# TUGAS AKHIR

# EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL NGABEAN BERDASARKAN PENDEKATAN ANALISIS SIMULASI LALU LINTAS MIKROSKOPIK

## *(EVALUATING THE PERFORMANCE OF NGABEAN SIGNALIZED INTERSECTION BASED ON MICROSCOPIC TRAFFIC SIMULATION ANALYSIS)*

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


**CAKRAWALA PAMBUDI**

**10 511 056**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**


**2017**

**TUGAS AKHIR**

# EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL NGABEAN BERDASARKAN PENDEKATAN ANALISIS SIMULASI LALU LINTAS MIKROSKOPIK *(EVALUATING THE PERFORMANCE OF NGABEAN SIGNALIZED INTERSECTION BASED ON MICROSCOPIC TRAFFIC SIMULATION ANALYSIS)*

Disusun oleh

**Cakrawala Pambudi**
**10511056**

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

Diuji pada tanggal **22 September 2017**

Oleh Dewan Penguji

| **Pembimbing I** | **Penguji I** | **Penguji II** |
|---|---|---|
| **Berlian Kushari., ST., M.Eng.** | **Miftahul Fauziah, ST., MT., Ph.D** | **Rizki Budi Utomo., ST., MT** |
| **NIK: 015110101** | **NIK: 955110103** | **NIK: 045110406** |

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

**Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.**
**NIK: 955110103**

# PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan perangkat lunak Sarjana di Perangkat lunak Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hassil karya saya sendiri. Adapun begian-bagian tertentu dalam penelitian laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penelitian karya ilmiah.apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 22 September 2017

Yang membuat pernyataan,




Cakrawala Pambudi

(10511056)

# KATA PENGANTAR

Alhamdulillahi rabbil‘alamin. Puji syukur peneliti panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW, keluarga, serta sahabat sehingga peneliti dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Sesuai dengan kurikulum dan persyaratan akademik, untuk menempuh derajat Sarjana strata satu (S-1) Perangkat lunak Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Atas kelancaran selama penelitian dan penelitian Tugas Akhir ini, peneliti telah banyak mendapat bimbingan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Miftahul Fauziah, PhD., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Berlian Kushari, ST, M.Eng, selaku sebagai pembimbing Tugas Akhir dan sekaligus Sekretaris Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Ibu, nenek, adik serta keluarga peneliti yang telah memberikan begitu banyak hal, baik do’a, material dan motivasinya sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Teman-teman seperjuangan jurusan Teknik Sipil angkatan 2010 atas dukungannya.
5. Pihak-pihak terkait yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu.

Peneliti berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua Amin.

**Wassalaamu’alaikum Wr.Wb.**

Yogayakarta, Mei 2017

Cakrawala Pambudi

# DAFTAR ISI


| | | Halaman |
|---|---|---|
| JUDUL | | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | | ii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGISI | | iii |
| KATA PENGANTAR | | iv |
| DAFTAR ISI | | v |
| DAFTAR TABEL | | viii |
| DAFTAR GAMBAR | | x |
| DAFTAR GRAFIK | | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | | xiii |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | | xiv |
| ABSTRAK | | xv |
| *ABSTRACT* | | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | | 1 |
| 1.1 | LATAR BELAKANG MASALAH | 1 |
| 1.2 | RUMUSAN MASALAH | 2 |
| 1.3 | TUJUAN PENELITIAN | 3 |
| 1.4 | MANFAAT PENELITIAN | 3 |
| 1.5 | BATASAN PENELITIAN | 3 |
| 1.6 | LOKASI PENELITIAN | 4 |
| BAB II | TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 | EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL | 5 |
| 2.1.1 | Simpang Bersinyal | 5 |
| 2.1.2 | Parameter Kinerja Simpang Bersinyal | 5 |
| 2.2 | SIMULASI MIKROSKOPIK LALU LINTAS | 7 |
| 2.2.1 | Simulasi Mikroskopik | 7 |
| 2.2.2 | Alat-alat Bantu Simulasi | 7 |
| 2.2.3 | Pemanfaatan Alat Bantu Simulasi | 8 |

2.3 REKAYASA SIMPANG NGABEAN 8
BAB III LANDASAN TEORI 10
3.1 METODE ANALISIS 10
3.2 PERSIMPANGAN 10
3.3 SINYAL LALULINTAS 11
3.4 MENGHITUNG KAPASITAS SIMPANG BERSINYAL MENURUT MKJI 1997 14
3.5 SIMPANG BERSINYAL 25
3.6 TINGKAT PELAYANAN PADA PERSIMPANGAN 27
3.7 PERANGKAT LUNAK VISSIM 28
3.7.1 Penggunaan VISSIM pada Simulasi Lalu Lintas 28
3.7.2 Wiedemann *Apporach* 35
3.7.3 Kalibrasi dan Validasi Data 36
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 37
4.1 JENIS PENELITIAN 37
4.2 TAHAPAN PENELITIAN 37
4.3 PENGAMBILAN DATA 38
4.3.1 Data Primer 38
4.3.2 Data Sekunder 39
4.3.3 Peralatan Penelitian 39
4.3.4 Persiapan dan Pelaksanaan Survei Lapangan 40
4.4 WAKTU PENGAMBILAN DATA 42
4.5 LOKASI PENELITIAN 42
4.6 BAGAN ALIR PENELITIAN 43
BAB V DATA, ANALISIS, HASIL, DAN PEMBAHASAN 46
5.1 DATA 46
5.1.1 Data Primer 46
5.1.2 Data Sekunder 53
5.2 ANALISIS 53
5.2.1 Kapasitas Simpang Ngabean Sebelum Dilakukan Rekayasa 53

5.2.2 Membuat Pemodelan dengan Menggunakan Perangkat Lunak *VISSIM* 58
5.2.3 Kalibrasi dan Validasi Hasil Evaluasi *VISSIM* 72
5.2.4 Hasil Evaluasi Menggunakan *VISSIM* 74
5.3 ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH 76
5.3.1 Alternatif 1 77
5.3.2 Alternatif 2 80
5.3.3 Rekapitulasi Hasil Alternatif Perbaikan Simpang Ngabean 83
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN 87
6.1 SIMPULAN 87
6.2 SARAN 88
DAFTAR PUSTAKA 89
LAMPIRAN 91

# DAFTAR TABEL


| | | |
|---|---|---|
| Tabel 2.1 | Perbedaan Penelitian | 9 |
| Tabel 3.1 | Nilai emp untuk Jenis Kendaraan Berdasarkan Pendekat | 15 |
| Tabel 3.2 | Perbandingan Rumus Arus Jenuh Dasar | 18 |
| Tabel 3.3 | Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs) | 19 |
| Tabel 3.4 | Faktor Penyesuaian untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor ($F_{SF}$) | 19 |
| Tabel 3.5 | Tingkat Pelayanan Persimpangan | 28 |
| Tabel 5.1 | Kondisi Geometri Simpang Ngabean | 46 |
| Tabel 5.2 | Data Sinyal Lalu Lintas Simpang Ngabean | 48 |
| Tabel 5.3 | Data Volume Lalu Lintas Sore (kendaraan/jam) | 49 |
| Tabel 5.4 | Data Volume Lalu Lintas Sore (SMP/jam) | 50 |
| Tabel 5.5 | Data Waktu *All Red* dan *Amber* | 55 |
| Tabel 5.6 | Rekapitulasi Kapasitas Eksisting Simpang Ngabean dengan Metode MKJI 1997 | 58 |
| Tabel 5.7 | Hasil *Trial and Error* pada Kalibrasi | 73 |
| Tabel 5.8 | Volume yang Keluar pada *Running VISSIM* | 74 |
| Tabel 5.9 | Hasil Analisis Tundaan Eksisting Simpang Ngabean | 75 |
| Tabel 5.10 | Hasil Analisis Panjang Antrian Eksisting Simpang Ngabean | 76 |
| Tabel 5.11 | Data Sinyal Lalu Lintas Alternatif 1 | 77 |
| Tabel 5.12 | Perbandingan Kinerja Simpang Ngabean Kondisi Eksisting dengan Perangkat Lunak *VISSIM* Alternatif 1 | 78 |
| Tabel .13 | Perubahan Kapasitas Sebelum dan Setelah Rekayasa Alternatif 1 | 79 |
| Tabel 5.14 | Perbandingan Kinerja Simpang Ngabean Kondisi Eksisting dengan Perangkat Lunak *VISSIM* Alternatif 2 | 81 |
| Tabel 5.15 | Perubahan Kapasitas Sebelum dan Setelah Rekayasa Alternatif 2 | 83 |
| Tabel 5.16 | Rekapitulasi Analisis Kapasitas Alternatif 1 dan Alternatif 2 Simpang Ngabean | 84 |

Tabel 5.17 Rekapitulasi Analisis Kinerja Alternatif 1 dan Alternatif 2 Simpang Ngabean 84

# DAFTAR GAMBAR


| | | |
|---|---|---|
| Gambar 1.1 | Kemacetan Simpang Ngabean Lengan Utara | 1 |
| Gambar 1.2 | Kemacetan Simpang Ngabean Lengan Timur | 2 |
| Gambar 1.3 | Peta Lokasi Simpang Bersinyal Ngabean | 4 |
| Gambar 3.1 | Arus Kendaraan Bertemu dan Berpencar | 10 |
| Gambar 3.2 | Konflik-konflik Utama dan Kedua pada Simpang Bersinyal dengan Empat Lengan | 11 |
| Gambar 3.3 | Model Dasar untuk Arus Jenuh (Akcelik 1989) | 17 |
| Gambar 3.4 | Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Tipe P | 18 |
| Gambar 3.5 | Faktor Penyesuaian untuk Kelandaian ($F_G$) | 20 |
| Gambar 3.6 | Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Parkir dan Lajur Belok Kiri yang Pendekat (Fp) | 21 |
| Gambar 3.7 | Faktor Penyesuaian untuk Belok Kanan ($F_{RT}$) | 21 |
| Gambar 3.8 | Faktor Penyesuaian untuk Belok Kiri ($F_{LT}$) | 22 |
| Gambar 3.9 | *3D Models* | 29 |
| Gambar 3.10 | *2D Models* | 30 |
| Gambar 3.11 | *Desired Speed Distribution* | 30 |
| Gambar 3.12 | *Vehicle Type* | 31 |
| Gambar 3.13 | *Vehicle Class* | 32 |
| Gambar 3.14 | *Driving Behavior* | 33 |
| Gambar 3.15 | *Queue Measurement* | 34 |
| Gambar 3.16 | *Queue Counter* | 34 |
| Gambar 3.17 | *Delay Measurements* | 35 |
| Gambar 4.1 | Lokasi Penelitian | 43 |
| Gambar 4.2 | Bagan Alir Penelitian | 44 |
| Gambar 4.2 | Bagan Alir Penelitian (Lanjutan) | 45 |
| Gambar 5.1 | Geometri Simpang Ngabean Kondisi Eksisting | 47 |
| Gambar 5.2 | Diagram Fase Simpang Ngabean | 48 |

| | | |
|---|---|---|
| Gambar 5.3 | Pengaturan Fase Simpang Ngabean | 48 |
| Gambar 5.4 | Persebaran Volume Lalu Lintas pada Jam Puncak (kend/jam) | 52 |
| Gambar 5.5 | Persebaran Volume Lalu Lintas pada Jam Puncak (SMP/jam) | 52 |
| Gambar 5.6 | Perubahan *Traffic Regulation* | 59 |
| Gambar 5.7 | Hasil Perubahan *Units* | 59 |
| Gambar 5.8 | *Input Background Image* | 60 |
| Gambar 5.9 | Pengaturan Skala pada *Background Image* | 60 |
| Gambar 5.10 | *Input* Parameter *Link* atau Lajur | 61 |
| Gambar 5.11 | *Input* Parameter *Connector* atau Penghubung | 62 |
| Gambar 5.12 | *Input* Volume Kendaraan per Lengan Masuk | 62 |
| Gambar 5.13 | *Input* Komposisi Kendaraan per Lajur | 63 |
| Gambar 5.14 | Pembuatan Rute | 64 |
| Gambar 5.15 | *Input Signal Control* | 65 |
| Gambar 5.16 | *Inpu Signal Group* | 65 |
| Gambar 5.17 | Penyesuaian *Intergreen* | 66 |
| Gambar 5.18 | *Inoput* Diagram Fase | 66 |
| Gambar 5.19 | *Input Signal Head* | 67 |
| Gambar 5.20 | Penentuan Titik-titik Data *Collection Point* | 68 |
| Gambar 5.21 | *Input* Parameter *Following* pada Menu *Driving Behaviour* | 69 |
| Gambar 5.22 | *Input* Parameter *Lateral* pada Menu *Driving Behaviour* | 69 |
| Gambar 5.23 | *Travel Time Measurement* | 70 |
| Gambar 5.24 | *Queue Counter* | 71 |
| Gambar 5.25 | *Evaluation Result* | 72 |
| Gambar 5.26 | Pemodelan Sebelum Kalibrasi | 73 |
| Gambar 5.27 | Pemodelan Setelah Kalibrasi | 74 |
| Gambar 5.28 | Diagram Fase Lalu Lintas Alternatif 1 | 77 |
| Gambar 5.29 | Fase Lalu Lintas Alternatif 2 | 80 |
| Gambar 5.30 | Perubahan Marka Jalan | 81 |

# DAFTAR GRAFIK


| | | |
|---|---|---|
| Grafik 5.1 | Volume Lalu Lintas Periode Sore (kend/jam) | 51 |
| Grafik 5.2 | Volume Lalu Lintas Periode Sore (SMP/jam) | 51 |
| Grafik 5.3 | Perbandingan *Output* Panjang Antrian Alternatif 1 Kondisi Eksisiting dan Perangkat Lunak *Vissim* | 78 |
| Grafik 5.4 | Perbandingan *Output* Tundaan Alternatif 1 Kondisi Eksisiting dan Perangkat lunak *Vissim* | 79 |
| Grafik 5.5 | Perbandingan Kapasitas Ekasisting dengan Alternatif 1 (SMP/jam) | 80 |
| Grafik 5.6 | Perbandingan *Output* Panjang Antrian Alternatif 2 Kondisi Eksisiting dan Perangkat Lunak *Vissim* | 82 |
| Grafik 5.7 | Perbandingan *Output* Tundaan Alternatif 2 Kondisi Eksisiting dan Perangkat Lunak *Vissim* | 82 |
| Grafik 5.8 | Perbandingan Kapasitas Eksisting dengan Alternatif 2 (SMP/jam) | 83 |
| Grafik 5.9 | Perbandingan Rekapitulasi Panjang Antrian Eksisting, Alternatif 1, dan Alternatif 2 | 85 |
| Grafik 5.10 | Perbandingan Rekapitulasi Tundaan Eksisting, Alternatif 1, dan Alternatif 2 | 85 |
| Grafik 5.11 | Perbandingan Rekapitulasi Kapasitas Eksisting, Alternatif 1, dan Alternatif 2 | 86 |

# DAFTAR LAMPIRAN


| | | |
|---|---|---|
| Lampiran 1 | Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Senin, 6 Maret 2017) | 92 |
| Lampiran 2 | Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Senin, 6 Maret 2017) | 94 |
| Lampiran 3 | Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Senin, 6 Maret 2017) | 96 |
| Lampiran 4 | Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Senin, 6 Maret 2017) | 98 |
| Lampiran 5 | Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Rabu, 8 Maret 2017) | 100 |
| Lampiran 6 | Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Rabu, 8 Maret 2017) | 102 |
| Lampiran 7 | Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Rabu, 8 Maret 2017) | 104 |
| Lampiran 8 | Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Rabu, 8 Maret 2017) | 106 |
| Lampiran 9 | Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Sabtu, 11 Maret 2017) | 108 |
| Lampiran 10 | Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Sabtu, 11 Maret 2017) | 110 |
| Lampiran 11 | Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Sabtu, 11 maret 2017) | 112 |
| Lampiran 12 | Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Sabtu, 11 Maret 2017) | 114 |
| Lampiran 13 | Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Senin, 6 Maret 2017 | 116 |
| Lampiran 14 | Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Rabu, 8 Maret 2017 | 118 |
| Lampiran 15 | Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Sabtu, 11 maret 2017 | 120 |
| Lampiran 16 | Analisis Kapasitas Simpang Ngabean Eksisting | 122 |
| Lampiran 17 | Analisis Kapasitas Simpang Ngabean Alternatif 1 (Perubahan Waktu Siklus) | 123 |
| Lampiran 18 | Analisis Kapasitas Simpang Ngabean Alternatif 2 (Perubahan Waktu Siklus dan Fase) | 124 |

# DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

EMP : Ekivalensi Mobil Penumpang

SMP : Satuan Mobil Penumpang

LT : Belok kiri

LTOR : Belok kiri langsung

ST : Lurus

RT : Belok kanan

LV : Kendaraan ringan

HV : Kendaraan berat

MC : Sepeda motor

D : Tundaan

QL : Panjang antrian

$W_A$ : Lebar pendekat

$W_{ltor}$ : Lebar belok kiri langsung

$W_k$ : Lebar keluar

$W_m$ : Lebar masuk

Fase : Bagian dari siklus dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas.

Pendekat : Daerah dari suatu lengan persimpangan jalan untuk kendaraan mengantri sebelum keluar melewati garis henti.

Tundaan : Waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui simpang.

Panjang Antrian : Panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat.

# ABSTRAK

Yogyakarta merupakan kota yang berkembang dan juga kota pelajar, sehingga pertumbuhan jumlah penduduk bertambah pesat, jumlah kepemilikan kendaraan pribadi akan menciptakan permasalahan lalu lintas terutama pada persimpangan. Salah satu simpang di Yogyakarta yang memerlukan evaluasi dan peningkatankinerja adalah simpang empat bersinyal Ngabean, oleh karena itu diperlukan suatu analisis kinerja simpang kondisi eksisting pada simpang tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kinerja sipang bersinyal Ngabean pada kondisi eksisting serta mengetahui alternatif pemecahan masalah yang tepat.

Jenis penelitian ini menggunakan metode deskriptif, kuantitatif, dan kualitatif. Data yang diperoleh dari survei primer di lapangan pada saat jam puncak pagi, dan sore hari kemudian dianalisis dengan menggunakan *PTV VISSIM.*

Hasil analisis menunjukkan bahwa simpang bersinyal Ngabean pada kondisi eksisting menggunakan *PTV VISSIM* menunjukkan hasil kinerja simpang yang kurang baik. Analisis dengan perangkat lunak *PTV VISSIM* untuk panjang antrian tertinggi adalah sebesar 379,86 m pada pendekat Barat dan untuk tundaan tertinggi adalah sebesar 106,2 detik pada pendekat Selatan. Dari penelitian ini alternatif pemecahan masalah yang paling tepat adalah dengan mengubah fase pada pendekat Barat menjadi belok kiri jalan terus dan mengatur waktu siklus, dengan begitu lengan Selatan mengalami penurunan dengan nilai Tundaan 106,2 detik menjadi 37,9 detik, sedangkan panjang antrian lengan Barat yang awalnya 379,8 m menjadi 204,7 m.

**Kata kunci** : Simpang Bersinyal, *PTV VISSIM*, Tundaan, Panjang Antrian

# *ABSTRACT*

*Yogyakarta is a triving city and also a city of student. In this city population growth, the number of private vehicle ownership will create traffic problem especially at intersection. One of intersection in Yogyakarta that requires evaluation and performance improvement is Ngabean intersection. There fore, theres a need an occupying performance analysis on the condition of existing at Ngabean intersection. The purpose of this reseach is to know the performance of Ngabean intersection on condition of exixting and to know the right alternative problem solving.*

*The research uses descriptive, quantitative, adn qualitative methods. The data obtained based on primary survei in the field on a peah hourse in morning and afternoon. Then analyzed using PTV VISSIM.*

*By using PTV VISSIM, the analysis at Ngabean signalized intersection on condition of existing shows the result not quite good for the performance of intersection. Analysis by the application of PTV VISSIM for the highest of queues lenght is as much as 379,86 m on west approached and the highest delay is as much as 106,2 second on south approached. Based on this research, the approprite solution for the problem are change the phase on west approach for turn left go a head and setting the time cycle, therefore the southern path has a been drop of with the value of delay 106,2 second to 37,9 second, while the lenght of queuein west path from 379,8 m turn to 204,7 m.*

***Key word :*** *Signalized Intersection, PTV VISSIM, Delay, Queues Lenght*

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Persimpangan jalan adalah daerah pertemuan dari jaringan jalan raya dan juga tempat terjadinya konflik arus lalu lintas. Menurut Pignataro (1973) simpang adalah area yang kritis pada suatu jalan raya yang merupakan tempat titik konflik dan tempat kemacetan karena bertemunya dua ruas jalan atau lebih. Kinerja suatu simpang perlu dimonitor dan dievaluasi secara periodik untuk mengoptimalkan fungsi simpang. Parameter yang umum digunakan untuk mengetahui kinerja suatu persimpangan bersinyal antara lain kapasitas, rasio kendaraan terhenti, panjang antrian, tundaan rata-rata, dan derajat kejenuhan.

Simpang Ngabean yang terletak di Yogyakarta menghubungkan antara Jalan Letjen Suprapto dari sebelah Utara, Jalan KH Wahid Hasyim dari sebelah Selatan, jalan KH Ahmad Dahlan dari sebelah Timur, Jalan RE Martadanata dari sebelah Barat. Permasalahan pada simpang ini berupa pengaturan lalu lintas yang secara visual kurang teratur karena kepadatan lalu lintas di simpang tersebut. Kemacetasn di Simpang Ngabean dapat di lihat pada Gambar 1.1 dan 1.2 sebagai berikut ini.



Gambar 1.1 Kemacetan Simpang Ngabean pada Lengan Utara




Gambar 1.2 Kemacetan Simpang Ngabean pada Lengan Timur

Badan Pusat Statistik Provinsi D.I Yogyakarta (2012) mencatat bahwa di DIY tercatat jumlah mobil penumpang sebesar 152.178 dan sepeda motor 1.537.534. Di sisi lain menurut Direktorat Lalu Lintas Polda DIY (2012), terjadi peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang cukup signifikan sebesar 59,5% dalam kurun waktu 6 tahun (2007-2012) akibatnya terjadi peningkatan penggunaan jaringan jalan yang berpotensi menimbulkan kemacetan. Dari gambar di atas dapat dilihat kemacetan yang terjadi di simpang Ngabean, pada Gambar 1.1 dapat dilihat panjang antrian pada bagian lengan Utara simpang Ngabean, dan pada Gambar 1.2 dapat dilihat kemacetan yang terjadi pada lengan sebelah Timur pada simpang Ngabean yang mengarah ke arah Malioboro.

Tujuan penelitan ini adalah mengevaluasi kinerja simpang empat bersinyal Ngabean, dan memberikan Alternatif pemecahan masalah yang tepat.

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang di atas, masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja simpang bersinyal Ngabean pada kondisi eksisting?
2. Apakah pengaturan *traffic light* pada Simpang Ngabean tersebut sudah efektif ?
3. Bagaimana alternatif penanganan Simpang Ngabean yang dapat mengatasi permasalahan lalu lintas yang terjadi pada simpang tersebut.

## 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah disebutkan di atas, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kinerja Simpang Ngabean pada kondisi eksisting.
2. Mengetahui tingkat keefektifan siklus pengaturan *traffic light* pada Simpang Ngabean.
3. Mengusulkan solusi alternatif optimalisasi kinerja Simpang Ngabean yang dapat menangani masalah pada simpang tersebut.

## 1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat penelitian ini yaitu: Sebagai bahan masukan kepada Dishub Daerah Istimewa Yogyakata, khususnya dari segi manajemen lalu lintas simpang dalam hal ini meningkatkan kapasitas, mengurangi panjang antrian, dan tundaan di Simpang Ngabean.

## 1.5 BATASAN PENELITIAN

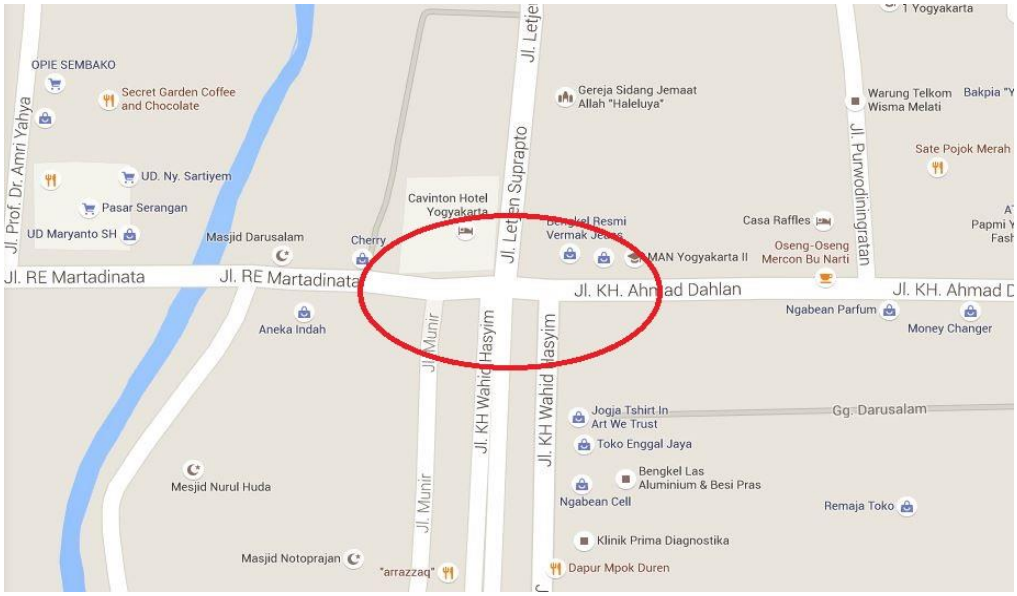
Agar penelitian ini tidak terlalu luas tinjauannya, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan di Simpang Ngabean, di lengan Utara Jalan Letjen Suprapto, lengan Timur Jalan KH. Ahmad Dahlan, lengan Selatan Jalan KH Wahid Hasyim, lengan Barat Jalan RE Martadinata.
2. Penelitian dilakukan dengan cara mengambil data di lapangan yaitu pencatatan melalui pengamatan visual terhadap kendaraan bermotor yang diklasifikasikan ke dalam sepeda motor (*motorcycle),* kendaraaan ringan yang meliputi mobil penumpang, bus mini, serta *pick up* (*light vehicle*) dan kendaraan berat meliputi bus, truk ringan dan truk berat (*heavy vehicle*).
3. Dilakukan kalibrasi serta validasi terhadap hasil analisis dengan kondisi lapangan, karena data input merupakan data primer yang langsung diambil berdasarkan hasil observasi lapangan serta dalam proses pemodelan untuk mewakili kondisi di lapangan.

4. Evaluasi Simpang Bersinyal Ngabean divisualkan dengan perangkat lunak *VISSIM*.
5. Penelitian dilakukan pada saat jam sibuk (*peak hour*) saat hari kerja maupun hari libur.
6. Parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja simpang sebelum dan sesudah direkayasa meliputi: kapasitas simpang, tundaan, dan panjang antrian.

## 1.6 LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di simpang empat Ngabean, selengkapnya dilihat pada Gambar 1.3 yang diberi lingkaran merah.




Gambar 1.3 Peta Lokasi Simpang Bersinyal Ngabean
(Sumber: Google Maps 2016).

# BAB II
# STUDI PUSTAKA

## 2.1 EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL

### 2.1.1 Simpang Bersinyal

Menurut Munawar (2004), pada saat arus lalu lintas sudah meningkat, maka lampu lalu lintas sudah harus dipasang. Ukuran meningkatnya arus lalu lintas yaitu waktu tunggu rata-rata kendaraan pada saat melintasi simpang. Jika waktu tunggu tanpa lalu lintas sudah lebih besar dari waktu tunggu rata-rata dengan lampu lalu lintas, maka perlu dipasang lampu lalu lintas.

Berdasarkan MKJI (Direktorat Jendral Bina Marga, 1997), sinyal lalu lintas dipergunakan untuk alasan sebagai berikut ini.

1. untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas puncak,
2. untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama, dan
3. untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang bertentangan.

### 2.1.2 Parameter Kinerja Simpang Bersinyal

Beberapa acuan yang dipakai untuk menentukan kinerja simpang bersinyal adalah sebagai berikut:

1. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Bina Marga, 1997)
   a. Kapasitas *(Capacity)*

      Kapasitas dapat didefinisikan sebagai arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan dari suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu, dalam satuan smp/jam.

   b. Rasio kendaraan henti *(Number Of Stop)*

      Rasio dari arus lalu lintas yang terpaksa berhenti sebelum melewati garis henti akibat pengendalian sinyal.

c. Panjang Antrian *(Queues Length)*

Panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat pada suatu simpang, dengan satuan meter.

d. Tundaan (*Delay)*

Tundaan adalah waktu tambahan yang dipelukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan situasi tanpa melalui simpang dengan satuan det/smp

e. Derajat kejenuhan *(Degree of Saturation)*

Rasio arus lalulintas terhadap kapasitas suatu pendekat.

2. HCM *(Highway Capacity Manual)*

Di HCM terdapat LOS *(Level Of Service)* yang meliputi :

a. *Volume and flow rate*
b. *Saturation flow and departure headway*s
c. *Control variables (stop or signal control)*
d. *Gaps availables in the conflicting traffic streams*
e. *Delay*

Berikut beberapa contoh penelitian terdahulu yang mengaplikasikannya, yaitu sebagai berikut.

Arifin (2011) melakukan penelitian yang berjudul "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Kentungan, Yogyakarta" Berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data terhadap simpang bersinyal Kentungan dengan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 diperoleh bahwa kondisi simpang menunjukkan hasil yang bermasalah dengan nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 1,84, kapasitas (C) sebesar 828 smp/ jam, dan tundaan (D) sebesar 633,6 det/smp. Setelah dianalisis bundaran dengan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 kondisi simpang menunjukkan hasil yang baik dengan nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,75, kapasitas (C) sebesar 5981 smp/ jam, dan tundaan (D) sebesar 11,62 det/smp.

Arbima (2016) melakukan penelitian yang berjudul "Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Empat Lengan (Studi Kasus Simpang Tak Bersinyal Empat Lengan Jalan Wates Km 5, Gamping Sleman, Yogyakarta) " berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode MKJI didapatkan kapasitas (C) 4592

SMP/jam menjadi 6949 SMP/jam, derajat kejenuhan (DS) 1,24 menjadi 0,78, yundaan (D) 53,391 det/smp menjadi 12,64 det/smp, peluang antrian (QP%) 62,696 % - 128,329 % menjadi 24789 % - 49,392 %, dan tingkat pelayanan F menjadi C. Sedangkan menggunakan *PTV VISSIM* didapatkan tundaan untuk pendekat Utara = 8,20 det/kendaraan, pendekat Timur = 9,43 det/kend menjadi 2,35 det/kend, pendekat Selatan = 4,82 det/kend, dan pendekat Barat = 68,22 det/kend menjadi 8,76 det/kend, sedangkan untuk panjang antrian pendekat Utara = 15,57 m, pendekat Timur = 67,83 m menjadi 32,68 m, pendekat Selatan = 11,15 m, dan pendekat Barat = 181,53 m menjadi 175,22 m dengan tingkat pelayanan F menjadi B.

Untuk penelitian ini menggunakan parameter kinerja yaitu Tundaan (D), Panjang Antrian (QL) dengan *PTV VISSIM,* dan Kapasitas (C) menggunakan MKJI (Bina Marga, 1997) untuk menganalisis kinerja Simpang Ngabean.

## 2.2 SIMULASI MIKROSKOPIK LALU LINTAS

### 2.2.1 Simulasi Mikroskopik

Simulasi Mikroskopik adalah suatu perangkat lunak untuk menganalisis secara rinci suatu kegiatan seperti evaluasi persimpangan lalu lintas jalan raya sebelum diimplementasikan di keadaan yang sebenarnya, misalnya simulasi mikroskopik lalu lintas digunakan untuk mengevaluasi efektivitas suatu persimpangan apakah sudah layak atau belum. Simulasi mikroskopik dinilai lebih hemat dalam pengeluaran biaya dan tenaga karena percobaan dilakukan mengggunakan perangkat lunak sehingga tidak langsung diterapkan di kondisi sebenarnya untuk melakukan percobaan (Aryandi, 2014).

### 2.2.2 Alat-alat Bantu Simulasi

Beberapa alat bantu untuk melakukan simulasi mikroskopik adalah sebagai berikut.

a) *SIDRA INTERSECTION*
b) *PTV VISSIM*
c) *SYNCHRO*

*d) PARAMICS*,dll

### 2.2.3 Pemanfaatan Alat Bantu Simulasi

Pemanfaatan alat bantu simulasi ini memiliki beberapa kelebihan satu dengan yang lainnya seperti misalnya *VISSIM* dapat melakukan pemodelan secara 2 dimensi maupun 3 dimensi sedangkan *SIDRA INTERSECTION* merupakan alat bantu evaluasi desain persimpangan yang hasil akhirnya berupa angka-angka (Wasono, 2014).

Penelitian ini menggunakan alat bantu simulasi *PTV VISSIM* karena peneliti menilai alat bantu ini selain hasil analisisnya berupa angka, alat bantu ini juga dapat mensimulasikan secara 2 dimensi dan 3 dimensi.

## 2.3 REKAYASA SIMPANG NGABEAN

Pada penelitian ini peneliti melakukan penelitian di simpang Ngabean Yogyakarta, peneliti melakukan rekayasa simpang dengan menggunakan perangkat lunak *VISSIM*, dengan tujuan mengetahui kinerja simpang ngabean saat ini dan dapat digunakan di waktu yang akan datang dan juga sebagai pembanding untuk penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.

Penelitian terdahulu pernah dilakukan oleh Tandyasari (2016), lokasi penelitian memiliki kesamaan dengan penelitian ini. Karena penelitian dilakukan di lokasi yang sama maka, peneliti berharap dapat dijadikan sebagai pembanding atau juga dapat lebih melengkapi dan memperbaiki hasil dari penelitian terdahulu. Perbedaan penelitian dengan sebelumnya mengenai simpang dapat ditampilkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian

| No | Aspek | Arifin (2011) | Arbima (2016) | Tandyasari (2016) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Judul Penelitian | Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Kentungan, Yogyakarta | Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Empat Lengan (Studi Kasus Simpang Tak Bersinyal Empat Lengan Jalan Wates Km 5, Gamping Sleman, Yogyakarta) | Analisis Simpang Apill Ngabean Yogyakarta |
| 2. | Metode yang digunakan | MKJI 1997, TRRL dan *Roundabout Design Guidelines 1995* | MKJI 1997 dan *PTV VISSIM* | MKJI 1997 |
| 3. | Lokasi dan Tahun Penelitian | Yogyakarta, 2011 | Jalan Wates, Gamping, DI Yogyakarta, 2016 | Yogyakarta, 2016 |
| 4. | Hasil Penelitian | Kondisi simpang Kentungan didapatkan C = 828 smp/jam, DS = 1,84, dan D = 633,6 det/smp. Setelah dianalisis bundaran dengan metode MKJI 1997 didapatkan C = 5981 smp/jam, DS = 0,75, dan D = 11,62 det/smp | MKJI didapatkan kapasitas (C) 4592 SMP/jam menjadi 6949 SMP/jam, derajat kejenuhan (DS) 1,24 menjadi 0,78, yundaan (D) 53,391 det/smp menjadi 12,64 det/smp, peluang antrian (QP%) 62,696 % - 128,329 % menjadi 24789 % - 49,392 %, dan tingkat pelayanan F menjadi C. Sedangkan menggunakan PTV VISSIM didapatkan tundaan untuk pendekat Utara = 8,20 det/kendaraan, pendekat Timur = 9,43 det/kend menjadi 2,35 det/kend, pendekat Selatan = 4,82 det/kend, dan pendekat Barat = 68,22 det/kend menjadi 8,76 det/kend, sedangkan untuk panjang antrian pendekat Utara = 15,57 m, pendekat Timur = 67,83 m menjadi 32,68 m, pendekat Selatan = 11,15 m, dan pendekat Barat = 181,53 m menjadi 175,22 m dengan tingkat pelayanan F menjadi B | kondisi Simpang Ngabean sebelum dan setelah dilakukan alternatif perbaikan pendekat Utara DS = 1,044 menjadi 0,984, Selatan = 1,085 menjadi 0,637, Timur = 0,899 menjadi 0,576, Barat = 0,830 menjadi 0,674. Panjang antrian lengan Utara = 353 m menjadi 259 m, Selatan = 281 m menjadi 116 m, Timur= 94 m menjadi 83 m, Barat = 124 m menjadi 111. Tundaan lengan Utara = 164,3 dt/smp menjadi 93,3 det/smp, Selatan = 248,6 det/smp menjadi 46,7 det/smp, Timur = 83,4 set/smp menjadi 50,3 det/smp, Barat = 63 det/smp menjadi 50 det/smp |

# BAB III
# LANDASAN TEORI

## 3.1 METODE ANALISIS

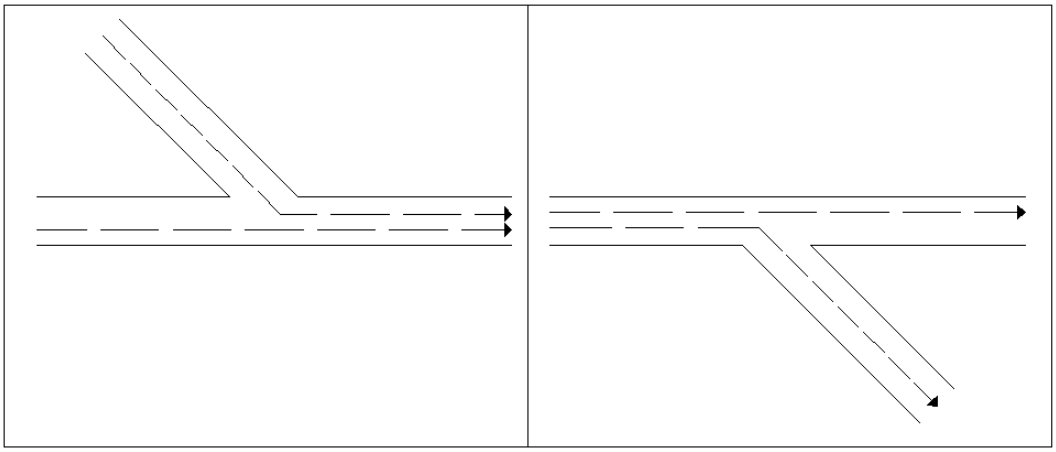
Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 oleh Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) adalah panduan yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Bina Jalan Kota yang dapat diterapkan sebagai sarana dalam perancangan, perencanaan,dan analisi operasional lalu lintas. Pada penelitian ini proses analisis menggunakan perangkat lunak *Vissim* oleh *PT AVG* (Jerman).

## 3.2 PERSIMPANGAN

Menurut Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (1996), persimpangan adalah titik pertemuan atau percabangan jalan, baik yang sebidang maupun yang tidak sebidang. Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari semua faktor jalan. Persimpangan merupakan faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, khusus di daerah perkotaan. Ketika berkendara di dalam kota, orang dapat melihat bahwa kebanyakan jalan di daerah perkotaan biasanya memiliki persimpangan dimana pengemudi dapat memutuskan untuk jalan terus atau belok dan pindah jalan.

Menurut Khristy (2003), persimpangan dibuat dengan tujuan untuk mengurangi potensi konflik antar kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagian bagi kendaraan. Secara umum terdapat tiga jenis persimpangan yaitu persimpangan sebidang, pembagian jalur jalan tanpa ramp dan simpang susun atau *interchange.* Persimpangan sebidang (*intersection atgrade)* adalah persimpangan dua jalan atau lebih bergabung pada satu bidang datar. Dengan tiap jalan raya mengarah keluar dari sebuah persimpangan dan membentuk bagian darinya.

Sedangkan menurut Hobbs (1995), persimpangan jalan merupakan simpulan transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekat dimana arus kendaraan dari beberapa pendekat tersebut bertemu dan memencar meninggalkan persimpangan.

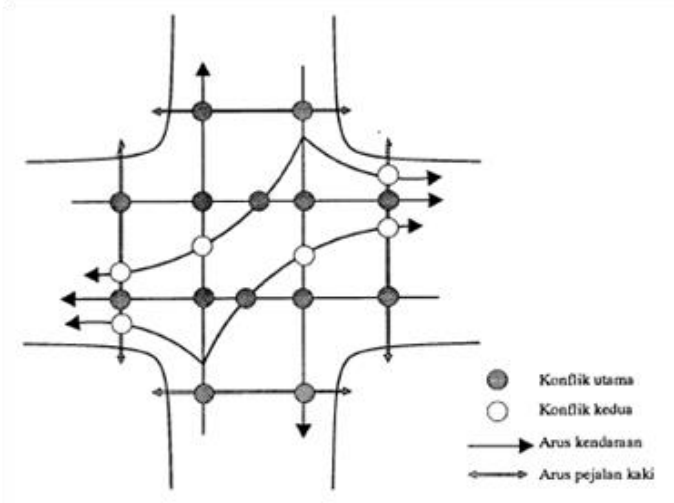


Gambar 3.1 Arus Kendaraan Bertemu dan Berpencar
(Sumber: Hobbs 1995)

Lintasan kendaraan pada simpangan akan menimbulkan titik konflik yang berdasarkan gerakan kendaraan terdapat 4 jenis dasar titik konflik yaitu berpencar *(diverging),* bergabung *(merging),* berpotongan *(crossing),* dan berjalinan *(weaving).*

## 3.3 SINYAL LALU LINTAS

Menurut Bina Marga (1997) penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna yaitu merah, kuning, dan hijau diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Hal ini merupakan kebutuhan yang mutlak bagi gerakan lalu lintas yang berasal dari jalan-jalan yang saling berpotongan yang merupakan konflik utama. Sinyal-sinyal dapat juga digunakan untuk memisahkan gerakan membelok dari lalu lintas lurus melawan, atau untuk memisahkan gerakan lalu lintas membelok dari pejalan kaki yang menyeberang yang merupakan konflik-konflik kedua. Berikut adalah gambaran konflik-konflik utama dan kedua pada simpang bersinyal dengan empat lengan.




Gambar 3.2 Konflik-konflik Utama dan Kedua pada Simpang Bersinyal dengan Empat Lengan
(Sumber: Bina Marga, 1997)

Oglesby (1999), menyebutkan bahwa setiap pemasangan lampu lalu lintas bertujuan unuk memenuhi satu atau lebih fungsi-fungsi dibawah ini

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

Oglesby (1999) juga menyebutkan bahwa terdapat hal-hal yang kurang menguntungkan dari lampu lalu lintas adalah sebagai berikut ini

1. Kehilangan waktu yang berlebihan pada pengemudi atau pejalan kaki.

2. Pelanggaran terhadap indikasi sinyal umumnya sama seperti pada pemasangan khusus.
3. Pengalihan lalu lintas pada rute yang kurang menguntungkan.
4. Meningkatkan frekuensi kecelakaan, terutama tumbukan bagian belakang kendaraan dengan pejalan kaki.

Menurut Munawar (2004), sistem pengontrolan lalu lintas merupakan pengaturan lalu lintas yang berupa perintah atau larangan. Perintah atau larangan tersebut dapat berupa lampu lalu lintas, rambu-rambu lalu lintas atau marka jalan. Sistem pengontrolan lalu lintas pada persimpangan jalan meliputi beberapa hal sebagai berikut ini

1. Optimalisasi lampu lalu lintas, berupa pengaturan *cycle time* (lampu siklus), waktu hijau atau merah dari lalu lintas serta jumlah fase.
2. Pemasangan atau pemindahan lampu lalu lintas, dengan memasang lampu lalu lintas di tempat –tempat dengan arus lalu lintas tinggi.
3. Prioritas kepada bus kota pada persimpangan dengan lampu lalu lintas, yakni berupa pemasangan antena pemancaran pada bus kota, sehingga jika bus kota tersebut mendekati lampu lalu lintas, lampu akan selalu hijau.
4. Koordinasi lampu lalu lintas, berupa koordinasi antara lampu-lampu lalu lintas, sehingga sebagian kendaraan akan dapat melewati beberapa lampu lalu lintas tanpa berhenti.

Sedangkan faktor pengontrolan pada jalan masuk atau keluar dari persimpangan adalah sebagai berikut ini

1. Jalan satu arah: jalan hanya diperbolehkan untuk arus lalu lintas satu arah saja, arah yang sebaliknya menggunakan jalan yang faktor di dekatnya.
2. Ke kiri boleh terus pada lampu merah: pada persimpangan dibuat jalur khusus untuk ke kiri yang terpisah, sehingga arus lalu lintas yang ke kiri dapat berbelok tanpa mengganggu arus lalu lintas yang menerus maupun yang ke kanan.
3. Larangan belok: untuk mengurangi konflik yang mungkin terjadi dengan arus lalu lintas dari arah yang lain, kendaraan tidak boleh belok. Akan tetapi, harus ada jalan alternatif bagi kendaraan yang menuju ke kanan atau ke kiri.

4. Jalan hanya khusus untuk penduduk di daerah tersebut: ini biasa dilakukan di jalan-jalan pada daerah pemukiman yang padat.

   Menurut Alamsyah (2008), pengaturan waktu lalu lintas umumnya didasarkan pada kriteria untuk meminimumkan tundaan kendaraan rata-rata atau kombinasi dari tundaan dan jumlah dari *stop*. Faktor berikutnya yang penting adalah sehubungan dengan konsumsi energi, polusi suara dan udara serta keselamatan lalu lintas dalam memenuhi kapasitas antrian harus seluruhnya disalurkan sebelum akhir dari hijau.

Tipe pengaturan waktu sinyal dibagi menjadi 3 tipe, yaitu:

1. kontrol waktu tetap, biasanya dipilih jika arus lalu lintas konstan, atau jika persimpangan termasuk kontrol dari sinyal lalu lintas terkoordinasi,
2. kontrol lalu lintas *semi actuated* (kontrol hanya dipasang pada jalan minor atau tombol tekan untuk penyeberangan pejalan kaki), biasanya dipilih jika terdapat jalan minor atau penyeberangan pejalan kaki memotong jalan sibuk,
3. kontrol lalu lintas *actuated* penuh, biasanya dipilih untuk simpangan *isolated* antara jalan-jalan dengan kepentingan sama dan *demand* lalu lintas yang berfluktuasi.

## 3.4 MENGHITUNG KAPASITAS SIMPANG BERSINYAL MENURUT MKJI 1997

Metodologi untuk menghitung kapasitas simpang bersinyal didasarkan pada hal-hal sebagai berikut ini.

1. Geometri

   Perhitungan dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekat. Satu lengan simpang dapat terdiri lebih dari satu pendekat, yaitu dipisahkan menjadi dua atau lebih sub-pendekat yang terjadi jika gerakan belok kanan atau belok kiri mendapat sinyal hijau pada fase yang berlainan dengan lalu lintas yang lurus atau jika dipisahkan secara fisik dengan pulau-pulau lalu lintas dalam pendekat.
2. Arus Lalu Lintas (Q)

Arus lalu lintas dihitung per satu jam untuk satu atau lebih periode misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang, dan sore. Arus lalu lintas untuk gerak belok kiri (Qlt), lurus (Qst), dan belok kanan (Qrt) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekat terlindung dan terlawan.

Tabel 3.1 Nilai emp untuk Jenis Kendaraan Berdasarkan Pendekat

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

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

Pada masing-masing pendekat yang terdapat arus belok kanan maupun belok kirir harus dihitung rasio kendaraan belok kiri $P_{LT}$ dan rasio belok kanan $P_{RT}$ dengna Persamaaan 3.1 dan 3.2 sebagai berikut ini

$$P_{RT} = \frac{RT\,(smp/jam)}{Total\,(smp/jam)} \tag{3.1}$$

$$P_{LT} = \frac{RL\,(smp/jam)}{Total\,(smp/jam)} \tag{3.2}$$

Rumus bernilai sama untuk pendekat terlawan maupun terlindung.

Keterangan:

LT = arus lalu lintas yang belok kiri

RT = arus lalu lintas yang belok kanan

$P_{LT}$ = rasio kendaraan belok kiri

$P_{RT}$ = rasio kendaraan belok kanan

Kemudian kendaraan tidak bermotor yang terdapat pada tiap pendekat dihitung dengan membagi arus kendaraan tidak bermotor ($Q_{UM}$) kend/jam dengan arus kendaraan bermotor ($Q_{MV}$) kend/jam, perhitungan ini berfungsi

untuk faktor penyesuaian hambatan samping pada tiap pendekat dengan rumus sebagai berikut ini

$$P_{UM} = \frac{Qum}{Qmv} \quad (3.3)$$

Keterangan :

$P_{UM}$ = rasio kendaraan tidak bermotor

$Q_{UM}$ = arus kendaraan tidakbermotor (kend/jam)

$Q_{MV}$ = arus kendaraan bermotor (kend/jam)

3. Model Dasar

Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut ini

$$C = S \times g/c \quad (3.4)$$

Keterangan :

C = kapasitas (smp/jam)

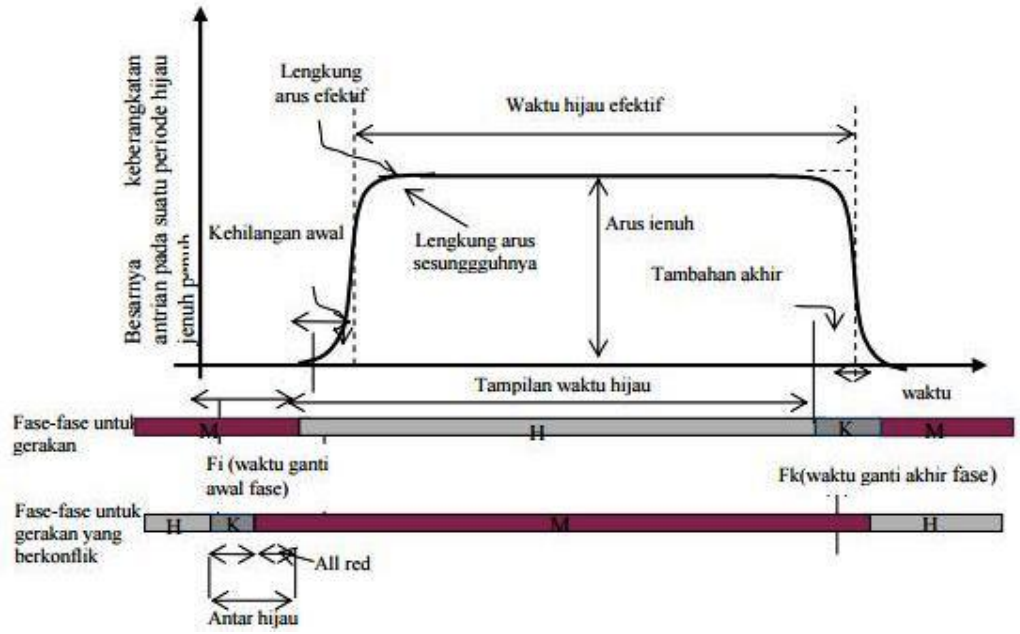
S = arus jenuh, yaitu arus berangkat rata-rata dari antrian dalam pendekat selama sinyal hijau (smp/jam hijau = smp per jam hijau)

g = waktu hijau (det)

c = waktu siklus

Oleh karena itu perlu diketahui atau ditentukan waktu sinyal dari simpang agar dapat menghitung kapasitas dan ukuran perilaku-perilaku lainnya. Permulaan arus berangkat menyebabkan terjadinya apa yang disebut sebagai kehilangan awal dari waktu hijau efektif, (bisa dilihat pada Gambar 3.3). Jadi besarnya waktu hijau efektif, yaitu lamanya waktu hijau dimana arus berangkat terjadi dengan besaran tetap sebesar S, dapat dihitung sebagai berikut ini

Waktu hijau efektif = tampilan waktu hijau – kehilangan awal + tambahan akhir (3.5)




Gambar 3.3 Model Dasar untuk Arus Jenuh (Akcelik 1989)

(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Arus jenuh (S) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar ($S_0$) yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi ideal yang telah ditetapkan sebelumnya. Selanjutnya untuk mendapatkan arus jenuh maka sesuai dengan Persamaan 3.6 dam 3.7 sebagai berikut.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (3.6)$$

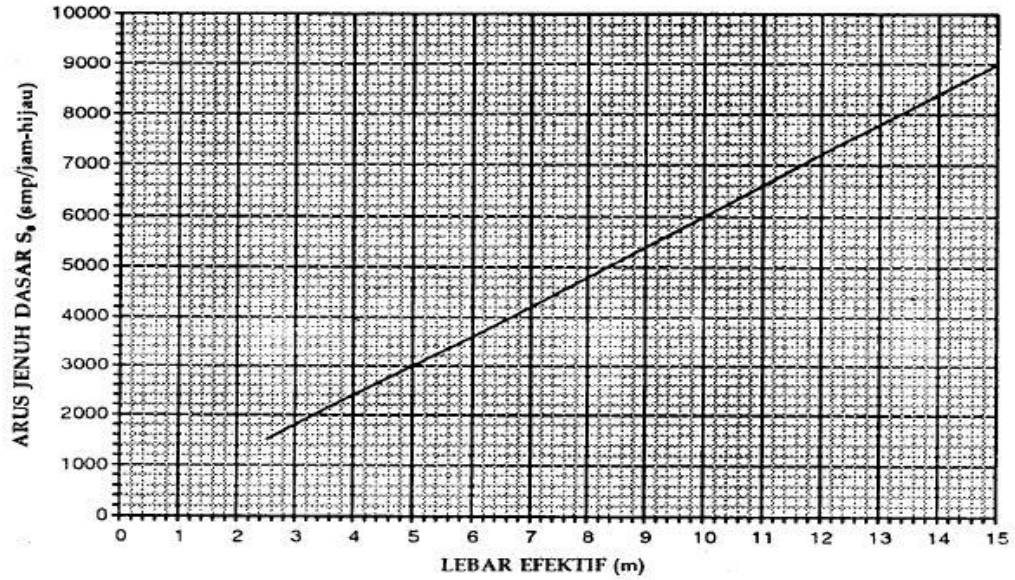
Untuk pendekat terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (We)

$$S_0 = 850 \times We^{0,96} \quad (3.7)$$

Keterangan :

$S_0$ = arus jenuh dasar

We = lebar masuk pendekat




Gambar 3.4 Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Tipe P

(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Selain rumus arus jenuh dasar berdasarkan MKJI 1997 di atas terdapat beberapa rumus arus jenuh dasar yang berbeda. Perbandingan rumus arus jenuh dasar sebagai berikut ini.

Tabel 3.2 Perbandingan Rumus Arus Jenuh Dasar

| No | Sumber | Arus Jenuh Dasar (smp/jam) |
|---|---|---|
| 1 | MKJI (1997) | 600 x We |
| 2 | Widodo (1997) | 775 x We |
| 3 | Sari (2005) | 709 - 840 x We |
| 4 | Munawar (2005) | 850 x $We^{0,96}$ |

Sumber : Risdiyanto (2007)

Besarnya arus jenuh ini dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut.

a. Pengaruh Ukuran Kota

Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dari Tabel 3.3 sebagai berikut

Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

| Penduduk Kota (Juta Jiwa) | Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs) |
|---|---|
| > 3,0 | 1,05 |
| 1,0-3,0 | 1,00 |
| 0,5-1,0 | 0,94 |
| 0,1-0,5 | 0,83 |
| <0,1 | 0,82 |

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

b. Pengaruh Hambatan Samping

Pengaruh hambatan samping merupakan fungsi dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping, dan rasio kendaraan tidak bermotor. Untuk faktor hambatan samping ini dapat dilihat pada Tabel 3.4 sebagai berikut.

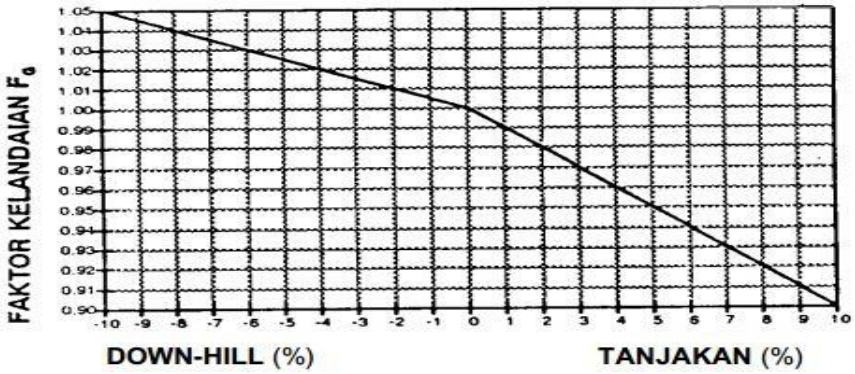
Tabel 3.4 Faktor Penyesuaian untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor ($F_{SF}$)

| Lingkungan jalan | Hambatan samping | Tipe fase | Rasio kendaraan tak bermotor | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0,00 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | ≥0,25 |
| Komersial (COM) | Tinggi | Terlawan | 0 93 | 0,88 | 0,84 | 0,79 | 0,74 | 0,70 |
| | | Terlindung | 0,93 | 0,91 | 0,88 | 0,87 | 0,85 | 0,81 |
| | Sedang | Terlawan | 0,94 | 0,89 | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,71 |
| | " | Terlindung | 0,94 | 0,92 | 0,89 | 0,88 | 0,86 | 0,82 |
| | Rendah | Terlawan | 0,95 | 0,90 | 0,86 | 0,81 | 0,76 | 0,72 |
| | " | Terlindung | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,89 | 0,87 | 0,83 |
| Permukiman (RES) | Tinggi | Terlawan | 0,96 | 0,91 | 0,86 | 0,81 | 0,78 | 0,72 |
| | " | Terlindung | 0,96 | 0,94 | 0,92 | 0,99 | 0,86 | 0,84 |
| | Sedang | Terlawan | 0,97 | 0,92 | 0,87 | 0,82 | 0,79 | 0,73 |
| | " | Terlindung | 0,97 | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,87 | 0,85 |
| | Rendah | Terlawan | 0,98 | 0,93 | 0,88 | 0,83 | 0,80 | 0,74 |
| | " | Terlindung | 0,98 | 0,96 | 0,94 | 0,91 | 0,88 | 0,86 |
| Akses terbatas (RA) | Tinggi/Sedang/Rendah | Terlawan | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,75 |
| | " | Terlindung | 1,00 | 0,98 | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,88 |

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

c. Pengaruh Kelandaian

Fungsi dari kelandaian jalan seperti tercatat dalam data geometrik jalan. Faktor ini didapat dari Gambar 3.5 dimana untuk tanjakan tandanya (+) dan turunan (-).




Gambar 3.5 Faktor Penyesuaian untuk Kelandaian ($F_G$)

(Sumber : Direktorat jenderal Bina Marga, 1997)

d. Pengaruh Parkir

Pengaruh parkir sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang diparkir pertama dan lebar pendekat. Faktor ini dapat juga diterapkanuntuk kasus-kasus dengan panjang lajur belok kiri terbatas. Ini tidak perlu diterapkan jika lebar efektif ditentukan oleh lebar keluar Fp dapat dihitung dari rumus dan Gambar 3.6 sebagai berikut, yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau.

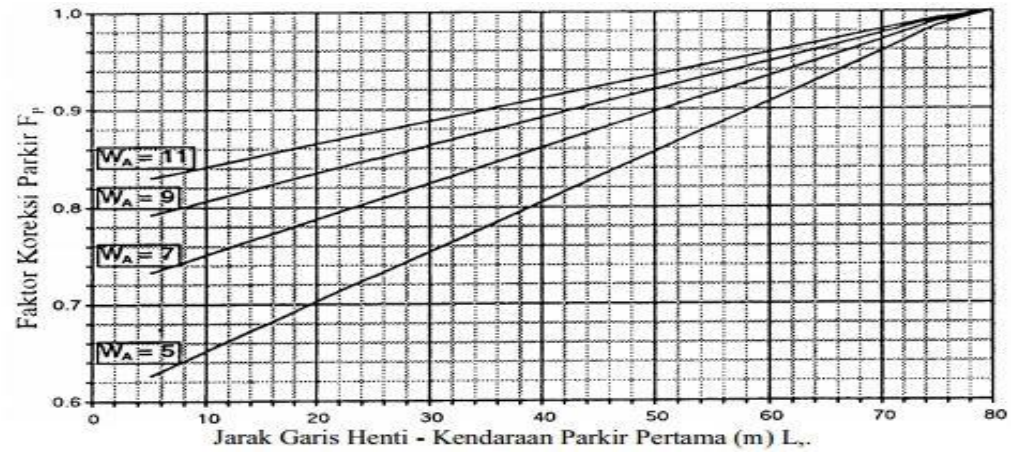
$$Fp = [\ Lp/3-(W_A-2)\ x\ (Lp/3)-g)/W_A]/g \qquad (3.8)$$

Keterangan:

Lp = jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m)

$W_A$ = lebar pendekat (m)

g = waktu hijau pada pendekat



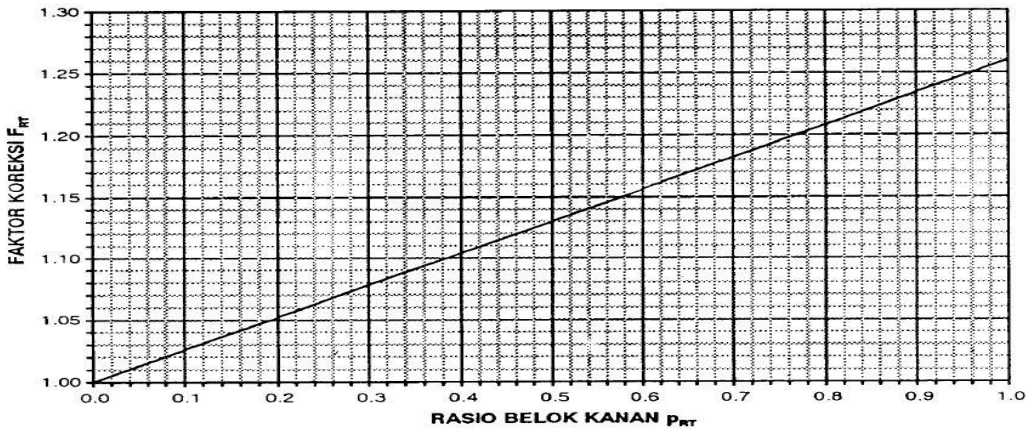

Gambar 3.6 Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Parkir dan Lajur Belok Kiri yang Pendek (Fp)

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

e. Pengaruh Belok Kanan

Faktor ini hanya dipakai apabila pendekat p (terlindung), tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk, dengan ketentuan persamaan di bawah atau Gambar 3.7 sebagai berikut.

$$F_{RT} = 1{,}0 + P_{RT} \times 0{,}26 \qquad (3.9)$$



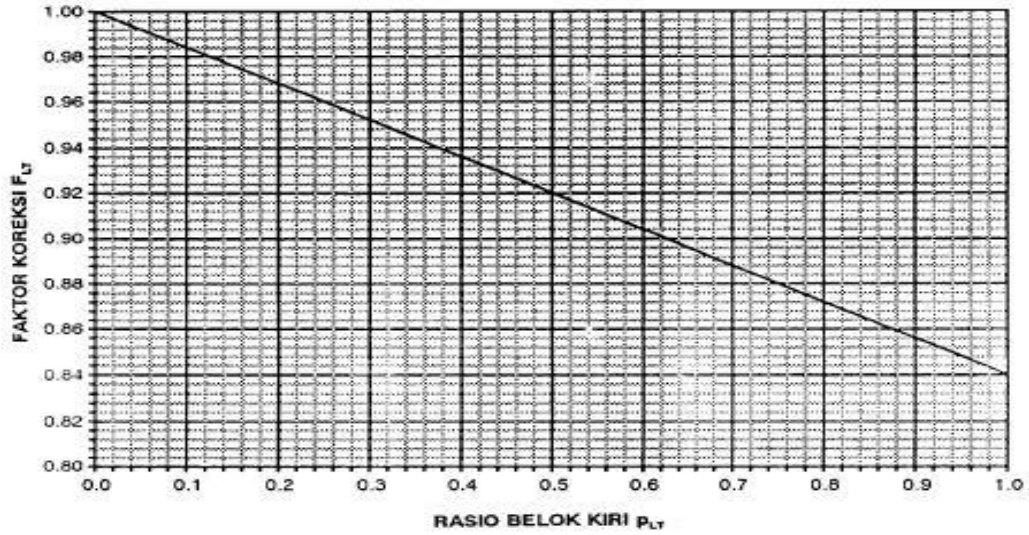

Gambar 3.7 Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kanan ($F_{RT}$)

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

f. Pengaruh Belok kiri

Faktor ini berlaku untuk tipe pendekat P (terlindung) lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk dengan ketentuan dan Gambar 3.8 sebagai berikut.

$$F_{LT} = 1{,}0 - P_{LT} \times 0{,}16 \qquad (3.10)$$




Gambar 3.8 Faktor Penyesuaian untuk Belok Kiri ($F_{LT}$)

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

4. Rasio Arus, Rasio Arus Simpang, dan Rasio Fase

a. Rasio Arus

Rasio arus adalah rasio antara arus lalu lintas dan arus jenuh dari suatu pendekat.

Rasio arus diperoleh dengan Persamaan 3.11 sebagai berikut

$$FR = \frac{Q}{S} \qquad (3.11)$$

Keterangan:

FR = Rasio arus

Q = Arus lalu lintas

S = arus jenuh

b. Rasio Arus Simpang

Rasio arus simpang adalah jumlah dari rasio kritis atau tertinggi untuk semua fase sinyal yang berurutan dalam suatu siklus.

Rasio arus simpang dengan Persamaan 3.12 sebagai berikut:

$$IFR = \sum (FRcrit) \quad (3.12)$$

Keterangan :

IFR = rasio arus simpang

FRcrit = rasio arus yang kritis

c. Rasio Fase

Rasio fase adalah rasio yang kritis dibagi dengan rasio arus simpang

Rasio fase diperoleh dengan Persamaan 3.13 sebagai berikut:

$$PR = \frac{FRcrit}{IFR} \quad (3.13)$$

Keterangan:

PR = rasio fase

IFR = rasio arus simpang

FRcrit = rasio arus yang kritis

5. Penentuan Waktu Sinyal

Penentuan waktu sinyal untuk kendaraan dengan kelandaian waktu tetap menggunakan metode Webster (1966) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang. Pertama-tama tentukan waktu siklus (c), selajutnya waktu hijau (gi) pada masing-masing fase (i).

a. Waktu Siklus

$$c = \frac{(1{,}5 \times LTI + 5)}{(1 - \sum FRcrit)} \quad (3.14)$$

Keterangan:

c = Waktu siklus sinyal (detik)

LTI = jumlah waktu hilang per siklus (detik)

FR = arus dibagi arus jenuh (Q/S)

FRcrit = nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal

∑(FRcrit) = Rasio arus simpang = jumlah FRcrit dari semua fase siklus.

Jika waktu siklus tersebut lebih kecil dari nilai ini maka ada resiko akan terjadinya lewat arus jenuh pada simpang tersebut. Waktu siklus yang terlalu panjang akan menyebabkan meningkatnya tundaan rata-rata. Jika nilai ∑(FRcrit) mendekati atau lebih dari 1 maka simpang tersebut adalah lewat jenuh dan rumus tersebut akan menghasilkan nilai waktu siklus yang sangat tinggi atau negatif.

b. Waktu Hijau

$$gi = (c - LTI) \times \frac{FRcrit}{L(FRcrit)} \qquad (3.15)$$

Keterangan:

gi = Tampilan waktu hujai pada fase i (detik)

kinerja suatu simpang bersinyal pada umumnya lebih peka terhadap kesalahan-kesalahan dalam pembagian waktu hijaudaripada masalah terlalu panjangnya waktu siklus. Penyimpangan kecilpun dari rasio hijau (g/c) yang ditentukan dari rumus waktu siklus dan waktu hijau menghasilkan bertambahnya tinggi tundaan rata-rata pada simpang tersebut.

c. Waktu hilang

$$LTI = \sum(\text{Merah Semua} + \text{Kuning})i = \sum IGi \qquad (3.16)$$

Keterangan:

LTI = Waktu Hilang

IG =Waktu antar hijau *(intergreen)*

## 3.5 SIMPANG BERSINYAL

Menurut Bina Marga (1997), penggunaan sinyal pada suatu persimpangan diharapkan dapat mendistribusikan kapasitas ke berbagai pendekat melalui pengalokasian waktu hijau pada masing-masing pendekat. Sinyal lalu lintas merupakan suatu metode yang paling penting dan efektif untuk mengatur lalu lintas di persimpangan yang memiliki volume lalu lintas pada kaki simpang yang relatif tinggi. Simpang dengan sinyal lalu lintas dapat mengurangi atau menghilangkan titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalu lintas pada waktu yang berbeda-beda.

Pada umumnya faktor penggunaan sinyal lalu lintas pada persimpangan dipergunakan untuk hal sebagai berikut:

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
2. Untuk faktor kesempatan kepada kendaraan dan pejalan kaki dari simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang berlawanan.

Beberapa definisi umum yang perlu diketahui dalam kaitannya dengan permasalahan simpang bersinyal menurut Bina Marga (1997), diantaranya adalah sebagai berikut ini.

1. Kapasitas (*capacity*) adalah arus lalu lintas maksimum yang dapt dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (kendaraan/jam atau smp/jam).

2. Tundaan (*delay*) adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa melalui simpang (detik).
3. Panjang antrian (*queque length*) adalah panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat (meter).
4. Antrian (*queque*) adalah jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat (kendaraan/smp).
5. Waktu siklus (*cycle time*) adalah waktu urutan lengkap dari indikasi sinyal (detik).
6. Waktu hijau (*green time*) adalah waktu nyala lampu hijau dalam suatu pendekat (detik).
7. Rasio hijau (*green ratio*) adalah perbandingan waktu hijau dengan waktu siklus dalam suatu pendekat.
8. Waktu merah semua (*all red*) adalah waktu sinyal merah menyala secara bersamaan pada semua pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang beruntun (detik).
9. Waktu antar hijau (*inter green time*) adalah jumlah antara periode kuning dengan waktu merah antara dua fase sinyal yang beruntun (detik).
10. Waktu hilang (*lost time)* adalah jumlah semua periode antara hijau dalam siklus yang lengkap atau beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam fase yang beruntun (detik).
11. Derajat kejenuhan *(degree of saturation)* adalah rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat.
12. Arus jenuh *(saturation flow)* adalah besaran keberangkatan antrian di dalam suaut pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jam).
13. *Oversaturated* adalah suaut kondisi pada saat volume kendaraan yang melawati suatu pendekat melebihi kapasitasnya.
14. Iringan *(pletoon)* adalah kondisi lalu lintas bila kendaraan bergerak dalam antrian atau pleton dengan kecepatan yang sama karena tertahan oleh kendaraan yang didepan (pemimpin pleton).

## 3.6 TINGKAT PELAYANAN PADA PERSIMPANGAN

Menurut HCM (2000) *Level of Services (LOS)* atau tingkat pelayanan adalah suatu pengukuran kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional dalam suatu aliran lalu lintas dan persepsinya oleh pengendara atau penumpang.

Tingkat pelayanan dibagi atas tingkat : A, B, C, D, E, dan F. Pada kondisi operasional yang paling baik dari suatu fasilitas dinyatakan dengan tingkat pelayanan A, sedangkan untuk kondisi yang paling buruk dinyatakan dengan tingkat pelayanan F. Hubungan antar besarnya tundaan henti kendaraan (detik) dengan tingkat pelayanan dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut

Tabel 3.5 Tingkat Pelayanan Persimpangan

| Tingkat Pelayanan | Rata-rata tundaan berhenti (detik / kendaraan) |
|---|---|
| A | ≤ 10 |
| B | >10 – 20 |
| C | >20 – 35 |
| D | > 35 – 55 |
| E | > 55 – 80 |
| F | ≥ 80 |

Sumber: HCM (2000)

1. Tingkat pelayanan A

   Pergerakan yang lancar atau sangat baik dan sebagian besar kendaraan tiba pada saat lampu hijau.

2. Tingkat pelayanan B

   Pergerakan baik kendaraan yang berhenti pada tingkat ini lebih banyak pada tingkat ini lebih banyak dari kendaraan pada *LoS* A

3. Tingkat pelayanan C

   Pergerakan yang kurang baik dan atau waktu siklus yang lebih panjang jumlah kendaraan yang berhenti sangat berpengaruh pada tingkat ini, walaupun masih banyak kendaraan yang melewwati persimpangan ini.

4. Tingkat pelayanan D

Pergerakan yang buruk dang pengaruh kemacetan lebih terlihat pada tingkat ini. Akibat dari waktu siklus yang panjang atau rasio kendaraan yang tinggi dan rasio kendaraan henti menurun.

5. Tingkat pelayanan E

   Pergerakan yang buruk akibat dari nilai tundaan yang tinggi, biasanya menunjukkan nilai waktu siklus yang panjang dan rasio kendaraan yang tingi.

6. Tingkat pelayanan F

   Kondisi macet total atau ketika arus datang melebihi kapasitas.

## 3.7 PERANGKAT LUNAK *VISSIM*

VISSIM atau *Verkehr In Stadten Simulation Model* adalah perangkat lunak yang bisa melakukan simulasi untuk lalu lintas mikroskopik, transportasi yang umum dan pejalan kaki. Penggunaan perangkat lunak in bisa memodelkan segala jenis konfigurasi geometrik atau perilaku pengguna jalan yang terjadi dalam sistem transportasi. Vissim didasarkan pada penelitian secara intensif selama bertahun tahun dan sejak diperkenalkan pada tahun 1992 telah digunakan oleh masyarakat luas di seluruh dunia dan terbukti paling unggul untuk simulasi mikroskopik.

*VISSIM* dapat digunakan pada berbagai tipe pengaturan sinyal, selain pengaturan kontrol sinyal, fungsi pengaturan waktu juga dapat untuk mengidentifikasi pengaturan sinyal kendaraan yang terdapat dipaket perangkat lunak untuk penerapan di lapangan.

### 3.7.1 Penggunaan *VISSIM* pada Simulasi Lalu Lintas

*VISSIM* telah digunakan untuk menganalisis jaringan-jaringan dari segala jenis ukuran jarak persimpangan individual hingga keseluruhan daerah metropolitan. Dalam jaringan-jaringan transportasi berikut, *VISSIM* mampu memodelkan semua klasifikasi fungsi jalan mulai dari jalan raya lintas untuk sepeda motor hingga jalan raya untuk mobil. Jangkauan perangkat lunak jaringan *VISSIM* yang luas juga meliputi fasilitas–fasilitas transportasi umum, sepeda, hingga pejalan kaki. Selain itu *VISSIM* juga bisa mensimulasikan geometrik dan kondisi operasional yang unik yang terdapat dalam sistem transportasi. Data-data

yang ingin dimasukkan untuk dianalisis dilakukan sesuai keinginan pengguna. Perhitungan-perhitungan keefektifan yang beragam bisa dimasukkan pada perangkat lunak *VISSIM*, pada umumnya antara lain tundaan, kecepatan, panjang antrian, waktu tempuh.

Data dan parameter yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi lalu lintas adalah sebagai berikut ini.

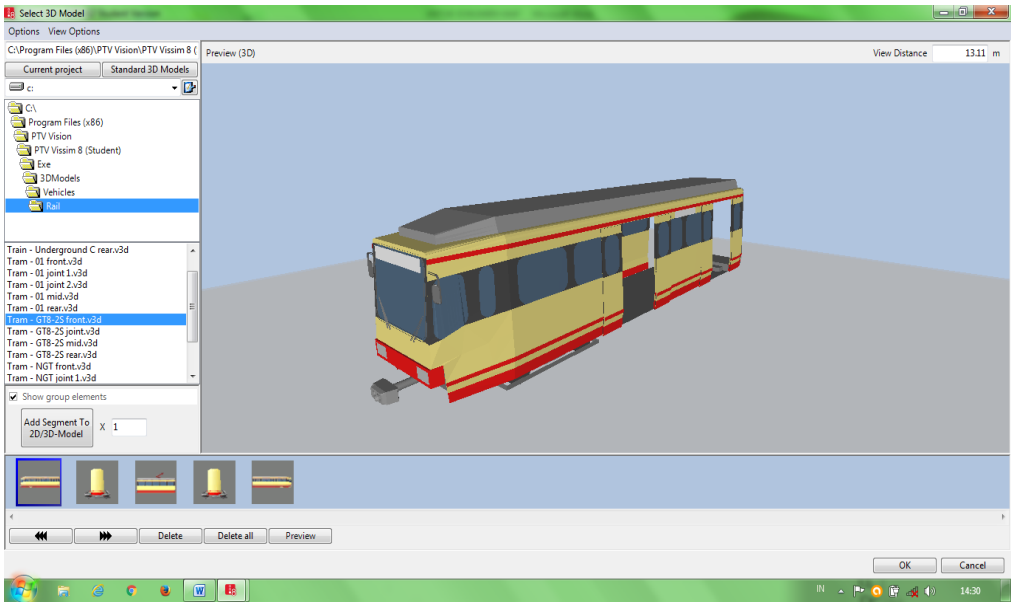
1. *Base Data* untuk Simulasi Lalu lintas

   Kondisi lalu lintas yang saling terkait dan mempengaruhi satu sama lain, menyebabkan suatu keharusan untuk meyediakan variabilitas tersebut dalam perangkat lunak *VISSIM*. Dalam *VISSIM*, hal ini diwujudkan dalam penyatuan beberapa parameter menggunakan distribusi stokastik.

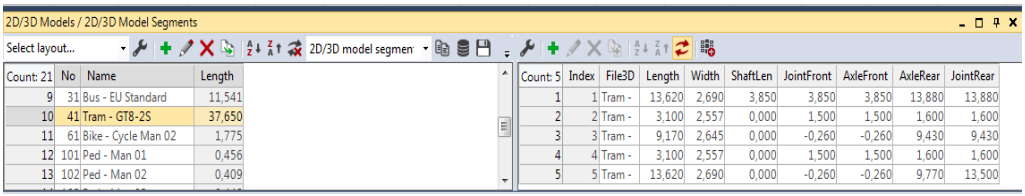
   Dalam penelitian ini, parameter yang digunakan adalah sebagai berikut.

   a. *Vehicle Input*, memasukkan jumlah arus lalu lintas (kend/jam) sesuai dengan hasil survei di lapangan.

   b. *2D/3D*, pemilihan model-model kendaraan yang ingin dimasukkan dalam simulasi. Contoh tampilan dari menu *2D/3D Model* dapat dilihat pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10



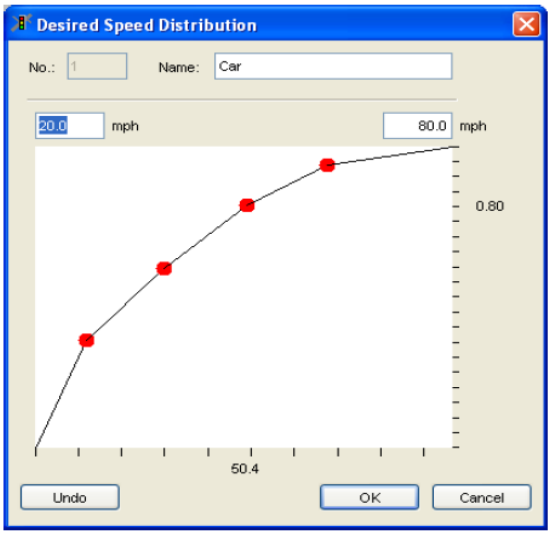

Gambar 3.9 *3D Models*
(Sumber: PTV AG,2011)




Gambar 3.10 *2D Models*
(Sumber: PTV AG, 2011)

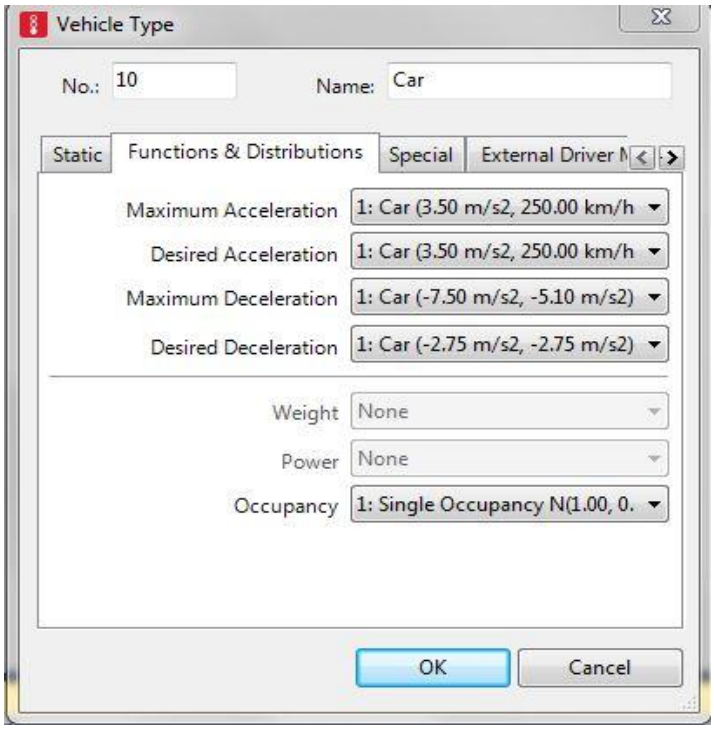
c. *Vehicle Composition*, pengaturan seberapa besar persentase tiap-tiap jenis kendaraan terhadap arus lalu lintas yang ada.

d. *Desired Speed Distribution*, untuk semua jenis kendaraan, kecepatan merupakan parameter yang penting yang menentukan yang mempunyai pengaruh yang signifikan pada kapasitas jalan raya dan kecepatan perjalanan yang dapat diraih. Jika tidak dihalangi oleh kendaraan lain, maka kendaraan dapat melakukan perjalanan pada *desire speed*-nya sesuai dengan yang diatur oleh pengguna. Semakin banyak jenis kendaraan yang mempunyai *desired speed* yang berbeda, makan akan semakin banyak peleton kendaraan yang tercipta. Tampilan menu *Desired Speed Distribution* dan contoh penentuan variasi kecepatann kendaraan dapat dilihat pada Gambar 3.11

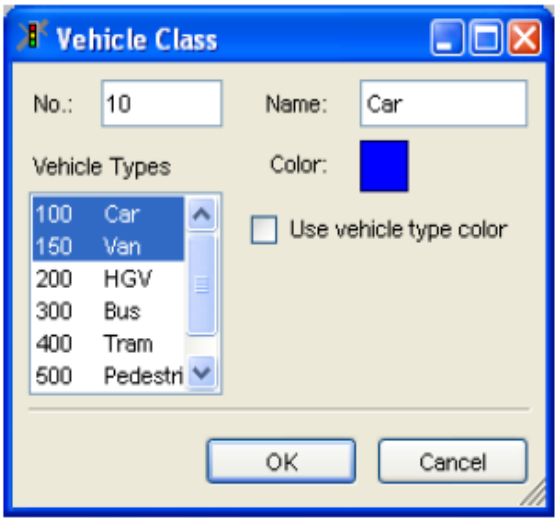



Gambar 3.11 *Desired Speed Distribution*
(Sumber: PTV AG, 2011)

e. *Vehicle Type, Classand Category*. *Vehicle type* adalah sekelompok kendaraan dengan karakterisitik teknis dan perilaku fisik berkendara yang sama (Contoh: mobil, bus, HGV, Tram, sepeda motor, sepeda, pejalan kaki). *Vehicle Class* adalah satu atau lebih tipe kendaraan yang dikombinasikan dalam satu kelas kendaraan. *Vehicle Category* adalah penetapan terlebih dahulu kategori- kategori statis kendaraan yang menyertakan interaksi yang sama antar kendaraan, contohnya kendaraan jenis tram tidak diperbolehkan bertukar lajur pada jalan berlajur banyak dan dan tidak bergerak kesana kemari pada kecepatan yang diinginkan. Pada Gambar 3.12 dan Gambar 3.13 di bawah ini, dapat dilihat tampilan menu dari *Vehicle Type* dan *Vehicle Class*, dapat diketahui bahwa setiap jenis kendaraan mempunyai karakter tertentu, baik yang sudah ditentukan sebelumnya seperti *acceleration* dan *deceleration* maupun yang ditentukan sendiri seperti warna kendaraan.

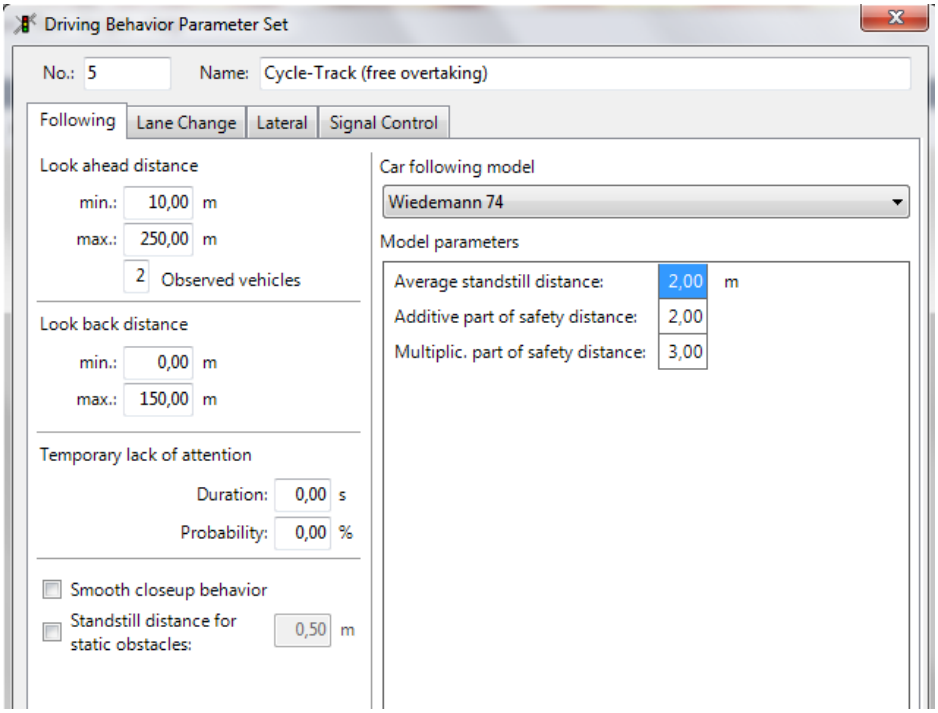



Gambar 3.12 *Vehicle Type*
(Sumber: PTV AG, 2011)




Gambar 3.13 *Vehicle Class*
(Sumber: PTV AG, 2011)

f. *Driving Behaviour*, adalah parameter yang secara langsung mempengaruhi interaksi antar kendaraan sehingga bisa menyebabkan perbedaan yang substansial pada hasil simulasi lalu lintas. *Driving behaviour* dihubungkan pada tiap lajur oleh jenis perilakunya. Untuk setiap kelas kendaraan, *driving behaviour* yang berbeda dapat diterapkan bahkan dalam lajur yang sama. Penentuan *Driving Behaviour* untuk tiap *links* (lajur), bisa dilihat pada Gambar 3.14 berikut ini, beserta parameter-parameter yang dapat disesuaikan.




Gambar 3.14 *Driving Behavior*
(Sumber: PTV AG, 2011)

g. *Signal Control* adalah cara yang digunakan untuk memodelkan satu siklus lalu lintas di lapangan.

2. *Traffic Control*

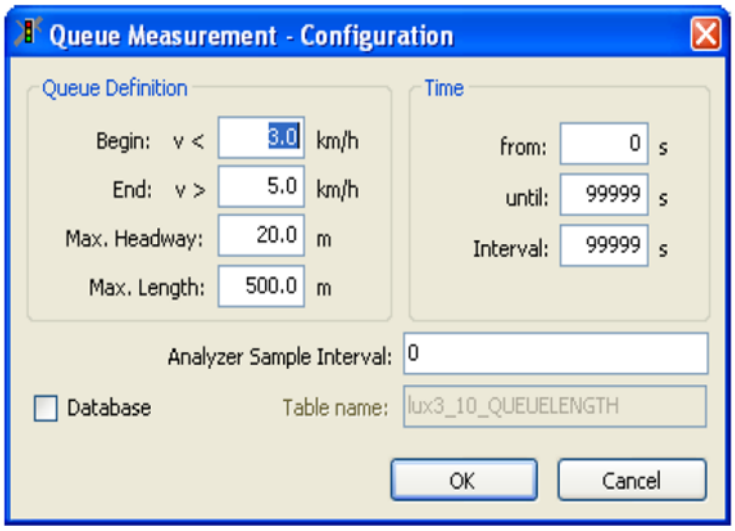
Elemen dasar dari jaringan lalu lintas dalam *VISSIM* adalah sebuah penghubung atau *links* yang merepresentasikan satu atau lebih segmen lajur jalan dengan arah arus yang spesifik. Sebuah jaringan bisa dibuat dengan menghubungkan antar *links* dengan *connectors*. Hanya *links* yang dihubungkan dengan *connectors* yang diperbolehkan untuk melanjutkan lalu lintas

a. *Links* adalah input geometri jaringan jalan, seperti lebar jalan dan jumlah lajur.
b. *Connectors* adalah input geometrik jalan yang mempunyai fungsi menhubungkan antara *links*
c. *Background* dan *Scalling* adalah pengaturan pada simulasi dengan mengambil lokasi penelitian dari *google earth,* lalu diinput pada *perangkat lunak VISSIM.*

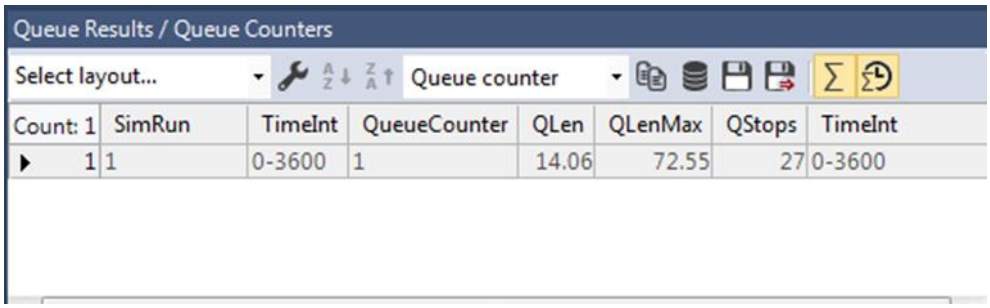
3. *Evaluation*

Elemen dasar dari jaringan lalu lintas dalam *VISSIM* adalah sebuah penghubung atau *links* yang merepresentasikan satu atau lebih segmen lajur jalan dengan arah arus yang spesifik. Sebuah jaringan jalan bisa dibuat dengan menghubungkan antar *links* dengan *connectors.* Hanya *links* yang dihubungkan dengan *connectors* yang diperbolehkan untuk melanjutkan lalu litas.

a. *Queue counter,* penetapan titik dimana saat kendaraan berhenti, pajang antrian mulai dihitung. Menu dan data yang bisa diisi pada *queue counter* dapat dilihat pada Gambar 3.15 dan Gmabar 3.116 dibawah ini.

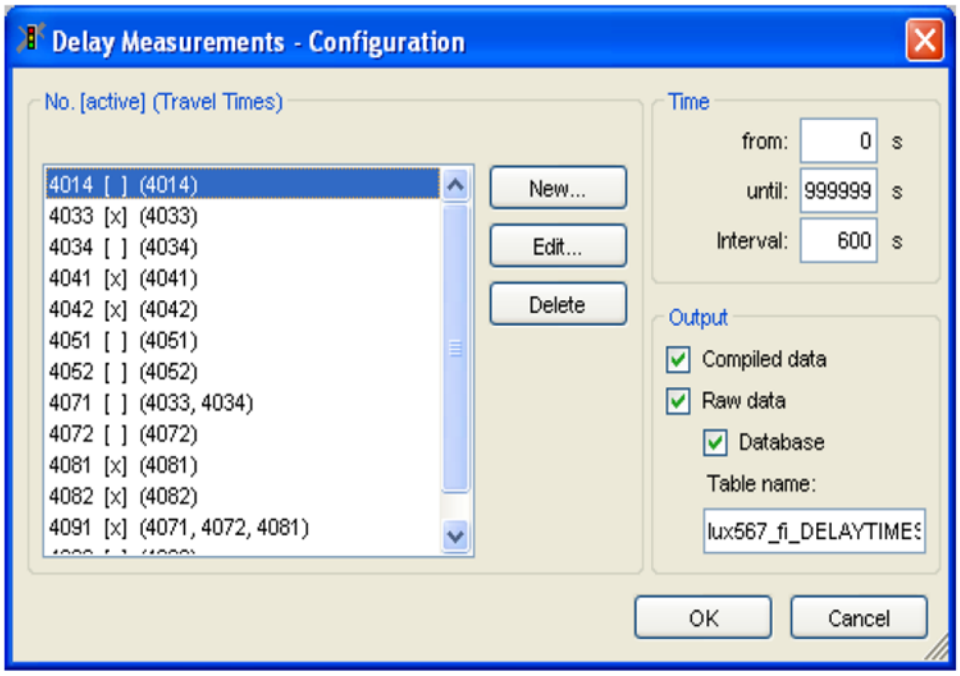



Gambar 3.15 *Queue Measurement*
(Sumber: PTV AG, 2011)




Gambar 3.16 *Queue Counter*
(Sumber: PTV AG, 2011)

b. *Delay*, perhitungan tundaan yang dialami kendaraan sesuai dengan rute yang telah ditentukan. Menu *delay* pada *VISSIM* dapat dilihat pada Gambar 3.17




Gambar 3.17 *Delay Measurements*
(Sumber: PTV AG, 2011)

### 3.7.2 Wiedemann *Approach*

Wiedemann *Approach* adalah *car following model* pada *perangkat lunak VISSIM*. Dengan pendekatan ini, maka perilaku kendaraan di lapngan dapat dibuat lebih mirip dengan perilaku kendaraan pada *perangkat lunak VISSIM* jika perbedaan dengan keadaan di lapangan terlalu jauh. Ide dasar dari pendekat ini adalah dengan mengasumsikan pengendara termasuk salah satu dari 4 model pengendara berikut ini:

a. *Free driving*, pada model ini peneliti mencoba mencapai kecepatan yang diinginkan oleh dirinya sendiri dan mempertahankannya. Dalam keadaan sebenarnya, kecepatan *free driving* tidak dapat diatur agar tetap konstan, tetapi naik turun karena ketidak sempurnaan dalam meminjak pedal gas.

b. *Approaching,* proses adaptasi kecepatan peneliti sendiri ke kecepatan yang lebih rendah karena kendaraan di depannya. Saat melakukan *approaching*, peneliti menurunkan kecepatannya sehingga perbedaan kecepatan antara dua kendaraan akan menjadi nol saat ia mencapai jarak aman yang diinginkannya.
c. *Following,* keadaan ketika peneliti mengikuti kendaraan di depannya tanpa adanya penurunan atau peningkata kecepatan. Ia memeprtahankan jerak aman dengan kendaraan di depannya agar tetap konstan, tetapi sekali lagi karena ketidaksempurnaan dalam kontrol gas, perbedaan kecepatan antara kedua kendaraan akan naik turun di sekita nol.
d. *Braking,* perangkat lunak dari penurunan kecepatan medium hingga tinggi ketika jarak antara dua kendaraan lebih pendek dari jarak aman yang diinginkan. Hal ini terjadi ketika kendaraan di depan peneliti menurunkan kecepatan secara kasar, atau jika ada mobil ketiga yang masuk jalur di depan peneliti.

### 3.7.3 Kalibrasi dan Validasi Data

Kalibrasi adalah proses penyesuaian kembali komponen model simulasi sehingga model simulasi secara akurat mewakili atau mendekati dengan yang diamati. Proses kalibrasi dapat dilakukan berdasarkan perilaku pengemudi daerah yang diamati.Validasi pada *VISSIM* merupakan proses pengujian kebenaran dari kalibrasi dengan membandingkan hasil observasi dan hasil simulasi. Proses validasi dilakukan berdasarkan jumlah volume arus lalu lintas.

# BAB IV
# METODE PENELITIAN

## 4.1 JENIS PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang berusaha mendeskripsikan dan menginterpretasikan sesuatu, misal kondisi yang ada pendapat yang berkembang proses yang berlangsung, akibat atau efek yang terjadi atau tentang kecenderungan yang tengah berlangsung. (Yulika 2011) .

Dalam penggunaan metode deskriptif ini sangat diperlukan adanya perencanaan agar uraian dari data-data yang diperoleh benar-benar mencakup seluruh persoalan dalam penelitian yang akan dilakukan. Perencanaan atau perumusan persoalan yang tepat akan menunjukan informasi mengenai apa saja yang sebenarnya diperlukan dan dapat dilakukan. Biasanya data deskriptif digunakan sebagai dasar yang langsung untuk membuat keputusan-keputusan

## 4.2 TAHAP PENELITIAN

Tahap penelitian adalah langkah-langkah dan rencana dari proses berpikir dan memecahkan masalah, mulai dari penelitian pendahuluan, penemuan masalah, pengamatan, pengumpulan data baik dari observasi secara langsung di lapangan maupun dari referensi lainnya, kemudian pengolahan data sampai penarikan kesimpulan atas permasalahan yang diteliti. Dalam penelitian ini dilakukan menggunakan survei dan metode analisis.

Tahap-tahap dalam melakukan analisis kinerja simpang bersinyal adalah sebagai berikut ini

1. tahap persiapan, adalah mengkaji permasalahan yang ada kemudian melakukan studi literatur tentang penelitian sejenis yang pernah dilakukan,
2. tahap pengumpulan data, adalah pengambilan data primer maupun sekunder yang dilakukan dengan cara survei secara langsung di lapangan, data tersebut akan digunakan sebagai bahan untuk menyelesaikan penelitian, dan

3. tahap analisis, adalah tahap menganalisis data yang sudah didapat sehingga didapat hasil analisis. Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah perangkat lunak *VISSIM*.

## 4.3 PENGAMBILAN DATA

Pengumpulan data dapat dilakukan melalui beberapa ketentuan yang sudah disusun secara sistematis. Proses ini dilakukan untuk menginventarisasi data penelitian, agar data yang diperoleh dapat dikelompokkan dalam jenis-jenisnya. Pengelompokan data dapat dibagi menjadi 2, data primer dan data sekunder.

Dalam mencari data, dibutuhkan waktu yang tepat dengan mempertimbangkan keadaan di lapangan dari segi cuaca maupun efektivitas dalam pengambilan data. Data penelitian yang diperoleh dapat diambil dari beberapa sumber.

### 4.3.1 Data Primer

Data primer adalah data utama yang diperoleh dengan cara observasi atau pengamatan langsung di lokasi penelitian yang meliputi.

a. Volume Lalu Lintas

   Volume atau arus lalu lintas yang melewati setiap lengan simpang, dalam hal ini dilakukan pencatatan kendaraan berdasarkan jenis dan arah pergerakan. Jenis kendaraan yang diamati adalah sebagai berikut ini

   1) sepeda motor (MC),
   2) kendaraan ringan (LV) seperti mobil peumpang, minibus, *pick up* dan *jeep*,dan
   3) kendaraan berat (HV) seperti bus sedang, bus besar dan truk.

   Data arus lalu lintas kendaraan pada masing-masing pendekat dibagi menjadi 3 arus, yaitu:

   1) arus kendaraan lurus (ST),
   2) arus kendaraan belok kanan (RT),dan
   3) arus kendaraan belok kiri mengikuti lalmpu lalau lintas (LT) atau belok kiri langsung (LTOR).

b. Kecepatan

Kecepatan kendaraan saat memasuki lengan simpang dan kecepatan kendaraan pada ruas jalan.

c. Geometri Simpang

Pengukuran geometri simpang dilakukna untuk mengetahui dimensi simpang seperti berikut ini.

1) lebar perkerasan jalan berupa lebar pendekat, lebar masuk, lebar keluar,
2) lebar lajur (belok kiri, lurus, dan belok kanan),
3) median (bila ada), dan
4) jarak antar simpang.

Pengukuran dilakukan pada saat dinihari. Hal ini diperlukan keadaan kosong agara pengukuran berjalan lancar.

d. Sinyal Lalu Lintas

1) lama waktu menyala tiap-tiap sinyal (hijau,*amber*,merah,*all red*) pada masing-masing pendekat,
2) fase sinyal.

e. Waktu Tempuh

Waktu tempuh yang diperlukan kendaraan berdasarkan rute tertentu.

### 4.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung, melainkan melalui sumber lain, baik lisan maupun tertulis. Data sekunder berupa data jumlah penduduk dan data pertumbuhan jumlah kendaraan pertahun di Daerah Istimewa Yogyakarta khususnya kota Yogyakarta.

### 4.3.3 Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan beberapa alat untuk menunjang pelaksanaan penelitian di lapangan sebagai berikut ini.

a. alat tulis,
b. formulir penelitian, digunakan untuk pencatatan arus lalu lintas,
c. pita ukur, digunakan untuk mengukur geometri jalan,
d. *handy Tal Counter,* digunakan untuk menghitung jumlah kendaraan,

e. arloji, digunakan mengetahui kapan dan mengakhiri penelitian,
f. seperangkat alat komputer, digunakan untuk menganalisis data,
g. *camera* atau *handycam*, digunakan untuk merekam pergerakan kendaraan pada setiap lengan simpang, dan
*h.* *speed Gun*, digunakan untuk mengukur kecepatan kendaraan.

### 4.3.4 Persiapan dan Pelaksanaan Survei Lapangan

Beberapa hal yang dipersiapkan saat melakukan survei lapangan

1. Survei Awal dan Persiapan

   Survei yang dilakukan untuk mengenali lokasi penelitian khususnya kepada petugas survei serta penjelasan teknis penelitian seperti pembagian tugas pencatatan dan cara pengisian formulir.

2. Persiapan alat-alat penelitian.

Dalam pelaksanaan survei lapangan, berikut adalah data-data yang diambil oleh peneliti.

1. Data Volume Lalu Lintas

   Survei volume lalu lintas dilakukan oleh petugas survei yang menghitung secara manual menggunakan alat *Handy Tally Counter* dengan durasi selama dua jam, baik pagi, maupun sore hari. Pada pagi hari survei dilakukan mulai pukul 06.00-08.00 WIB, sedangkan untuk sore hari survei dilakukan mulai pukul 15.00-17.00 WIB. Petugas survei dan *Handycam* di tempatkan pada masing-masing lengan simpang untuk menghitung volume kendaraan. Klasifikasi tipe kendaraan harus disesuaikan dengan metode perhitungan yang dikelompokkan dalam klasifikasi berikut ini.

a. sepeda motor (*motor cycle/MC*)

   Kendaraan bermotor beroda dua dengan jumlah penumpang maksimal 2 orang termasuk pengemudi

b. Kendaraan ringan (*light vehicle/LV*)

   Kendaraan ringan adalah semua jenis kendaraan bermotor beroda empat, antara lain :

   1) mobil penumpang, yaitu kendaraan bermotor beroda empat yang digunakan untuk mengangkut penumpang dengan maksimum 10 orang

termasuk pengemudi, misalnya *sedan, station wagon, jeep, combi*, *opelet, minibus*,

2) kendaraan beroda empat yang digunakan untuk mengangkut barang dengan berat total (kendaraan + barang) kurang dari 2,5 ton, misalnya *pick-up* dan *mikro truck,*
3) angkutan umum penumpang atau angkutan perkotaan,

c. kendaraan berat (*heavy vehicle/HV*)

kendaraan yang dimaksud dalam kelompok kendaraan ini adalah:

1) bus kecil, semua kendaraan yang digunakan untuk angkutan penumpang dengan jumlah tempat duduk 20 buah termasuk pengemudi,
2) bus besar, semua kendaraan yang digunakan untuk angkutan penumpang dengan jumlah tempat duduk sebanyak 40 atau lebih termasuk pengemudi,
3) truk, semua kendaraan angkutan bermotor beroda empat atau lebih dengan berat total lebih dari 2,5 ton. Termasuk disini adalah truk 2-as, truk 3-as, truk tanki, *semi trailer* dan *trailer*.

2. Kecepatan Kendaraan

Survei kecepatan dilakukan oleh petugas survei pada jarak 20 meter dari panjang antrian tiap-tiap lengan simpang dan pada setengah ruas jalan. Survei kecepatan kendaraan di dekat lengan simpang untuk mengetahui perlambatan kendaraan ketika memasuki simpang. Survei kecepatan pada ruas jalan untuk mengetahui kecepatan kendaraan ketika berjalan di ruas jalan. Jumlah sampel yang diambil yaitu *Motor Cycle* 30 sampel, *Light Vehicle* 10 sampel dan *Heavy Vehicle* 5 sampel.Pengambilan sampel kecepatan dilakukan setelah diketahui jam puncak dan selama jam puncak berlangsung.

3. Data Geometri Simpang

Hal yang perlu diketahui dan diukur dari geometri simpang, diantaranya dimensi setiap lengan simpang, lebar pendekat, lebar masuk, lebar keluar, lebar jalur (belok kiri, lurus, dan belok kanan). Pengukuran geometri simpang ini dilakukan dengan menggunakan alat bantu pita ukur dan

dilaksanakan pada malam hari agar dapat diperoleh hasil pengukuran yang maksimal. Selain melakukan pengukuran, dilakukan juga pengamatan visual dan pencatatan jumlah lajur dan arah, kode pendekat berdasarkan arah pada tiap simpang dan menentukan ada tidaknya median.

4. Waktu Sinyal Lalu lintas

   Pengamatan waktu sinyal lalu lintas dilakukan dengan mencatat lama waktu menyala tiap-tiap sinyal pada masing-masing pendekat tiap simpang.

## 4.4 WAKTU PENGAMBILAN DATA

Pengambilan data volume lalu lintas dilakukan selama 3 hari yaitu pada hari Senin, hari Rabu dan hari Sabtu. Agar mendapatkan data arus lalu lintas yang maksimal, pengambilan data dilakukan pada jam sibuk karena pada jam sibuk dirasa memiliki volume kendaraan terbanyak. Pengambilan waktu penelitian tersebut berdasarkan penelitian sejenis sebelumnya yang dilkukan di lokasi yang sama dan pengamatan secara langsung.

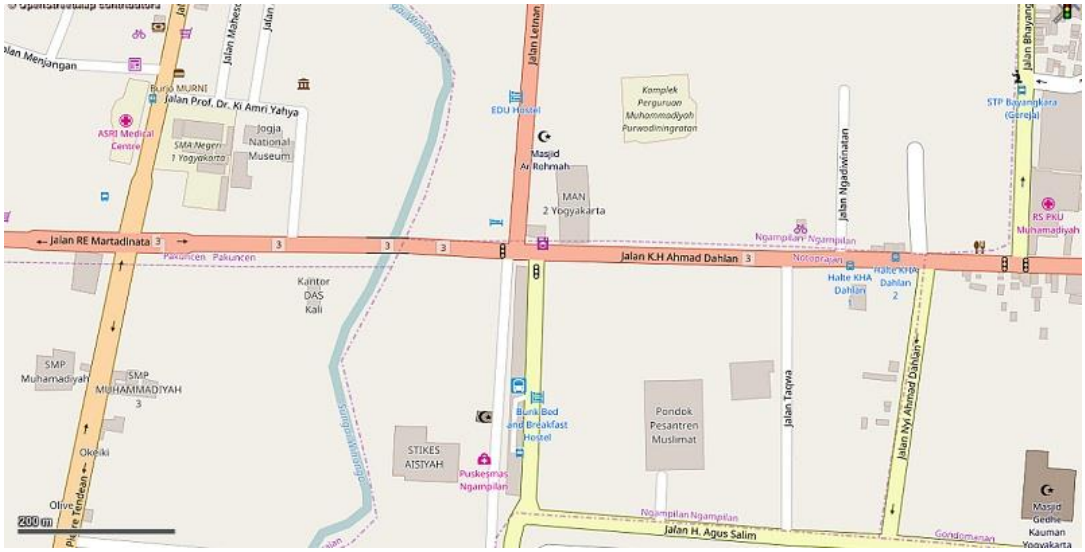
Waktu pengambilan data yaitu :

1. Hari Senin 6 Maret 2017 , dari pagi pukul 06.00–08.00 WIB dan sore dari pukul 15.00–17.00 WIB
2. Hari Rabu 8 Maret 2017 , dari pagi pukul 06.00–08.00 WIB dan sore dari pukul 15.00–17.00 WIB
3. Hari Sabtu 11 Maret 2017 , dari pagi pukul 06.00–08.00 WIB dan sore dari pukul 15.00–17.00 WIB

## 4.5 LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian ini adalah simpang empat bersinyal Ngabean yang mempertemukan :

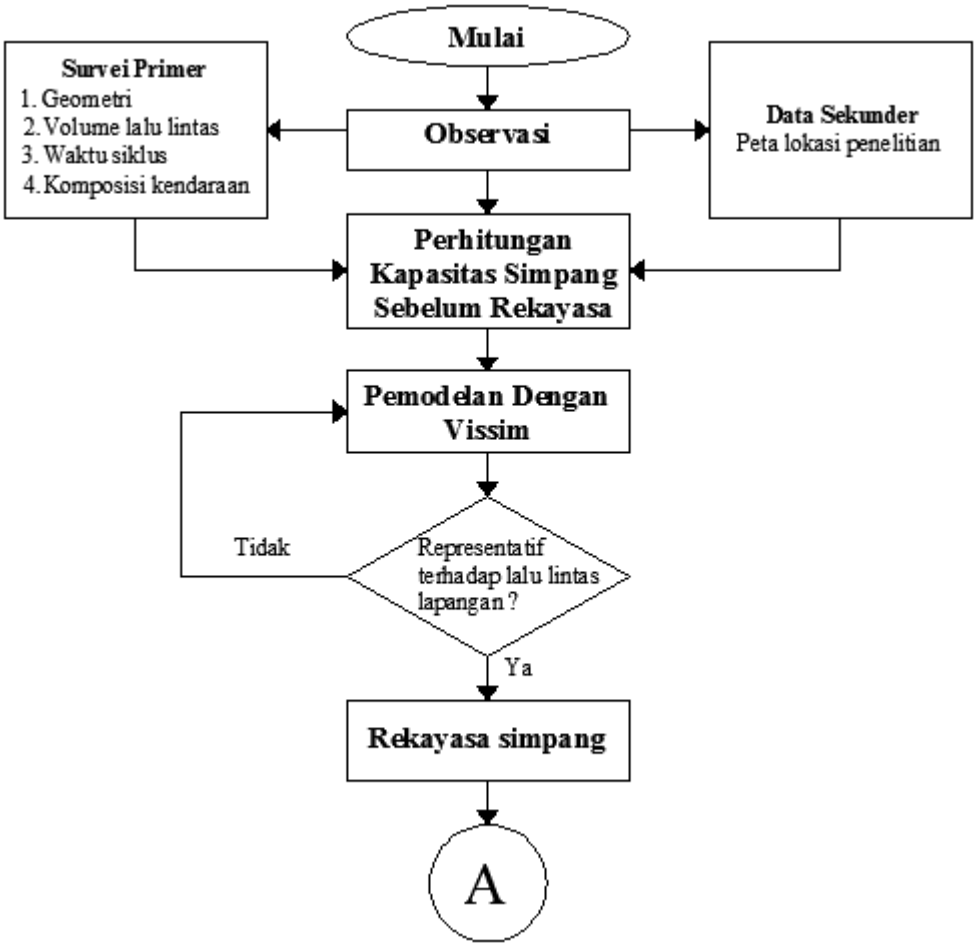
1. Utara = Jalan Letnan Jendral Suprapto,
2. Selatan = Jalan K.H Wahid Hasyim,
3. Barat = Jalan RE Martadinata, dan
4. Timur = Jalan K.H Ahmad Dahlan.



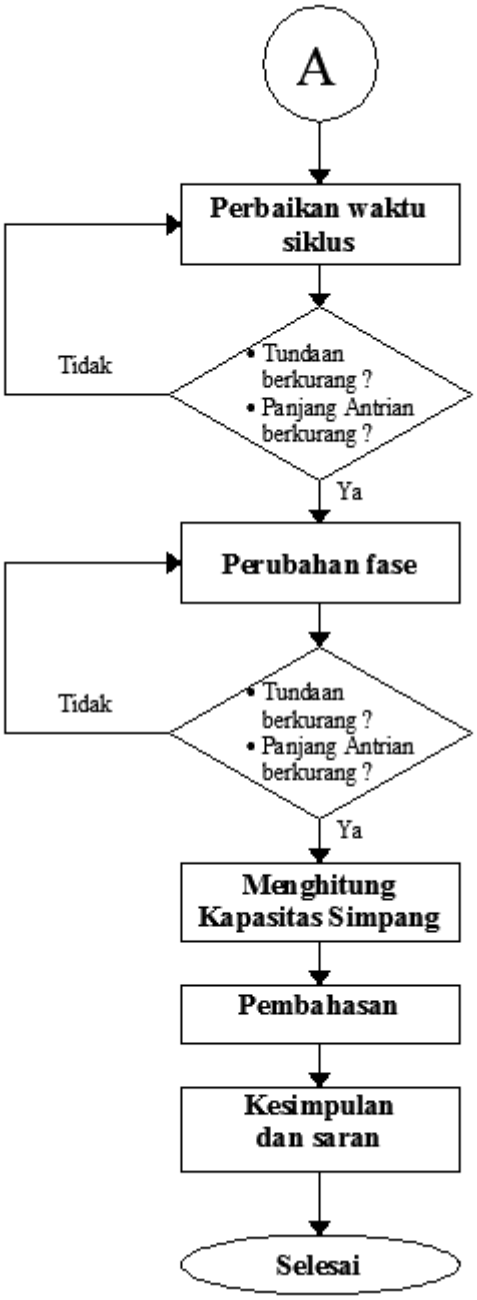

Gambar 4.1 Lokasi Penelitian
(Sumber: *Google Maps*)

## 4.6 BAGAN ALIR PENELITIAN

Dalam penelitian ini data-data yang diperoleh dan dianalisis menggunakan perangkat lunak *VISSIM*, proses analisis menggunakan parameter kinerja simpang yaitu kapasitas *(capasity)*, tundaan *(delay)*, panjang antrian *(queues)*, sehingga kita dapat mengetahui kinerja simpang tersebut. Setelah mengetahui kinerja simpang tersebut maka dilakukan evaluasi dan penentuan Alternatif terhadap permasalahan yang terjadi pada simpang tersebut. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.2 seperti berikut ini.




Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian




Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian (Lanjutan)

# BAB V
# DATA, ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

## 5.1 DATA

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder, namun sebagian besar data yang digunakan dalam analisis dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah data primer. Data primer merupakan data yang diambil langsung di lapangan, dalam hal ini lokasi penelitian di Simpang Ngabean Kota Yogyakarta, adapun data yang diamati antara lain volume lalu lintas, lampu sinyal lalu lintas, kecepatan kendaraan dan kondisi geometri simpang tersebut. Sedangkan data sekunder merupakan data yang pireoleh dari suatu instansi terkait yang berkaitan dengan penelitian ini.

### 5.1.1 Data Primer

1. Data Geometri Simpang

Data geometri simpang merupakan data yang memuat kondisi geometri pada simpang yang sedang diamati. Data ini diperoleh antara lain kode pendekat yang mendefinisikan masing-masing pendekat berdasarkan arah mata angin, tipe lingkup jalan, median, hambatan samping, belok kiri langsung (LTOR), dan lebar pendekat yang meliputi lebar pendekat (Wa), lebar pendekat masuk (We), lebar pendekat LTOR (Wltor) serta lebar pendekat keluar (Wex). Data dapat diliht pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.1 dibawah ini.

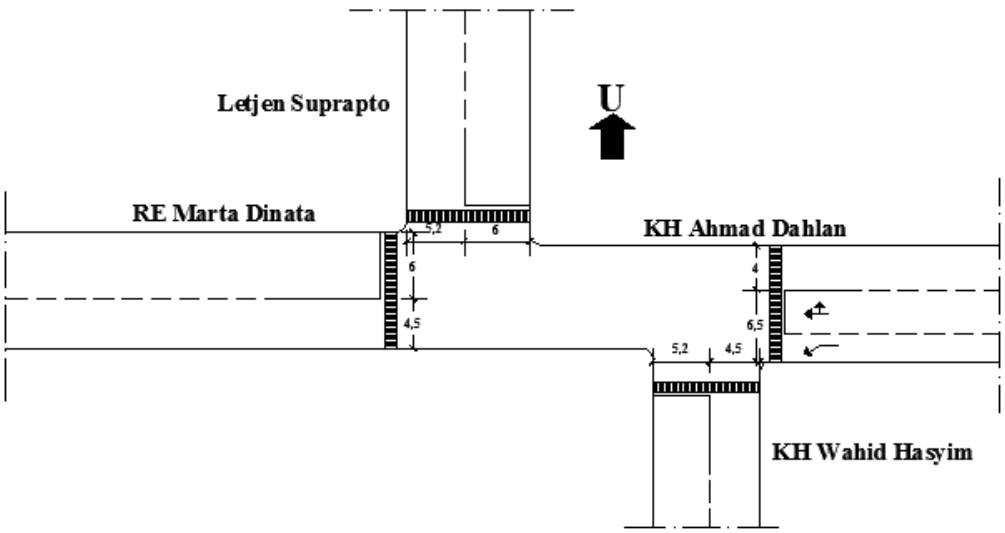
Tabel 5.1 Kondisi Geometri Simpang Ngabean

| Kode Pendekat | Tipe Lingkungan Jalan | Median | Hambatan Samping | LTOR | Lebar Pendekat (m) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | WA | Wm | Wltor | Wk |
| Utara | COM | Tidak | Rendah | Tidak | 6 | 6 | | 5,2 |
| Timur | COM | Tidak | Rendah | Ya | 6,5 | 4 | 2,5 | 4 |
| Selatan | COM | Tidak | Rendah | Tidak | 5,2 | 5,2 | | 4,5 |
| Barat | COM | Tidak | Rendah | Tidak | 6 | 6 | | 4,5 |

Sumber: Hasil Survei Lapangan (2017)

Tipe Lingkungan jalan adalah sebagai berikut.

a. COM (Komersial) adalah tata guna lahan komersial (sebagai contoh toko,restoran, kantor) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
b. RES (Pemukiman) adalah tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk bagi pejalan kaki dan kendaraan.
c. RA (Akses Terbatas) Tata guna lahan dimana jalan masuk langsung terbatas atau tidak ada sama sekali (sebagai contoh karena adanya hambatan fisik, jalan samping dan sebagainya).




Gambar 5.1 Geometri Simpang Ngabean Kondisi Eksisting

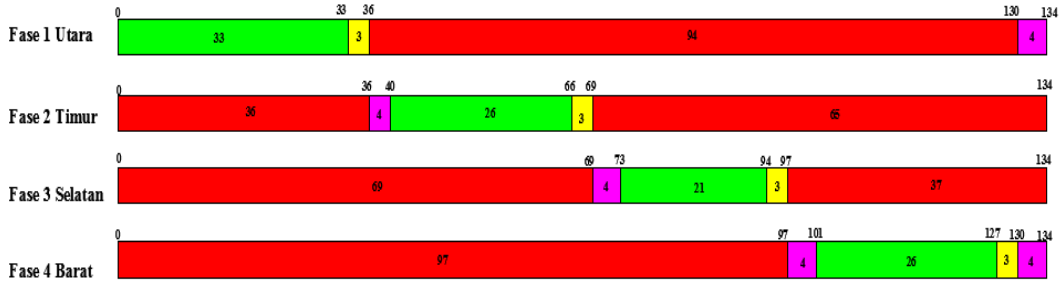
2. Data Fase dan Sinyal Lalu Lintas

Data fase dan sinyal lalu lintas diperoleh dengan cara pengamatan secara langsung di lapangan menggunakan *stopwatch* untuk mendapatkan waktu hijau, kuning, dan merah. Data dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Data Sinyal Lalu Lintas Simpang Ngabean Kondisi Eksisting

| Kode Pendekat | Waktu Nyala (detik) | | | | Waktu Siklus (detik) |
|---|---|---|---|---|---|
| | Hijau | Kuning | Merah | *Allred* | |
| U | 33 | 3 | 94 | 4 | 134 |
| T | 26 | 3 | 101 | 4 | 134 |
| S | 21 | 3 | 106 | 4 | 134 |
| B | 26 | 3 | 97 | 4 | 134 |

Sumber: Hasil Survei Lapangan

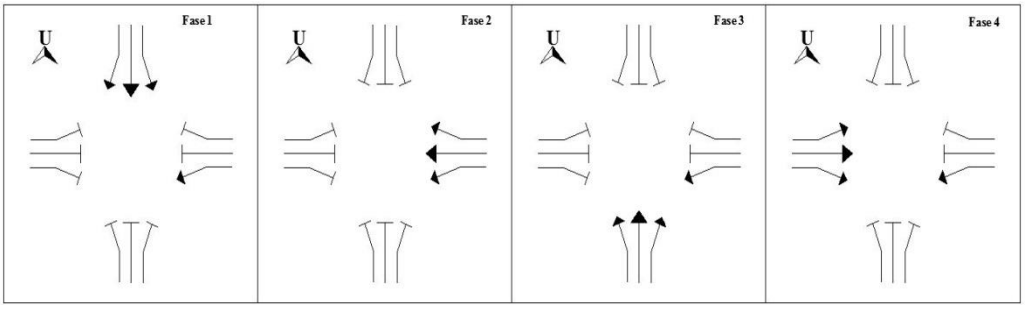



Keterangan:

= merah = hijau

= kuning = *all red*

Gambar 5.2 Diagram Fase Simpang Ngabean




Gambar 5.3 Pengaturan Fase Simpang Ngabean

Simpang Ngabean dibagi menjadi 4 fase lalu lintas, dimulai dari fase pertama pada pendekat Utara, kedua pada pendekat Timur, ketiga pada pendekat Selatan, dan keempat pada pendekat Barat .

3. Data Arus lalu Lintas

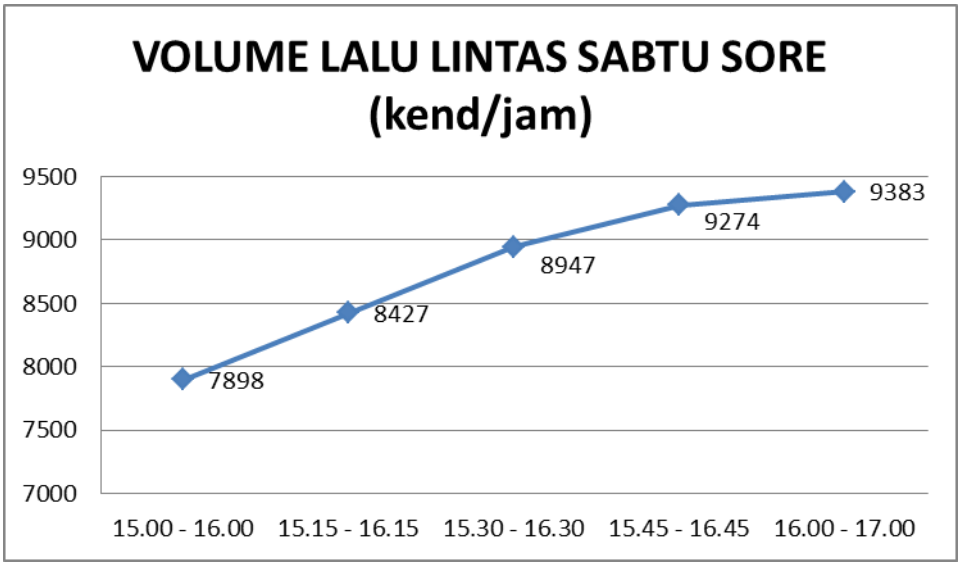
Data diambil secara manual oleh surveior langsung di lapangan serta dibantu oleh alat perekam *handycam* selama 2 jam dengan interval 15 menit pada jam sibuk pagi dan sore hari. Data diambil di lapangan pada jam puncak, perkiraan jam puncak awal didapat pada survei yang telah dilakukan sebelumnya. Dari survei yang telah dilakukan sebelumnya didapat jam puncak pada hari Sabtu sore. Maka atas dasar itu survei dilakukan pada Sabtu 11 Maret 2017, dengan 2 periode waktu yaitu pagi dan sore. Periode pagi pada pukul 06.00-08.00 WIB, serta periode sore pukul 15.00-17.00 WIB. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 di bawah ini

Tabel 5.3 Data Volume Lalu Lintas Sore (kendaraan/jam)

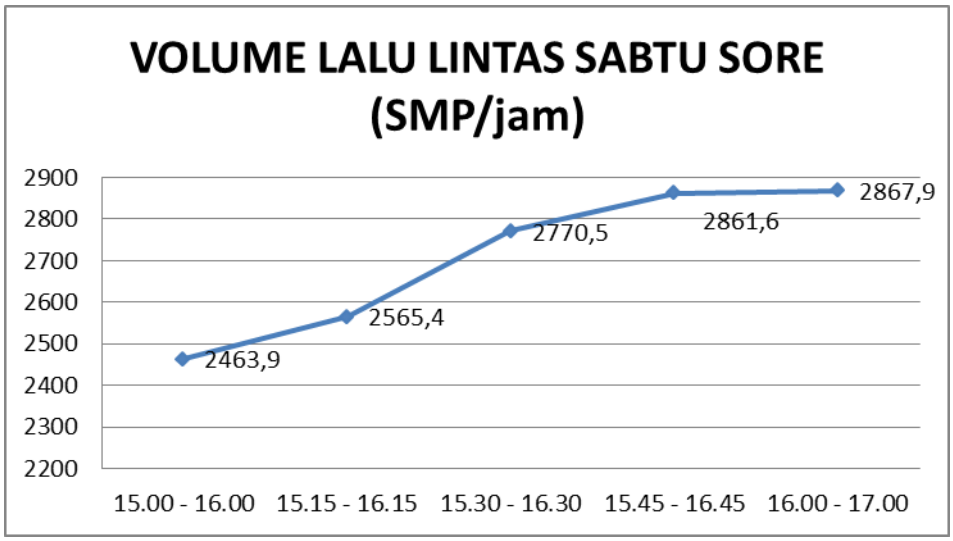
| SIMPANG NGABEAN SABTU PUKUL 15.00 - 17.00 (kend/jam) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Waktu | Lengan | MC | LV | HV | TOTAL | TOTAL |
| 15.00 - 16.00 | U | 1863 | 294 | 14 | 2171 | 7898 |
| | T | 1935 | 279 | 15 | 2229 | |
| | S | 1150 | 234 | 16 | 1400 | |
| | B | 1817 | 277 | 4 | 2098 | |
| 15.15 - 16.15 | U | 2052 | 290 | 15 | 2357 | 8427 |
| | T | 2076 | 281 | 14 | 2371 | |
| | S | 1194 | 226 | 15 | 1435 | |
| | B | 1977 | 283 | 4 | 2264 | |
| 15.30 - 16.30 | U | 2145 | 324 | 20 | 2489 | 8947 |
| | T | 2232 | 312 | 17 | 2561 | |
| | S | 1258 | 256 | 15 | 1529 | |
| | B | 2061 | 302 | 5 | 2368 | |
| 15.45 - 16.45 | U | 2345 | 323 | 22 | 2690 | 9274 |
| | T | 2345 | 310 | 16 | 2671 | |
| | S | 1306 | 276 | 16 | 1598 | |
| | B | 1996 | 313 | 6 | 2315 | |
| 16.00 - 17.00 | U | 2451 | 318 | 20 | 2789 | 9383 |
| | T | 2395 | 297 | 16 | 2708 | |
| | S | 1267 | 273 | 16 | 1556 | |
| | B | 2053 | 270 | 7 | 2330 | |

Tabel 5.4 Data Volume Lalu Lintas Sore (SMP/jam)

| SIMPANG NGABEAN SABTU PUKUL 15.00-17.00 (smp/jam) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| WAKTU | LENGAN | MC | LV | HV | TOTAL | TOTAL |
| 15.00-16.00 | U | 372,6 | 286 | 14,3 | 672,9 | 2463,9 |
| | T | 387 | 269 | 16,9 | 672,9 | |
| | S | 230 | 228 | 19,5 | 477,5 | |
| | B | 363,4 | 272 | 5,2 | 640,6 | |
| 15.15-16.15 | U | 410,4 | 282 | 15,6 | 708 | 2565,4 |
| | T | 415,2 | 271 | 15,6 | 701,8 | |
| | S | 238,8 | 220 | 18,2 | 477 | |
| | B | 395,4 | 278 | 5,2 | 678,6 | |
| 15.30-16.30 | U | 429 | 316 | 22,1 | 767,1 | 2770,5 |
| | T | 446,4 | 302 | 19,5 | 767,9 | |
| | S | 251,6 | 250 | 18,2 | 519,8 | |
| | B | 412,2 | 297 | 6,5 | 715,7 | |
| 15.45-16.45 | U | 469 | 315 | 24,7 | 808,7 | 2861,6 |
| | T | 469 | 300 | 18,2 | 787,2 | |
| | S | 261,2 | 270 | 19,5 | 550,7 | |
| | B | 399,2 | 308 | 7,8 | 715 | |
| 16.00-17.00 | U | 490,2 | 318 | 26 | 834,2 | 2867,9 |
| | T | 479 | 297 | 20,8 | 796,8 | |
| | S | 253,4 | 273 | 20,8 | 547,2 | |
| | B | 410,6 | 270 | 9,1 | 689,7 | |

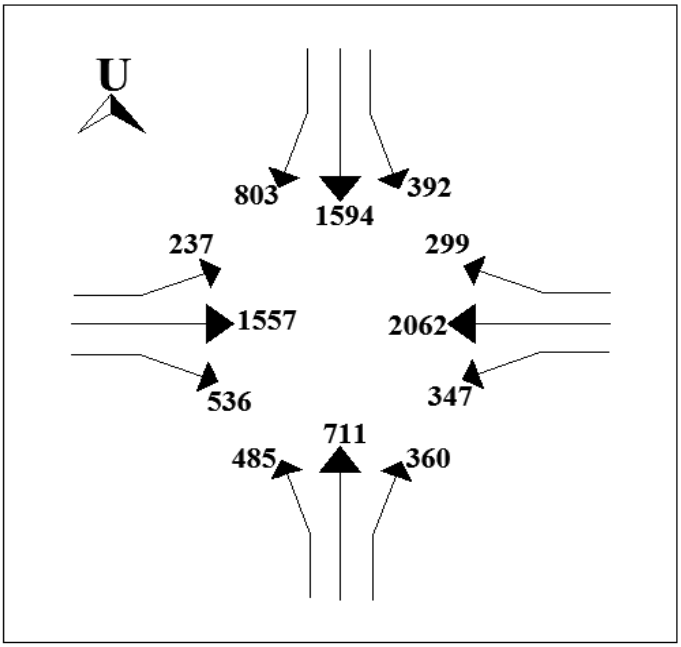



Grafik 5.1 Volume Lalu Lintas Periode Sore (kend/jam)

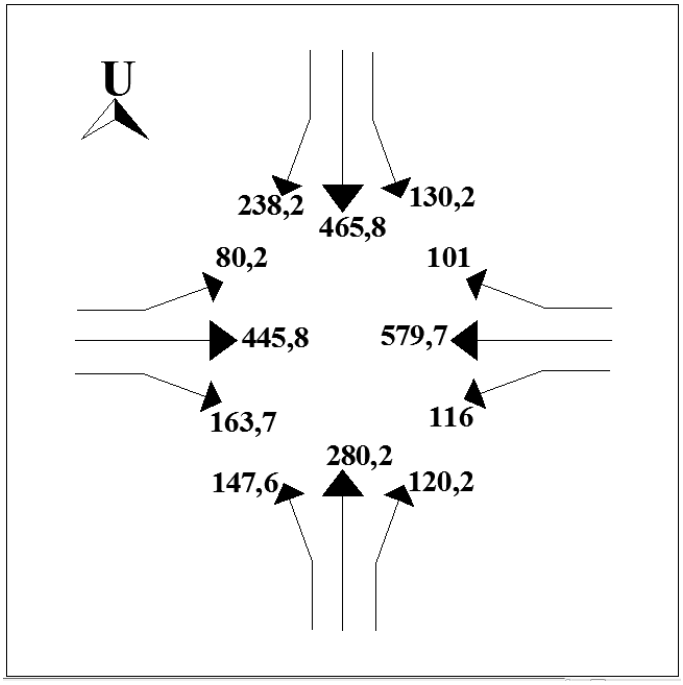



Grafik 5.2 Volume Lalu Lintas Periode Sore (SMP/jam)

Dari rekapitulasi data di atas dapat diketahui bahwa jam puncak terjadi pada sore hari pukul 16.00-17.00 wib dengan total volume sebesar 9383 kend/jam atau 2867,9 SMP/jam




Gambar 5.4 Persebaran Volume Lalu Lintas Pada Jam Puncak (kend/jam)




Gambar 5.5 Persebaran Volume Lalu Lintas pada Jam Puncak (SMP/jam)

Berdasarkan Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 di atas bisa diamati bahwa volume arus lalu lintas paling tinggi berasal dari pendekat Utara yaitu sebesar 2789 kend/jam dan 834,2 SMP/jam.

### 5.1.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan dari berbagai sumber yang telah ada. Data sekunder dipergunakan sebagai pendukung atau pelengkap dalam sebuah penelitian. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Denah Lokasi

   Denah lokasi penelitian pada Gambar 1.1 yang bertempat di Simpang Ngabean diambil dari situs www.GoogleMaps.com

2. Data Jumlah Kendaraan Bermotor

   Data jumalah kendaraan bermotor didapatkan dari instansi terkait yaitu Badan Pusat Statistik (BPS) D.I Yogyakarta pada tahun 2012.

## 5.2 ANALISIS

Pada penelitian ini, kinerja Simpang Ngabean pada kondisi eksisting dianalisis menggunakan perangkat lunak *VISSIM*. Maka secara ringkas tahapan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut.

### 5.2.1 Kapasitas Simpang Ngabean Sebelum Dilakukan Rekayasa

Dalam pembahasan ini, digunakan bantuan *Microsoft Excel* untuk menganalisis kinerja simpang Ngabean. Berikut ini contoh hitungan pada pendekat Barat.

1. *Form* SIG I (Geometri, Pengaturan lalu Lintas dan Lingkungan)

| | | |
|---|---|---|
| a. | Hari/Tanggal | : Sabtu, 11 Maret 2017 |
| b. | Kota | : Yogyakarta |
| c. | Simpang | : Ngabean |
| d. | Ukuran Kota | : 412.331 jiwa |
| e. | Jumlah Fase Lalu Lintas | : 4 Fase |
| f. | Kode Pendekat | : B (Barat) |
| g. | Tipe Lingkungan Jalan | : COM (komersil) |
| h. | Hambatan Samping | : Rendah |
| i. | Median | : Tidak |

j. Belok Kiri Langsung (LTOR) : Tidak

k. Waktu Hijau (g) : 26 detik

l. Waktu Antar Hijau (IG) : 7 detik

m. Lebar Pendekat (WA) : 6 m

n. Lebar Masuk (Wmasuk) : 6 m

o. Lebar Keluar (Wkeluar) : 4,5 m

2. *Form* SIG II (Arus Lalu Lintas)

a. Volume Kendaraan Ringan (QLV) : 270 smp/jam

b. Volume Kendaraan Berat (QHV) : 9,1 smp/jam

c. Volume Sepeda Motor (QMC) : 410,6 smp/jam

d. Volume Kendaraan Bermotor Total (QMV) : 689,7 smp/jam

e. Rasio Kendaraan Belok Kiri (PLT)

QLT = 80 smp/jam

QMV = 680 smp/jam

PLT Barat $= \frac{QLT}{QMV}$

$= \frac{80}{680}$

= 0,12

f. Rasio Kendaraan Belok Kanan (PRT)

QRT = 158 smp/jam

QMV = 680 smp/jam

QRT $= \frac{QRT}{QMV}$

$= \frac{158}{680}$

= 0,23

3. *Form* SIG III (Waktu Antar hijau dan Waktu hijau)

a. Penentuan Fase Sinyal

Fase 1 untuk pendekat Utara

Fase 2 untuk pendekat Timur

Fase 3 untuk pendekat Selatan

Fase 4 untuk pendekat Barat

b. Berdasarkan hasil survei sinyal lalu lintas pada simpang Ngabean, didapat waktu merah semua *(all red)* dan waktu Kuning *(amber)*sebagai berikut.

Tabel 5.5 Data Waktu *All Red* dan *Amber*

| Lengaan | Merah Semua *(all red)* | Waktu Kuning *(amber)* |
|---|---|---|
| Utara | 4 | 3 |
| Timur | 4 | 3 |
| Selatan | 4 | 3 |
| Barat | 4 | 3 |

c. Waktu hilang total (LTI) diperoleh dari hasil penjumlahan antara merah Semua *(all red)* dan waktu kuning *(amber)*, bisa disebut juga penjumlahan waktu antar hijau (IG) pada tiap-tiap fase. Waktu hilang total pada Simpang Ngabean adalah 28 detik.

4. *Form* SIG IV(Kapasitas dan Waktu Sinyal)

Formulir ini berisi penentuan siklus dan kapasitas. Contoh perhitungan ditinjau dari pendekat Barat.

a. Arus Jenuh (S)

Perhitungan yang terdapat pada *Form* SIG IV dengan mengggunakan formula 3.6; 3.7; dan 3.8 yang sudah dijelaskan di BAB III sebelumnya.

1) Tipe pendekat : Terlindung (P)

Lebar efektif (We) : 6 m

Arus jenuh dasar (So) : $So = 850 \times We^{0,96}$

$= 4747$ SMP/jam (Persamaan 3.7)

2) Faktor Penyesuaian Ukuran Kotas (FCS)

Jumlah penduduk : 412.331 jiwa

FCS : 0,83 (Tabel 3.3)

3) Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (FSF)

Lingkungan jalan : COM (komersial)

Kelas hambatan samping : Rendah

Tipe fase : Terlindung (P)

FSF : 0,95 ( Tabel 3.4)

4) Faktor penyesuaian Kelandaian (FG)

Kelandaian : 0%

Fg : 1

5) Faktor Penyesuaian Parkir (FP)

Jarak antara garis henti dan keadaan parkir pertama (Lp) ≥80 m, maka Fp = 1

6) Faktor Penyesuaian Belok Kanan (FRT)

$$FRT = 1 + Prt \times 0{,}26 \quad (3.9)$$

Faktor penyesuaian belok kanan diperoleh sebesar 1,06 (Persamaan 3.9)

7) Faktor Penyesuaian Belok Kiri (FLT)

$$FLT = 1 - Plt \times 0{,}16 \quad (3.10)$$

Faktor penyesuaian belok kiri diperoleh sebesar 1 (Persamaan 3.10)

8) Nilai Arus jenuh yang disesuaikan (S)

Dengan menggunakan Formula 3.2 maka diperoleh nilai arus jenuh dasar disesuaikan sebesar 4205 SMP/jam

b. Arus Lalu Lintas (Q)

Arus Lalu Lintas diperoleh sebesar 684 SMP/jam Formulir SIG II pada Lampiran)

c. Rasio Arus (FR)

Rasio arus (FR) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.11) sebagai berikut.

$$FR = \frac{Q}{S}$$

$$= \frac{684}{3968}$$

$$= 0,172$$

d. Rasio Fase (PR)

Rasio fase (PR) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.13) sebagai berikut.

$$PR = \frac{FRcrit}{IFR}$$

$$= \frac{0,172}{0,804}$$

$$= 0,214$$

e. Waktu Siklus Sebelum dan Sesudah Penyesuaian

Waktu siklus sebelum dan sesudah penyesuaian yang digunakan dalam analisis berdasarkan pada hasil pengamatan yang diperoleh di lapangan, yaitu sebesar 134 detik

f. Waktu Hijau (g)

Waktu hijau yang diperoleh dari pengamatan di lapangan adalah sebesar 26 detik

g. Kapasitas (C)

Kapasitas yang didapat sesuai dengan persamaan 3.4 sebagai berikut

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

$$= 3968 \times \frac{26}{134}$$

$$= 770 \text{ SMP/jam}$$

Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas Simpang Ngabean Sebelum Rekayasa dengan Metode MKJI 1997

Pada sub bab sebelumnya sudah dibahas mengenai hasil dari analisis menggunakan metode MKJI 1997 dengan dibantu perangkat lunak excel. Selanjutnya pada sub bab ini dijabarkan rekapitulasi semua hasil analisis kinerja simpang Ngabean dengan menggunakan metode MKJI 1997 akan diuraikan pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Kinerja Eksisiting Simpang Ngabean dengan Metode MKJI 1997

| Kode pendekat | Arus Lalu Lintas (Q) | Kapasitas (C) (smp/jam) |
|---|---|---|
| U | 836 | 990 |
| T | 681 | 496 |
| S | 547 | 543 |
| B | 684 | 770 |

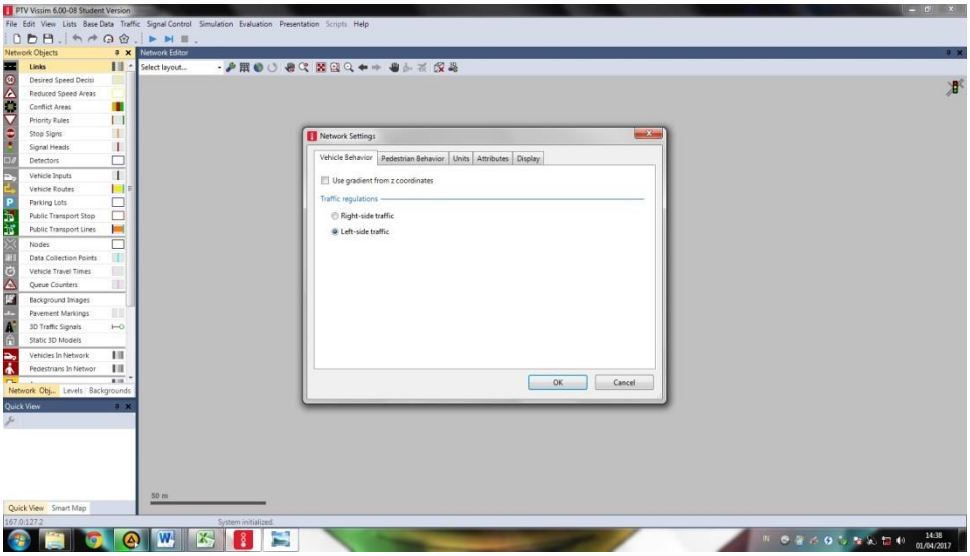
### 5.2.2 Membuat Pemodelan dengan Menggunakan Perangkat Lunak *VISSIM*.

Berdasarkan uraian pada BAB III, tentang tahapan membantu membuat model mikrosimulasi dengan perangkat lunak *VISSIM*, berikut ini adalah uraian secara ringkasnya.

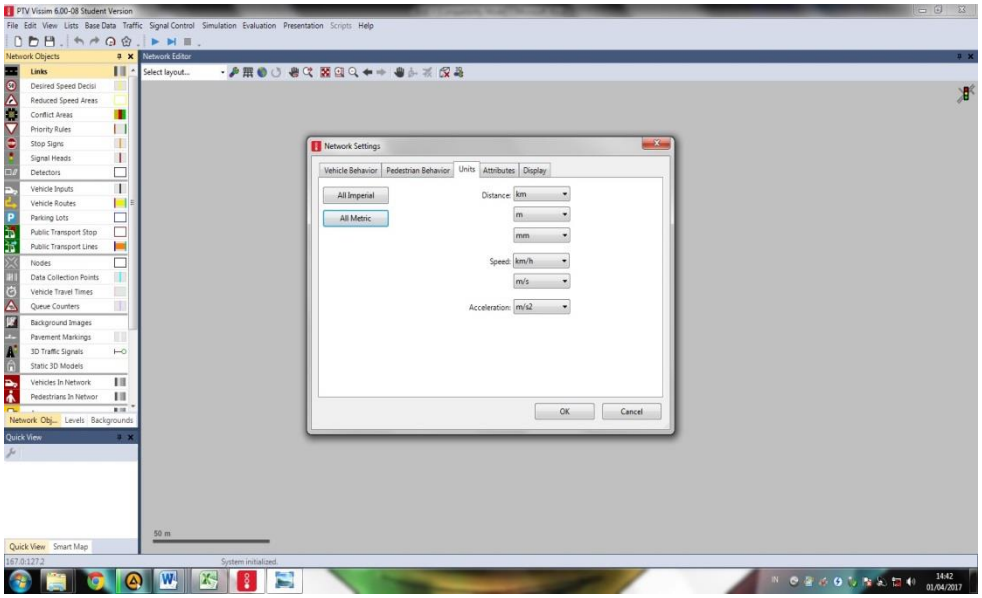
1. *Network Setting*

*VISSIM* adalah perangkat lunak buatan Eropa atau khususnya Jerman, maka dari itu secara *default* jalur yang digunakan untuk berkendara adalah jalur kanan. Sedangkan di Indonesia jalur berkendara adalah jalut kiri, olh karena itu perlu perubahan perilaku mengemudi. Selain itu, perlu juga perubahan satuan sesuai yang digunakan di Indonesia.

Untuk melakukan perubahan perilaku kendaraaan dan satuan, dapat dilakukan di bagian menubar yaitu *Base Data*, *Network Setting*, *Vehicle Behavior* (diubah ke *left-side traffic*), *Units* (diubah ke *All Metric*). Perubahan pengaturan pada menu *Nework Setting* dapat dilihat pada gambar berikut ini.



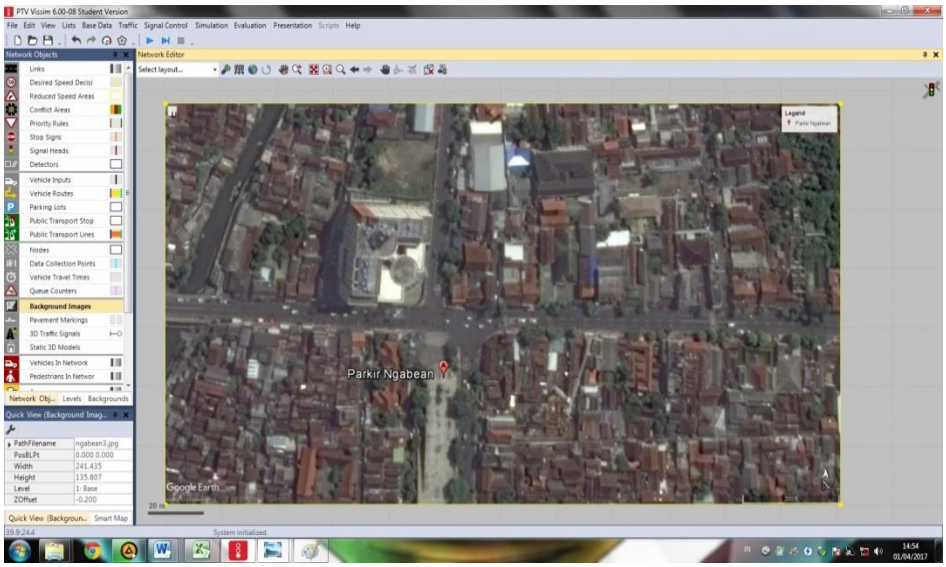

Gambar 5.6 Perubahan *Traffic Regulations*




Gambar 5.7 Hasil Perubahan *Units*

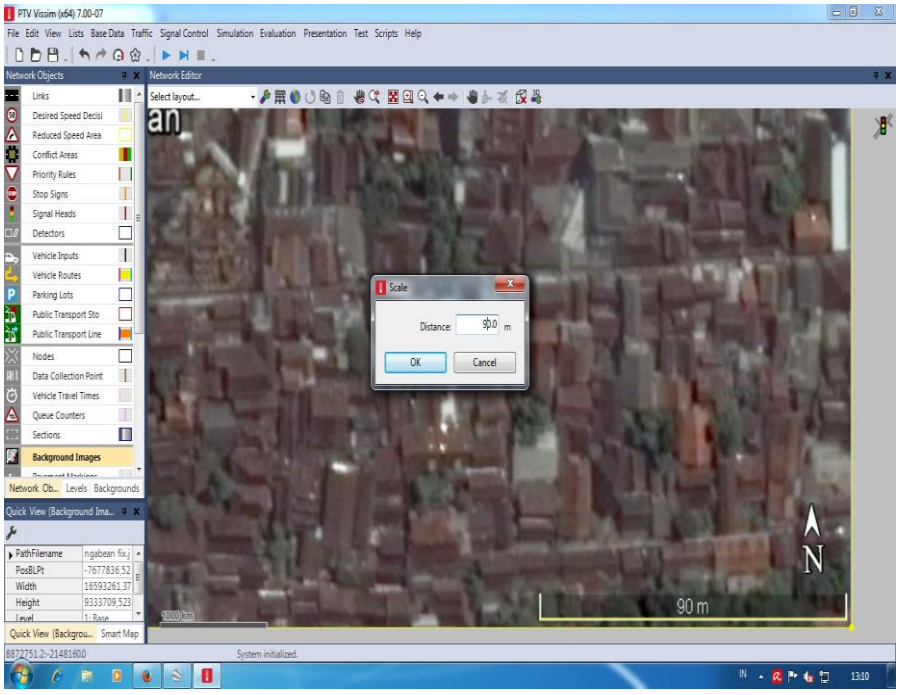
2. Input *Background Image*

Dalam pemodelan *VISSIM* dapat melakukan *input Background Image* menggunakan peta lokasi penelitian dari *Google Earth. Background Image* berguna sebagai perbandingan lebar jalan asli dengan peta dari *Google Earth.* Gambar input peta lokasi ke dalam perangkat lunak *VISSIM* dapat dilihat pada gambar berikut.




Gambar 5.8 *Input Background Image*

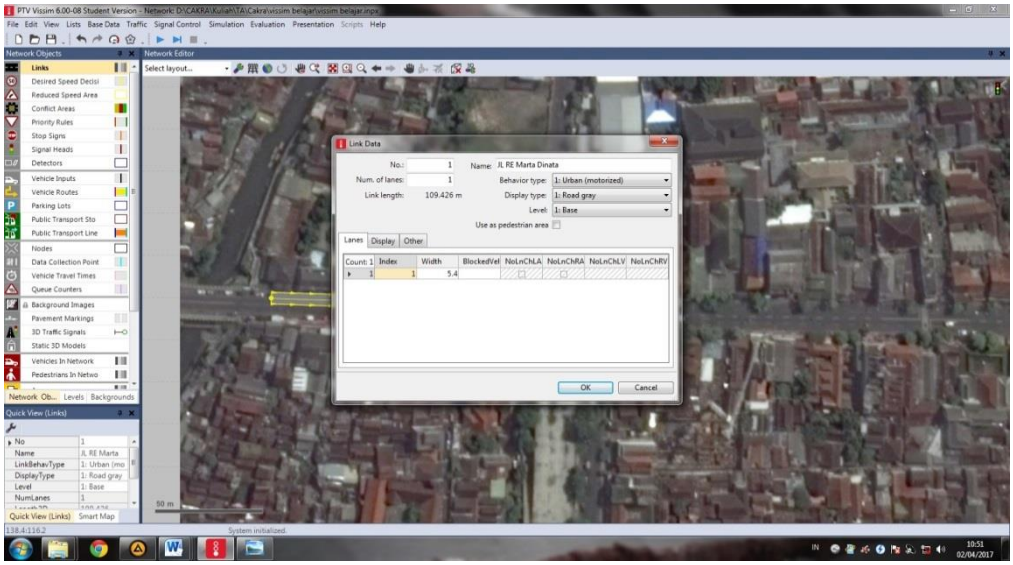
Setelah melakukan *Input background Image*, kemudian dilakukan perbandingan antara peta *Google Earth* dan lebar jalan asli dengan cara klik kanan pada gambar kemudian pilih *Set Scale.* Kemudian klik kiri terus tarik arik garis yang menjadi acuan kemudian masukkan panjangnya. Pengukuran skala gambar dapat dilihat pada gambar berikut.



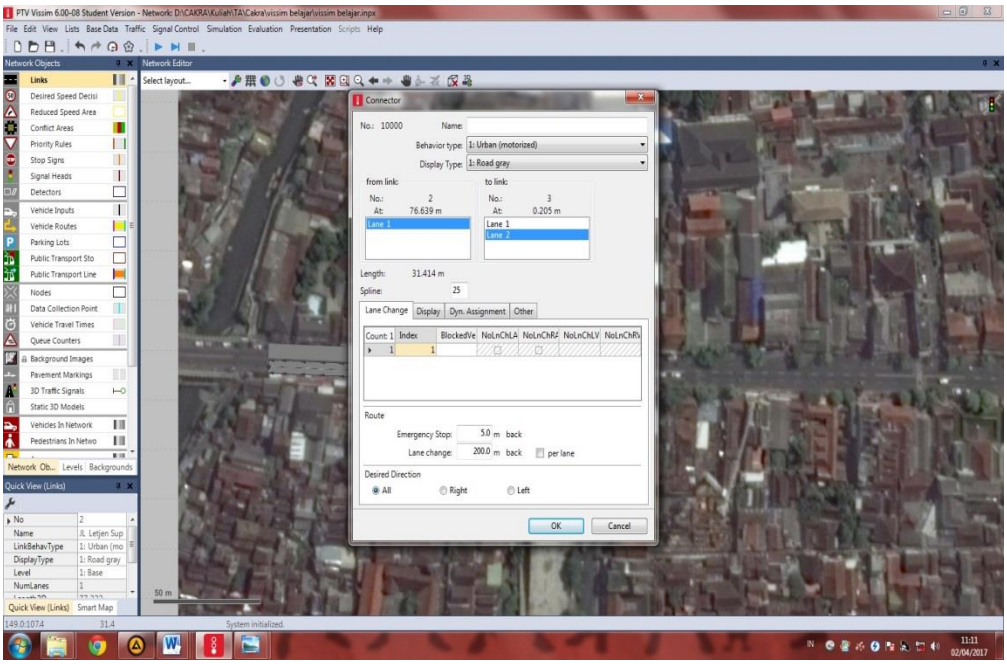

Gambar 5.9 Pengaturan Skala pada *Background Image*

3. Input parameter Pembuatan *Link, Connectors.*

Setelah gambar lokasi dibuat dan disesuaikan dengn skala kenyataan, proses selanjutnya adalah pembuatan *link* atau lajur jalan. Sepertinya pada Gambar 5.10, pembuatan lajur sesuai dengan kenyataan beserta lebar masing masing lajur. Proses pembuatan lajur dapat dilakukan di bagian *network object,link,* dan tentukan lajur yang pertama kali akan dibuat dengan menekan tombol *shift* dan klik kanan *mouse.* Setelah itu *link* dibuat, maka langkah selanjutnya yaitu pembuatan *connector* atau penghubung antar *link*, dalam penelitian ini *connector* berfungsi menghubungkan lajur antar lajur kendaraan keluar sesuai arah. Pembuatan *connector* dapat dilihat pada Gambar 5.11, pembuatan *connector* ketika di tikungan berdasarkan jari-jari yang sesuai dengna gambar *background.* Proses pembuatan *connector* sama dengna *link* dengan cara menekan klik kanan *mouse* dari *link* ke *link* yang diinginkan.



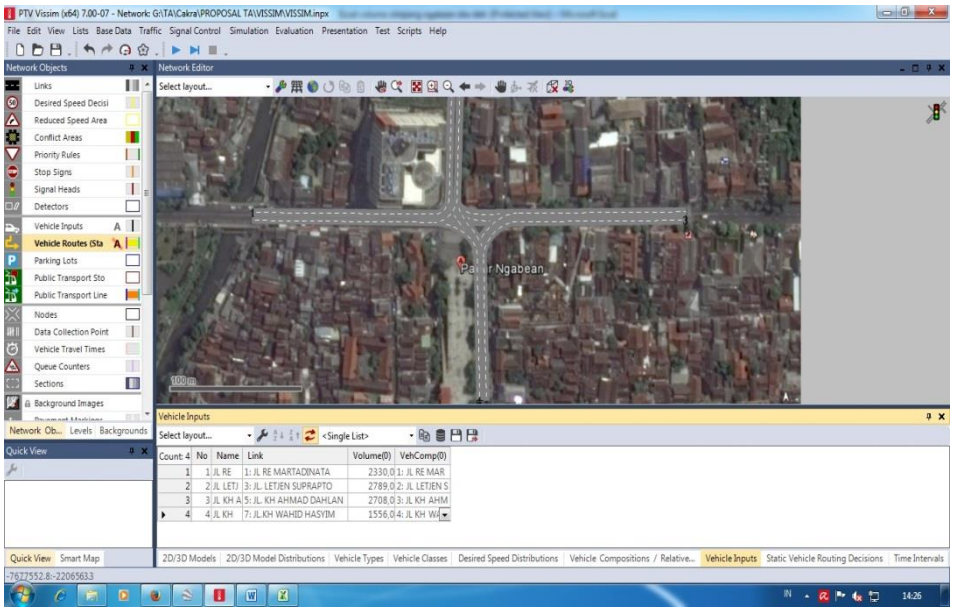

Gambar 5.10 *Input* Parameter *Link* atau Lajur



Gambar 5.11 *Input* Parameter *Connector* atau Penghubung

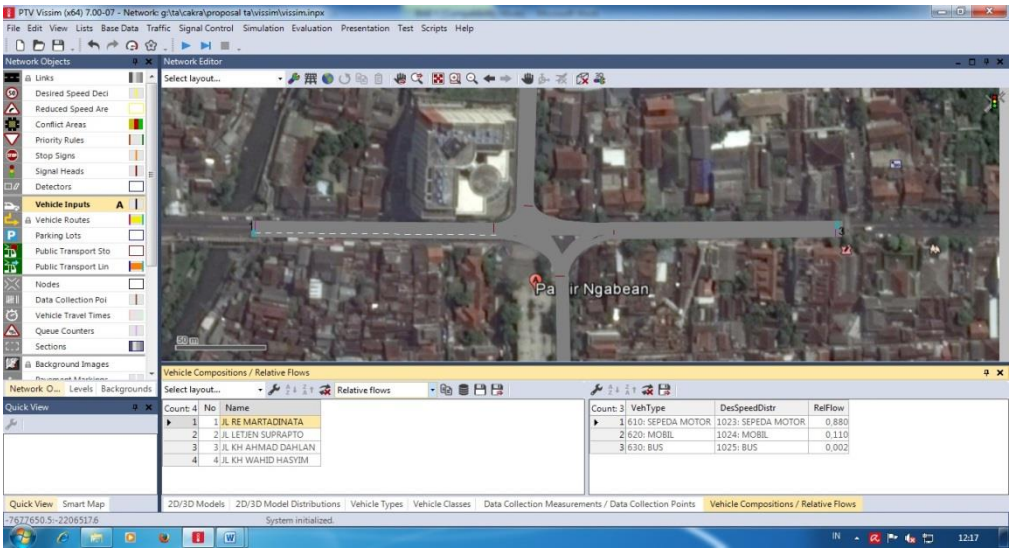
4. *Input* Volume Lalu Lintas *(vehicle input),* komposisi lalu lintas *(vehicle composition),* dan rute lalu lintas *(vehicle routes).*

Pembuatan *vehicle input* dapat dilakukan di bagian *network objects*, *vehicle input*, dan klik lengan masuk yang memiliki volume seperti pada Gambar 5.12, volume yang dimaksud berupa volume total masing masing lajur.



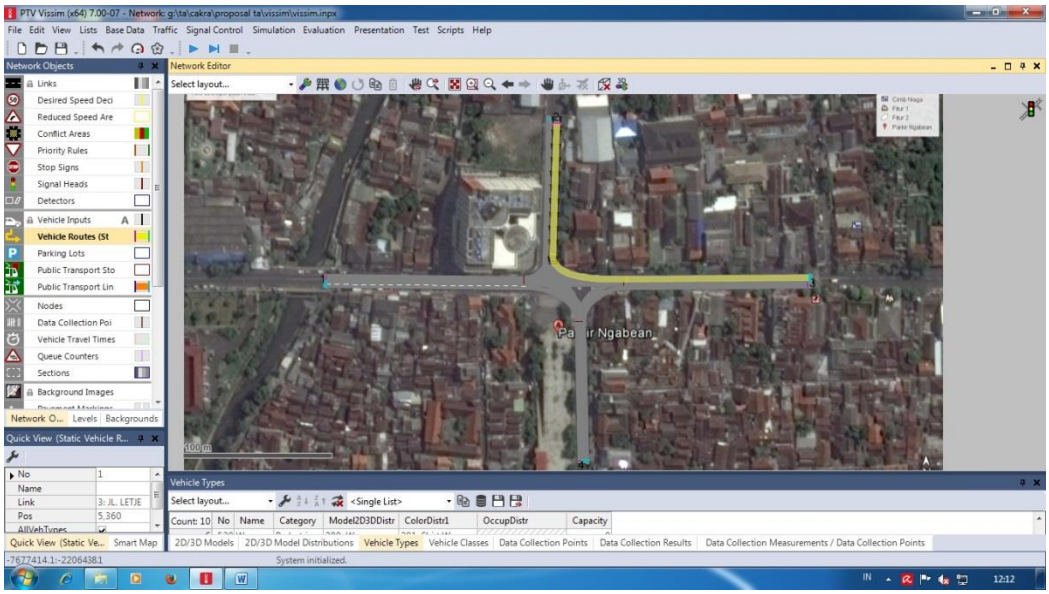
Gambar 5.12 *Input* Volume Kendaraan Perlengan masuk

Proses *input vehicle composition* dapat dilakukan di bagian *menu bar*, *traffic*, *vehicle composition*, dan tambahkan banyaknya volume per lengan seperti pada Gambar 5.13. dalam pemodelan ini dibuat 4 tipe kendaraan *(car, bike, bus, HGV) input* kendaraan per lengan, per masing lengan diisi dengna jumlah kendaraan pada saat jam puncak dan diambil kecepatan sepeda motor 13-38 km/jam, kendaraan ringan 15-37 km/jam, serta kendaraan berat *(HGV* dan *bus)* 10-24 km/jam.




Gambar 5.13 *Input* Komposisi Kendaraan Perlajur

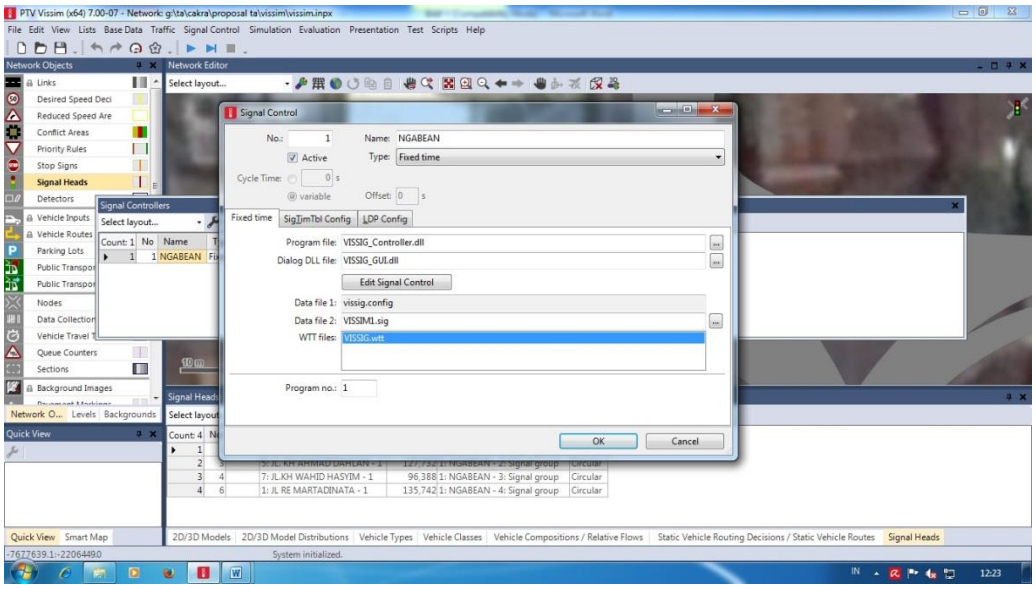
Proses pembuatan rute per masing pergerakan kendaraan dapat dilihat pada Gambar 5.14. dimasukkan juga volume total setiap pergerakan kendaraan. Untuk memasukkan data dapat dilakukna dibagian *network objects*, *vehicle routes*, klik bagian yang diisi volume.



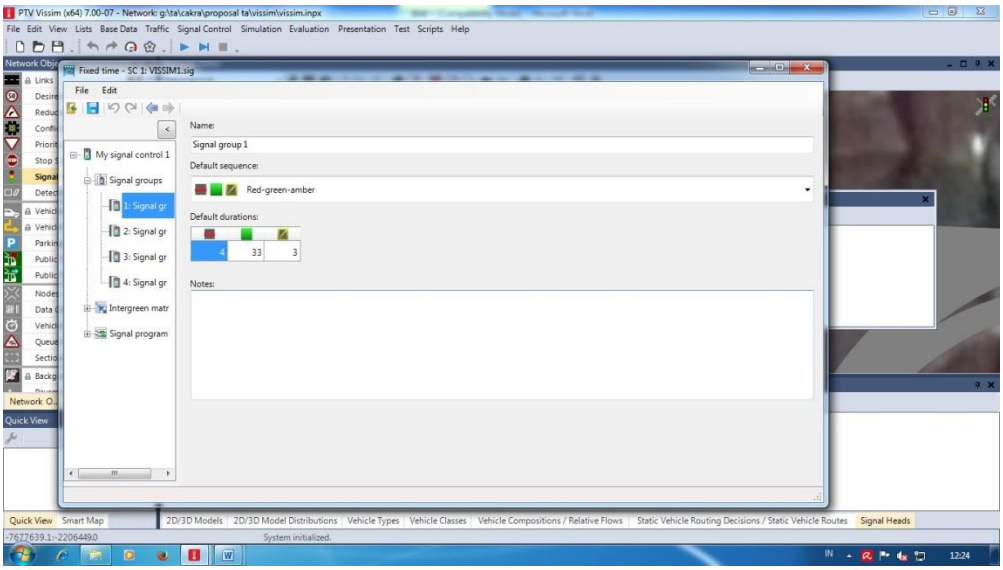
Gambar 5.14 Pembuatan Rute

5. *Input* Sinyal lalu Lintas

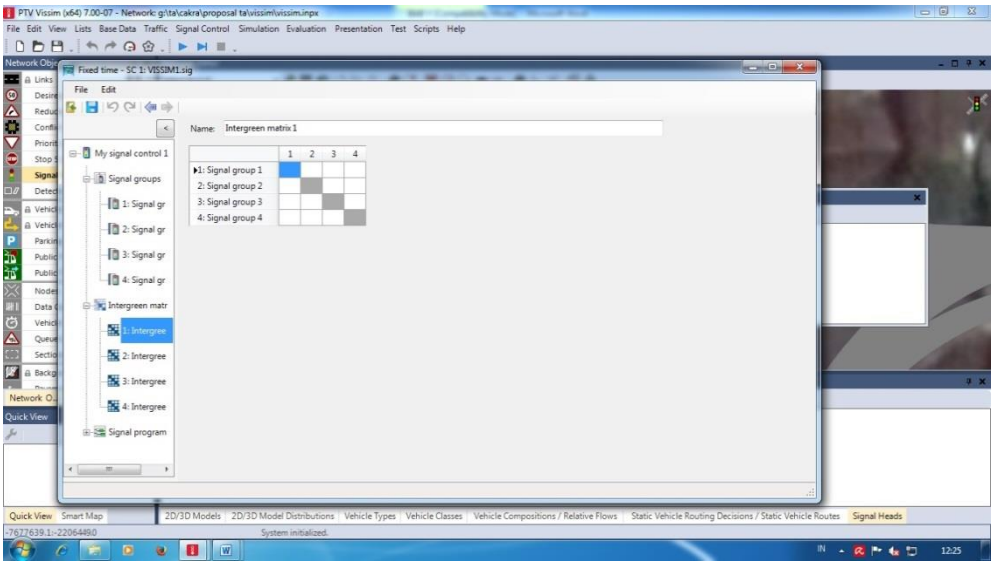
Siklus sinyal lalu lintas aktual di lapangan dapat dimodelkan menggunakan perangkat lunak *VISSIM* . Pembuatan sinyal lalu lintas dapat di lakuka di menu *signal control*, kemudian pilih *signal controllers.* Pada Gambar 5.15 adalah tampilan awal, di mana kita memilih *fixed time signal control*, lalu *edit signal control* untuk masuk tampilan selanjutnya. Setelah itu pada *signal group* masukkan jumlah laur dengan masing-masing waktu sinyal *(all red, green, amber)* seperti pada Gambar 5.16. Penyesuaian *intergreen* dilakukan setelahnya dengan cara klik *new* sebanyak jumlah lajur yang telah dimasukkan pada *signal group* sebelumnya seperti pada Gambar 5.17. Kemudian tahap selanjutnya adalah masukkan *signal perangkat lunak* atau yang biasa disebut dengan digram fase seperti pada Gambar 5.18 berikut ini.



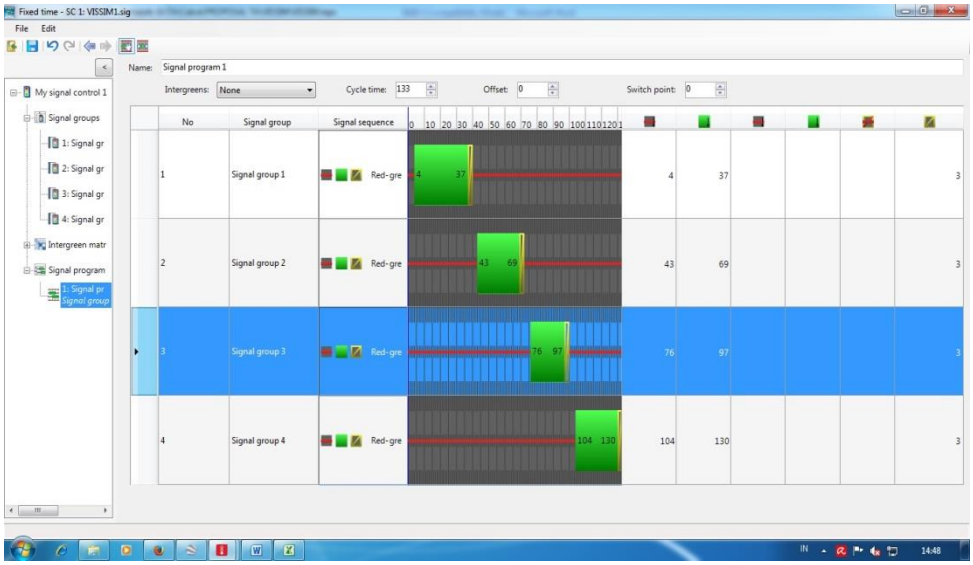

Gambar 5.15 *Input Signal Control*




Gambar 5.16 *Input Signal Group*

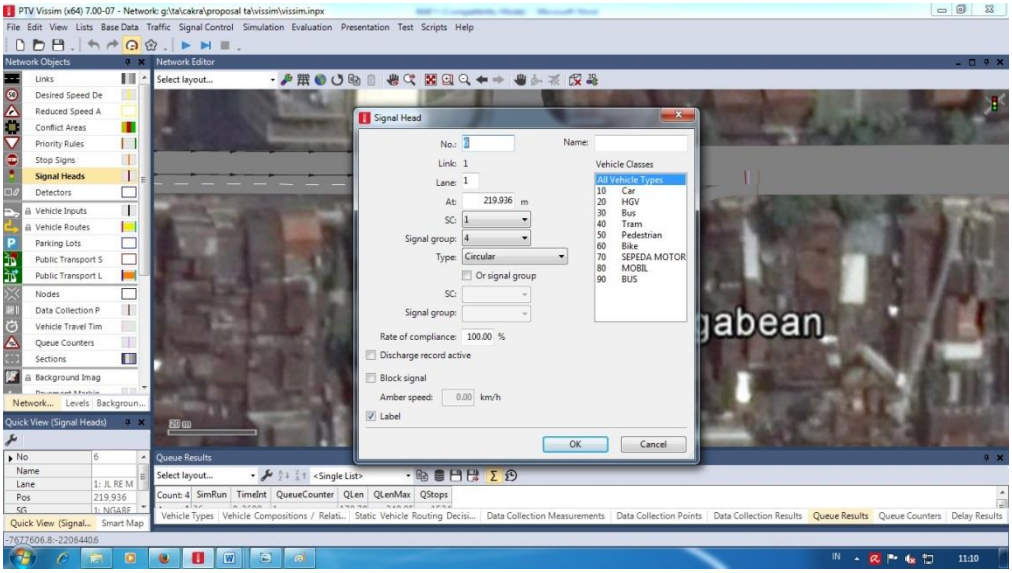


Gambar 5.17 Penyesuaian *Intergreen*



Gambar 5.18 *Input* Diagram Fase

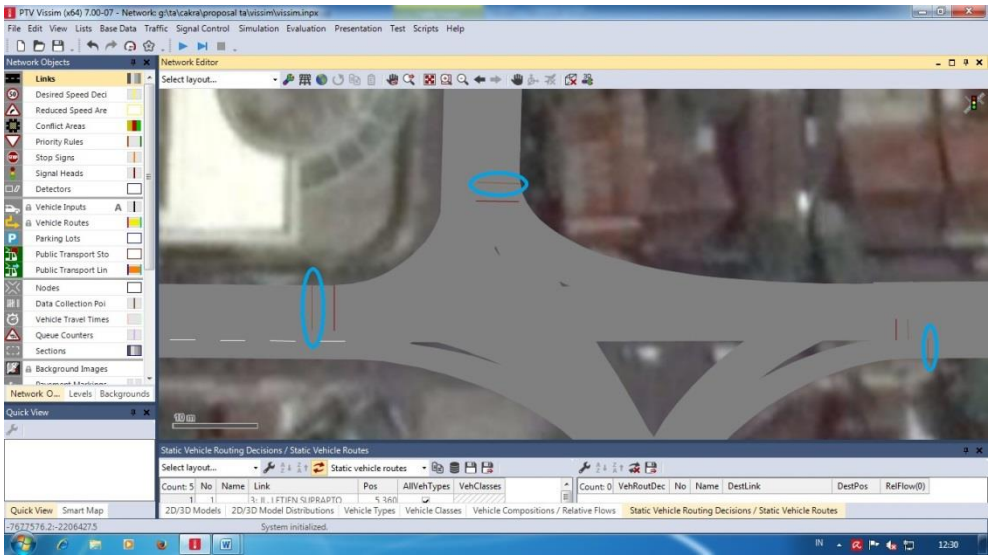
Setelah *input* pada *signal control* selesai maka dilanjutkan dengan peletakan APILL (alat pemberi isyarat lalu lintas) pada masing-masing lajur yang terdapat sinyal lalu lintas *network object, signal head.* Peletakan disesuaikan dengan lokasi di kenyataan, dimana letaknya didepan lengan atau didepan *zebra cross* seperti pada Gambar 5.19 berikut ini.




Gambar 5.19 *Input Signal Head*

6. Menentukan Titik Pengambilan Data dengan *Data Collection Point*

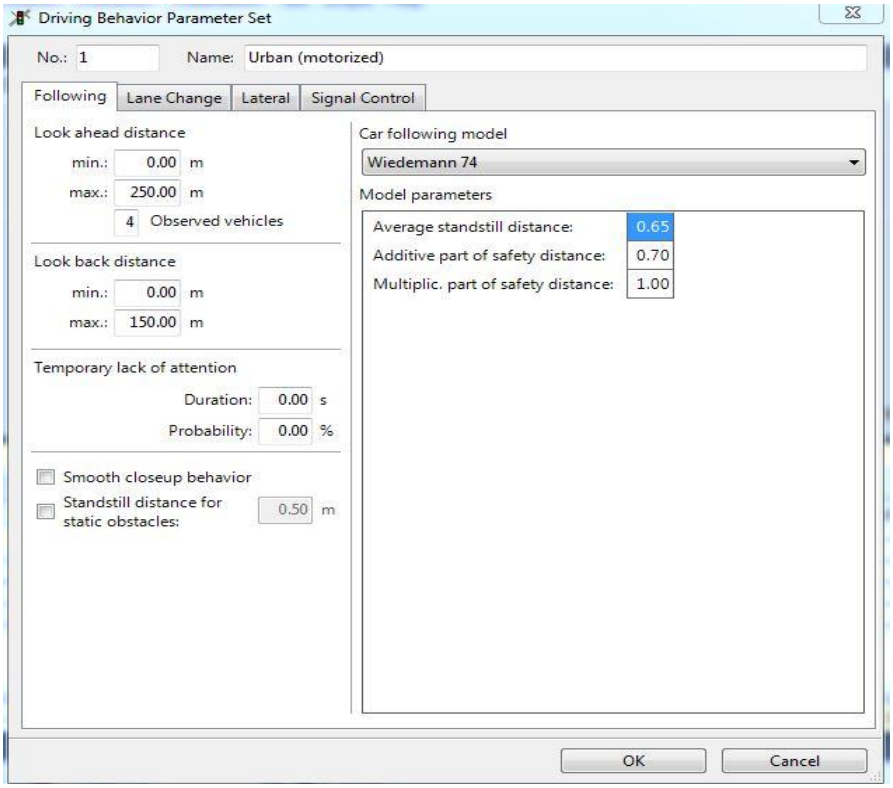
Pada penelitian ini tipe evaluasi yang dipilih adalah data *collection* karena *output* yang dibutuhkan pada penelitian ini berupa data tundaan dan panjang antrian. Maka langkah pengaturannya adalah pilih dan klik *icon data collection point*, kemudian posisikan titik perhitungan pada *link* yang kita inginkan. Titik data *collection point* ditandai dengan warna kuning, seperti pada gamabr 5.20 sebagai berikut.



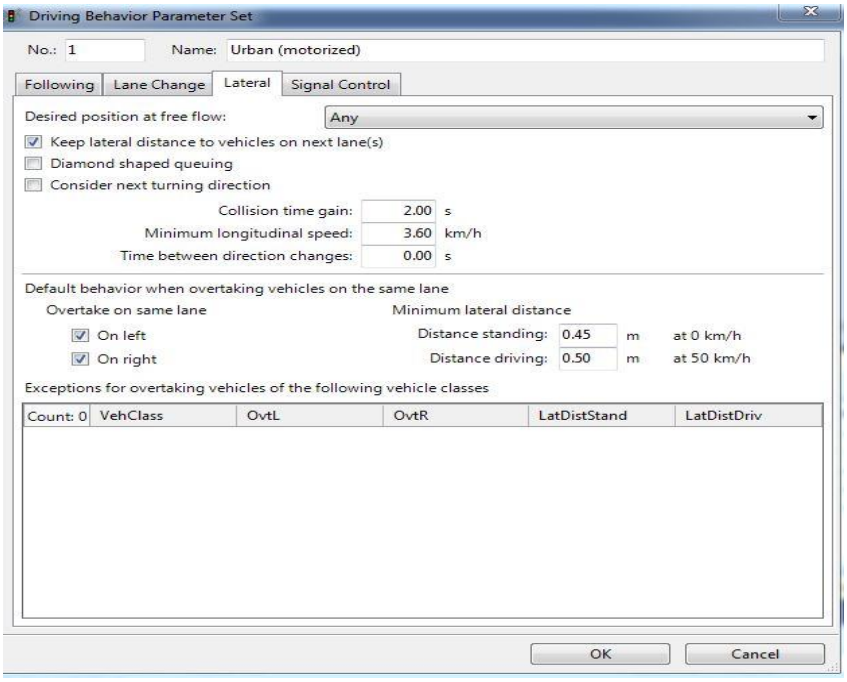
Gambar 5.20 Penempatan Titik-titik Data C*ollection Point*

7. *Input* Parameter *Driving Behaviour*

Dalam *driving behaviour* ini ditentukan perilaku-perilaku pengguna jalan berdasarkan karakteristik pengguna jalan sesuai daerah masing-masing. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.21, Gambar 5.22 berikut ini.




Gambar 5.21 *Input* Parameter F*ollowing* pada Menu *Driving Behaviour*

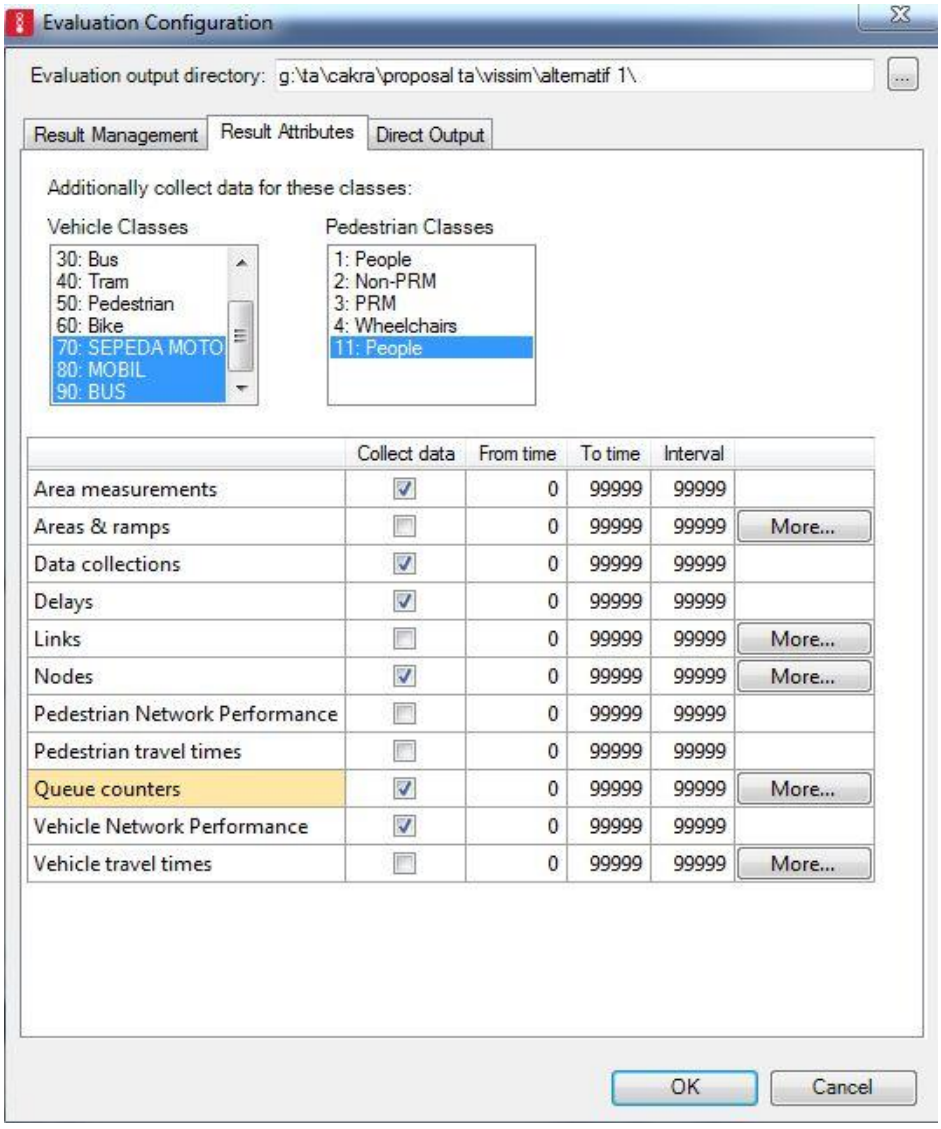



Gambar 5.22 *Input* parameter Lateral pada Menu *Driving Behaviour*

*Driving behaviour*, adalah yang secara langsung mempengaruhi interaksi antar kendaraan sehingga bisa menyebabkan perbedaan yang substansial pada hasil simulasi lalu lintas. *Driving behaviour* dihubungkan pada tiap lajur oleh jenis perilakunya. Untuk setiap kelas kendaraan, *driving behaviour* yang berbeda dapat diterapkan bahkan dalam lajur yang sama.

8. *Travel Time Measurement*

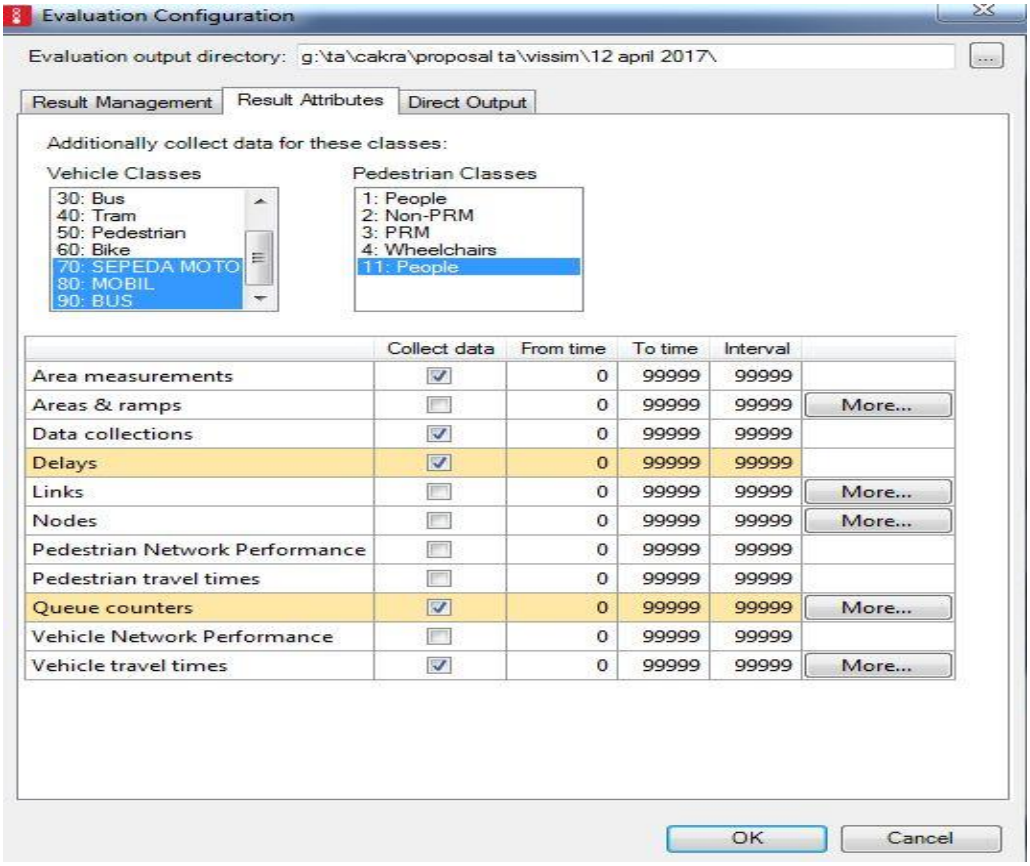
Langkah selanjutnya adalah membuat waktu tempuh kendaraan saat melewati simpang. Kemudian beri tanda waktu *vehicle travel time* pada *evaluation configuration.*




Gambar 5.23 *Travel Time Measurement*

9. *Queue Counters* dan *Delays*

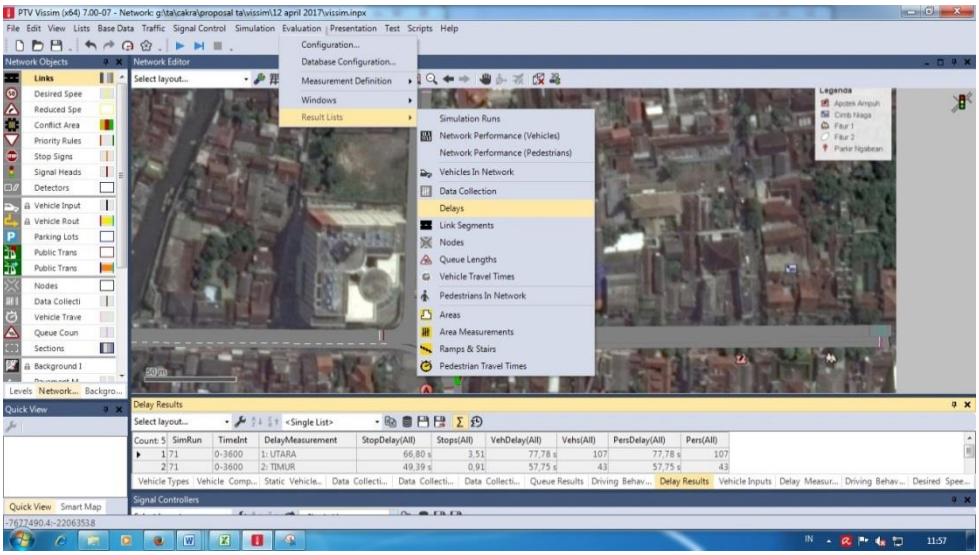
Langkah selanjutnya adalah menghitung panjang antrian dengan cara membuat *Queue Counters* pada ujung simpang masing-masing lengan jalan. Kemudian beri tanda untuk *queue counter* dan *delays pada evaluation configuration*




Gambar 5.24 *Queue Counter*

10. *Evaluation Result*

Langkah selanjutnya adalah mendapatkan hasil evaluasi simulasi dengan mengklik *queue counter, dan delays measurement* pada menu *evaluation.*




Gambar 5.25 *Evaluation Result*

### 5.2.3 Kalibrasi dan Validasi Hasil Evaluasi *VISSIM*

Kalibrasi dilakukan dengan metode *trial and error* hingga mencapai hasil yang mendekati data observasi. Nilai parameter perilaku pengemudi diubah sesuai dengan perkiraan kondisi di lapangan yang berlaku. Parameter yang dipilih dalam proses kalibrasi dang proses *trial and error* adalah sebagai berikut.

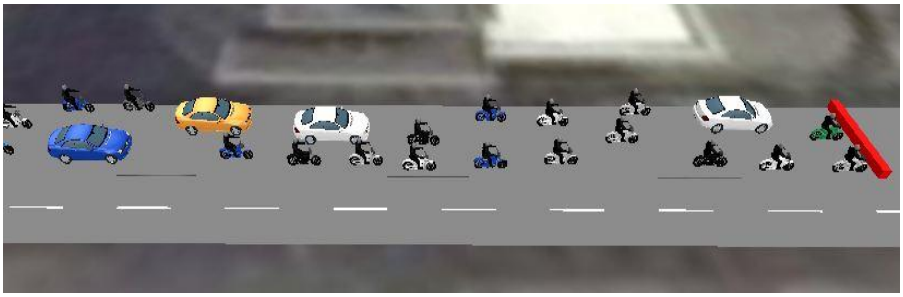
1. *Derised position at free flow*, yaitu keberadaan/posisi kendaraan pada lajur.
2. *Overtake on same lane*, yaitu perilaku dalam menyiap.
3. *Distance standing*, yaitu jarak antara pengemudi secara bersampaingan saat berhenti.
4. *Distance driving*, yaitu jarak antara pengemudi secara bersampingan saat berjalan.
5. *Average standstill distasnce*, yaitu jarak henti rata-rata antar kendaraan.
6. *Additive part of savety distance*, yaitu parameter penentu jarak aman.
7. *Multiplicative part of safety distance*, yaitu parameter penentu jarak aman.

Parameter yang dipilih dalam proses kalibrasi dan proses *trial and error* dapat dilihat tabel berikut.

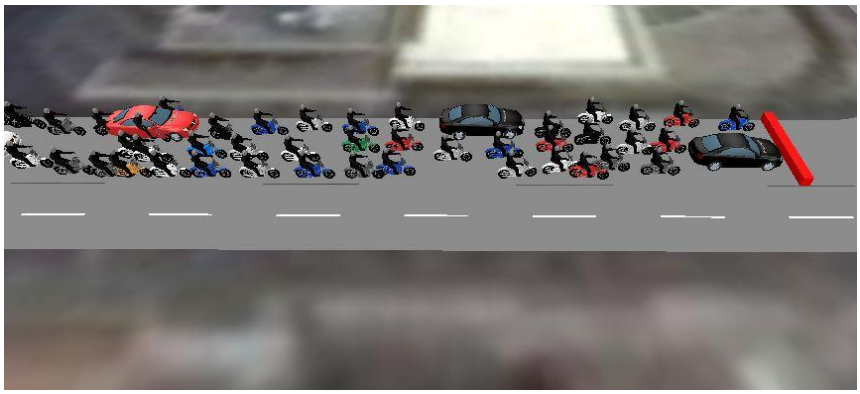
Tabel 5.7 Hasil *Trial and Error* pada Kalibrasi

| *Trial ke-* | Parameter yang diubah | Nilai | |
|---|---|---|---|
| | | **Sebelum** | **Sesudah** |
| 1 | 1. *Desired position at free flow*<br>2. *Overtake on same lane: on left & on right* | Middle of lane | Any on |
| 2 | 1. *Minimum Distance Standing (at 0 km/h) (m)*<br>2. *Minimum Distance driving (at 50 km/h) (m)* | 1<br>1 | 0,45<br>0,50 |
| 3 | 1. *Average standstill distance*<br>2. *Additive part of safety distance*<br>3. *Multiplicative part of safety distance* | 2<br>2 | 0,65<br>0,70<br>1 |

Secara visualisasi, hasil pemodelan simulasi dikalibrasi dan setelah dikalibrasi ditampilkan pada Gambar 5.26 dan 5.27. Proses kalibrasi mempengaruhi jumlah kendaraan yang keluar dan juga mempengaruhi panjangnya antrian seperti pada Gambar 5.26 dan 5.27



Gambar 5.26 Pemodelan Sebelum Kalibrasi



Gambar 5.27 Pemodelan Setelah Kalibrasi

Setelah proses kalibrasi selesai, validasi dilakukan untuk menguji kebenaran kalibrasi yang dilakukan berdasarkan volume yang keluar dan volume yang di *input* ke dalam perangkat lunak *VISSIM*. Hasil validasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.8 Volume yang Keluar pada R*unning VISSIM*

| Kondisi | | Jumlah Kendaraan | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Utara | Timur | Selatan | Barat |
| Hasil Observasi | | 2789 | 2708 | 1556 | 2330 |
| Kalibrasi Akhir | Hasil | 2765 | 2554 | 1388 | 1926 |
| | Selisih | 24 | 154 | 168 | 404 |
| | Persen Selisih | 0,79% | 5,69% | 10,80% | 17,34% |

Pemodelan dapat digunakan untuk analisis harus memenuhi batas minimal volume yang keluar yaitu 20% dari jumlah kendaraan yang keluar dari setiap lengan. Berdasarkan data di atas, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan jumlah kendaraan antara data diinput data yang keluar tidak melebihi 20% maka pemodelan tersebut dapat digunakan untuk analisis.

### 5.2.4 Hasil Evaluasi Menggunakan VISSIM

Hasil evaluasi VISSIM berupa panjang antrian dan nilai tundaan. Hasil evaluasi perangkat lunak ini didapatkan dari beberapa kali *running evaluation* perangkat lunak. Dalam penelitian ini dilakukan lebih dari 20 kali *running evaluation* dengan merubah *random seed* pada menu *simulation random seed* diubah secara acak. *Running evaluation* dilakukan selama 3600 detik setiap simulasi. Berikut hasil evaluasi dengan menggunakan perangkat lunak VISSIM.

Tabel 5.9 Hasil Analisis Tundaan Eksisting Simpang Ngabean

| Evaluasi Tundaan Eksisting | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Simulasi | Waktu Interval | Pengukuran Tundaan | Tundaan Berhenti | Kendaraan Henti | Tundaan Kendaraan | Kendaraan | Tundaan Pejalan | Orang |
| Rata-rata | 0-3600 | 1:Utara | 46,04 | 1,49 | 51,06 | 1378 | 51,06 | 1378 |
| Rata-rata | 0-3600 | 2:Timur | 66,47 | 1,06 | 73,79 | 859 | 73,79 | 1,21 |
| Rata-rata | 0-3600 | 4:Selatan | 97,51 | 2,59 | 106,23 | 849 | 106,23 | 849 |
| Rata-rata | 0-3600 | 5:Barat | 62,86 | 2,17 | 68,63 | 1241 | 68,63 | 1241 |

Keterangan:

Tundaan Berhenti =Tundaan berhenti rata-rata per kendaraan tanpa berhenti pada pemberhentian transportasi umum dan tempat parkir (detik)

Kendaraan Berhenti = Jumlah kendaraan rata-rata yang berhenti di transportasi umum dan tempat parkir (kendaraan)

Tundaan kendaraan = Rata-rata tundaan semua kendaraan, tundaan kendaraan dalam pengukuran waktu perjalanan yang diperoleh dari pengurangan waktu perjalanan teoritis dari waktu perjalanan sebenarnya

Kendaraan = Jumlah Kendaraan

Tundaan Kendaraan = Rata-rata tundaan semua pedestrian dalam detik tanpa adanya layanan penumpang di halte

Orang = Jumlah orang

Tabel 5.9 di atas berisi nilai tundaan yang didapat dari hasil *running* perangkat lunak *VISSIM* . Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat hasil tundaaan yang paling besar terletak pada pendekat Selatan yaitu 106,23 detik. Sedangkan pendekat Timur memiliki nilai tundaan terbesar ke 2.

Tabel 5.10 Hasil Analisis Panjang Antrian Eksisting Simpang Ngabean

| Evaluasi Panjang Antrian | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Simulasi | Waktu Interval | Pengukuran Panjang Antrian | Panjang Antrean (m) | Panjang Antrean maks (m) | Antian Berhenti |
| Rata-rata | 0-3600 | 1:Utara | 220,8 | 261,07 | 9255 |
| Rata-rata | 0-3600 | 2:Timur | 334,26 | 379,83 | 10154 |
| Rata-rata | 0-3600 | 4:Selatan | 174,37 | 208,94 | 5049 |
| Rata-rata | 0-3600 | 5:Barat | 379,89 | 476,89 | 17844 |

Keterangan:

Panjang Antrean = Panjang antrian rata-rata

Panjang Antrean Maks = Panjang antrean maksimum

Antrian Berhenti = Jumlah anrian berhenti, antrean berhenti dimana salah sautu kendaraan yang tidak terletak dalam antrean melebihi kecepatan dari awal kondisi antrean

Berdasarkan Tabel 5.10 didapat hasil panjang antrian maksimal terdapat pada pendekat Timur yaitu sebesar 475,56 m, hasil tersebut dapat dipengaruhi lebar pendekat yang kecil dan jumlah volume kendaraan yang besar.

Berdasarkan Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 diatas tundaan (D) pada setiap pendekat di simpang Ngabean mempunya nilai lebih besar dari 80 detik, maka dapat diartikan di setiap lengan di simpang Ngabean mempunya tingkat pelayanan F. Jadi dapat di simpulkan bahwa simpang Ngabean sudah tidak mampu menampung arus lalu lintas yang melewati simpang tersebut.

## 5.3 ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH

Dari hasil analisis menggunakan perangkat lunak *VISSIM* diperoleh hasil rekapitulasi Panjang Antrian (QL), Tundaan (D), dan Tingkat Pelayanan (LOS) yang menyatakan bahwa simpang Ngabean tidak memenuhi syarat maka diperlukan alternatif Alternatif untuk memperbaiki kinerja lalu lintas pada simpang Ngabean. Dipakai dua alternatif pemecahan masalah untuk memeperbaiki simpang Ngabean. Alternatif 1 dengan mengatur waktu sikluas di setiap lengan agar lebih optimal. Alternatif 2 adalah menggunakan waktu siklus

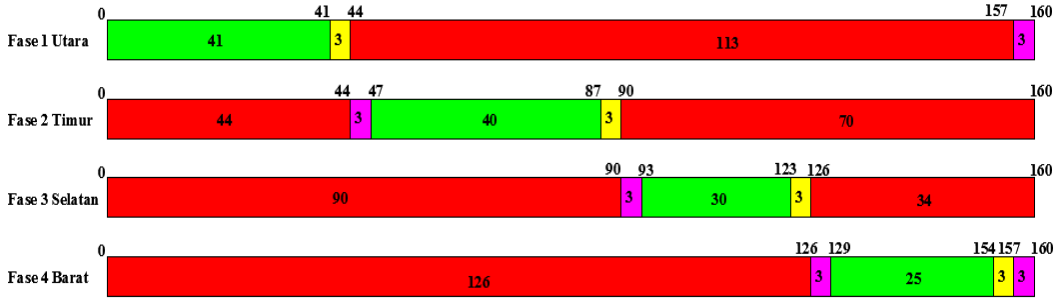
dari alternatif pertama kemudian merubah fase di pendekat Barat dengan membuat pendekat Barat belok kiri langsung.

### 5.3.1 Alternatif 1

Alternatif 1 adalah mengatur waktu siklus dengan menambahkan atau mengurangi waktu siklus namun tidak merubah geometrti dan tidak merubah fase. Alternatif ini dipilih karena pengaturan waktu siklus yang belum maksimal , perubahan waktu siklus dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Data Sinyal lalu Lintas Alternatif 1

| Kode Pendekat | Waktu Nyala (detik) | | | Waktu Siklus (detik) |
|---|---|---|---|---|
| | Hijau | Kuning | *Allred* | |
| Utara | 41 | 3 | 3 | 160 |
| Timur | 40 | 3 | 3 | 160 |
| Selatan | 30 | 3 | 3 | 160 |
| Barat | 25 | 3 | 3 | 160 |




Keterangan :

= Merah = Hijau

= Kuning = *All Red*

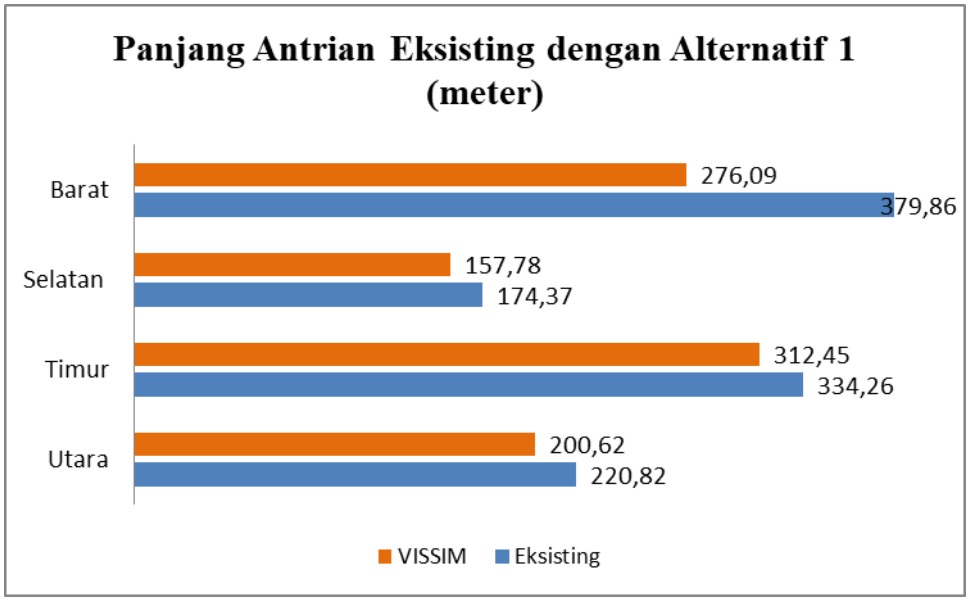
Gambar 5.28 Diagram Fase Lalu Lintas Alternatif 1

Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan perangkat lunak *VISSIM* didapat panjang antrian, dan tundaan yang sudah berkurang yang cukup

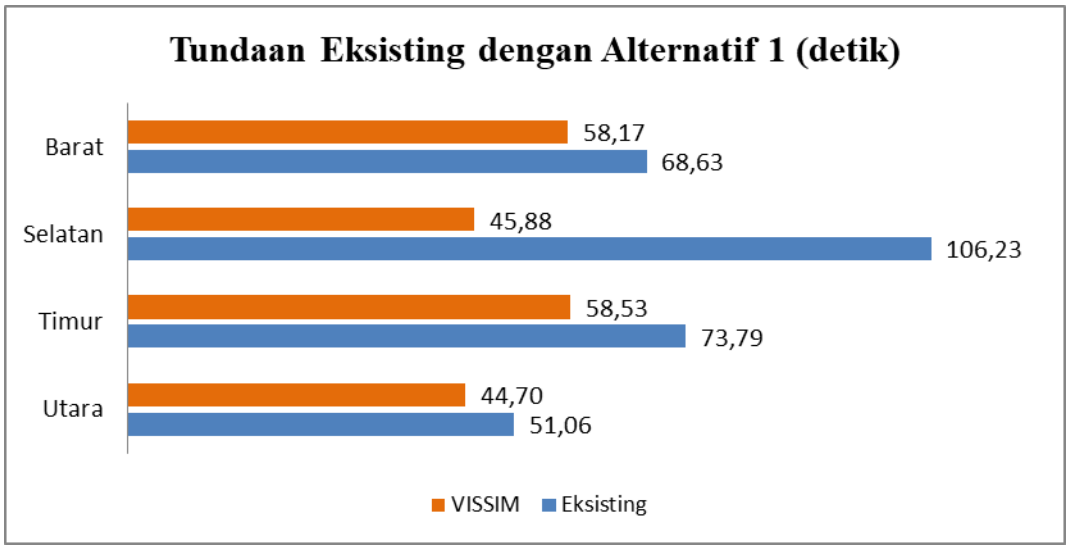
signifikan. Hasil yang diperoleh, sudah dapat memenuhi syarat yang telah ditentukan. Berikut ini hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini.

Tabel 5.12 Perbandingan Kinerja Simpang Ngabean Kondisi Eksisting dengan Perangkat lunak *VISSIM* Alternatif 1

| Pendekat | Panjang Antrian (meter) | | Tundaan (detik) | | Tingkat Pelayanan (LOS) |
|---|---|---|---|---|---|
| | Eksisting | *Vissim* | Eksisting | *Vissim* | |
| Utara | 220,82 | 200,62 | 51,06 | 44,70 | D |
| Timur | 334,26 | 312,45 | 73,79 | 58,53 | E |
| Selatan | 174,37 | 157,78 | 106,23 | 45,88 | D |
| Barat | 379,86 | 276,09 | 68,63 | 59,17 | E |




Grafik 5.3 Perbandingan *Output* Panjang Antrian Alternatif 1 Kondisi Eksisting dan Perangkat Lunak *VISSIM*

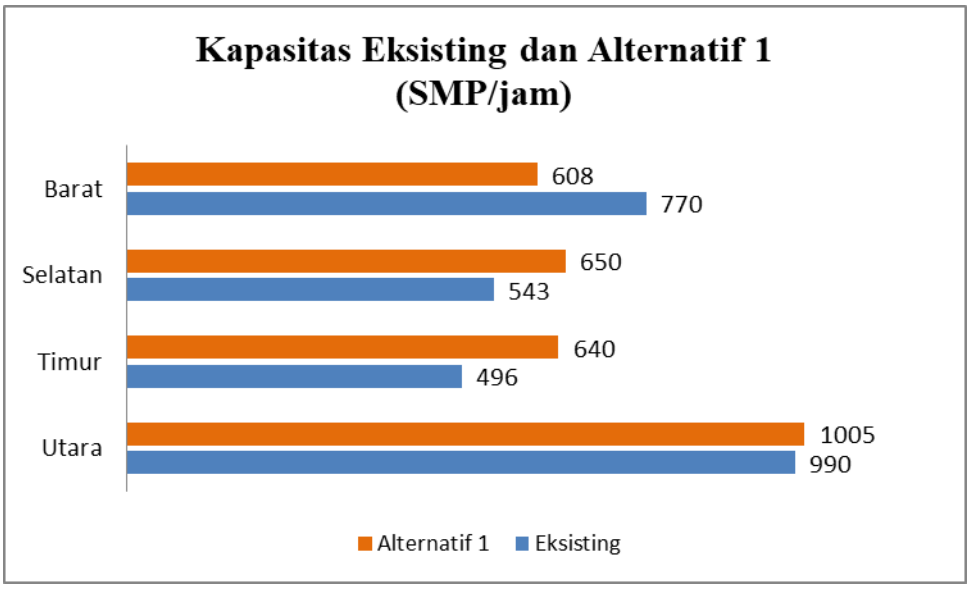



Grafik 5.4 Perbandingan *Output* Tundaan Alternatif 1 Kondisi Eksisting dan Perangkat Lunak *VISSIM*

Pada hasil di atas terlihat bahwa perbaikan yang telah dilakukan pada simpang Ngabean dengan melakukan perubahan waktu siklus, dapat mengurangi panjang antrian, dan tundaan.

Tabel 5.13 Perubahan Kapasitas Sebelum dan Setelah Rekayasa Alternatif 1

| Pendekat | Kapasitas (SMP/jam) | |
|---|---|---|
| | Eksisting | Alternatif 1 |
| Utara | 990 | 1005 |
| Timur | 496 | 640 |
| Selatan | 543 | 650 |
| Barat | 770 | 608 |

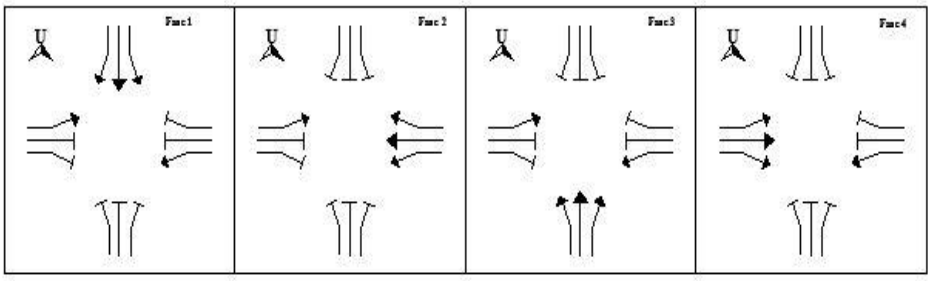



Grafik 5.5 Perbandingan Kapasitas Eksisting dengan Alternatif 1 (SMP/jam)

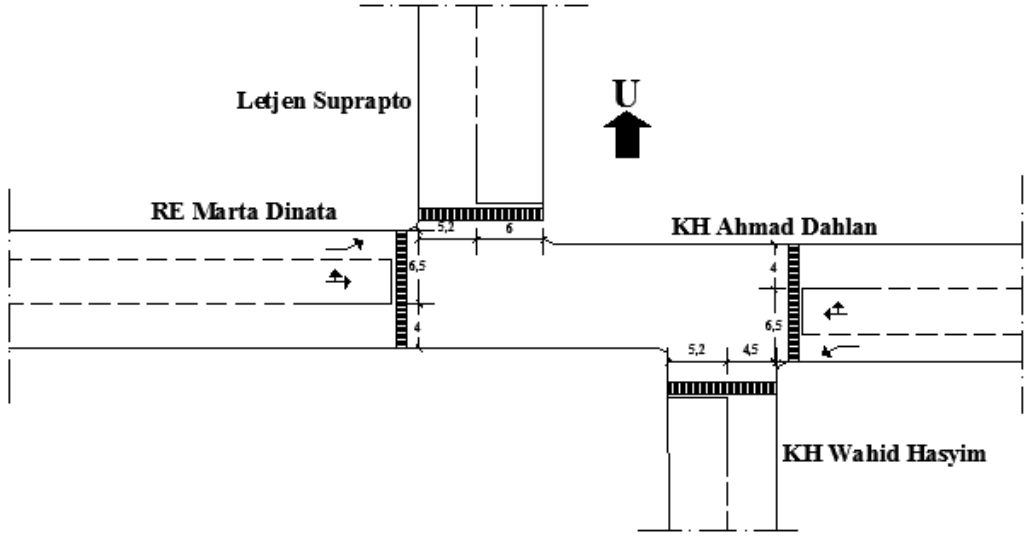
Kapasitas pendekat pendekat simpang bersinyal, banyaknya arus kendaraan maksimum yang dapat dilewati ileh suatu pendekat per satu jan hijau, karena simpang ini mempunyai 4 (empat) pendekat maka besarnya kapasitas simpang ditentukan oleh nilai kapasitas pendekat yang paling kecil

### 5.3.2 Alternatif 2

Alternatif 2 adalah merubah fase di lengan Barat dengan membuat lengan sebelah Barat berbelok ke kiri langsung atau belok kiri jalan terus,dengan menggeser marka jalan ke sebelah selatan sehingga lajur selatan jalan berkurang 0,5 cm menjadikan lebar lajur Selatan yang semula 4,5 m berubah menjadi 4 m dan lajur Utara yang semula 6 m menjadi 6,5 m, namun waktu siklus yang digunakan sama dengan waktu siklus pada alternatif 1, perubahan fase dan pergeseran marka dapat dilihat pada Gambar 5.29 dan Gambar 5.30 berikut ini.



Gambar 5.29 Fase Lalu Lintas Alternatif 2

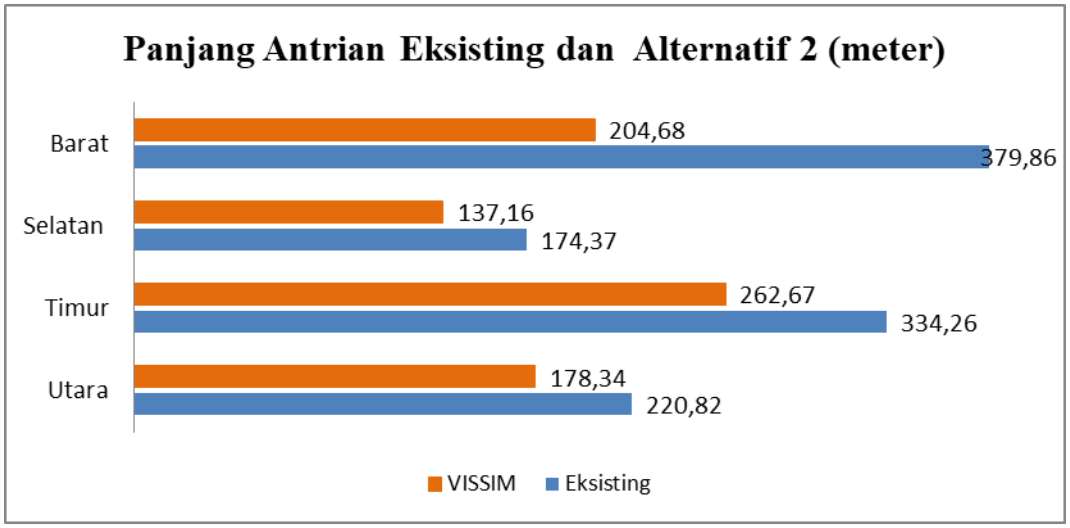



Gambar 5.30 Perubahan Marka Jalan

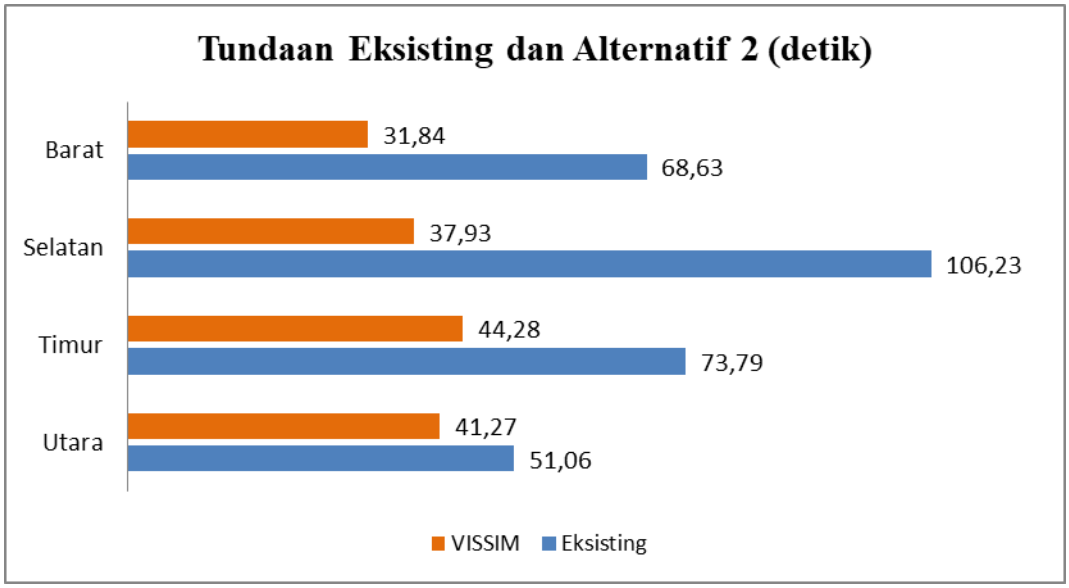
Dari analisis yang telah dilakukan dengan merubah fase, didapat hasil yang cukup baik sehingga dapat mengurangi nilai tundaan lebih besar dari alternatif 1. Berikut hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5.14 sebagai berikut.

Tabel 5.14 Perbandingan Kinerja Simpang Ngabean Kondisi Eksisting dengan Perangkat lunak *VISSIM* Alternatif 2

| Pendekat | Panjang Antrian (meter) | | Tundaan (detik) | | Tingkat Pelayanan (LOS) |
|---|---|---|---|---|---|
| | Eksisting | *Vissim* | Eksisting | *Vissim* | |
| Utara | 220,82 | 178,34 | 51,06 | 41,27 | D |
| Timur | 334,26 | 262,67 | 73,79 | 44,28 | D |
| Selatan | 174,37 | 137.16 | 106,23 | 37,93 | D |
| Barat | 379,86 | 204,67 | 68,63 | 31,84 | C |




Grafik 5.6 Perbandingan *Output* Panjang Antrian Alternatif 2 Kondisi Eksisting dan Perangkat Lunak *VISSIM*




Grafik 5.7 Perbandingan *Output* Tundaan Alternatif 2 Kondisi Eksisting dan Perangkat Lunak *VISSIM*

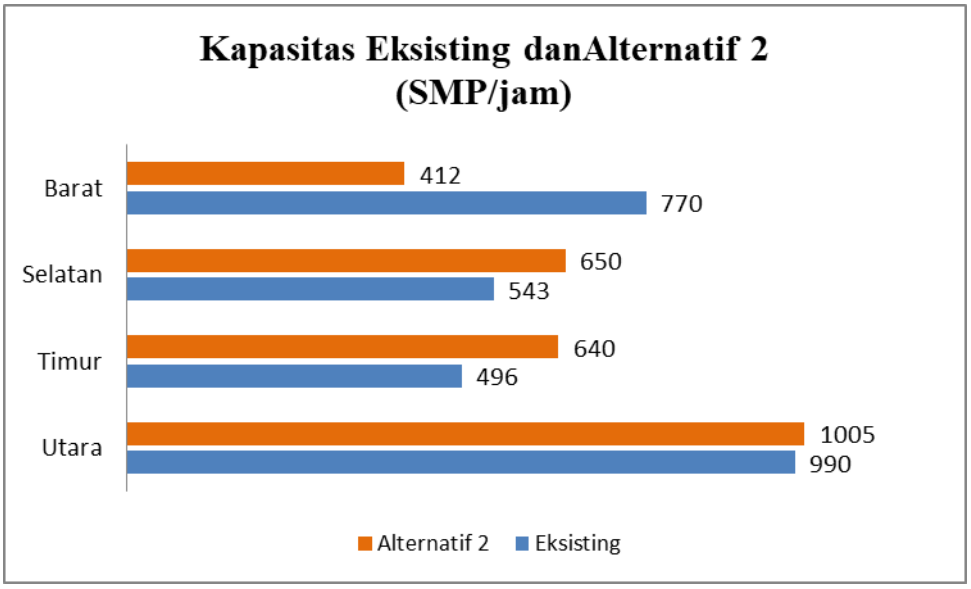
Dengan menggunakan waktu siklus yang sama dengan Alternatif 1 yaitu 137 detik, serta merubah fase pada lengan barat didapat hasil yang cukup baik. Pada hasil diatas terlihat bahwa perbaikan yang telah dilakukan pada simpang

Ngabean dengan melakukan perubahan waktu siklus dan perubahan fase pada lengan barat, dapat mengurangi tundaan dan panjang antrian.

Analisis perubahan kapasitas simpang sebelum dan setelah rekayasa alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 5.15 sebagai berikut

Tabel 5.15 Perubahan Kapasitas Sebelum dan Setelah Rekayasa Alternatif 2

| Pendekat | Kapasitas (SMP/jam) | |
|---|---|---|
| | Eksisting | Alternatif 2 |
| Utara | 990 | 1005 |
| Timur | 496 | 640 |
| Selatan | 543 | 650 |
| Barat | 770 | 412 |




Grafik 5.8 Perbandingan Eksisting dengan Kapasitas Alternatif 2 (SMP/jam)

### 5.3.3 Rekapitulasi Hasil Alternatif Perbaikan Simpang Ngabean

Telah dijelaskan beberapa alternatif untuk perbaikan simpang Ngabean di atas, berikut ini adalah rekapitulasi hasil analisis dari alternatif 1 dan juga alternatif 2 yang dipilih paling baik dari segi kinerja simpang yaitu kapasitas, tundaan, dan panjang antrian.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Analisis Kapasitas Alternatif 1 dan Alternatif 2 Simpang Ngabean

| Pendekat | Kapasitas (SMP/jam) | | |
|---|---|---|---|
| | Eksisting | Alternatif 1 | Alternatif 2 |
| Utara | 990 | 1005 | 1005 |
| Timur | 496 | 640 | 640 |
| Selatan | 543 | 650 | 650 |
| Barat | 770 | 608 | 412 |

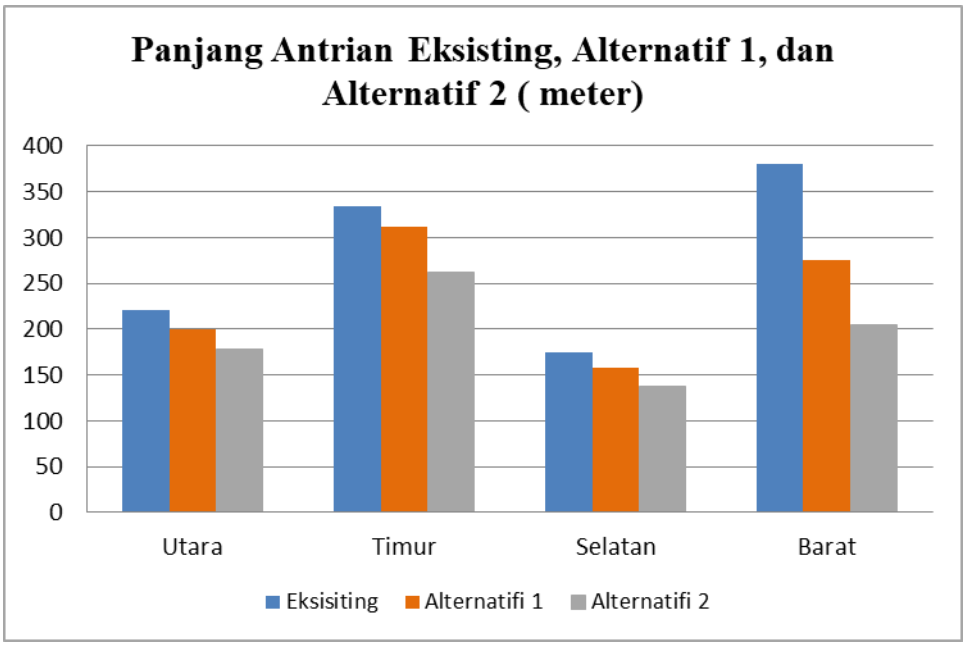
Tabel 5.17 Rekapitulasi Analisis Kinerja Alternatif 1 dan Alternatif 2 Simpang Ngabean

| Lengan | Eksisiting | Panjang Antrian *(Queue Lenght)* (m) | | Eksisiting | Tundaan (Delays) (s) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *VISSIM* | | | *VISSIM* | |
| | | Alternatifi 1 | Alternatif 2 | | Alternatif 1 | Alternatif 2 |
| Utara | 220,82 | 200,62 | 178,34 | 51,06 | 44,7 | 41,27 |
| Timur | 334,26 | 312,45 | 262,67 | 73,79 | 58,53 | 44,28 |
| Selatan | 174,37 | 157,78 | 137,16 | 106,23 | 45,88 | 37,93 |
| Barat | 379,86 | 276,09 | 204,67 | 68,63 | 59,17 | 31,84 |

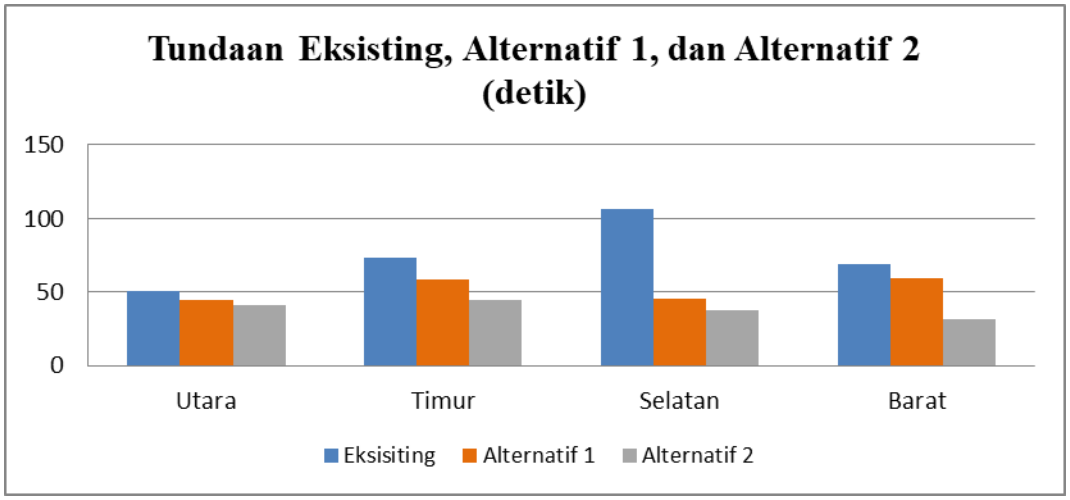
Keterangan :

Alternatif 1 : Perubahan waktu siklus

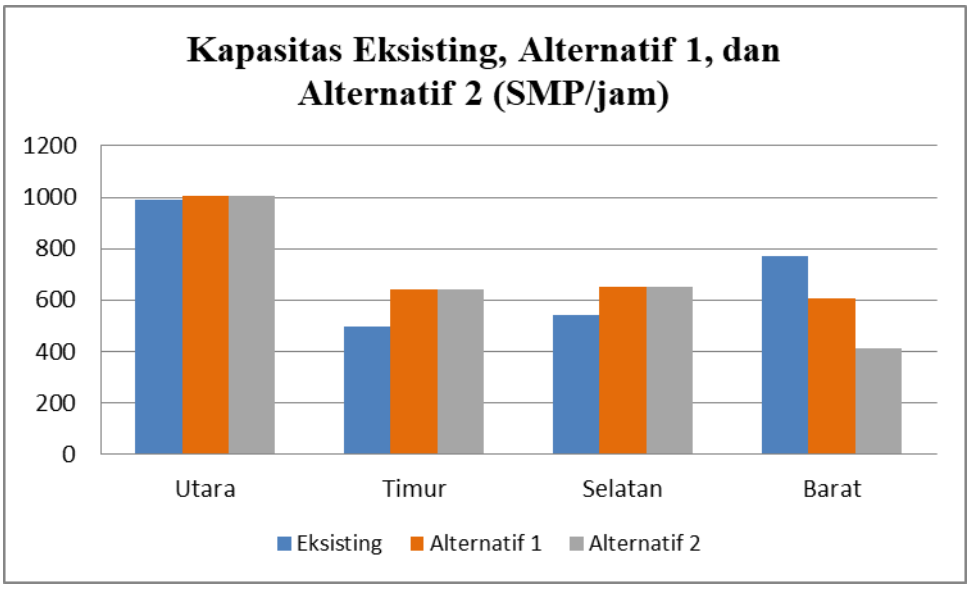
Alternatif 2 : Perubahan fase pada lengan Barat




Grafik 5.9 Perbandingan Rekapitulasi Panjang Antrian Eksisting, Alternatif 1, dan Alternatif 2




Grafik 5.10 Perbandingan Rekapitulasi Tundaan Eksisting, Alternatif 1, dan Alternatif 2




Grafik 5.11 Perbandingan Rekapitulasi Kapasitas Eksisting, Alternatif 1, dan Alternatif 2

Berdasarkan Tabel 5.17 di atas untuk pemecahan masalah pada Simpang Ngabean dapat dilihat alternatif 1 dan alternatif 2 hampir sama, yang sam-sama dapat mengurangi panjang antrian dan tundaan kendaraan pada Simpang Ngabean. Namun jika dilakukan perbaikan lebih disarankan menggunakan alternatif 2 yaitu perubahan fase dan waktu siklus, karena alternatif ke dua lebih bisa mengurangi tundaan pada Simpang Ngabean dan juga kapasitas pada pendekat Barat berkurang karena dilakukan perubahan fase yang mana menjadikan pendekat Barat belok kiri langsung.

# BAB VI
# SIMPULAN DAN SARAN

## 6.1 SIMPULAN

Dari analisis simpang Ngabean dengan perangkat lunak *VISSIM*, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut ini.

1. Setelah dilakukan pengamatan dan perhitungna volume lalu lintas pada simpang Ngabean didapat volume lalu lintas puncak simpang pada Sabtu sore jam 16.00-17.00 WIB sebesar 9383 kend/jam atau 2867 SMP/jam.
2. Alternatif perbaikan kinerja simpang Ngabean dibuat 2 alternatif pemecahan masalah yaitu alternatif 1 dengan mengubah waktu siklus dan untuk aklternatif 2 dengan memanfaatkan waktu siklus alternatif 1 di tambahkan juga perubahan fase pada lengan sebelah Barat, sehingga lengan Barat menjadi belok kiri jalan terus.
3. Dari hasil analisis pada simpang Ngabean pemecahan masalah alternatif 1 dan alternatif 2 hampir mendekati sama yang keduanya dapat mengurangi nilai tundaan dan panjang antrian yang cukup signifikan. Namun jika dilakukan perbaikan lebih disarankan menggunakan alternatif 2 yaitu merubah waktu siklus dan juga merubah fase yang mana lengan sebelah Barat dijadikan belok kiri jalan terus dan hasilnya adalah yang semula nilai tundaan lengan Timur sebesar 73,79 detik berkurang menjadi 44,28 detik sedangkan panjang antrian lengan timur semula 334 meter berkurang menjadi 262 meter.
4. Hasil analisis pada Simpang Ngabean juga mengalami perubahan pada kapasitas simpang ada beberapa kapasitas yang mengalami pertambahan kapasitas dan ada pula yang mengalami penurunan kapasitas. Dari hasil analisis menggunakan alternatif 1 lengan Utara simpang yang pada kondisi eksisting memiliki nilai 990 SMP/jam bertambah menjadi 1005 SMP/jam, lengan Timur mengalami peningkatan yang semula 496 SMP/jam menjadi 640 SMP/jam, dan lengan Selatan semula 543 SMP/jam menjadi 650 SMP/jam. Namun pada lengan Barat mengalami pengurangan kapasitas yang semula 770 SMP/jam berubah menjadi 608 SMP/jam

5. Perubahan Kapasitas juga terjadi pada alternatif 2 perubahann tersebut terjadi di lengan Barat yang fasenya dirubah menjadi belok kiri langsung, nilai perubahannya yang pada waktu eksisting bernilai 770 SMP/jam berubah menjadi 412 SMP/jam, itu terjadi karena arus kendaraan yang belok kiri tidak dihitung.
6. Dari alternatif 1 dan alternatif 2 perbaikan dapat dilihat yaitu kapasitas pendekat simpang mengalami peningkatan, namun pada alternatif 2 pendekat Barat mengalami penurunan kapasitas, karena pendekat Barat dirubah fasenya menjadi belok kiri langsung.

## 6.2 SARAN

Setelah dilakukan pengamatan secara langsung di lapangan dan analisis pada simpang Ngabean dengan perangkat lunak VISSIM. Berikut ini saran yang diajukan untuk penelitian berikutnya.

1. Perlu ditinjau keefektifan samapai kapan penelitian ini masih efektif digunakan.
2. Memperhitungkan pelebaran jalan namun disertai juga rencana anggaran belanja (RAB) untuk pembebasan lahan di sekitarnya.
3. Menggunakan lebih banyak pedoman dan referensi terkait peningkatan kinerja simpang tersebut supaya didapat alternatif pemecahan masalah yang dapat mengatasi permasalahan pada simpang tersebut dengan lebih baik.

# DAFRTAR PUSTAKA


Alamsyah, A, A., 2008, *Rekayasa Lalu Lintas*, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.

Arbima., 2016, *Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Empat Lengan (Studi Kasus Simpang Tak Bersinyal E,mpat Lengan Jalan Wates Km 5, Gamping,Sleman, Yogyakarta), Tugas Akhir*, Universitas Islam indonesia, Yogyakata.

Arifin, J., 2011, *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Kentungan, Yogyakarta, Tugas Akhir*, (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Aryandi. (2014). *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal dengan menggunakan software VISSIM* (studi kasus simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta). Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.

Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (1996). *Panduan Penempatan Fasilitas Perlengkapan Jalan*. Departemen Perhubungan. Jakarta

Harianto, J., 2004, Perencanaan Simpang tak Sebidang pada Jalan Raya, *Jurnal Teknik Sipil*, USU Digital Library.

Highway Capacity Manual (2000). " HCM 2000 ", National Research Council Washinton, D.C.

Hobbs, F.D. (1995). "*Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*". Gadjah Mada University Press. Yogyakarta

Khisty, C.J. dan Lall, B.K. (2003). *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi*. Jilid I.Erlangga. Jakarta.

Munawar, Ahmad. (2004). "*Manajemen Lalu Lintas Perkotaan"*. Beta Offset. Yogyakarta.

Munawar, Ahmad. (2006). Queues and Delays at Signalized Intersections, Indonesian Experience. *5th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service*. Yokohama, Japan.

Nuriawan, L., 2016, *Analisas Kinerja Simpang Bersinyal Monjali Yogyakarta, Tugas Akhir,* Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Oglesby, C.H. dan Hicks, R.G. 1999. *Teknik Jalan Raya*. Jilid I. Erlangga. Jakarta.

PTV VISSIM. 2013. *PTV VISSIM 6 User Manual.* PTV AG, Karlsruhe.Germany.

Tandyasari, K.I., 2016, *Analisis Simpang Apill Ngabean, Yogyakarta, Tugas Akhir,*, Univeritas Atmajaya, Yogyakarta.

Wasono, Ganang Unggul. (2015). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Dengan Menggunakan Perangkat lunak KAJI dan SIDRA *Intersection* 5.1. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

# LAMPIRAN

**Lampiran 1. Arus Lalu Lintas Lengan Utara Per 15 Menit (Senin, 6 Maret 2017)**

| Periode Waktu | UTARA-TIMUR | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 83 | 12 | 0 |
| 06.15-06.30 | 70 | 15 | 1 |
| 06.30-06.45 | 85 | 17 | 0 |
| 06.45-07.00 | 88 | 25 | 1 |
| 07.00-07.15 | 83 | 11 | 0 |
| 07.15-07.30 | 71 | 22 | 1 |
| 07.30-07.45 | 68 | 23 | 0 |
| 07.45-08.00 | 66 | 21 | 0 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 86 | 20 | 1 |
| 15.15-15.30 | 78 | 11 | 0 |
| 15.30-15.45 | 93 | 222 | 1 |
| 15.45-16.00 | 71 | 21 | 0 |
| 16.00-16.15 | 90 | 16 | 0 |
| 16.15-16.30 | 62 | 8 | 0 |
| 16.30-16.45 | 82 | 11 | 0 |
| 16.45-17.00 | 52 | 11 | 0 |

| Periode Waktu | UTARA-SELATAN | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 332 | 42 | 1 |
| 06.15-06.30 | 450 | 39 | 3 |
| 06.30-06.45 | 332 | 42 | 1 |
| 06.45-07.00 | 154 | 43 | 1 |
| 07.00-07.15 | 332 | 42 | 1 |
| 07.15-07.30 | 231 | 42 | 1 |
| 07.30-07.45 | 201 | 38 | 2 |
| 07.45-08.00 | 211 | 36 | 2 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 328 | 46 | 3 |
| 15.15-15.30 | 356 | 39 | 2 |
| 15.30-15.45 | 390 | 43 | 1 |
| 15.45-16.00 | 311 | 36 | 2 |
| 16.00-16.15 | 347 | 42 | 1 |
| 16.15-16.30 | 272 | 32 | 0 |
| 16.30-16.45 | 339 | 45 | 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16.45-17.00 | 259 | 34 | 0 |

| Periode Waktu | UTARA-BARAT | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 132 | 17 | 1 |
| 06.15-06.30 | 150 | 23 | 2 |
| 06.30-06.45 | 132 | 17 | 1 |
| 06.45-07.00 | 129 | 22 | 2 |
| 07.00-07.15 | 132 | 17 | 1 |
| 07.15-07.30 | 136 | 15 | 1 |
| 07.30-07.45 | 136 | 12 | 1 |
| 07.45-08.00 | 126 | 10 | 1 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 175 | 23 | 2 |
| 15.15-15.30 | 182 | 22 | 2 |
| 15.30-15.45 | 212 | 26 | 2 |
| 15.45-16.00 | 136 | 12 | 1 |
| 16.00-16.15 | 153 | 17 | 1 |
| 16.15-16.30 | 162 | 15 | 1 |
| 16.30-16.45 | 90 | 11 | 1 |
| 16.45-17.00 | 124 | 19 | 0 |

**Lampiran 2. Arus Lalu Lintas Lengan Timur Per 15 Menit (Senin, 6 maret 2017)**

| Periode Waktu | TIMUR-SELATAN | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 82 | 17 | 2 |
| 06.15-06.30 | 82 | 12 | 3 |
| 06.30-06.45 | 82 | 15 | 2 |
| 06.45-07.00 | 67 | 20 | 2 |
| 07.00-07.15 | 82 | 17 | 2 |
| 07.15-07.30 | 76 | 14 | 2 |
| 07.30-07.45 | 55 | 14 | 2 |
| 07.45-08.00 | 55 | 14 | 2 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 82 | 12 | 3 |
| 15.15-15.30 | 70 | 13 | 2 |
| 15.30-15.45 | 67 | 18 | 2 |
| 15.45-16.00 | 55 | 14 | 3 |
| 16.00-16.15 | 83 | 17 | 2 |
| 16.15-16.30 | 45 | 7 | 1 |
| 16.30-16.45 | 43 | 7 | 2 |
| 16.45-17.00 | 48 | 5 | 0 |

| Periode Waktu | TIMUR-BARAT | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 321 | 53 | 0 |
| 06.15-06.30 | 198 | 60 | 0 |
| 06.30-06.45 | 321 | 53 | 0 |
| 06.45-07.00 | 350 | 52 | 0 |
| 07.00-07.15 | 321 | 53 | 0 |
| 07.15-07.30 | 316 | 30 | 2 |
| 07.30-07.45 | 287 | 33 | 2 |
| 07.45-08.00 | 302 | 30 | 2 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 462 | 64 | 0 |
| 15.15-15.30 | 473 | 49 | 1 |
| 15.30-15.45 | 440 | 62 | 0 |
| 15.45-16.00 | 316 | 38 | 2 |
| 16.00-16.15 | 380 | 54 | 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16.15-16.30 | 356 | 33 | 0 |
| 16.30-16.45 | 413 | 52 | 1 |
| 16.45-17.00 | 385 | 42 | 1 |

| Periode Waktu | TIMUR-UTARA | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 76 | 12 | 0 |
| 06.15-06.30 | 76 | 7 | 1 |
| 06.30-06.45 | 76 | 12 | 0 |
| 06.45-07.00 | 74 | 16 | 3 |
| 07.00-07.15 | 76 | 12 | 0 |
| 07.15-07.30 | 60 | 5 | 0 |
| 07.30-07.45 | 52 | 24 | 0 |
| 07.45-08.00 | 52 | 14 | 0 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 81 | 7 | 1 |
| 15.15-15.30 | 54 | 13 | 1 |
| 15.30-15.45 | 74 | 13 | 3 |
| 15.45-16.00 | 52 | 9 | 0 |
| 16.00-16.15 | 78 | 12 | 0 |
| 16.15-16.30 | 40 | 4 | 0 |
| 16.30-16.45 | 39 | 8 | 0 |
| 16.45-17.00 | 32 | 15 | 0 |

**Lampiran 3. Arus Lalu Lintas Lengan Selatan Per 15 Menit (Senin, 6 Maret 2017)**

| Periode Waktu | SELATAN-BARAT | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 123 | 10 | 0 |
| 06.15-06.30 | 88 | 15 | 2 |
| 06.30-06.45 | 123 | 10 | 0 |
| 06.45-07.00 | 82 | 13 | 2 |
| 07.00-07.15 | 123 | 8 | 0 |
| 07.15-07.30 | 58 | 13 | 2 |
| 07.30-07.45 | 51 | 13 | 2 |
| 07.45-08.00 | 44 | 13 | 2 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 114 | 15 | 2 |
| 15.15-15.30 | 90 | 12 | 2 |
| 15.30-15.45 | 86 | 13 | 2 |
| 15.45-16.00 | 58 | 10 | 2 |
| 16.00-16.15 | 114 | 5 | 0 |
| 16.15-16.30 | 51 | 7 | 3 |
| 16.30-16.45 | 79 | 7 | 0 |
| 16.45-17.00 | 66 | 16 | 1 |

| Periode Waktu | SELATAN-UTARA | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 150 | 37 | 2 |
| 06.15-06.30 | 272 | 41 | 1 |
| 06.30-06.45 | 156 | 42 | 2 |
| 06.45-07.00 | 187 | 33 | 0 |
| 07.00-07.15 | 150 | 37 | 2 |
| 07.15-07.30 | 142 | 32 | 2 |
| 07.30-07.45 | 142 | 32 | 2 |
| 07.45-08.00 | 142 | 32 | 2 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 172 | 41 | 1 |
| 15.15-15.30 | 132 | 44 | 1 |
| 15.30-15.45 | 173 | 36 | 1 |
| 15.45-16.00 | 142 | 32 | 2 |
| 16.00-16.15 | 170 | 37 | 2 |
| 16.15-16.30 | 132 | 18 | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16.30-16.45 | 132 | 40 | 1 |
| 16.45-17.00 | 124 | 38 | 2 |

| Periode Waktu | SELATAN-TIMUR | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 86 | 15 | 1 |
| 06.15-06.30 | 75 | 19 | 1 |
| 06.30-06.45 | 86 | 15 | 1 |
| 06.45-07.00 | 81 | 15 | 1 |
| 07.00-07.15 | 86 | 15 | 1 |
| 07.15-07.30 | 51 | 22 | 1 |
| 07.30-07.45 | 44 | 14 | 1 |
| 07.45-08.00 | 51 | 24 | 1 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 82 | 41 | 1 |
| 15.15-15.30 | 73 | 44 | 1 |
| 15.30-15.45 | 81 | 36 | 1 |
| 15.45-16.00 | 51 | 32 | 1 |
| 16.00-16.15 | 68 | 37 | 1 |
| 16.15-16.30 | 48 | 18 | 0 |
| 16.30-16.45 | 60 | 40 | 1 |
| 16.45-17.00 | 127 | 38 | 0 |

**Lampiran 4. Arus Lalu Lintas Lengan Barat Per 15 Menit (Senin, 6 Maret 2017)**

| Periode Waktu | BARAT-UTARA | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 33 | 8 | 1 |
| 06.15-06.30 | 40 | 13 | 0 |
| 06.30-06.45 | 37 | 11 | 0 |
| 06.45-07.00 | 54 | 11 | 1 |
| 07.00-07.15 | 33 | 12 | 0 |
| 07.15-07.30 | 46 | 8 | 0 |
| 07.30-07.45 | 46 | 19 | 0 |
| 07.45-08.00 | 46 | 9 | 0 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 40 | 8 | 0 |
| 15.15-15.30 | 52 | 13 | 0 |
| 15.30-15.45 | 54 | 11 | 0 |
| 15.45-16.00 | 46 | 9 | 0 |
| 16.00-16.15 | 44 | 7 | 0 |
| 16.15-16.30 | 52 | 9 | 0 |
| 16.30-16.45 | 97 | 8 | 0 |
| 16.45-17.00 | 124 | 12 | 1 |

| Periode Waktu | BARAT-TIMUR | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 297 | 44 | 0 |
| 06.15-06.30 | 374 | 59 | 0 |
| 06.30-06.45 | 297 | 47 | 0 |
| 06.45-07.00 | 330 | 46 | 0 |
| 07.00-07.15 | 297 | 44 | 0 |
| 07.15-07.30 | 250 | 55 | 1 |
| 07.30-07.45 | 296 | 46 | 1 |
| 07.45-08.00 | 297 | 33 | 1 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 374 | 59 | 0 |
| 15.15-15.30 | 356 | 47 | 0 |
| 15.30-15.45 | 326 | 57 | 0 |
| 15.45-16.00 | 311 | 53 | 1 |
| 16.00-16.15 | 329 | 48 | 0 |
| 16.15-16.30 | 296 | 37 | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16.30-16.45 | 266 | 59 | 0 |
| 16.45-17.00 | 358 | 41 | 0 |

| Periode Waktu | BARAT-SELATAN | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 131 | 18 | 1 |
| 06.15-06.30 | 95 | 11 | 1 |
| 06.30-06.45 | 131 | 18 | 1 |
| 06.45-07.00 | 188 | 10 | 0 |
| 07.00-07.15 | 131 | 18 | 1 |
| 07.15-07.30 | 79 | 14 | 1 |
| 07.30-07.45 | 100 | 8 | 1 |
| 07.45-08.00 | 105 | 8 | 1 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 111 | 11 | 1 |
| 15.15-15.30 | 127 | 17 | 2 |
| 15.30-15.45 | 131 | 10 | 0 |
| 15.45-16.00 | 109 | 8 | 1 |
| 16.00-16.15 | 129 | 18 | 0 |
| 16.15-16.30 | 103 | 12 | 0 |
| 16.30-16.45 | 91 | 13 | 0 |
| 16.45-17.00 | 111 | 9 | 0 |

**Lampiran 5. Arus Lalu Lintas Lengan Utara Per 15 Menit (Rabu, 8 Maret 2017)**

| Periode Waktu | UTARA-TIMUR | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 88 | 25 | 1 |
| 06.15-06.30 | 83 | 12 | 0 |
| 06.30-06.45 | 71 | 21 | 0 |
| 06.45-07.00 | 83 | 12 | 0 |
| 07.00-07.15 | 72 | 13 | 1 |
| 07.15-07.30 | 66 | 12 | 1 |
| 07.30-07.45 | 71 | 19 | 1 |
| 07.45-08.00 | 48 | 14 | 2 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 83 | 12 | 0 |
| 15.15-15.30 | 72 | 13 | 1 |
| 15.30-15.45 | 54 | 11 | 0 |
| 15.45-16.00 | 86 | 20 | 1 |
| 16.00-16.15 | 72 | 13 | 1 |
| 16.15-16.30 | 70 | 15 | 1 |
| 16.30-16.45 | 90 | 16 | 0 |
| 16.45-17.00 | 88 | 25 | 1 |

| Periode Waktu | UTARA-SELATAN | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 154 | 43 | 1 |
| 06.15-06.30 | 332 | 42 | 1 |
| 06.30-06.45 | 311 | 36 | 2 |
| 06.45-07.00 | 332 | 42 | 1 |
| 07.00-07.15 | 332 | 18 | 0 |
| 07.15-07.30 | 275 | 11 | 0 |
| 07.30-07.45 | 188 | 23 | 1 |
| 07.45-08.00 | 316 | 34 | 2 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 332 | 42 | 1 |
| 15.15-15.30 | 332 | 18 | 0 |
| 15.30-15.45 | 329 | 46 | 0 |
| 15.45-16.00 | 374 | 46 | 3 |
| 16.00-16.15 | 332 | 18 | 0 |
| 16.15-16.30 | 290 | 39 | 3 |
| 16.30-16.45 | 247 | 30 | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16.45-17.00 | 154 | 43 | 1 |

| Periode Waktu | UTARA-BARAT | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 188 | 22 | 2 |
| 06.15-06.30 | 132 | 17 | 1 |
| 06.30-06.45 | 136 | 15 | 1 |
| 06.45-07.00 | 132 | 17 | 1 |
| 07.00-07.15 | 144 | 12 | 1 |
| 07.15-07.30 | 145 | 7 | 0 |
| 07.30-07.45 | 141 | 17 | 1 |
| 07.45-08.00 | 52 | 9 | 1 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 132 | 17 | 1 |
| 15.15-15.30 | 144 | 12 | 1 |
| 15.30-15.45 | 129 | 10 | 0 |
| 15.45-16.00 | 170 | 23 | 2 |
| 16.00-16.15 | 125 | 12 | 1 |
| 16.15-16.30 | 150 | 23 | 2 |
| 16.30-16.45 | 88 | 17 | 1 |
| 16.45-17.00 | 188 | 22 | 2 |

**Lampiran 6. Arus Lalu Lintas Lengan Timur Per 15 Menit (Rabu, 8 Maret 2017)**

| Periode Waktu | TIMUR-SELATAN | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 54 | 11 | 1 |
| 06.15-06.30 | 67 | 12 | 1 |
| 06.30-06.45 | 82 | 12 | 33 |
| 06.45-07.00 | 30 | 11 | 0 |
| 07.00-07.15 | 88 | 14 | 3 |
| 07.15-07.30 | 65 | 8 | 3 |
| 07.30-07.45 | 45 | 7 | 1 |
| 07.45-08.00 | 45 | 15 | 1 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 54 | 11 | 1 |
| 15.15-15.30 | 67 | 12 | 1 |
| 15.30-15.45 | 82 | 12 | 3 |
| 15.45-16.00 | 30 | 11 | 0 |
| 16.00-16.15 | 88 | 14 | 3 |
| 16.15-16.30 | 65 | 8 | 3 |
| 16.30-16.45 | 45 | 7 | 1 |
| 16.45-17.00 | 45 | 15 | 1 |

| Periode Waktu | TIMUR-BARAT | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 350 | 52 | 0 |
| 06.15-06.30 | 321 | 53 | 0 |
| 06.30-06.45 | 316 | 38 | 2 |
| 06.45-07.00 | 321 | 53 | 0 |
| 07.00-07.15 | 330 | 14 | 0 |
| 07.15-07.30 | 325 | 16 | 2 |
| 07.30-07.45 | 256 | 32 | 2 |
| 07.45-08.00 | 241 | 28 | 2 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 330 | 46 | 2 |
| 15.15-15.30 | 330 | 14 | 0 |
| 15.30-15.45 | 396 | 64 | 0 |
| 15.45-16.00 | 325 | 36 | 2 |
| 16.00-16.15 | 316 | 38 | 2 |
| 16.15-16.30 | 316 | 38 | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16.30-16.45 | 356 | 29 | 0 |
| 16.45-17.00 | 390 | 16 | 2 |

| Periode Waktu | TIMUR-UTARA | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 74 | 13 | 3 |
| 06.15-06.30 | 76 | 12 | 0 |
| 06.30-06.45 | 52 | 9 | 0 |
| 06.45-07.00 | 76 | 12 | 0 |
| 07.00-07.15 | 121 | 15 | 0 |
| 07.15-07.30 | 76 | 12 | 0 |
| 07.30-07.45 | 60 | 7 | 0 |
| 07.45-08.00 | 51 | 22 | 1 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 129 | 10 | 0 |
| 15.15-15.30 | 121 | 15 | 0 |
| 15.30-15.45 | 87 | 7 | 1 |
| 15.45-16.00 | 70 | 15 | 1 |
| 16.00-16.15 | 52 | 9 | 0 |
| 16.15-16.30 | 77 | 9 | 0 |
| 16.30-16.45 | 40 | 4 | 0 |
| 16.45-17.00 | 76 | 12 | 0 |

**Lampiran 7. Arus Lalu Lintas Lengan Selatan Per 15 Menit (Rabu, 8 Maret 2017)**

| Periode Waktu | SELATAN-BARAT | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 82 | 13 | 2 |
| 06.15-06.30 | 130 | 10 | 0 |
| 06.30-06.45 | 58 | 13 | 2 |
| 06.45-07.00 | 123 | 10 | 0 |
| 07.00-07.15 | 101 | 8 | 2 |
| 07.15-07.30 | 89 | 6 | 0 |
| 07.30-07.45 | 82 | 13 | 2 |
| 07.45-08.00 | 22 | 10 | 0 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 90 | 12 | 2 |
| 15.15-15.30 | 82 | 13 | 2 |
| 15.30-15.45 | 51 | 5 | 3 |
| 15.45-16.00 | 89 | 8 | 0 |
| 16.00-16.15 | 116 | 10 | 0 |
| 16.15-16.30 | 50 | 11 | 0 |
| 16.30-16.45 | 51 | 5 | 3 |
| 16.45-17.00 | 58 | 13 | 2 |

| Periode Waktu | SELATAN-UTARA | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 173 | 33 | 0 |
| 06.15-06.30 | 142 | 37 | 2 |
| 06.30-06.45 | 142 | 32 | 2 |
| 06.45-07.00 | 150 | 37 | 2 |
| 07.00-07.15 | 257 | 10 | 0 |
| 07.15-07.30 | 325 | 10 | 1 |
| 07.30-07.45 | 187 | 28 | 0 |
| 07.45-08.00 | 187 | 13 | 0 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 132 | 44 | 1 |
| 15.15-15.30 | 173 | 33 | 0 |
| 15.30-15.45 | 231 | 18 | 1 |
| 15.45-16.00 | 325 | 10 | 1 |
| 16.00-16.15 | 167 | 40 | 2 |
| 16.15-16.30 | 250 | 53 | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16.30-16.45 | 132 | 18 | 1 |
| 16.45-17.00 | 142 | 32 | 2 |

| Periode Waktu | SELATAN-TIMUR | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 81 | 15 | 1 |
| 06.15-06.30 | 70 | 15 | 1 |
| 06.30-06.45 | 51 | 22 | 1 |
| 06.45-07.00 | 86 | 15 | 1 |
| 07.00-07.15 | 131 | 9 | 0 |
| 07.15-07.30 | 87 | 9 | 1 |
| 07.30-07.45 | 81 | 15 | 1 |
| 07.45-08.00 | 148 | 9 | 1 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 73 | 10 | 1 |
| 15.15-15.30 | 81 | 15 | 1 |
| 15.30-15.45 | 48 | 13 | 0 |
| 15.45-16.00 | 87 | 9 | 1 |
| 16.00-16.15 | 88 | 16 | 1 |
| 16.15-16.30 | 79 | 8 | 1 |
| 16.30-16.45 | 48 | 13 | 0 |
| 16.45-17.00 | 51 | 22 | 1 |

**Lampiran 8. Arus Lalu Lintas Lengan Barat Per 15 Menit (Rabu, 8 Maret 2017)**

| Periode Waktu | BARAT-UTARA | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 54 | 46 | 0 |
| 06.15-06.30 | 33 | 44 | 0 |
| 06.30-06.45 | 46 | 53 | 0 |
| 06.45-07.00 | 33 | 44 | 0 |
| 07.00-07.15 | 22 | 13 | 0 |
| 07.15-07.30 | 55 | 14 | 2 |
| 07.30-07.45 | 54 | 40 | 0 |
| 07.45-08.00 | 54 | 46 | 0 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 88 | 14 | 3 |
| 15.15-15.30 | 52 | 7 | 0 |
| 15.30-15.45 | 42 | 11 | 0 |
| 15.45-16.00 | 52 | 13 | 0 |
| 16.00-16.15 | 55 | 14 | 2 |
| 16.15-16.30 | 46 | 9 | 0 |
| 16.30-16.45 | 33 | 11 | 0 |
| 16.45-17.00 | 52 | 9 | 0 |

| Periode Waktu | BARAT-TIMUR | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 330 | 46 | 0 |
| 06.15-06.30 | 260 | 44 | 0 |
| 06.30-06.45 | 311 | 53 | 1 |
| 06.45-07.00 | 297 | 44 | 0 |
| 07.00-07.15 | 187 | 13 | 0 |
| 07.15-07.30 | 230 | 14 | 1 |
| 07.30-07.45 | 330 | 40 | 1 |
| 07.45-08.00 | 329 | 46 | 0 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 316 | 38 | 2 |
| 15.15-15.30 | 356 | 15 | 0 |
| 15.30-15.45 | 352 | 52 | 1 |
| 15.45-16.00 | 356 | 47 | 0 |
| 16.00-16.15 | 302 | 30 | 2 |
| 16.15-16.30 | 297 | 33 | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16.30-16.45 | 329 | 37 | 1 |
| 16.45-17.00 | 296 | 37 | 1 |

| Periode Waktu | BARAT-SELATAN | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 129 | 10 | 0 |
| 06.15-06.30 | 120 | 18 | 1 |
| 06.30-06.45 | 109 | 8 | 1 |
| 06.45-07.00 | 131 | 18 | 1 |
| 07.00-07.15 | 148 | 9 | 1 |
| 07.15-07.30 | 76 | 9 | 0 |
| 07.30-07.45 | 188 | 10 | 0 |
| 07.45-08.00 | 129 | 10 | 0 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 52 | 9 | 0 |
| 15.15-15.30 | 127 | 17 | 2 |
| 15.30-15.45 | 79 | 12 | 1 |
| 15.45-16.00 | 127 | 16 | 2 |
| 16.00-16.15 | 52 | 14 | 0 |
| 16.15-16.30 | 105 | 8 | 1 |
| 16.30-16.45 | 112 | 10 | 0 |
| 16.45-17.00 | 103 | 12 | 0 |

**Lampiran 9. Arus Lalu Lintas Lengan Utara (Sabtu, 11 Maret 2017)**

| Periode Waktu | UTARA-TIMUR | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 71 | 22 | 1 |
| 06.15-06.30 | 62 | 16 | 0 |
| 06.30-06.45 | 90 | 22 | 1 |
| 06.45-07.00 | 76 | 20 | 1 |
| 07.00-07.15 | 97 | 12 | 0 |
| 07.15-07.30 | 87 | 15 | 0 |
| 07.30-07.45 | 77 | 21 | 1 |
| 07.45-08.00 | 62 | 9 | 1 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 71 | 21 | 0 |
| 15.15-15.30 | 62 | 8 | 0 |
| 15.30-15.45 | 88 | 25 | 1 |
| 15.45-16.00 | 70 | 15 | 1 |
| 16.00-16.15 | 78 | 11 | 0 |
| 16.15-16.30 | 86 | 20 | 1 |
| 16.30-16.45 | 86 | 20 | 1 |
| 16.45-17.00 | 78 | 11 | 0 |

| Periode Waktu | UTARA-SELATAN | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 233 | 42 | 2 |
| 06.15-06.30 | 272 | 32 | 0 |
| 06.30-06.45 | 154 | 43 | 1 |
| 06.45-07.00 | 290 | 39 | 2 |
| 07.00-07.15 | 239 | 47 | 1 |
| 07.15-07.30 | 354 | 42 | 1 |
| 07.30-07.45 | 311 | 32 | 2 |
| 07.45-08.00 | 272 | 33 | 2 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 220 | 36 | 2 |
| 15.15-15.30 | 272 | 32 | 0 |
| 15.30-15.45 | 154 | 43 | 1 |
| 15.45-16.00 | 290 | 39 | 3 |
| 16.00-16.15 | 356 | 39 | 2 |
| 16.15-16.30 | 328 | 46 | 3 |
| 16.30-16.45 | 374 | 46 | 3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16.45-17.00 | 356 | 39 | 2 |

| Periode Waktu | UTARA-BARAT | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 141 | 17 | 1 |
| 06.15-06.30 | 162 | 15 | 1 |
| 06.30-06.45 | 188 | 13 | 2 |
| 06.45-07.00 | 150 | 23 | 2 |
| 07.00-07.15 | 136 | 14 | 1 |
| 07.15-07.30 | 123 | 17 | 1 |
| 07.30-07.45 | 169 | 15 | 1 |
| 07.45-08.00 | 162 | 11 | 1 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 136 | 36 | 1 |
| 15.15-15.30 | 162 | 32 | 1 |
| 15.30-15.45 | 188 | 43 | 2 |
| 15.45-16.00 | 150 | 39 | 2 |
| 16.00-16.15 | 182 | 39 | 2 |
| 16.15-16.30 | 175 | 46 | 2 |
| 16.30-16.45 | 170 | 46 | 2 |
| 16.45-17.00 | 182 | 39 | 2 |

**Lampiran 10. Arus Lalu Lintas Lengan Timur (Sabtu, 11 Maret 2017)**

| Periode Waktu | TIMUR-SELATAN | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 76 | 12 | 2 |
| 06.15-06.30 | 45 | 11 | 1 |
| 06.30-06.45 | 67 | 23 | 2 |
| 06.45-07.00 | 82 | 10 | 3 |
| 07.00-07.15 | 79 | 17 | 2 |
| 07.15-07.30 | 77 | 16 | 2 |
| 07.30-07.45 | 48 | 14 | 2 |
| 07.45-08.00 | 47 | 6 | 1 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 88 | 14 | 3 |
| 15.15-15.30 | 45 | 7 | 1 |
| 15.30-15.45 | 67 | 20 | 2 |
| 15.45-16.00 | 82 | 12 | 3 |
| 16.00-16.15 | 70 | 8 | 2 |
| 16.15-16.30 | 70 | 13 | 2 |
| 16.30-16.45 | 82 | 12 | 3 |
| 16.45-17.00 | 70 | 13 | 2 |

| Periode Waktu | TIMUR-BARAT | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 316 | 32 | 2 |
| 06.15-06.30 | 297 | 17 | 0 |
| 06.30-06.45 | 350 | 52 | 0 |
| 06.45-07.00 | 389 | 68 | 0 |
| 07.00-07.15 | 333 | 44 | 0 |
| 07.15-07.30 | 321 | 50 | 0 |
| 07.30-07.45 | 316 | 34 | 2 |
| 07.45-08.00 | 356 | 39 | 0 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 316 | 38 | 2 |
| 15.15-15.30 | 356 | 33 | 0 |
| 15.30-15.45 | 350 | 52 | 0 |
| 15.45-16.00 | 389 | 70 | 0 |
| 16.00-16.15 | 473 | 42 | 1 |
| 16.15-16.30 | 473 | 49 | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16.30-16.45 | 435 | 64 | 0 |
| 16.45-17.00 | 473 | 50 | 1 |

| Periode Waktu | TIMUR-UTARA | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 60 | 32 | 0 |
| 06.15-06.30 | 44 | 17 | 0 |
| 06.30-06.45 | 74 | 52 | 3 |
| 06.45-07.00 | 76 | 68 | 1 |
| 07.00-07.15 | 67 | 44 | 0 |
| 07.15-07.30 | 76 | 50 | 0 |
| 07.30-07.45 | 52 | 34 | 0 |
| 07.45-08.00 | 44 | 39 | 0 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 52 | 38 | 0 |
| 15.15-15.30 | 40 | 33 | 0 |
| 15.30-15.45 | 74 | 52 | 3 |
| 15.45-16.00 | 76 | 70 | 1 |
| 16.00-16.15 | 54 | 42 | 1 |
| 16.15-16.30 | 54 | 49 | 1 |
| 16.30-16.45 | 87 | 64 | 1 |
| 16.45-17.00 | 54 | 50 | 1 |

**Lampiran 11. Arus lalu Lintas Lengan Selatan (Sabtu, 11 Maretr 2017)**

| Periode Waktu | SELATAN-BARAT | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 58 | 30 | 2 |
| 06.15-06.30 | 51 | 33 | 3 |
| 06.30-06.45 | 77 | 36 | 2 |
| 06.45-07.00 | 85 | 36 | 0 |
| 07.00-07.15 | 120 | 40 | 0 |
| 07.15-07.30 | 126 | 36 | 0 |
| 07.30-07.45 | 53 | 28 | 2 |
| 07.45-08.00 | 55 | 16 | 3 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 58 | 13 | 2 |
| 15.15-15.30 | 51 | 5 | 3 |
| 15.30-15.45 | 82 | 13 | 2 |
| 15.45-16.00 | 85 | 15 | 2 |
| 16.00-16.15 | 90 | 12 | 2 |
| 16.15-16.30 | 90 | 12 | 2 |
| 16.30-16.45 | 158 | 15 | 2 |
| 16.45-17.00 | 88 | 12 | 2 |

| Periode Waktu | SELATAN-UTARA | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 142 | 30 | 2 |
| 06.15-06.30 | 134 | 33 | 1 |
| 06.30-06.45 | 173 | 36 | 1 |
| 06.45-07.00 | 176 | 36 | 1 |
| 07.00-07.15 | 157 | 40 | 2 |
| 07.15-07.30 | 130 | 36 | 2 |
| 07.30-07.45 | 142 | 28 | 2 |
| 07.45-08.00 | 133 | 16 | 1 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 142 | 32 | 2 |
| 15.15-15.30 | 132 | 18 | 1 |
| 15.30-15.45 | 173 | 33 | 0 |
| 15.45-16.00 | 172 | 36 | 1 |
| 16.00-16.15 | 132 | 37 | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16.15-16.30 | 132 | 44 | 1 |
| 16.30-16.45 | 144 | 41 | 1 |
| 16.45-17.00 | 132 | 45 | 1 |

| Periode Waktu | SELATAN-TIMUR | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 51 | 21 | 1 |
| 06.15-06.30 | 48 | 13 | 0 |
| 06.30-06.45 | 81 | 16 | 1 |
| 06.45-07.00 | 88 | 19 | 1 |
| 07.00-07.15 | 88 | 16 | 1 |
| 07.15-07.30 | 70 | 15 | 1 |
| 07.30-07.45 | 51 | 22 | 1 |
| 07.45-08.00 | 48 | 12 | 0 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 51 | 22 | 1 |
| 15.15-15.30 | 48 | 13 | 0 |
| 15.30-15.45 | 81 | 15 | 1 |
| 15.45-16.00 | 75 | 19 | 1 |
| 16.00-16.15 | 73 | 10 | 1 |
| 16.15-16.30 | 73 | 10 | 1 |
| 16.30-16.45 | 82 | 25 | 1 |
| 16.45-17.00 | 73 | 10 | 1 |

**Lampiran 12. Arus Lalu Lintas Lengan Barat (Sabtu, 11 Maret 2017)**

| Periode Waktu | BARAT-UTARA | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 42 | 11 | 0 |
| 06.15-06.30 | 52 | 11 | 0 |
| 06.30-06.45 | 55 | 14 | 0 |
| 06.45-07.00 | 40 | 15 | 0 |
| 07.00-07.15 | 44 | 8 | 0 |
| 07.15-07.30 | 31 | 10 | 0 |
| 07.30-07.45 | 38 | 10 | 0 |
| 07.45-08.00 | 50 | 12 | 1 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 46 | 9 | 0 |
| 15.15-15.30 | 52 | 9 | 0 |
| 15.30-15.45 | 54 | 11 | 0 |
| 15.45-16.00 | 40 | 8 | 0 |
| 16.00-16.15 | 52 | 13 | 0 |
| 16.15-16.30 | 52 | 13 | 0 |
| 16.30-16.45 | 40 | 8 | 0 |
| 16.45-17.00 | 52 | 7 | 0 |

| Periode Waktu | BARAT-TIMUR | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 257 | 52 | 1 |
| 06.15-06.30 | 356 | 37 | 1 |
| 06.30-06.45 | 330 | 48 | 0 |
| 06.45-07.00 | 342 | 63 | 0 |
| 07.00-07.15 | 291 | 55 | 0 |
| 07.15-07.30 | 229 | 40 | 0 |
| 07.30-07.45 | 307 | 53 | 1 |
| 07.45-08.00 | 169 | 36 | 1 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 250 | 53 | 1 |
| 15.15-15.30 | 296 | 37 | 1 |
| 15.30-15.45 | 330 | 46 | 0 |
| 15.45-16.00 | 343 | 63 | 0 |
| 16.00-16.15 | 356 | 47 | 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16.15-16.30 | 356 | 47 | 0 |
| 16.30-16.45 | 321 | 59 | 0 |
| 16.45-17.00 | 356 | 15 | 0 |

| Periode Waktu | BARAT-SELATAN | | |
|---|---|---|---|
| | MC | LV | HV |
| 06.00-06.15 | 79 | 12 | 1 |
| 06.15-06.30 | 103 | 12 | 0 |
| 06.30-06.45 | 129 | 12 | 0 |
| 06.45-07.00 | 95 | 11 | 1 |
| 07.00-07.15 | 134 | 18 | 1 |
| 07.15-07.30 | 120 | 18 | 1 |
| 07.30-07.45 | 105 | 8 | 1 |
| 07.45-08.00 | 103 | 13 | 0 |
| | | | |
| 15.00-15.15 | 79 | 8 | 1 |
| 15.15-15.30 | 103 | 12 | 0 |
| 15.30-15.45 | 129 | 10 | 0 |
| 15.45-16.00 | 95 | 11 | 1 |
| 16.00-16.15 | 127 | 16 | 2 |
| 16.15-16.30 | 127 | 17 | 2 |
| 16.30-16.45 | 87 | 11 | 1 |
| 16.45-17.00 | 127 | 17 | 2 |

**Lampiran 13. Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Senin, 6 Maret 2017**

Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Pagi Senin, 6 Maret 2017

| Waktu | Lengan | KENDARAAN | | | SMP | | | Kend /jam | SMP/jam |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MC | LV | HV | MC | LV | HV | | |
| 06.00-07.00 | U | 2137 | 314 | 14 | 427,4 | 314 | 18,2 | 8707 | 2754,1 |
| | T | 1805 | 329 | 13 | 361 | 329 | 16,9 | | |
| | S | 1509 | 265 | 13 | 301,8 | 265 | 16,9 | | |
| | B | 2007 | 296 | 5 | 401,4 | 296 | 6,5 | | |
| 06.15-07.15 | U | 2137 | 313 | 14 | 427,4 | 313 | 18,2 | 8707 | 2753,8 |
| | T | 1805 | 329 | 13 | 361 | 329 | 16,9 | | |
| | S | 1509 | 263 | 13 | 301,8 | 263 | 16,9 | | |
| | B | 2007 | 300 | 4 | 401,4 | 300 | 5,2 | | |
| 06.30-07.30 | U | 1905 | 315 | 11 | 381 | 315 | 14,3 | 8210 | 2619,7 |
| | T | 1901 | 299 | 13 | 380,2 | 299 | 16,9 | | |
| | S | 1325 | 255 | 14 | 265 | 255 | 18,2 | | |
| | B | 1873 | 294 | 5 | 374,6 | 294 | 6,5 | | |
| 06.45-07.45 | U | 1761 | 312 | 12 | 352,2 | 312 | 15,6 | 7813 | 2528,5 |
| | T | 1816 | 290 | 15 | 363,2 | 290 | 19,5 | | |
| | S | 1197 | 247 | 16 | 239,4 | 247 | 20,8 | | |
| | B | 1850 | 291 | 6 | 370 | 291 | 7,8 | | |
| 07.00-08.00 | U | 1793 | 289 | 11 | 358,6 | 289 | 14,3 | 7465 | 2410,4 |
| | T | 1734 | 260 | 14 | 346,8 | 260 | 18,2 | | |
| | S | 1084 | 255 | 18 | 216,8 | 255 | 23,4 | | |
| | B | 1726 | 274 | 7 | 345,2 | 274 | 9,1 | | |

Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Sore Senin, 6 Maret 2017

| Waktu | Lengan | KENDARAAN | | | SMP | | | Kend /jam | SMP/jam |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MC | LV | HV | MC | LV | HV | | |
| 15.00-16.00 | U | 2418 | 324 | 17 | 483,6 | 324 | 22,1 | 9213 | 2882,1 |
| | T | 2226 | 312 | 18 | 445,2 | 312 | 23,4 | | |
| | S | 1254 | 282 | 17 | 250,8 | 282 | 22,1 | | |
| | B | 2037 | 303 | 5 | 407,4 | 303 | 6,5 | | |
| 15.15-16.15 | U | 2419 | 310 | 13 | 483,8 | 310 | 16,9 | 9050 | 2814,3 |
| | T | 2142 | 312 | 16 | 428,4 | 312 | 20,8 | | |
| | S | 1238 | 268 | 16 | 247,6 | 268 | 20,8 | | |
| | B | 2014 | 298 | 4 | 402,8 | 298 | 5,2 | | |
| 15.30-16.30 | U | 2299 | 293 | 10 | 459,8 | 293 | 13 | 8522 | 2623,4 |
| | T | 1986 | 281 | 13 | 397,2 | 281 | 16,9 | | |
| | S | 1174 | 238 | 16 | 234,8 | 238 | 20,8 | | |
| | B | 1930 | 279 | 3 | 386 | 279 | 3,9 | | |
| 16.45-17.45 | U | 2115 | 269 | 7 | 423 | 269 | 9,1 | 8071 | 2487,1 |
| | T | 1900 | 255 | 11 | 380 | 255 | 14,3 | | |
| | S | 1105 | 238 | 14 | 221 | 238 | 18,2 | | |
| | B | 1873 | 281 | 3 | 374,6 | 281 | 3,9 | | |
| 16.00-17.00 | U | 2032 | 261 | 4 | 406,4 | 261 | 5,2 | 8204 | 2495,5 |
| | T | 1942 | 256 | 7 | 388,4 | 256 | 9,1 | | |
| | S | 1171 | 244 | 12 | 234,2 | 244 | 15,6 | | |
| | B | 2000 | 273 | 2 | 400 | 273 | 2,6 | | |

**Lampiran 14. Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Rabu, 8 Maret 2017**

Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Pagi Rabu, 8 Maret 2017

| Waktu | Lengan | KENDARAAN | | | SMP | | | Kend /jam | SMP/jam |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MC | LV | HV | MC | LV | HV | | |
| 06.00-07.00 | U | 2042 | 304 | 11 | 427,4 | 314 | 18,2 | 8241 | 2754,1 |
| | T | 1872 | 310 | 14 | 361 | 329 | 16,9 | | |
| | S | 1288 | 252 | 14 | 301,8 | 265 | 16,9 | | |
| | B | 1853 | 277 | 4 | 401,4 | 296 | 6,5 | | |
| 06.15-07.15 | U | 2160 | 257 | 9 | 427,4 | 313 | 18,2 | 8219 | 2753,8 |
| | T | 1899 | 266 | 10 | 361 | 329 | 16,9 | | |
| | S | 1441 | 220 | 13 | 301,8 | 263 | 16,9 | | |
| | B | 1697 | 242 | 5 | 401,4 | 300 | 5,2 | | |
| 06.30-07.30 | U | 2099 | 216 | 8 | 381 | 315 | 14,3 | 8138 | 2619,7 |
| | T | 1931 | 227 | 11 | 380,2 | 299 | 16,9 | | |
| | S | 1600 | 183 | 12 | 265 | 255 | 18,2 | | |
| | B | 1645 | 199 | 7 | 374,6 | 294 | 6,5 | | |
| 06.45-07.45 | U | 1981 | 203 | 8 | 352,2 | 312 | 15,6 | 8147 | 2528,5 |
| | T | 1900 | 217 | 10 | 363,2 | 290 | 19,5 | | |
| | S | 1699 | 172 | 10 | 239,4 | 247 | 20,8 | | |
| | B | 1751 | 190 | 6 | 370 | 291 | 7,8 | | |
| 07.00-08.00 | U | 1850 | 189 | 10 | 358,6 | 289 | 14,3 | 7768 | 2410,4 |
| | T | 1667 | 198 | 13 | 346,8 | 260 | 18,2 | | |
| | S | 1697 | 142 | 8 | 216,8 | 255 | 23,4 | | |
| | B | 1802 | 187 | 5 | 345,2 | 274 | 9,1 | | |

Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Sore Rabu, 8 Maret 2017

| Waktu | Lengan | KENDARAAN | | | SMP | | | Kend/jam | SMP/jam |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MC | LV | HV | MC | LV | HV | | |
| 15.00-16.00 | U | 2237 | 270 | 10 | 483,6 | 324 | 22,1 | 8533 | 2527,3 |
| | T | 1826 | 253 | 11 | 445,2 | 312 | 23,4 | | |
| | S | 1462 | 190 | 13 | 250,8 | 282 | 22,1 | | |
| | B | 1999 | 251 | 11 | 407,4 | 303 | 6,5 | | |
| 15.15-16.15 | U | 2219 | 242 | 10 | 483,8 | 310 | 16,9 | 8450 | 2481,1 |
| | T | 1769 | 247 | 13 | 428,4 | 312 | 20,8 | | |
| | S | 1538 | 190 | 12 | 247,6 | 268 | 20,8 | | |
| | B | 1952 | 248 | 10 | 402,8 | 298 | 5,2 | | |
| 15.30-16.30 | U | 2181 | 276 | 14 | 459,8 | 293 | 13 | 8385 | 2531,8 |
| | T | 1709 | 261 | 17 | 397,2 | 281 | 16,9 | | |
| | S | 1581 | 201 | 11 | 234,8 | 238 | 20,8 | | |
| | B | 1865 | 259 | 10 | 386 | 279 | 3,9 | | |
| 16.45-17.45 | U | 2094 | 272 | 16 | 423 | 269 | 9,1 | 8010 | 2403,4 |
| | T | 1585 | 218 | 14 | 380 | 255 | 14,3 | | |
| | S | 1482 | 201 | 11 | 221 | 238 | 18,2 | | |
| | B | 1866 | 242 | 9 | 374,6 | 281 | 3,9 | | |
| 16.00-17.00 | U | 1894 | 273 | 14 | 406,4 | 261 | 5,2 | 7761 | 2356,8 |
| | T | 1866 | 199 | 14 | 388,4 | 256 | 9,1 | | |
| | S | 1232 | 241 | 14 | 234,2 | 244 | 15,6 | | |
| | B | 1782 | 224 | 8 | 400 | 273 | 2,6 | | |

**Lampiran 15. Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Sabtu, 11 Maret 2017**

| Rekapitulasi Volume Lalu Linta Pagi Sabtu, 11 Maret 2017 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Waktu | Lengan | KENDARAAN | | | SMP | | | Kend/jam | SMP/jam |
| | | MC | LV | HV | MC | LV | HV | | |
| 06.00-07.00 | U | 71 | 233 | 141 | 377,8 | 304 | 16,9 | 7977 | 2544,2 |
| | T | 76 | 316 | 60 | 375,2 | 267 | 18,2 | | |
| | S | 58 | 142 | 51 | 232,8 | 251 | 22,1 | | |
| | B | 42 | 257 | 79 | 376 | 298 | 5,2 | | |
| 06.15-07.15 | U | 62 | 272 | 162 | 383,2 | 296 | 15,6 | 8263 | 2613,2 |
| | T | 45 | 297 | 44 | 380,6 | 290 | 15,6 | | |
| | S | 51 | 134 | 48 | 257,6 | 253 | 19,5 | | |
| | B | 52 | 356 | 103 | 394,2 | 304 | 3,9 | | |
| 06.30-07.30 | U | 90 | 154 | 188 | 396,8 | 307 | 16,9 | 8456 | 2712,1 |
| | T | 67 | 350 | 74 | 398,2 | 336 | 16,9 | | |
| | S | 77 | 173 | 81 | 276,2 | 262 | 18,2 | | |
| | B | 55 | 330 | 129 | 368 | 312 | 3,9 | | |
| 06.45-07.45 | U | 76 | 290 | 150 | 421,8 | 297 | 16,9 | 8304 | 2639,9 |
| | T | 82 | 389 | 76 | 383,2 | 296 | 15,6 | | |
| | S | 85 | 176 | 88 | 259,2 | 260 | 19,5 | | |
| | B | 40 | 342 | 95 | 355,2 | 309 | 6,5 | | |
| 07.00-08.00 | U | 97 | 239 | 136 | 417,8 | 268 | 15,6 | 7786 | 2431,4 |
| | T | 79 | 333 | 67 | 363,2 | 260 | 11,7 | | |
| | S | 120 | 167 | 88 | 236,6 | 226 | 19,5 | | |
| | B | 44 | 291 | 134 | 324,2 | 281 | 7,8 | | |

| Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Sore Sabtu, 11 Maret 2017 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Waktu | Lengan | KENDARAAN | | | SMP | | | Kend/jam | SMP/jam |
| | | MC | LV | HV | MC | LV | HV | | |
| 15.00-16.00 | U | 1863 | 286 | 11 | 372,6 | 286 | 14,3 | 7863 | 2463,9 |
| | T | 1935 | 269 | 13 | 387 | 269 | 16,9 | | |
| | S | 1150 | 228 | 15 | 230 | 228 | 19,5 | | |
| | B | 1817 | 272 | 4 | 363,4 | 272 | 5,2 | | |
| 15.15-16.15 | U | 2052 | 282 | 12 | 410,4 | 282 | 15,6 | 8392 | 2565,4 |
| | T | 2076 | 271 | 12 | 415,2 | 271 | 15,6 | | |
| | S | 1194 | 220 | 14 | 238,8 | 220 | 18,2 | | |
| | B | 1977 | 278 | 4 | 395,4 | 278 | 5,2 | | |
| 15.30-16.30 | U | 2145 | 316 | 17 | 429 | 316 | 22,1 | 8912 | 2770,5 |
| | T | 2232 | 302 | 15 | 446,4 | 302 | 19,5 | | |
| | S | 1258 | 250 | 14 | 251,6 | 250 | 18,2 | | |
| | B | 2061 | 297 | 5 | 412,2 | 297 | 6,5 | | |
| 16.45-17.45 | U | 2345 | 315 | 19 | 469 | 315 | 24,7 | 9239 | 2861,6 |
| | T | 2345 | 300 | 14 | 469 | 300 | 18,2 | | |
| | S | 1306 | 270 | 15 | 261,2 | 270 | 19,5 | | |
| | B | 1996 | 308 | 6 | 399,2 | 308 | 7,8 | | |
| 16.00-17.00 | U | 2451 | 318 | 20 | 490,2 | 318 | 26 | 9383 | 2867,9 |
| | T | 2395 | 297 | 16 | 479 | 297 | 20,8 | | |
| | S | 1267 | 273 | 16 | 253,4 | 273 | 20,8 | | |
| | B | 2053 | 270 | 7 | 410,6 | 270 | 9,1 | | |

## Lampiran 16. Analisis Kapasitas Simpang Ngabean Eksisting

| Kode Pendekat | Hijau dalam fase no | Tipe Pendekat | Rasio kendaraan berbelok | | | Arus RT | | Lebar efektif (m) | Arus Jenuh smp/jam hijau | | | | | | | | Arus lalu lints smp/jam | Rasio arus | Rasio fase | Waktu Hijau | Kapasitas smp/jam | Derajat jenuh |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Arah diri | Arah lawan | | Nilai dasar smp/jam hijau | Faktor Penyesuaian | | | | | | Nilai disesuaikan smp/jam hijau | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Semua tipe pendekat | | | | hanya tipe P | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Ukuran Kota | Hambatan Samping | Kelandaian | Parkir | Belok Kanan | Belok Kiri | | | | | | | |
| | | | PLTOR | PLT | PRT | QRT | QRTO | We | So | FCS | FSF | FG | FP | FRT | FLT | S | Q | FR = Q/S | PR = FRcrit/IFR | g | C = S x g/c | Q/C |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| U | 1 | P | 0,00 | 0,16 | 0,29 | 239 | 0 | 6 | 4747 | 0,83 | 0,95 | 1 | 1 | 1,07 | 1,00 | 4021 | 836 | 0,208 | 0,259 | 33 | 990 | 0,844 |
| T | 2 | P | 0,15 | 0,00 | 0,13 | 101 | 0 | 4 | 3217 | 0,83 | 0,95 | 1 | 1 | 1,03 | 0,98 | 2559 | 681 | 0,266 | 0,331 | 26 | 496 | 1,371 |
| S | 3 | P | 0,00 | 0,27 | 0,42 | 232 | 0 | 5,2 | 4138 | 0,83 | 0,95 | 1 | 1 | 1,11 | 0,96 | 3468 | 547 | 0,158 | 0,196 | 21 | 543 | 1,007 |
| B | 4 | P | 0,00 | 0,12 | 0,23 | 158 | 0 | 6 | 4747 | 0,83 | 0,95 | 1 | 1 | 1,06 | 1,00 | 3968 | 684 | 0,172 | 0,214 | 26 | 770 | 0,888 |
| Waktu Hilang Total LTI | | 28,0 | Waktu siklus pra penyesuaian c ua | | | | | | | | | 240 | | | | | | IFR = ∑FR crit | 0,804 | Total g 106 | | |
| | | | Waktu siklus disesuaikan c (det) | | | | | | | | | 134 | | | | | | | | | | |

**Lampiran 17. Analisis Kapasitas Simpang Ngabean Alternatif 1 ( Perubahan Waktu Siklus)**

| Kode Pendekat | Hijau dalam fase no | Tipe Pendekat | Rasio kendaraan berbelok | | | Arus RT | | Lebar efektif (m) | Arus Jenuh smp/jam hijau | | | | | | | | Arus lalu lints smp/jam | Rasio arus | Rasio fase | Waktu Hijau | Kapasitas smp/jam | Derajat jenuh |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Arah diri | Arah lawan | | Nilai dasar smp/jam hijau | Faktor Penyesuaian | | | | | | Nilai disesuaikan smp/jam hijau | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Semua tipe pendekat | | | | hanya tipe P | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Ukuran Kota | Hambatan Samping | Kelandaian | Parkir | Belok Kanan | Belok Kiri | | | | | | | |
| | | | PLTOR | PLT | PRT | QRT | QRTO | We | So | FCS | FSF | FG | FP | FRT | FLT | S | Q | FR = Q/S | PR = FRcrit/IFR | g | C = S x g/c | Q/C |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| U | 1 | P | 0,00 | 0,16 | 0,29 | 239 | 0 | 6 | 4747 | 0,83 | 0,95 | 1 | 1 | 1,07 | 0,97 | 3921 | 836 | 0,213 | 0,262 | 41 | 1005 | 0,832 |
| T | 2 | P | 0,15 | 0,00 | 0,13 | 101 | 0 | 4 | 3217 | 0,83 | 0,95 | 1 | 1 | 1,03 | 0,98 | 2559 | 681 | 0,266 | 0,327 | 40 | 640 | 1,064 |
| S | 3 | P | 0,00 | 0,27 | 0,42 | 232 | 0 | 5,2 | 4138 | 0,83 | 0,95 | 1 | 1 | 1,11 | 0,96 | 3468 | 547 | 0,158 | 0,194 | 30 | 650 | 0,842 |
| B | 4 | P | 0,00 | 0,12 | 0,23 | 158 | 0 | 6 | 4747 | 0,83 | 0,95 | 1 | 1 | 1,06 | 0,98 | 3892 | 684 | 0,176 | 0,216 | 25 | 608 | 1,124 |
| Waktu Hilang Total LTI | | 24,0 | Waktu siklus pra penyesuaian c ua | | | | | | | | | 219 | | | | | | IFR = ∑FR crit | 0,813 | Total g 136 | | |
| | | | Waktu siklus disesuaikan c (det) | | | | | | | | | 160 | | | | | | | | | | |

**Lampiran 18. Analisis Kapasitas Simpang Ngabean Alternatif 2 ( Perubahan Waktu Siklus dan Fase)**

| Kode Pendekat | Hijau dalam fase no | Tipe Pendekat | Rasio kendaraan berbelok | | | Arus RT | | Lebar efektif (m) | Arus Jenuh smp/jam hijau | | | | | | | | Arus lalu lints smp/jam | Rasio arus | Rasio fase | Waktu Hijau | Kapasitas smp/jam | Derajat jenuh |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Arah diri | Arah lawan | | Nilai dasar smp/jam hijau | Faktor Penyesuaian | | | | | | Nilai disesuaikan smp/jam hijau | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Semua tipe pendekat | | | | hanya tipe P | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Ukuran Kota | Hambatan Samping | Kelandaian | Parkir | Belok Kanan | Belok Kiri | | Q | FR = Q/S | PR = FRcrit/IFR | g | C = S x g/c | Q/C |
| | | | PLTOR | PLT | PRT | QRT | QRTO | We | So | FCS | FSF | FG | FP | FRT | FLT | S | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| U | 1 | P | 0,00 | 0,16 | 0,29 | 239 | 0 | 6 | 4747 | 0,83 | 0,95 | 1 | 1 | 1,07 | 0,97 | 3921 | 836 | 0,213 | 0,296 | 41 | 1005 | 0,832 |
| T | 2 | P | 0,15 | 0,00 | 0,13 | 101 | 0 | 4 | 3217 | 0,83 | 0,95 | 1 | 1 | 1,03 | 0,98 | 2559 | 681 | 0,266 | 0,369 | 40 | 640 | 1,064 |
| S | 3 | P | 0,00 | 0,27 | 0,42 | 232 | 0 | 5,2 | 4138 | 0,83 | 0,95 | 1 | 1 | 1,11 | 0,96 | 3468 | 547 | 0,158 | 0,219 | 30 | 650 | 0,842 |
| B | 4 | P | 0,12 | 0,00 | 0,23 | 158 | 0 | 4 | 3217 | 0,83 | 0,95 | 1 | 1 | 1,06 | 0,98 | 2638 | 223 | 0,085 | 0,117 | 25 | 412 | 0,541 |
| Waktu Hilang Total LTI | | 24,0 | Waktu siklus pra penyesuaian c ua | | | | | | | | | 147 | | | | | | IFR = ∑FR crit | 0,722 | Total g 136 | | |
| | | | Waktu siklus disesuaikan c (det) | | | | | | | | | 160 | | | | | | | | | | |