PT. ANGKASA PURA II</small>		PUSTAL-UGM <small>Pusat Studi Transportasi dan Logistik</small>	
Lalu Lintas													Hari : Kamis		Tanggal : 20 September 2018	
Simpang													Hambatan samping :			
Nama Surveyor													Hari : Kamis		Tanggal : 20 September 2018	
Cuaca													Hambatan samping :			
Hari/ Tanggal													Hambatan samping :			
Periode	Sepeda Motor (Sepeda Motor, Scooter)			Kendaraan Ringan Penumpang (Sedan, Jeep, Station Wagon, Van)			Kendaraan Berat (Bis) (Bus <20 penumpang, Bus >20 penumpang)			Kendaraan Berat (Truk) (Box, Pick Up, Truk 2 as, Truk 3 as, Truk Gandeng)			TOTAL			
	↶	↷	↸	↶	↷	↸	↶	↷	↸	↶	↷	↸				
06.00 - 06.15	6,2	8,2	1,4	26	8	15	0	0	0	0	1,3	0	66,1			
06.15 - 06.30	5	26,6	6	29	12	17	0	0	0	0	0	2,6	98,2			
06.30 - 06.45	6,6	17,8	8,6	37	18	24	0	0	0	0	1,3	0	113,3			
06.45 - 07.00	5,6	20,4	9,8	39	59	42	0	3,9	0	0	1,3	1,3	182,3			
07.00 - 07.15	5,4	19,4	5,6	32	14	20	0	0	0	0	0	0	96,4			
07.15 - 07.30	5,2	20,2	8,8	39	17	17	0	0	0	0	0	0	107,2			
07.30 - 07.45	5,4	23,4	9,6	45	19	19	0	0	0	0	0	0	121,4			
07.45 - 08.00	4,4	18,6	5,6	36	17	16	0	0	0	0	0	0	97,6			
08.00 - 08.15	6	16	8	55	15	25	0	0	0	0	2,6	0	127,6			
08.15 - 08.30	7	19	9,4	45	17	22	0	0	0	0	0	0	119,4			
08.30 - 08.45	6,8	23,4	11,6	38	18	13	0	0	0	0	0	0	110,8			
08.45 - 09.00	7,4	19,4	8	31	16	15	0	0	1,3	0	0	0	98,1			
11.00 - 11.15	4	10	1,4	0	31	19	0	0	0	0	1,3	1,3	68			
11.15 - 11.30	3	11,6	4,2	0	19	12	0	0	0	1,3	0	1,3	52,4			
11.30 - 11.45	3,8	17,8	11,6	12	21	18	0	0	0	0	1,3	1,3	86,8			
11.45 - 12.00	3,6	7,8	7,2	6	20	7	0	0	0	0	1,3	0	52,9			
12.00 - 12.15	3,6	8	13,6	6	22	15	0	0	0	1,3	0	0	69,5			
12.15 - 12.30	4	17	20,2	4	18	19	0	0	0	0	6,5	0	88,7			
12.30 - 12.45	4	24,4	26,4	4	20	16	0	0	0	0	0	0	94,8			
12.45 - 13.00	4,2	20,4	39,6	5	23	17	0	0	0	1,3	0	0	110,5			
13.00 - 13.15	5,6	21,6	42	6	24	15	0	0	0	0	0	0	114,2			
13.15 - 13.30	2,8	23	33,6	2	21	9	0	0	0	2,6	0	0	94			
13.30 - 13.45	5,2	22,8	24,6	5	20	10	0	0	0	0	0	0	87,6			
13.45 - 14.00	5,8	22,6	28,6	5	23	13	0	0	0	0	0	0	98			
16.00 - 16.15	4	16,6	16,4	9	32	21	0	0	0	0	0	0	99			
16.15 - 16.30	3,8	20,8	20,2	3	31	27	0	0	0	0	1,3	0	107,1			
16.30 - 16.45	3,4	25,6	21,8	4	21	25	3,9	0	0	1,3	1,3	0	107,3			
16.45 - 17.00	4,2	25,8	25,2	4	27	19	0	0	0	2,6	0	0	107,8			
17.00 - 17.15	5	24,2	60	9	21	22	0	0	0	0	0	0	141,2			
17.15 - 17.30	4,6	28,4	37,2	4	29	21	0	0	0	0	0	0	124,2			
17.30 - 17.45	3,8	21,2	44,4	3	33	24	0	0	0	0	0	0	129,4			
17.45 - 18.00	6,2	24,4	34	3	29	17	0	0	0	0	0	0	113,6			
18.00 - 18.15	7,2	29,8	27,2	4	19	21	0	0	0	0	0	0	108,2			
18.15 - 18.30	4	29	34	3	21	13	0	0	0	0	0	0	104			
18.30 - 18.45	4	20,8	31,4	21	22	19	0	0	0	0	0	0	118,2			
18.45 - 19.00	2,6	26,4	33,8	5	20	21	0	0	0	0	0	0	108,8			

Tabel L-1.2 Volume Lalu Lintas Lengan Utara 22 September 2018

Survey Turning Movement Lalu Lintas Sempang								ANGKASA PURA II INDONESIA'S AIRPORT COMPANY			PUSTRAL-UGM Pusat Studi Transportasi dan Logistik Pusat Studi Transportasi dan Logistik			
Nama Surveyor :		Hari :						: Sabtu			: 22 September 2018			
Cuaca :		Hambatan samping :												
Hari/ Tanggal :		Sepeda Motor (Sepeda Motor, Scooter)			Kendaraan Ringan Penumpang (Sedan, Jeep, Station Wagon, Van)			Kendaraan Berat (Bis) (Bus <20 penumpang, Bus >20 penumpang)			Kendaraan Berat (Truk) (Box, Pick Up, Truk 2 as, Truk 3 as, Truk Gandeng)			TOTAL
Periode	←		↑		→		←		↑		→		TOTAL	
	06.00 - 06.15	5	13,4	6,4	22	12	13	0	0	0	0	0		0
06.15 - 06.30	4,4	18,6	8,2	27	9	15	0	1,3	0	0	0	0	83,5	
06.30 - 06.45	5,4	18	7,4	33	11	22	0	1,3	0	0	0	0	98,1	
06.45 - 07.00	5,8	17,4	8,8	35	16	25	1,3	1,3	0	0	0	0	110,6	
07.00 - 07.15	5	20,2	10	32	22	22	0	0	1,3	0	0	0	112,5	
07.15 - 07.30	4,4	19,6	9	36	19	31	1,3	0	0	0	0	1,3	121,6	
07.30 - 07.45	4,8	18,8	7,4	31	22	27	0	1,3	1,3	0	0	0	113,6	
07.45 - 08.00	5,4	22,6	6,6	27	24	26	0	0	0	0	0	0	111,6	
08.00 - 08.15	6,4	19,4	10,8	41	16	21	0	0	1,3	0	2,6	0	118,5	
08.15 - 08.30	6,8	20,8	11,2	29	18	22	0	0	0	0	0	0	107,8	
08.30 - 08.45	7,4	19	9	29	16	23	0	0	0	0	0	1,3	104,7	
08.45 - 09.00	6,8	16	10,2	33	17	25	0	1,3	0	1,3	0	0	110,6	
11.00 - 11.15	4,4	12,2	9,4	5	29	20	0	0	0	0	1,3	0	81,3	
11.15 - 11.30	4,6	11,8	10,2	7	25	17	0	0	0	1,3	0	1,3	78,2	
11.30 - 11.45	3,8	17,6	7,2	3	31	14	0	0	0	0	2,6	1,3	80,5	
11.45 - 12.00	3,6	11,2	10	6	27	18	0	0	0	0	1,3	0	77,1	
12.00 - 12.15	5	12,2	26,8	5	25	19	0	0	0	1,3	0	0	94,3	
12.15 - 12.30	3,4	16,2	23,8	5	24	16	0	0	0	0	1,3	0	89,7	
12.30 - 12.45	3,8	20,4	24,2	4	22	17	0	0	0	0	0	0	91,4	
12.45 - 13.00	4,2	24,6	35,6	7	21	19	0	0	0	1,3	2,6	0	115,3	
13.00 - 13.15	5,6	23	38	5	23	16	0	0	0	0	0	0	110,6	
13.15 - 13.30	4,8	21,4	33,6	3	19	19	0	0	0	0	0	1,3	102,1	
13.30 - 13.45	3,2	24,8	31,2	4	22	13	0	0	0	1,3	0	0	99,5	
13.45 - 14.00	3,8	26,2	29	7	20	15	0	0	0	0	0	0	101	
16.00 - 16.15	4,8	21	19,8	11	33	22	0	0	0	0	0	0	111,6	
16.15 - 16.30	4	20,2	17,4	15	34	28	0	0	0	0	0	0	118,6	
16.30 - 16.45	3,8	26,2	15,4	12	28	27	0	0	0	0	1,3	0	113,7	
16.45 - 17.00	3,4	23	17,8	14	31	29	0	0	0	0	0	0	118,2	
17.00 - 17.15	4,8	20,8	13,6	11	36	23	0	0	0	0	0	0	109,2	
17.15 - 17.30	4,4	23	18,8	17	41	22	0	0	0	0	1,3	0	127,5	
17.30 - 17.45	3,6	20,6	26,8	21	39	19	0	0	0	0	0	0	130	
17.45 - 18.00	6,8	23	29	23	32	26	0	0	0	0	1,3	0	141,1	
18.00 - 18.15	9,4	28,2	37,8	22	26	29	0	0	0	0	0	0	152,4	
18.15 - 18.30	9,2	20,4	34,4	19	30	27	0	0	0	0	0	1,3	141,3	
18.30 - 18.45	8	21,4	33,8	21	28	26	0	0	0	0	0	0	138,2	
18.45 - 19.00	6,6	23,8	41	15	34	30	0	0	0	0	0	1,3	151,7	

Tabel L-1.3 Volume Lalu Lintas Lengan Timur 20 September 2018

Periode	Sepeda Motor (Sepeda Motor, Scooter)			Kendaraan Ringan Penumpang (Sedan, Jeep, Station Wagon, Van)			Kendaraan Berat (Bis) (Bus <20 penumpang, Bus >20 penumpang)			Kendaraan Berat (Truk) (Pick Up, Truk 2 as, Truk 3 as, Truk Gandeng)			TOTAL
	↶	↷	↸	↶	↷	↸	↶	↷	↸	↶	↷	↸	
06.00 - 06.15	23,2	26,6	7,4	38	116	11	1,3	6,5	0	0	22,1	1,3	253,4
06.15 - 06.30	33	26,6	2,8	79	176	11	0	2,6	0	0	15,6	0	346,6
06.30 - 06.45	41,8	48,6	19,4	109	176	16	1,3	3,9	0	0	13	0	429
06.45 - 07.00	29,4	19,8	15	105	133	28	0	5,2	0	0	20,8	1,3	357,5
07.00 - 07.15	25,8	32,2	15,6	108	148	18	0	1,3	0	0	29,9	1,3	380,1
07.15 - 07.30	30	29	19,6	106	156	17	0	6,5	0	1,3	16,9	1,3	383,6
07.30 - 07.45	41	43,8	14,4	55	162	17	0	0	0	0	16,9	2,6	352,7
07.45 - 08.00	30	27,6	11,6	90	170	20	0	6,5	0	1,3	26	0	383
08.00 - 08.15	35,2	38,2	24,4	78	150	11	1,3	2,6	0	0	28,6	0	369,3
08.15 - 08.30	20,6	29,4	19,4	73	138	9	0	0	0	1,3	37,7	0	328,4
08.30 - 08.45	41	43,8	18,6	69	134	5	0	6,5	0	0	28,6	0	346,5
08.45 - 09.00	35,2	37,4	11	62	151	12	0	14,3	0	0	32,5	0	355,4
11.00 - 11.15	0	21,6	12,4	54	170	34	0	3,9	0	1,3	50,7	1,3	349,2
11.15 - 11.30	0	19,8	10,6	57	177	21	0	6,5	0	0	33,8	0	325,7
11.30 - 11.45	0	28,6	15,2	55	154	45	0	7,8	0	1,3	35,1	0	342
11.45 - 12.00	0	21,6	12,8	45	140	30	0	1,3	0	1,3	32,5	0	284,5
12.00 - 12.15	15,2	14,6	17,2	39	164	27	0	1,3	0	0	26	0	304,3
12.15 - 12.30	32,2	27,6	12,6	57	179	31	0	0	0	0	32,5	0	371,9
12.30 - 12.45	34,4	25	16,4	68	160	22	0	3,9	0	1,3	36,4	0	367,4
12.45 - 13.00	33	26,8	20,8	82	144	19	0	5,2	0	0	26	0	356,8
13.00 - 13.15	20,6	31,4	30,2	58	188	15	0	5,2	0	1,3	15,6	0	365,3
13.15 - 13.30	26,6	30,8	24	68	170	16	0	3,9	0	1,3	31,2	0	371,8
13.30 - 13.45	28,8	34,8	14,4	49	169	31	0	6,5	0	0	22,1	0	355,6
13.45 - 14.00	22	28,8	10	62	155	27	0	2,6	0	0	22,1	0	329,5
16.00 - 16.15	18,2	23,8	13,8	89	159	31	0	3,9	0	0	29,9	2,6	371,2
16.15 - 16.30	29,4	29,8	11,8	60	143	28	0	6,5	0	0	15,6	0	324,1
16.30 - 16.45	29,6	36,2	17,4	48	141	35	0	2,6	0	0	14,3	0	324,1
16.45 - 17.00	30,4	36	11,8	43	132	21	0	2,6	0	0	9,1	1,3	287,2
17.00 - 17.15	36,6	26,8	16	69	162	31	0	3,9	0	0	15,6	0	360,9
17.15 - 17.30	29,8	35,6	14	53	151	29	0	2,6	0	0	27,3	1,3	343,6
17.30 - 17.45	14,8	28,6	12,2	32	168	32	0	2,6	0	0	24,7	1,3	316,2
17.45 - 18.00	20	31,2	13,4	64	171	39	0	2,6	0	0	23,4	0	364,6
18.00 - 18.15	24,6	30,4	12,2	49	148	25	0	7,8	0	0	16,9	0	313,9
18.15 - 18.30	14,6	25,6	16,4	69	179	33	0	1,3	0	0	5,2	0	344,1
18.30 - 18.45	22	25,2	13	65	131	21	0	6,5	0	0	19,5	0	303,2
18.45 - 19.00	22,8	32,6	17,2	79	151	26	0	3,9	0	0	19,5	0	352

Tabel L-1.4 Volume Lalu Lintas Lengan Timur 22 September 2018

Periode	Sepeda Motor (Sepeda Motor, Scooter)			Kendaraan Ringan Penumpang (Sedan, Jeep, Station Wagon, Van)			Kendaraan Berat (Bis) (Bus <20 penumpang, Bus >20 penumpang)			Kendaraan Berat (Truk) (Box, Pick Up, Truk 2 as, Truk 3 as, Truk Gandeng)			TOTAL
	↶	↷	↸	↶	↷	↸	↶	↷	↸	↶	↷	↸	
06.00 - 06.15	19,4	20,8	6	34	106	15	2,6	6,5	0	0	28,6	0	238,9
06.15 - 06.30	21	24,4	4,8	45	123	14	0	9,1	0	0	22,1	1,3	264,7
06.30 - 06.45	26,8	31,2	11	77	108	17	1,3	5,2	0	0	16,9	0	294,4
06.45 - 07.00	23,8	35,6	13,4	82	107	18	1,3	2,6	0	1,3	24,7	0	309,7
07.00 - 07.15	25,2	29	18	94	152	24	0	3,9	0	0	28,6	1,3	376
07.15 - 07.30	29	32	17,6	78	147	28	0	6,5	0	0	22,1	0	360,2
07.30 - 07.45	40,2	33,4	18,4	76	166	31	0	3,9	0	1,3	29,9	2,6	402,7
07.45 - 08.00	30	29,6	15,4	92	157	20	0	6,5	0	1,3	26	0	377,8
08.00 - 08.15	35,2	36,4	21	87	143	12	1,3	2,6	0	0	27,3	1,3	367,1
08.15 - 08.30	32,8	31,8	18,6	74	153	15	0	9,1	0	0	23,4	2,6	360,3
08.30 - 08.45	40	40	19,4	69	144	17	0	18,2	0	1,3	31,2	0	380,1
08.45 - 09.00	36,2	38,6	13,6	69	151	25	2,6	6,5	0	0	28,6	0	371,1
11.00 - 11.15	16,2	22,2	12,6	64	181	33	0	9,1	0	1,3	42,9	1,3	383,6
11.15 - 11.30	15,4	21	10,8	67	182	34	0	14,3	0	0	37,7	0	382,2
11.30 - 11.45	13,6	29	15,4	66	165	41	0	20,8	0	1,3	35,1	0	387,2
11.45 - 12.00	12,2	25,6	11,2	54	154	39	1,3	5,2	0	2,6	27,3	0	332,4
12.00 - 12.15	28,2	32,4	16,2	48	172	29	0	9,1	0	0	35,1	0	370
12.15 - 12.30	35,6	28,8	13,4	57	181	33	0	15,6	0	0	32,5	0	396,9
12.30 - 12.45	31,2	26,4	19,8	74	171	31	0	11,7	0	1,3	27,3	0	393,7
12.45 - 13.00	33	28,4	21,6	80	153	29	2,6	9,1	0	0	26	0	382,7
13.00 - 13.15	22,6	30,8	25,2	58	185	21	0	5,2	0	1,3	28,6	0	377,7
13.15 - 13.30	28,2	33	28,6	69	178	25	0	11,7	0	1,3	18,2	0	393
13.30 - 13.45	30,6	36,2	29	67	166	33	3,9	6,5	0	0	35,1	0	407,3
13.45 - 14.00	32,2	27,8	21,8	71	161	29	0	10,4	0	0	22,1	0	375,3
16.00 - 16.15	23,4	28,4	14,2	89	151	33	0	3,9	0	0	18,2	1,3	362,4
16.15 - 16.30	24,6	26,8	13,2	70	148	27	0	5,2	0	0	16,9	0	331,7
16.30 - 16.45	28,4	35,2	17,8	55	137	32	0	1,3	0	0	9,1	0	315,8
16.45 - 17.00	36,4	31,6	12,2	44	128	28	0	3,9	0	0	6,5	1,3	291,9
17.00 - 17.15	28,2	29	15,6	59	145	25	0	2,6	0	0	15,6	0	320
17.15 - 17.30	30,8	34,6	13,8	54	144	25	0	1,3	0	0	24,7	1,3	329,5
17.30 - 17.45	19,8	30,8	12,2	34	156	29	0	2,6	0	0	19,5	0	303,9
17.45 - 18.00	20	35,4	12,8	45	167	31	0	1,3	0	0	16,9	0	329,4
18.00 - 18.15	28,8	34,2	14,2	50	127	27	0	5,2	0	0	19,5	0	305,9
18.15 - 18.30	28,8	35,6	14,8	61	157	31	0	1,3	0	0	11,7	0	341,2
18.30 - 18.45	27,8	30,8	14	63	125	28	0	3,9	0	0	16,9	0	309,4
18.45 - 19.00	32,4	26,8	15,6	71	151	17	0	2,6	0	0	15,6	0	332

Tabel L-1.5 Volume Lalu Lintas Lengan Selatan 20 September 2018

Periode	Sepeda Motor (Sepeda Motor, Scooter)			Kendaraan Ringan Penumpang (Sedan, Jeep, Station Wagon, Van)			Kendaraan Berat (Bis) (Bus <20 penumpang, Bus >20 penumpang)			Kendaraan Berat (Truk) (Truk, Pick Up, Truk 2 as, Truk 3 as, Truk Gandeng)			TOTAL
	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	
06.00 - 06.15	8,8	3,8	8	31	10	9	0	0	0	0	0	0	70,6
06.15 - 06.30	10,6	3,8	10,4	38	16	23	1,3	0	0	3,9	3,9	0	110,9
06.30 - 06.45	17,2	19,4	18,2	45	15	36	1,3	0	0	3,9	3,9	2,6	162,5
06.45 - 07.00	11,2	26,8	12,4	55	32	38	2,6	0	0	2,6	2,6	0	183,2
07.00 - 07.15	16,2	19	11,6	36	20	31	3,9	0	0	3,9	2,6	1,3	145,5
07.15 - 07.30	30,2	18,8	15,6	45	16	29	1,3	0	0	2,6	1,3	0	159,8
07.30 - 07.45	26,4	29	30,2	39	15	27	0	0	0	1,3	2,6	0	170,5
07.45 - 08.00	22,2	22,8	25	32	25	37	1,3	6,5	0	1,3	1,3	2,6	177
08.00 - 08.15	17	11,2	31	39	15	45	1,3	0	0	1,3	1,3	0	162,1
08.15 - 08.30	19,4	23,8	31,2	37	20	36	1,3	0	0	3,9	0	1,3	173,9
08.30 - 08.45	21	29	32	29	18	40	2,6	5,2	0	6,5	0	0	183,3
08.45 - 09.00	17,2	18,8	38,4	26	18	31	1,3	0	0	2,6	2,6	1,3	157,2
11.00 - 11.15	12	8,4	20,4	33	21	30	0	0	0	1,3	1,3	0	127,4
11.15 - 11.30	16,4	11,8	22,8	34	20	27	0	0	0	1,3	0	1,3	134,6
11.30 - 11.45	17,4	15,6	24,8	41	25	18	0	0	0	0	0	2,6	144,4
11.45 - 12.00	15	10	16,8	36	23	17	0	0	0	0	0	2,6	120,4
12.00 - 12.15	10,4	7,2	29,6	37	21	16	0	0	0	0	0	6,5	127,7
12.15 - 12.30	17,4	26,4	26,4	34	45	28	0	0	0	0	2,6	6,5	186,3
12.30 - 12.45	15,4	24,2	33,4	38	31	29	0	0	0	0	0	3,9	174,9
12.45 - 13.00	18	23,2	50	44	19	35	0	0	0	0	0	1,3	190,5
13.00 - 13.15	19,4	28	22,4	47	22	24	0	0	0	0	0	1,3	164,1
13.15 - 13.30	22,8	28,6	39,2	39	21	33	0	0	0	0	0	1,3	184,9
13.30 - 13.45	19,4	28,8	74	45	31	24	0	0	0	0	0	2,6	224,8
13.45 - 14.00	15,4	27,6	45,6	42	41	25	0	0	0	0	0	1,3	197,9
16.00 - 16.15	17,8	27,8	37,4	51	40	21	0	0	0	0	0	2,6	197,6
16.15 - 16.30	20	30,4	28,4	58	31	29	0	0	0	0	1,3	0	198,1
16.30 - 16.45	19,6	43,4	36,2	45	34	26	0	0	0	1,3	1,3	0	206,8
16.45 - 17.00	16	37,2	40,6	56	39	28	0	0	0	2,6	0	0	219,4
17.00 - 17.15	16,2	35,4	47	43	29	21	0	0	0	0	0	1,3	192,9
17.15 - 17.30	30,2	42,8	61,4	49	31	22	0	0	0	0	0	2,6	239
17.30 - 17.45	26,4	33,2	42,6	57	35	27	0	0	0	0	0	0	221,2
17.45 - 18.00	22,2	40,8	56,2	58	31	19	0	0	0	0	0	2,6	229,8
18.00 - 18.15	21	34	53	44	33	21	0	0	0	1,3	0	0	207,3
18.15 - 18.30	22,4	33,2	48	47	29	0	0	0	0	0	1,3	2,6	183,5
18.30 - 18.45	18	35,6	57,4	45	27	22	0	0	0	0	0	0	205
18.45 - 19.00	23	28	43	43	31	20	0	1,3	0	0	0	0	189,3

Tabel L-1.6 Volume Lalu Lintas Lengan Selatan 22 September 2018

Periode	Sepeda Motor (Sepeda Motor, Scooter)			Kendaraan Ringan Penumpang (Sedan, Jeep, Station Wagon, Van)			Kendaraan Berat (Bis) (Bus <20 penumpang, Bus >20 penumpang)			Kendaraan Berat (Truk) (Truk, Pick Up, Truk 2 as, Truk 3 as, Truk Gandeng)			TOTAL
	↶	↷	↸	↶	↷	↸	↶	↷	↸	↶	↷	↸	
06.00 - 06.15	7,4	4,2	8	30	11	10	0	0	0	0	1,3	0	71,9
06.15 - 06.30	10,2	4,4	10,2	28	19	13	1,3	0	0	0	2,6	1,3	90
06.30 - 06.45	13,2	6,8	17,8	41	16	29	2,6	0	1,3	0	0	0	127,7
06.45 - 07.00	14,2	11,2	12,2	29	29	34	1,3	0	0	3,9	0	2,6	137,4
07.00 - 07.15	16,4	17,4	11,8	34	22	38	1,3	1,3	0	5,2	3,9	0	151,3
07.15 - 07.30	13,6	19,8	17,6	41	19	31	0	0	0	3,9	5,2	0	151,1
07.30 - 07.45	18,2	21	26,8	35	17	28	0	3,9	0	2,6	2,6	3,9	159
07.45 - 08.00	15,4	23,4	28,2	41	22	33	1,3	0	0	6,5	1,3	0	172,1
08.00 - 08.15	19,6	24,2	31,2	44	19	41	1,3	0	0	3,9	2,6	1,3	188,1
08.15 - 08.30	18,4	22	28,2	49	21	35	1,3	5,2	0	5,2	3,9	2,6	191,8
08.30 - 08.45	17,8	21,8	34,4	45	19	41	1,3	2,6	0	3,9	2,6	1,3	190,7
08.45 - 09.00	19	19,8	28,8	38	21	35	1,3	1,3	0	2,6	1,3	0	168,1
11.00 - 11.15	10	8,8	18,4	36	20	29	0	0	0	0	1,3	1,3	124,8
11.15 - 11.30	16,6	10,2	20,8	31	22	27	1,3	0	0	1,3	0	2,6	132,8
11.30 - 11.45	17,6	15,2	22,8	37	24	22	0	0	0	0	0	1,3	139,9
11.45 - 12.00	14,2	11,2	18,8	33	19	25	0	0	0	0	0	2,6	123,8
12.00 - 12.15	11,2	9	26,8	35	20	31	0	0	0	0	0	3,9	136,9
12.15 - 12.30	15,4	20,4	24,6	38	34	22	1,3	0	0	0	2,6	5,2	163,5
12.30 - 12.45	16,2	22,2	31,8	41	33	24	0	0	0	0	0	3,9	172,1
12.45 - 13.00	15,8	21,6	39,8	38	18	33	0	0	0	0	1,3	1,3	168,8
13.00 - 13.15	19,8	26,2	46,2	44	21	28	0	0	0	0	0	1,3	186,5
13.15 - 13.30	16,6	27	31,2	37	19	31	0	0	0	0	0	2,6	164,4
13.30 - 13.45	19,8	25	56	41	26	28	0	0	0	0	0	2,6	198,4
13.45 - 14.00	15,2	25,6	49	39	33	29	0	0	0	0	0	1,3	192,1
16.00 - 16.15	18,4	26,6	36,2	61	41	23	0	0	0	0	0	2,6	208,8
16.15 - 16.30	19,2	29,6	31,8	60	36	24	0	0	0	0	1,3	0	201,9
16.30 - 16.45	18,4	41,2	33,4	51	33	26	0	0	0	1,3	0	0	204,3
16.45 - 17.00	17,4	38,4	39,6	45	36	27	0	0	0	2,6	0	0	206
17.00 - 17.15	19,8	37,4	48,8	45	31	22	0	0	0	0	1,3	1,3	206,6
17.15 - 17.30	28,2	29,2	70	44	29	24	0	1,3	0	0	0	2,6	228,3
17.30 - 17.45	26,4	35,4	49	51	33	21	0	0	0	0	2,6	0	218,4
17.45 - 18.00	22,2	38,4	58,2	52	35	25	0	0	0	0	0	2,6	233,4
18.00 - 18.15	21	35,6	55,6	43	31	19	0	0	0	1,3	0	0	206,5
18.15 - 18.30	22,4	33,4	53,2	46	39	22	0	0	0	0	1,3	2,6	219,9
18.30 - 18.45	18	35,4	55,4	47	35	27	0	0	0	0	0	0	217,8
18.45 - 19.00	23	26,2	51,4	49	36	23	0	1,3	0	0	0	0	209,9

Tabel L-1.7 Volume Lalu Lintas Lengan Barat 20 September 2018

Periode	Sepeda Motor (Sepeda Motor, Scooter)			Kendaraan Ringan Penumpang (Sedan, Jeep, Station Wagon, Van)			Kendaraan Berat (Bis) (Bus <20 penumpang, Bus >20 penumpang)			Kendaraan Berat (Truk) (Box, Pick Up, Truk 2 as, Truk 3 as, Truk Gandeng)			TOTAL
	↶	↷	↸	↶	↷	↸	↶	↷	↸	↶	↷	↸	
06.00 - 06.15	0	20,4	4	0	67	9	0	3,9	1,3	0	22,1	0	127,7
06.15 - 06.30	0	40,4	10,4	0	94	14	0	2,6	1,3	0	22,1	1,3	186,1
06.30 - 06.45	0	21,2	15,6	0	134	27	0	1,3	2,6	0	11,7	0	213,4
06.45 - 07.00	0	28,6	17,4	0	226	37	1,3	3,9	0	0	22,1	1,3	337,6
07.00 - 07.15	0	28,8	11,4	0	138	45	1,3	2,6	1,3	0	28,6	0	257
07.15 - 07.30	0	35,2	24	0	136	34	1,3	5,2	1,3	1,3	19,5	1,3	259,1
07.30 - 07.45	0	20,8	7,6	0	123	34	0	6,5	0	0	16,9	3,9	212,7
07.45 - 08.00	0	34,2	6,2	0	153	31	2,6	5,2	0	1,3	27,3	2,6	263,4
08.00 - 08.15	0	37	8,4	0	139	30	0	6,5	1,3	0	28,6	1,3	252,1
08.15 - 08.30	0	19,2	7,6	0	131	41	1,3	5,2	2,6	1,3	37,7	1,3	248,2
08.30 - 08.45	0	35,2	8,4	0	143	33	1,3	5,2	1,3	0	33,8	1,3	262,5
08.45 - 09.00	0	45,6	6,8	0	141	37	1,3	2,6	1,3	0	35,1	0	270,7
11.00 - 11.15	0	8,4	15,4	0	171	15	0	3,9	0	0	35,1	2,6	251,4
11.15 - 11.30	0	18,4	16	0	181	19	0	3,9	0	2,6	39	0	279,9
11.30 - 11.45	0	29,6	18,8	0	150	36	0	6,5	1,3	1,3	33,8	2,6	279,9
11.45 - 12.00	0	15,6	14	0	167	25	0	2,6	3,9	1,3	36,4	1,3	267,1
12.00 - 12.15	0	19,2	40,2	0	171	43	0	6,5	0	1,3	33,8	2,6	317,6
12.15 - 12.30	0	31	31,6	0	164	24	0	5,2	1,3	0	28,6	5,2	290,9
12.30 - 12.45	0	38,8	57,8	0	167	21	2,6	9,1	0	0	29,9	1,3	327,5
12.45 - 13.00	0	30,8	57,6	0	143	23	1,3	5,2	1,3	0	23,4	3,9	289,5
13.00 - 13.15	0	35,6	37	0	139	30	0	9,1	1,3	0	31,2	2,6	285,8
13.15 - 13.30	0	30	49,4	0	150	26	0	5,2	0	0	29,9	2,6	293,1
13.30 - 13.45	0	35,6	49	0	169	27	0	7,8	1,3	0	22,1	3,9	315,7
13.45 - 14.00	0	29,8	45	0	168	19	0	6,5	1,3	0	28,6	1,3	299,5
16.00 - 16.15	0	29,8	27,4	0	156	37	0	10,4	1,3	0	28,6	0	290,5
16.15 - 16.30	0	33,4	30,4	0	171	28	0	9,1	1,3	0	15,6	2,6	291,4
16.30 - 16.45	0	42,8	31,2	0	143	29	0	0	0	0	22,1	2,6	270,7
16.45 - 17.00	0	34,4	38,2	0	156	31	0	5,2	0	0	20,8	2,6	288,2
17.00 - 17.15	0	39,2	40,6	0	149	25	0	7,8	2,6	0	28,6	2,6	295,4
17.15 - 17.30	0	44	60,2	0	163	31	0	7,8	1,3	0	24,7	0	332
17.30 - 17.45	0	45,2	56,4	0	133	29	0	3,9	1,3	0	29,9	0	298,7
17.45 - 18.00	0	42,8	55	0	159	28	0	2,6	1,3	0	22,1	0	310,8
18.00 - 18.15	0	39,4	57	0	167	29	0	10,4	0	0	9,1	0	311,9
18.15 - 18.30	0	39	60,6	0	145	23	0	5,2	0	0	23,4	0	296,2
18.30 - 18.45	0	38,6	60	0	161	30	0	5,2	0	0	6,5	2,6	303,9
18.45 - 19.00	0	35,8	51	0	155	21	0	5,2	2,6	0	23,4	0	294

Tabel L-1.8 Volume Lalu Lintas Lengan Barat 22 September 2018

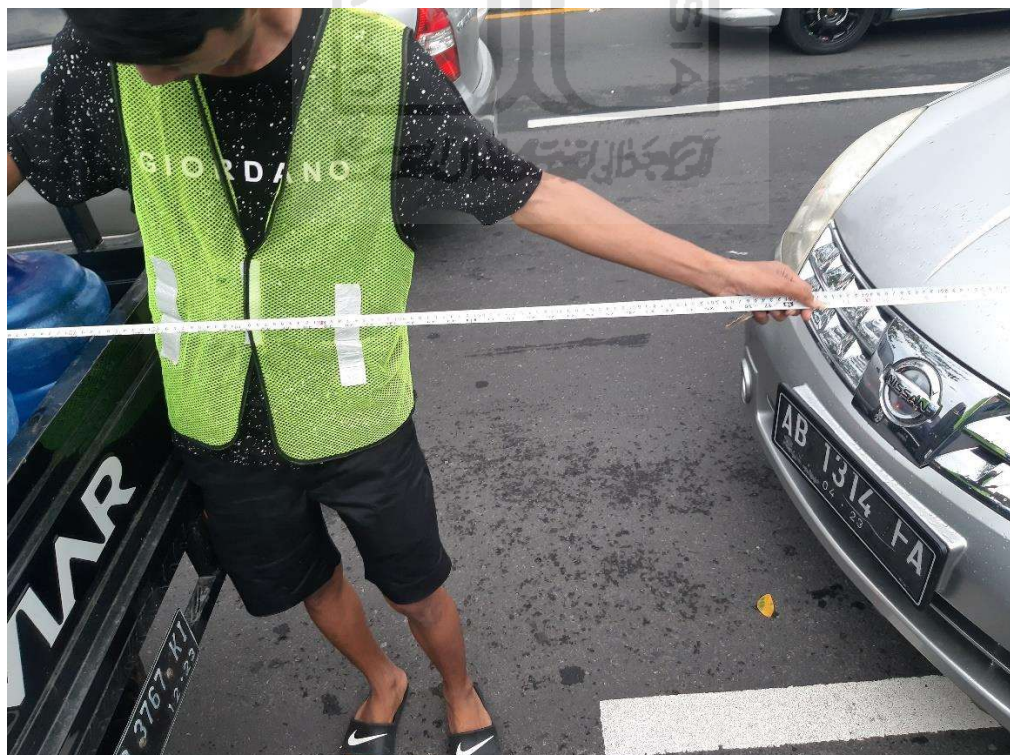
Periode	Sepeda Motor (Sepeda Motor, Scooter)			Kendaraan Ringan Penumpang (Sedan, Jeep, Station Wagon, Van)			Kendaraan Berat (Bis) (Bus <20 penumpang, Bus >20 penumpang)			Kendaraan Berat (Truk) (Truk, Pick Up, Truk 2 as, Truk 3 as, Truk Gandang)			TOTAL
	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	
06.00 - 06.15	1,6	17,4	6,8	0	76	19	0	7,8	1,3	0	28,6	1,3	159,8
06.15 - 06.30	1	21	8,2	0	81	21	0	2,6	0	0	24,7	0	159,5
06.30 - 06.45	3,8	26,4	16,2	0	92	17	0	3,9	2,6	0	22,1	0	184
06.45 - 07.00	1,6	25,4	17,6	0	104	18	0	6,5	1,3	0	20,8	2,6	197,8
07.00 - 07.15	1,2	27,8	14,8	0	121	34	0	5,2	0	0	23,4	0	227,4
07.15 - 07.30	1,6	31,6	19,8	0	154	39	0	6,5	3,9	0	28,6	2,6	287,6
07.30 - 07.45	3,4	22,8	11,2	0	149	41	0	3,9	2,6	0	23,4	0	257,3
07.45 - 08.00	2,8	30,4	14,6	0	158	38	0	2,6	1,3	0	18,2	5,2	271,1
08.00 - 08.15	3	35,6	12,8	0	142	35	0	7,8	0	0	19,5	1,3	257
08.15 - 08.30	2,2	44,2	10,8	0	155	41	0	5,2	1,3	0	23,4	2,6	285,7
08.30 - 08.45	4,4	28,4	13,8	0	161	39	0	6,5	0	0	24,7	0	277,8
08.45 - 09.00	3,6	41,6	17,4	0	145	34	0	3,9	2,6	0	28,6	1,3	278
11.00 - 11.15	1,6	9	17,6	1	161	20	0	5,2	0	0	31,2	0	246,6
11.15 - 11.30	0,6	11,2	14,2	0	182	23	0	3,9	0	0	42,9	1,3	279,1
11.30 - 11.45	0,8	15,4	18,4	0	156	34	0	2,6	2,6	0	41,6	3,9	275,3
11.45 - 12.00	0,4	17,8	15,6	0	172	37	0	6,5	2,6	0	35,1	2,6	289,6
12.00 - 12.15	0,2	21	37,8	0	188	33	0	7,8	1,3	0	33,8	1,3	324,2
12.15 - 12.30	0	30,2	33	3	173	28	0	2,6	0	0	35,1	2,6	307,5
12.30 - 12.45	0,6	26,8	38,6	0	172	29	0	5,2	0	0	40,3	5,2	317,7
12.45 - 13.00	0	35,4	42	0	134	32	0	9,1	3,9	0	24,7	2,6	283,7
13.00 - 13.15	0,6	33,6	41	4	144	31	0	11,7	2,6	0	28,6	3,9	301
13.15 - 13.30	1,2	34,4	44,2	0	161	28	0	5,2	1,3	0	29,9	1,3	306,5
13.30 - 13.45	1,4	38,6	49	0	158	22	0	2,6	0	0	33,8	2,6	308
13.45 - 14.00	0,8	31,2	54,2	0	172	26	0	9,1	1,3	0	19,5	0	314,1
16.00 - 16.15	1	29	28,6	0	161	35	0	7,8	1,3	0	28,6	0	292,3
16.15 - 16.30	0,4	34,4	30,4	0	167	39	0	9,1	0	0	20,8	1,3	302,4
16.30 - 16.45	0,6	40,4	35,6	0	124	33	0	2,6	1,3	0	18,2	2,6	258,3
16.45 - 17.00	1	35,6	38,2	0	134	35	0	6,5	0	0	20,8	0	271,1
17.00 - 17.15	1,6	32,2	41	0	151	28	0	5,2	0	0	24,7	2,6	286,3
17.15 - 17.30	1,2	34,4	64	0	144	29	0	5,2	2,6	0	28,6	0	309
17.30 - 17.45	0,8	38,6	54	0	124	27	0	6,5	1,3	0	24,7	0	276,9
17.45 - 18.00	0,4	39	55	0	148	28	0	3,9	0	0	22,1	1,3	297,7
18.00 - 18.15	0,6	40,4	53,8	0	157	26	0	9,1	1,3	0	10,4	0	298,6
18.15 - 18.30	0,8	37,4	58,2	0	145	24	0	7,8	0	0	22,1	1,3	296,6
18.30 - 18.45	1,2	36,2	55,6	0	157	32	0	3,9	1,3	0	20,8	2,6	310,6
18.45 - 19.00	1,6	33,4	51,2	0	151	33	0	2,6	0	0	19,5	0	292,3

LAMPIRAN 2





Gambar L-2.1 Pengukuran Jarak Kiri-Kanan Mobil



Gambar L-2.2 Pengukuran Jarak Depan-Belakang Mobil



Gambar L-2.3 Pengukuran Jarak Depan-Belakang Motor



Gambar L-2.4 Pengukuran Jarak Kiri-Kanan Motor



Gambar L-2.5 Pengukuran Kecepatan Kendaraan