

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL
DENGAN
MENGUNAKAN MKJI 1997 DAN SOFTWARE
VISSIM**

**PADA SIMPANG SISINGAMANGARAJA
(*SIGNALIZED INTERSECTION PERFORMANCE
EVALUATION USING MKJI 1997 AND VISSIM
SOFTWARE AT THE
SISINGAMANGARAJA INTERSECTION*)**

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



**Defira Amaralda Rizky Nurlitasari
19511066**

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

2023

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL DENGAN
MENGUNAKAN MKJI 1997 DAN SOFTWARE VISSIM
PADA SIMPANG SISINGAMANGARAJA
(SIGNALIZED INTERSECTION PERFORMANCE
EVALUATION USING MKJI 1997 AND VISSIM
SOFTWARE AT THE
SISINGAMANGARAJA INTERSECTION)**

Disusun Oleh

Defira Amaralda Rizky Nurlitasari

19511066

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

Diuji pada tanggal 1 Desember 2023

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I



Prayogo Afang Pravitno, S.T., M.Sc.
NIK : 205111303

Penguji I



Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 215111307

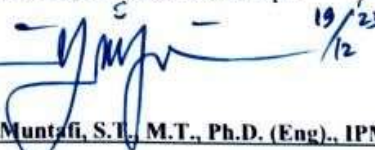
Penguji II



Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc.
NIK : 145110101

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



19/12

Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng.), IPM

NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari 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, 27 November 2023

Yang Membuat Pernyataan,



Defira Amaralda Rizky Nurlitasari

(19511066)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dengan Menggunakan MKJI 1997 dan Software VISSIM pada Simpang Sisingamangaraja*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

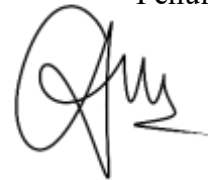
1. Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc. dan Ibu Aisyah Nur Jannah, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa membimbing selama penyusunan Tugas Akhir ini,
2. Bapak Muhamad Abdul Hadi S.T., M.T. dan Ibu Dr.Eng., Faizul Chasanah, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji. Terima kasih atas masukan yang telah diberikan kepada penulis,
3. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng)., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
4. Bapak dan Ibu penulis yang telah banyak berkorban baik secara material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini,
5. Kakak Muhammad Rizaldian Pratama yang telah memberikan dukungan dan doanya,
6. Teman grup semua kelompok, Dewi Ayu Harjani, Muhammad Rizki, Muhammad Arkam Mussadat, dan Safira Intan Rahmadina yang selalu menemani dan saling membantu di masa kuliah,
7. Teman satu penelitian, Harfat Rahmayuda yang sudah mendukung dan membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir,

8. Rekan-rekan penulis yang senantiasa membantu dan memberikan motivasi kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir,
9. Keluarga besar Teknik Sipil UII angkatan 2019 yang telah menemani dan membantu selama masa kuliah, serta
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu karena telah mendukung dan membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 27 November 2023

Penulis,



Defira Amaralda Rizky Nurlitasari
19511066

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dengan MKJI 1997	4
2.2 Pemodelan Simpang Bersinyal dengan VISSIM	5
2.3 Perbedaan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu	7
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Persimpangan	11
3.1.1 Geometri Jalan	11
3.1.2 Tipe Simpang	12
3.1.3 Sinyal dan Pengaturan Lalu Lintas	13
3.2 Analisis Simpang Bersinyal	14
3.2.1 Kondisi arus lalu lintas	14
3.2.2 Waktu antar hijau dan waktu hilang	16
3.2.3 Penentuan waktu sinyal	17
3.2.4 Kapasitas dan derajat kejenuhan	30
3.2.5 Perilaku lalu lintas	30
3.3 Tingkat Pelayanan Simpang	34
3.4 VISSIM	36
BAB IV METODE PENELITIAN	38
4.1 Lokasi Penelitian	38
4.2 Metode Pengumpulan Data	38
4.3 Alat yang Digunakan	41
4.4 Metode Pengolahan Data	42
4.5 Bagan Alir Penelitian	54

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	56
5.1 Data Hasil Pengamatan	56
5.1.1 Data volume lalu lintas	56
5.1.2 Data geometri simpang	58
5.1.3 Data waktu siklus simpang dan fase sinyal	59
5.1.4 Data <i>driving behavior</i>	60
5.1.5 Data panjang antrean	61
5.1.6 Hambatan samping	61
5.2 Analisis Kinerja Eksisting Simpang Berdasarkan MKJI 1997	62
5.3 Analisis Kinerja Eksisting Simpang Menggunakan <i>Software VISSIM</i>	72
5.3.1 Hasil pemodelan sebelum kalibrasi	73
5.3.2 Hasil pemodelan setelah kalibrasi	74
5.4 Analisis Kinerja untuk Alternatif Solusi Simpang Berdasarkan MKJI 1997	77
5.4.1 Analisis kinerja simpang untuk alternatif 1	77
5.4.2 Analisis kinerja simpang untuk alternatif 2	88
5.4.3 Analisis kinerja simpang untuk alternatif 3	99
5.5 Pemodelan Alternatif Solusi menggunakan VISSIM	110
5.5.1 Pemodelan Simpang Sisingamangaraja alternatif 1	110
5.5.2 Pemodelan Simpang Sisingamangaraja alternatif 2	112
5.5.3 Pemodelan Simpang Sisingamangaraja alternatif 3	113
5.6 Pembahasan	115
5.6.1 Kapasitas dan derajat kejenuhan	115
5.6.2 Panjang antrean dan tundaan	116
5.6.3 Perbandingan kinerja simpang	118
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	123
6.1 Kesimpulan	123
6.2 Saran	124
DAFTAR PUSTAKA	124

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Sebelumnya	8
Tabel 3.1 Nilai Emp Berdasarkan Tipe Pendekat	13
Tabel 3.2 Arus Rencana Per Jam dari Persentase LHRT	14
Tabel 3.3 Nilai Normal Komposisi Lalu Lintas	15
Tabel 3.4 Waktu Antar Hijau	15
Tabel 3.5 Tipe Pendekat	17
Tabel 3.6 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})	21
Tabel 3.7 Kriteria Hambatan Samping (F_{SF})	22
Tabel 3.8 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})	23
Tabel 3.9 Waktu Siklus yang Disarankan	29
Tabel 3.10 Tingkat Pelayanan pada Persimpangan	35
Tabel 3.11 Penetapan Tingkat Pelayanan Persimpangan	36
Tabel 5.1 Volume Lalu Lintas Simpang Sisingamangaraja	59
Tabel 5.2 Geometri Simpang Sisingamangaraja	60
Tabel 5.3 Waktu Siklus Simpang Sisingamangaraja	61
Tabel 5.4 Hasil Analisis Kinerja Simpang Sisingamangaraja Eksisting Berdasarkan MKJI 1997	74
Tabel 5.5 Volume Kendaraan pada Pemodelan Menggunakan VISSIM Sebelum Kalibrasi	75
Tabel 5.6 Panjang Antrean pada Pemodelan Menggunakan VISSIM Sebelum Kalibrasi	76
Tabel 5.7 Perubahan Parameter pada <i>Driving Behavior</i>	76
Tabel 5.8 Volume Kendaraan pada Pemodelan Menggunakan VISSIM Setelah Kalibrasi	78
Tabel 5.9 Panjang Antrean pada Pemodelan Menggunakan VISSIM Setelah Kalibrasi	78
Tabel 5.10 Hasil Analisis Kinerja Simpang Sisingamangaraja Eksisting	79

Tabel 5.11 Waktu Siklus Simpang Sisingamangaraja Alternatif 1	117
Tabel 5.12 Hasil Analisis Kinerja Simpang Sisingamangaraja Alternatif 1	117
Tabel 5.13 Waktu Siklus Simpang Sisingamangaraja Alternatif 2	118
Tabel 5.14 Hasil Analisis Kinerja Simpang Sisingamangaraja Alternatif 2	119
Tabel 5.15 Waktu Siklus Simpang Sisingamangaraja Alternatif 3	120
Tabel 5.16 Hasil Analisis Kinerja Simpang Sisingamangaraja Alternatif 3	120
Tabel 5.17 Perbandingan Kinerja Simpang Sisingamangaraja pada Kondisi Eksisting, Alternatif 1, Alternatif 2, dan Alternatif 3	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Penelitian	2
Gambar 3.1 Titik Konflik Simpang Simpang Empat	10
Gambar 3.2 Lebar Masuk (W_A)	18
Gambar 3.3 Arus Jenuh Pendekat Terlawan (O)	20
Gambar 3.4 Arus Jenuh Pendekat Terlawan (O)	21
Gambar 3.5 Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)	24
Gambar 3.6 Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)	25
Gambar 3.7 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})	26
Gambar 3.8 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})	27
Gambar 3.9 Grafik NQ_{max}	31
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian	39
Gambar 4.2 Titik Perletakan Kamera	40
Gambar 4.3 Lokasi Surveyor <i>Driving Behavior</i>	41
Gambar 4.4 Lokasi Surveyor Panjang Antrian	42
Gambar 4.5 Tampilan Perubahan <i>Vehicle Behavior</i>	45
Gambar 4.6 Tampilan Perubahan <i>Units</i>	45
Gambar 4.7 Tampilan Pembuatan <i>Link</i>	46
Gambar 4.8 Tampilan Pembuatan <i>Connector</i>	46
Gambar 4.9 <i>Input</i> Volume Kendaraan	47
Gambar 4.10 <i>Input</i> Komposisi Kendaraan	47
Gambar 4.11 Pembuatan Rute Jalan	48
Gambar 4.12 Tampilan Parameter <i>Following</i> pada <i>Driving Behavior</i>	49
Gambar 4.13 Tampilan Parameter <i>Car Following Model</i> pada <i>Driving Behavior</i>	49
Gambar 4.14 Tampilan Parameter <i>Lane Change</i> pada <i>Driving Behavior</i>	49
Gambar 4.15 Tampilan Parameter <i>Lateral</i> pada <i>Driving Behavior</i>	50
Gambar 4.16 Tampilan Parameter <i>Signal Control</i> pada <i>Driving Behavior</i>	50
Gambar 4.17 Tampilan input <i>Signal Control</i>	51
Gambar 4.18 Tampilan <i>Signal Groups</i>	51

Gambar 4.19 Tampilan <i>Intergreen</i>	51
Gambar 4.20 Tampilan Input Diagram Fase	52
Gambar 4.21 Tampilan Input Diagram Fase	52
Gambar 4.22 Tampilan <i>Conflict Area</i>	53
Gambar 4.23 Tampilan Input <i>Reduced Speed Areas</i>	53
Gambar 4.24 Penempatan Titik untuk <i>Data Collection Point</i>	54
Gambar 4.25 Tampilan Pengaturan Menu <i>Evaluation Configuration</i>	54
Gambar 4.26 Tampilan <i>Simulation Parameters</i>	55
Gambar 4.27 Tampilan Hasil Simulasi	55
Gambar 4.28 Bagan Alir Penelitian	56
Gambar 5.1 Grafik Volume Lalu Lintas Sesi Pagi.	58
Gambar 5.2 Grafik Volume Lalu Lintas Sesi Sore	58
Gambar 5.3 Distribusi Pergerakan Arus Lalu Lintas Simpang Sisingamangaraja	59
Gambar 5.4 Geometri Simpang Sisingamangaraja	60
Gambar 5.5 Diagram Fase Simpang Sisingamangaraja	61
Gambar 5.6 Hambatan Samping Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	63
Gambar 5.7 Hambatan Samping Jalan Sisingamangaraja (Selatan)	63
Gambar 5.8 Hambatan Samping Jalan Kolonel Sugiyono (Barat)	64
Gambar 5.9 Tampilan Sebelum Kalibrasi	77
Gambar 5.10 Tampilan Sesudah Kalibrasi	78
Gambar 5.11 Geometri Simpang Sisingamangaraja Alternatif 3	104
Gambar 5.12 Waktu Siklus Simpang Sisingamangaraja Alternatif 1	117
Gambar 5.13 Waktu Siklus Simpang Sisingamangaraja Alternatif 2	118
Gambar 5.14 Waktu Siklus Simpang Sisingamangaraja Alternatif 3	120
Gambar 5.15 Perbandingan Kapasitas	122
Gambar 5.16 Perbandingan Derajat Kejenuhan	122
Gambar 5.17 Perbandingan Panjang Antrean	123
Gambar 5.18 Perbandingan Tundaan	124
Gambar 5.19 Perbandingan Tundaan Simpang	124

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Volume Lalu Lintas	135
Lampiran 2. Data Panjang Antrean	141
Lampiran 3. Data <i>Driving Behavior</i>	153
Lampiran 4. Data Kecepatan Kendaraan	155
Lampiran 5. Data Volume Kendaraan Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta Tahun 2022	156
Lampiran 6. Data Geometrik Jalan Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta Tahun 2022	157

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

C	= Kapasitas (smp/jam hijau)
c	= Waktu siklus (detik)
D	= Tundaan rata-rata untuk pendekat (detik/smp)
DG	= Tundaan geometri rata-rata pada pendekat (detik/smp)
DS	= Derajat kejenuhan
DT	= Tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat (detik/smp)
emp	= Ekuivalensi Mobil Penumpang
F _{CS}	= Faktor penyesuaian ukuran kota
F _G	= Faktor penyesuaian kelandaian
F _{LT}	= Faktor penyesuaian belok kiri
F _P	= Faktor penyesuaian parkir
FR	= Rasio arus
FR _{crit}	= Nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal
F _{RT}	= Faktor penyesuaian belok kanan
F _{SF}	= Faktor penyesuaian hambatan samping
g	= waktu hijau (detik)
GEH	= <i>Geoffrey E Havers</i>
GR	= Rasio hijau
HV	= Heavy Vehicle
IFR	= Rasio Arus Simpang
IG	= Waktu antar hijau (detik)
LTI	= Jumlah waktu hilang per siklus (detik)
LV	= Light Vehicle
MAPE	= <i>Mean Absolute Percentage Error</i>
MC	= Motor Cycle
MKJI 1997	= Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997
NQ	= Panjang antrean

NQ_1	= Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya
NQ_2	= Jumlah smp yang datang selama fase merah
NS	= Angka henti
NSV	= Kendaraan terhenti (smp/jam)
PR	= Rasio fase
Q	= Arus lalu lintas (smp/jam)
S	= Arus jenuh (smp/jam)
S_0	= Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)
UM	= Unmotorcycle
V	= Kecepatan (m/detik)
W_A	= Lebar pendekat (m)
W_e	= Lebar efektif pendekat
$W_{L\text{TOR}}$	= Lebar belok kiri langsung (m)
W_{MASUK}	= Lebar masuk (m)

ABSTRAK

Simpang Sisingamangaraja merupakan sebuah simpang yang banyak dilalui oleh kendaraan karena lokasi simpang tersebut berada di tengah kota, berdekatan dengan berbagai tempat wisata, tempat pendidikan, serta pertokoan. Hal tersebut mengakibatkan kemacetan pada Simpang Sisingamangaraja. Evaluasi kinerja pada Simpang Sisingamangaraja dilakukan untuk mengetahui kinerja pada kondisi eksisting serta memberikan alternatif solusi untuk meningkatkan kinerja simpang supaya lebih optimal.

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan survei langsung di lapangan yang meliputi geometri simpang, volume lalu lintas, waktu sinyal lalu lintas, panjang antrean, dan perilaku pengemudi serta data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait seperti jumlah penduduk di Provinsi DIY dan kecepatan kendaraan. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode MKJI 1997 dan dimodelkan dengan *software* VISSIM.

Hasil analisis kondisi eksisting berdasarkan MKJI 1997, didapatkan nilai derajat kejenuhan pada pendekat timur, selatan, dan barat secara berurutan yaitu 1,172, 0,780, dan 1,052, nilai panjang antrean pada pendekat timur, selatan, dan barat secara berurutan sepanjang 391,815 m, 64 m, dan 206,667 m, serta nilai tundaan simpang sebesar 218,535 detik/smp dengan tingkat pelayanan F. Alternatif solusi terbaik untuk meningkatkan kinerja simpang berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software* VISSIM yaitu dengan melakukan kombinasi belok kiri langsung (LTOR) dan pelebaran jalan. Nilai derajat kejenuhan pada pendekat timur, selatan, dan barat secara berurutan yaitu 0,802, 0,784, dan 0,751, nilai panjang antrean pada pendekat timur, selatan, dan barat secara berurutan sepanjang 13,56 m, 39,26 m, dan 10,13 m, serta besar tundaan simpang sebesar 24,617 detik/smp dengan tingkat pelayanan C.

Kata kunci: Kinerja Simpang, MKJI 1997, VISSIM

ABSTRACT

The Sisingamangaraja Intersection is a junction heavily traversed by vehicles due to its central location in the city, proximity to various tourist attractions, educational institutions, and commercial areas. This has resulted in traffic congestion at the Sisingamangaraja Intersection. Performance evaluation at the Sisingamangaraja Intersection was conducted to assess the existing conditions and provide alternative solutions to enhance the intersection's performance for optimal functionality.

Data collection for this study was gathered through direct field surveys, encompassing junction geometry, traffic volume, traffic signal timings, queue

lengths, driver behavior, and secondary data obtained from relevant authorities such as the population in the DIY Province and vehicle speeds. The collected data was then analyzed using the MKJI 1997 method and modeled using VISSIM software.

The existing condition analysis results based on MKJI 1997, indicate saturation degree values on the east, south, and west approaches, sequentially, of 1.172, 0.780, and 1.052. The queue lengths on the east, south, and west approaches are 391.815 m, 64 m, and 206.667 m, respectively, and the intersection delay is 218.535 seconds/veh with a Level of Service (LOS) F. The best alternative solution to improve intersection performance, based on simulation results using VISSIM software, is to implement a combination of left-turn on red (LTOR) and road widening. The saturation degree values on the east, south, and west approaches, sequentially, are 0.802, 0.784, and 0.751. The queue lengths on the east, south, and west approaches are 13.56 m, 39.26 m, and 10.13 m, respectively, and the intersection delay is 24.617 seconds/veh with a LOS C.

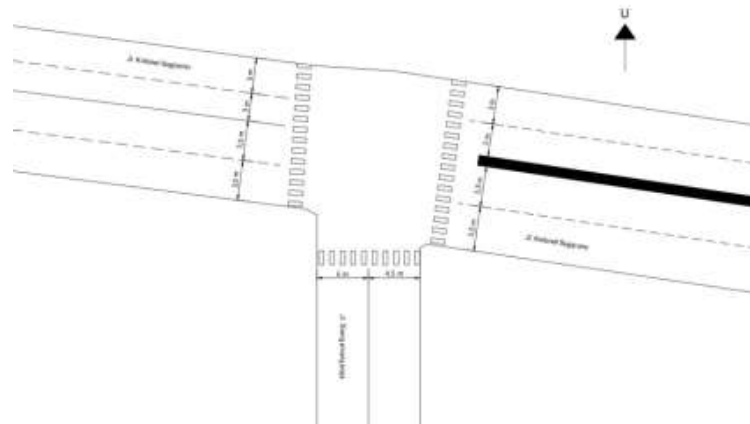
Keywords: *Intersection Performance, MKJI 1997, VISSIM*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu daerah otonom setara dengan provinsi yang berada di Indonesia. Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta (2022) mencatat daerah ini memiliki luas 3.133,15 km² dengan jumlah penduduk pada tahun 2018 sebanyak 3.802.872 jiwa, tahun 2019 sebanyak 3.842.932 jiwa, tahun 2020 sebanyak 3.668.719 jiwa, tahun 2021 sebanyak 3.712.896 jiwa, dan tahun 2022 sebanyak 4.021.816 jiwa. Pada setiap tahunnya, jumlah penduduk di DIY mengalami peningkatan yang signifikan, tetapi terdapat penurunan jumlah penduduk di tahun 2020 yang diakibatkan oleh adanya pandemi Covid-19. Laju pertumbuhan penduduk di DIY dari data tersebut mencapai 1,51% per tahun. DIY dikenal sebagai kota pelajar, kota kebudayaan, kota pariwisata, dan kota perjuangan. Hal tersebut mengakibatkan banyak pelajar dan wisatawan yang datang untuk belajar ataupun berwisata. Banyaknya penduduk, pelajar, dan wisatawan yang berpergian menggunakan kendaraan pribadi menyebabkan lalu lintas di beberapa titik mengalami kemacetan terutama pada simpang.

Kemacetan yang timbul pada simpang disebabkan oleh konflik arus lalu lintas kendaraan yang berlawanan. Untuk mengatasi konflik tersebut dapat dilakukan pemberian sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*) contohnya pada Simpang Sisingamangaraja. Kemacetan sering terjadi pada simpang tersebut dikarenakan letak simpang yang berada dekat dengan pusat kota, sekolah/universitas, dan tempat wisata. Simpang Sisingamangaraja memiliki antrean terpanjang pada lengan timur dengan panjang antrean kurang lebih sepanjang 60 meter. Lokasi simpang dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1.1 Lokasi Penelitian

Adakalanya pemberian lampu lalu lintas dapat menimbulkan permasalahan. Pada jam sibuk, kendaraan yang akan melintasi simpang tersebut semakin banyak sehingga dapat memperpanjang antrean kendaraan. Kendaraan dapat berhenti dua hingga tiga kali. Hal tersebut dapat disebabkan karena waktu sinyal yang tidak optimal terutama pada jam sibuk. Akibatnya, tundaan yang terjadi semakin lama serta antrean menjadi panjang sehingga pengguna jalan merasa tidak nyaman. Berdasarkan uraian latar belakang permasalahan di atas, maka penelitian mengenai evaluasi kinerja simpang perlu dilakukan. Hal ini dapat menjadi solusi untuk mengurangi panjang antrean kendaraan. Peningkatan kinerja simpang dilakukan dengan menggunakan beberapa alternatif solusi yang ada.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja simpang bersinyal pada Simpang Sisingamangaraja menggunakan metode MKJI 1997 dan *software* VISSIM?
2. Bagaimana menentukan alternatif solusi simpang bersinyal untuk Simpang Sisingamangaraja menggunakan metode MKJI 1997 dan *software* VISSIM?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kinerja simpang bersinyal pada Simpang Sisingamangaraja menggunakan metode MKJI 1997 dan *software* VISSIM.
2. Menentukan alternatif solusi simpang bersinyal untuk Simpang Sisingamangaraja menggunakan metode MKJI 1997 dan *software* VISSIM.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai bahan pertimbangan untuk Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta dalam melakukan perbaikan simpang dengan alternatif solusi yang diberikan untuk Simpang Sisingamangaraja agar kinerja koordinasi simpang menjadi lebih optimal. Selain itu, penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang lebih mendalam.

1.5 Batasan Penelitian

Pembatasan masalah digunakan untuk menghindari penyimpangan ataupun pelebaran pokok pembahasan supaya penelitian lebih terfokus dan memudahkan dalam pembahasan sehingga tujuan dari penelitian dapat tercapai. Adapun batasan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian hanya dilakukan pada Simpang Sisingamangaraja.
2. Data primer didapatkan dari survei langsung di lapangan.
3. Data sekunder didapatkan dari studi literatur dan instansi terkait.
4. Pengelompokan jenis kendaraan pada penelitian adalah sebagai berikut.
 - a. Sepeda motor (MC).
 - b. Kendaraan ringan (LV) seperti mobil penumpang dan kendaraan pribadi.
 - c. Kendaraan berat (HV) seperti truk as 3 dan bus.
5. Data geometri simpang didasarkan pada kondisi kenyataan.
6. Acuan dalam analisis kinerja simpang bersinyal menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.
7. Pemodelan simpang bersinyal menggunakan *software* VISSIM.
8. Hambatan samping tidak diperhitungkan dan tidak dimodelkan pada *software* VISSIM.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dengan MKJI 1997

Syafutri (2018) melakukan evaluasi mengenai kinerja simpang bersinyal pada Simpang Jl. Pattimura dan Simpang Jl. Sudirman di Kota Medan. Evaluasi tersebut dilakukan untuk mengetahui karakteristik lalu lintas pada simpang serta mengetahui kinerja simpang. Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan melakukan pengumpulan data primer yang didapatkan dari survei langsung di lapangan dan data sekunder yang didapatkan dari instansi terkait setelah itu data yang didapatkan dianalisis dengan mengacu pada MKJI 1997. Arus lalu lintas pada jam puncak sore untuk kendaraan ringan (LV) sebesar 1256 smp/jam, untuk kendaraan berat (HV) sebesar 6,5 smp/jam, dan untuk sepeda motor sebesar 432,6 smp/jam. Volume lalu lintas sebesar 28,252 kendaraan/jam. Kecepatan rata-rata kendaraan untuk kendaraan ringan (LV) yaitu 5,88 m/detik, untuk kendaraan berat (HV) yaitu 4,35 m/detik, dan untuk sepeda motor yaitu 6,25 m/detik. Nilai kepadatan lalu lintas didapatkan sebesar 41,27 kendaraan/m. Pengaturan sinyal pada simpang diatur dalam 3 fase dengan waktu siklus 200 detik. Kapasitas untuk simpang tersebut yaitu sebesar 2354,61 smp/jam dan derajat kejenuhan sebesar 0,72 dengan panjang antrean sepanjang 62,22 m. Tundaan pada setiap pendekat diperoleh nilai sebesar 15,319 dengan tingkat pelayanan C.

Anita, dkk (2015) melakukan evaluasi mengenai kinerja simpang bersinyal pada Jl. 17 Agustus – Jl. Babe Palar di Kota Manado. Evaluasi tersebut dilakukan untuk mengetahui kinerja simpang pada kondisi eksisting, mendesain ulang waktu siklus tanpa merubah fase sinyal dan geometri simpang, mengetahui kinerja simpang pada kondisi desain, dan membandingkan kinerja simpang pada kondisi eksisting dan kondisi desain. Penelitian tersebut dilakukan dengan pengambilan data langsung di lapangan kemudian dianalisis yang mengacu pada MKJI 1997 pada kondisi eksisting dan kondisi desain. Pada kondisi eksisting dengan waktu siklus 152 detik didapatkan nilai derajat kejenuhan pada semua pendekat (pendekat

4

Teling, pendekat 17 Agustus, pendekat Rike, dan pendekat Karombasan) di bawah 1 dengan nilai derajat maksimum terdapat pada pendekat Teling sebesar 0,905. Panjang antrean pada simpang yang terjadi yaitu sepanjang 60-80 meter dengan tundaan sebesar 60-75 detik/smp. Pengurangan waktu siklus dari 152 detik menjadi 115 detik tidak menyebabkan derajat kejenuhan simpang naik secara signifikan. Derajat kejenuhan rata-rata yang tadinya dari 0,71 menjadi 0,73. Tetapi dengan

pengurangan waktu siklus, terjadi pengurangan panjang antrean rata-rata simpang sebesar 16 meter dan pengurangan tundaan rata-rata sebesar 13,3 detik/smp. Suryaningsih, dkk (2020) melakukan analisis mengenai kinerja simpang di Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa Besar. Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui nilai derajat kejenuhan pada simpang. Metode penelitian yang dilakukan yaitu dengan pengambilan data primer langsung di lapangan dan data sekunder yang didapatkan dari instansi pemerintahan kemudian dianalisis berdasarkan MKJI 1997. Berdasarkan analisis dengan metode MKJI 1997, didapatkan nilai derajat kejenuhan pada Simpang Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja untuk pendekat barat sebesar 0,53, pendekat selatan sebesar 0,55, dan pendekat timur sebesar 0,56. Persimpangan tersebut memiliki kinerja yang baik karena nilai derajat kejenuhan yang didapatkan berada di bawah angka 0,75.

2.2 Pemodelan Simpang Bersinyal dengan VISSIM

Ginanjar dan Farida (2019) melakukan penelitian mengenai kinerja simpang. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah simpang cukup efektif. Lokasi penelitian yang dilakukan berada pada Simpang Jl. Terusan Pembangunan dan Jl. Proklamasi di Kabupaten Garut. Data yang digunakan diperoleh dari survei langsung di lapangan. Data tersebut kemudian dianalisis dan dilakukan pemodelan menggunakan *software* VISSIM. Berdasarkan analisis dan pemodelan tersebut, diketahui jumlah volume kendaraan rata-rata yang melewati simpang pada tiga sesi penelitian yaitu sebesar 1.883 kendaraan pada hari Kamis, 1.348 kendaraan pada hari Minggu, dan 1.863 pada hari Senin. Panjang antrean di lapangan yang terpanjang berada di Jl. Proklamasi – Jl. Suherman dengan panjang antrean 40 meter, sedangkan pada pemodelan didapatkan panjang antrean sepanjang 50 meter.

Perbedaan panjang antrean tersebut disebabkan karena volume yang digunakan merupakan volume lalu lintas dengan durasi waktu 15 menit. Pada penelitian tersebut dilakukan dua alternatif untuk rekayasa lalu lintas. Alternatif pertama menggunakan waktu siklus yang berbeda tetapi dengan fase yang tetap. Alternatif kedua dilakukan dengan perubahan fase pada lengan dengan waktu siklus yang tetap. Dari kedua alternatif tersebut, alternatif pertama merupakan solusi terbaik untuk memperbaiki kinerja simpang karena menghasilkan panjang antrean yang lebih pendek dibandingkan pada kondisi eksisting.

Akbar (2020) melakukan penelitian mengenai kinerja simpang. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi kinerja simpang, mengevaluasi kinerja simpang, dan menemukan solusi terbaik untuk mengatasi masalah pada simpang. Lokasi penelitian dilakukan pada Simpang Menukan di Kota Yogyakarta. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data secara survei langsung di lapangan kemudian data tersebut diinput ke *software* VISSIM untuk dilakukan pemodelan simpang pada kondisi eksisting. Dengan melakukan pemodelan simpang, didapatkan nilai tundaan rata-rata sebesar 129,91 detik/skr dengan tingkat pelayanan rata-rata F. Pada alternatif 1 yaitu dengan mengubah urutan fase pada lengan Utara dan Selatan dan dengan menjalankan kendaraan secara bersamaan, tetapi dilarang untuk berbelok kanan didapatkan nilai tundaan rata-rata sebesar 79,62 detik/skr dengan tingkat pelayanan rata-rata E. Pada alternatif 2 dengan mengubah geometri jalan pada ruas Jl. Parangtritis pada lengan Selatan yaitu melakukan pelebaran jalan dari kondisi eksisting lebar pendekat 9 meter menjadi 11 meter didapatkan nilai tundaan rata-rata sebesar 129,45 detik/skr dengan tingkat pelayanan rata-rata F. Sedangkan untuk alternatif 3 dengan memberlakukan jalan satu arah untuk lengan Timur dan hanya untuk masuk dari pendekat saja dengan anggapan bahwa arus dari lengan Timur akan mencari arah yang berbeda didapatkan nilai tundaan rata-rata sebesar 91,84 detik/skr dengan tingkat pelayanan rata-rata F. Dari ketiga alternatif yang ada, maka alternatif terbaik yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja simpang adalah alternatif 1 yaitu dengan mengubah urutan fase pada lengan Utara dan Selatan dan dengan menjalankan kendaraan secara bersamaan, tetapi dilarang untuk berbelok kanan.

Aryandi dan Munawar (2014) melakukan sebuah penelitian mengenai analisis kinerja simpang bersinyal pada Simpang Mirota Kampus, Terban, Yogyakarta. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui proporsi pengguna jalan, mengetahui panjang antrean maksimal, rata-rata, dan minimum pada kondisi eksisting, serta membandingkan panjang antrean hasil pengamatan langsung di lapangan dengan hasil pemodelan menggunakan *software* VISSIM. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini diambil dengan survei langsung di lapangan kemudian dimodelkan menggunakan *software* VISSIM. Nilai panjang antrean rata-rata yang didapatkan dari hasil survei langsung di lapangan dengan pemodelan pada *software* VISSIM hampir sama yaitu 60 m dan 61 m. Sedangkan terdapat perbedaan yang cukup jauh untuk nilai panjang antrean maksimal dan minimal hasil survei langsung di lapangan dengan pemodelan pada *software* VISSIM, yaitu 76 m dan 64 m untuk panjang antrean maksimum serta 39 m dan 51 m untuk panjang antrean terpendek.

2.3 Perbedaan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Perbandingan penelitian ini dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1. Berdasarkan Tabel 2.1, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan penelitian yaitu lokasi penelitian. Dengan demikian, penelitian ini dapat dikatakan berbeda dengan penelitian sebelumnya dan merupakan penelitian baru.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Sebelumnya

Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan
Syafutri (2018)	Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Jalan Pattimura – Simpang Jalan Sudirman Kota Medan (Studi Kasus)	Simpang Jalan Pattimura – Simpang Jalan Sudirman, Kota Medan	MKJI 1997	<ol style="list-style-type: none"> Melakukan evaluasi kinerja simpang Metode pengambilan data Pendekatan MKJI 1997 	<ol style="list-style-type: none"> Lokasi penelitian Pemodelan simpang menggunakan <i>software</i> VISSIM
Anita dkk (2015)	Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan 17 Agustus – Jalan Babe Palar Kota Manado	Simpang Bersinyal Jalan 17 Agustus – Jalan Babe Palar, Kota Manado	MKJI 1997	<ol style="list-style-type: none"> Melakukan evaluasi kinerja simpang Metode pengambilan data Pendekatan MKJI 1997 	<ol style="list-style-type: none"> Lokasi penelitian Pemodelan simpang menggunakan <i>software</i> VISSIM
Suryaningsih dkk (2020)	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa Besar)	Simpang Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa Besar	MKJI 1997	<ol style="list-style-type: none"> Melakukan evaluasi kinerja simpang Metode pengambilan data Pendekatan MKJI 1997 	<ol style="list-style-type: none"> Lokasi penelitian simpang Pemodelan menggunakan <i>software</i> VISSIM
Ginanjari dan Farida (2019)	Pemodelan Simpang Bersinyal Terhadap Kinerja Simpang Jalan Terusan Pembangunan dan Jalan Proklamasi di Kabupaten Garut	Simpang Jalan Terusan Pembangunan dan Jalan Proklamasi, Kabupaten Garut	MKJI 1997, Pemodelan menggunakan <i>software</i> VISSIM	<ol style="list-style-type: none"> Melakukan evaluasi kinerja simpang Metode pengambilan data Melakukan pemodelan simpang menggunakan <i>software</i> VISSIM Pendekatan MKJI 1997 	<ol style="list-style-type: none"> Lokasi penelitian

Sumber: Syafutri (2018), Anita, dkk (2015), Suryaningsih, dkk (2020), Ginanjari dan Farida (2019), Akbar (2020), Aryandi dan

Munawar (2014), dan Nurlitasari (2023)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Sebelumnya

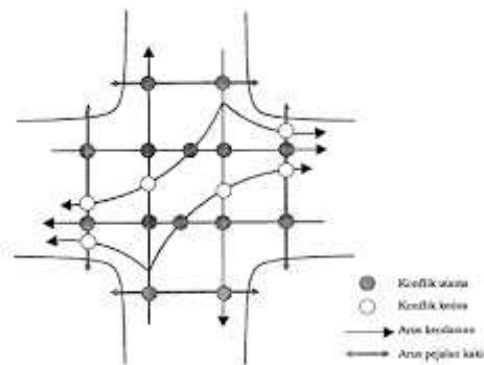
Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan
Akbar (2020)	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Software PTV VISSIM (Studi Kasus Simpang Menukan, Yogyakarta)	Simpang Menukan, Kota Yogyakarta	MKJI 1997 serta Pemodelan Menggunakan <i>Software</i> VISSIM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan evaluasi kinerja simpang 2. Metode pengambilan data 3. Melakukan pemodelan simpang menggunakan <i>software</i> VISSIM Pendekatan MKJI 1997 4. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi penelitian
Aryandi dan Munawar (2014)	Penggunaan Software Vissim Untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta)	Simpang Mirota Kampus, Terban, Yogyakarta	Pemodelan Menggunakan <i>Software</i> VISSIM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode pengambilan data 2. Melakukan pemodelan simpang menggunakan <i>software</i> VISSIM 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi penelitian 2. Pendekatan MKJI 1997 3. Melakukan evaluasi kinerja simpang
Nurlitasari (2023)	Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dengan Menggunakan MKJI 1997 dan <i>Software</i> VISSIM pada Simpang Sisingamangaraja	Simpang Sisingamangaraja, Kota Yogyakarta	MKJI 1997 serta Pemodelan Menggunakan <i>Software</i> VISSIM	-	-

Sumber: Syafutri (2018), Anita, dkk (2015), Suryaningsih, dkk (2020), Ginanjar dan Farida (2019), Akbar (2020), Aryandi dan Munawar (2014), dan Nurlitasari (2023)

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan

Simpang jalan adalah simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekatan lengan serta merupakan tempat dimana arus kendaraan dari beberapa pendekat tersebut bertemu dan berpencar meninggalkan simpang. Hobbs (1995) mendefinisikan simpang jalan sebagai tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena simpang merupakan tempat terjadinya konflik antara satu kendaraan dengan kendaraan yang lain atau dengan pejalan kaki. Titik konflik pada simpang empat dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Titik Konflik Simpang Simpang Empat
(Sumber: Bina Marga, 1997)

3.1.1 Geometri Jalan

Menurut Bina Marga (1997), karakteristik geometrik jalan terdiri dari:

1. Tipe jalan

Untuk setiap tipe jalan akan menunjukkan kinerja yang berbeda pada pembebanan lalu lintas tertentu, seperti jalan terbagi dan jalan tak terbagi serta jalan satu arah. Prosedur perhitungan pada analisa operasional, perencanaan dan perancangan jalan perkotaan dapat digunakan pada kondisi berikut.

- a. Alinyemen datar atau hampir datar,
 - b. Alinyemen horizontal lurus atau hampir lurus, dan
 - c. Pada segmen jalan yang tidak dipengaruhi antrean akibat persimpangan, atau arus iringan kendaraan yang tinggi dari simpang bersinyal.
2. Lebar jalur lalu lintas
Pelebaran jalur lalu lintas akan berpengaruh pada peningkatan kecepatan arus bebas dan kapasitas.
 3. Kereb
Kereb berfungsi sebagai pembatas antara jalur lalu lintas dengan trotoar yang berpengaruh terhadap dampak hambatan samping pada kapasitas dan kecepatan. Kapasitas jalan dengan kereb lebih kecil dibandingkan jalan dengan bahu. Selain itu, kapasitas akan berkurang jika terdapat penghalang tetap dekat tepi jalur lalu lintas, tergantung apakah jalan mempunyai kereb atau bahu.
 4. Bahu jalan
Jalan tanpa kereb pada umumnya mempunyai bahu pada kedua sisi jalur lalu lintasnya. Lebar dan kondisi permukaannya memengaruhi penggunaan bahu yang berupa penambahan kapasitas dan kecepatan pada arus tertentu akibat dari penambahan lebar bahu, terutama karena pengurangan hambatan samping yang disebabkan kejadian di sisi jalan seperti kendaraan angkutan umum berhenti, pejalan kaki, dan lain-lain.
 5. Median jalan
Median yang direncanakan dengan baik dan matang dapat meningkatkan kapasitas.
 6. Alinyemen jalan
Lengkung horizontal pada alinyemen jalan dengan jari-jari kecil serta tanjakan yang curam mengurangi kecepatan arus bebas karena secara umum kecepatan arus bebas di daerah perkotaan rendah sehingga pengaruh tersebut diabaikan.

3.1.2 Tipe Simpang

Menurut Bina Marga (1997), pemilihan jenis simpang pada suatu daerah sebaiknya dipertimbangkan berdasarkan perekonomian, keselamatan lalu lintas, dan lingkungan. Berdasarkan jenisnya, persimpangan dibagi menjadi persimpangan sebidang, persimpangan jalur tanpa ramp, dan simpang tak sebidang. Berdasarkan tipenya, persimpangan ditentukan dari jumlah lengan dan jumlah jalur pada jalan minor dan jalan mayor. Berdasarkan bentuknya, persimpangan dibagi menjadi tiga yaitu simpang berbentuk bundaran, berbentuk T, dan berbentuk 4 lengan.

Sedangkan klasifikasi simpang berdasarkan cara pengaturannya ada dua yaitu sebagai berikut.

1. Simpang bersinyal

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan jalan yang diberi lampu pengaturan sinyal lalu lintas (*traffic light*). Hal tersebut dimaksudkan untuk membantu ketertiban lalu lintas bagi pengguna jalan. Pada umumnya, jenis simpang ini banyak ditemui pada kota dengan angka mobilitas yang tinggi.

2. Simpang tak bersinyal

Simpang tak bersinyal merupakan sebuah persimpangan jalan yang tidak diatur oleh sinyal lalu lintas. Jenis persimpangan ini banyak dijumpai pada daerah perkotaan sehingga simpang tak bersinyal tidak cocok untuk jalan yang memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi. Dalam langkah mengurangi tingkat kecelakaan pada simpang tak bersinyal dapat dilakukan pemberian rambu lalu lintas seperti rambu “STOP” atau “YIELD”, rambu pengendalian kecepatan, kanalisasi, pemberian median jalan, dan yang lainnya.

3.1.3 Sinyal dan Pengaturan Lalu Lintas

Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan mendefinisikan lalu lintas sebagai gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan, sedangkan ruang lalu lintas jalan adalah prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah kendaraan, orang, atau barang yang berupa jalan dan fasilitas penduduk. Rambu lalu lintas adalah sebuah sistem yang digunakan untuk memberikan arahan kepada pengguna jalan, baik di persimpangan maupun di jalan yang lurus.

Bina Marga (1997) menyebutkan beberapa alasan penggunaan sinyal lalu lintas. Alasan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Menghindari kemacetan simpang yang diakibatkan oleh konflik arus lalu lintas sehingga suatu kapasitas dapat dipertahankan bahkan ketika pada kondisi jam puncak,
2. Memberikan mekanisme pengaturan lalu lintas yang lebih efektif dan murah jika dibandingkan dengan pengaturan cara manual,
3. Memberikan kesempatan pada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan minor memotong jalan mayor, dan
4. Tingkat kecelakaan yang timbul akibat konflik simpang dapat berkurang. Menurut Munawar (2009), sistem pengontrolan lalu lintas pada persimpangan

jalan meliputi beberapa hal. Sistem pengontrolan tersebut antara lain dengan optimalisasi sinyal lalu lintas, pemasangan atau pemindahan lampu lalu lintas, memberikan prioritas kepada bus kota pada persimpangan dengan lampu lalu lintas, dan melakukan koordinasi lampu lalu lintas.

3.2 Analisis Simpang Bersinyal

Analisis simpang bersinyal berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 adalah sebagai berikut.

3.2.1 Kondisi arus lalu lintas

Menurut Bina Marga (1997), arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik pada jalan per satuan waktu (smp/jam). Perhitungan arus lalu lintas dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode seperti pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang, dan sore. Untuk setiap gerakan, arus lalu lintas dikonversi berdasarkan tipe kendaraan untuk tipe pendekat terlindung dan tipe pendekat terlawan dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Nilai Emp Berdasarkan Tipe Pendekat

Tipe Kendaraan	Pendekat Terlindung (emp)	Pendekat Terlawan (emp)
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber: Bina Marga (1997)

Arus lalu lintas pada simpang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

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

dengan:

Q = arus lalu lintas (smp/jam),

Q_{LV} = arus lalu lintas tipe kendaraan ringan (smp/jam), Q_{HV}

= arus lalu lintas tipe kendaraan berat (smp/jam), emp_{HV} =

ekuivalen mobil penumpang untuk kendaraan berat, Q_{MC} = arus

lalu lintas kendaraan sepeda motor (smp/jam), dan emp_{MC} =

ekuivalen mobil penumpang untuk sepeda motor.

Jika hanya terdapat arus lalu lintas harian (LHRT) tanpa diketahui distribusi lalu lintas pada setiap jamnya, maka arus rencana per jam dapat diperkirakan sebagai suatu persentase dari LHRT yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Arus Rencana Per Jam dari Persentase LHRT

Tipe Kota dan Jalan	Faktor Persen k
	$k \times \text{LHRT} = \text{Arus Rencana/Jam}$
Kota-kota > 1 juta penduduk - Jalan-jalan pada daerah komersial dan jalan arteri	7-8%
- Jalan pada daerah permukiman	8-9%
Kota-kota < 1 juta penduduk - Jalan-jalan pada daerah komersial dan jalan arteri	8-10%
- Jalan pada daerah permukiman	9-12%

Sumber: Bina Marga (1997)

Jika distribusi gerakan membelok tidak diketahui serta tidak dapat diperkirakan, maka 15% belok kanan dan 15% belok kiri dari arus pendekat total dapat dipergunakan kecuali jika terdapat gerakan membelok tersebut yang dilarang.

Nilai-nilai normal untuk komposisi lalu lintas dapat digunakan jika tidak ada taksiran yang lebih baik. Nilai normal komposisi lalu lintas dapat dilihat melalui Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Nilai Normal Komposisi Lalu Lintas

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Komposisi Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (%)			Rasio Kendaraan Tak Bermotor (UM/MV)
	LV	HV	MC	
□ 3 Juta	60	4,5	35,5	0,01
1-3 Juta	55,5	3,5	41	0,05
0,5-1 juta	40	3,0	57	0,14
0,1-0,5 Juta	63	2,5	34,5	0,05

< 1 Juta	63	2,5	34,5	0,05
----------	----	-----	------	------

Sumber: Bina Marga (1997)

3.2.2 Waktu antar hijau dan waktu hilang

Pada suatu analisa untuk perancangan, nilai waktu antar hijau (*intergreen*) dapat diasumsikan seperti pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Waktu Antar Hijau

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata-Rata (m)	Nilai Normal Waktu Antar Hijau (detik/fase)
Kecil	6-9	4
Sedang	10-14	5
Besar	≥ 15	≥ 6

Sumber: Bina Marga (1997)

Waktu merah semua (*allred*) merupakan sebuah fungsi dari kecepatan dan jarak untuk mengosongkan serta memajukan kendaraan dari titik konflik pada garis henti dan panjang pengosongan kendaraan (Alamsyah, 2008). Waktu tersebut seharusnya dapat digunakan oleh kendaraan untuk mengosongkan titik konflik sebelum kendaraan dari fase selanjutnya. Waktu merah semua dapat dihitung dengan Persamaan 3.2 berikut.

$$Allred_i = \left[L_{EV} \frac{1}{V_{EV}} + L_{AV} \frac{1}{V_{AV \max}} + I_{EV} \right] \quad (3.2)$$

dengan:

L_{EV}, L_{AV} = jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m),

I_{EV} = panjang kendaraan yang berangkat (m), dan

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

Nilai yang digunakan pada V_{EV}, V_{AV} , dan I_{EV} tergantung dari komposisi lalu lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Nilai tersebut adalah sebagai berikut.

1. Kecepatan kendaraan yang datang (V_{AV})

- a) Kendaraan bermotor : 10 meter/detik

2. Kecepatan kendaraan yang berangkat (V_{EV})
 - a) Kendaraan bermotor : 10 meter/detik
 - b) Kendaraan tak bermotor : 3 meter/detik
 - c) Pejalan kaki : 1,2 meter/detik
3. Panjang kendaraan yang berangkat (I_{EV})
 - a) LV/HV : 5 meter
 - b) MC/UM : 2 meter

Jika periode merah semua pada masing-masing akhir fase sudah ditetapkan, maka waktu hilang pada simpang dapat dihitung dengan Persamaan 3.3.

$$LTI = \Sigma(\text{Allred} + \text{Amber})_i = \Sigma IG_i \quad (3.3)$$

dengan:

LTI = waktu hilang (detik),

Allred = waktu merah semua (detik),

Amber = waktu kuning dinyalakan setelah hijau dari suatu pendekat (detik),
dan

IG = waktu antar hijau (detik).

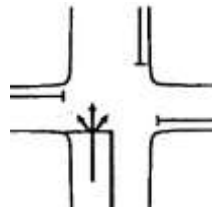
3.2.3 Penentuan waktu sinyal

1. Tipe pendekat

Penentuan tipe pendekat dapat dilihat pada Tabel 3.5

Tabel 3.5 Tipe Pendekat

Tipe Pendekat	Keterangan	Contoh Pola Pendekat		
Terlindung (P)	Tanpa konflik lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang T
		Jalan dua arah, gerakan belok kanan terbatas		

		Jalan dua arah, fase sinyal terpisah untuk masing-masing arah
		
Terlawan (O)	Terjadi konflik lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak terbatas

(Sumber: Bina Marga, 1997)

2. Lebar pendekat efektif

Perhitungan lebar pendekat efektif dari setiap pendekat dihitung berdasarkan informasi mengenai lebar pendekat (W_A), lebar masuk (W_{MASUK}), lebar keluar (W_{KELUAR}), dan rasio lalu lintas berbelok.

a. Pendekat tanpa belok kiri langsung (LTOR)

Periksa W_{KELUAR} jika nilai $W_{KELUAR} < W_e \square (1 - P_{RT} - P_{LTOR})$, sebaiknya nilai W_e diberikan nilai baru yang hasilnya sama dengan W_{KELUAR} dan analisis penentuan waktu sinyal pada pendekat dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas yang lurus.

b. Pendekat dengan belok kiri langsung (LTOR)

Secara umum, lebar masuk (W_{MASUK}) pada Gambar 3.2 untuk pendekat dengan pulau lalu lintas dan pendekat tanpa pulau lalu lintas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.4.

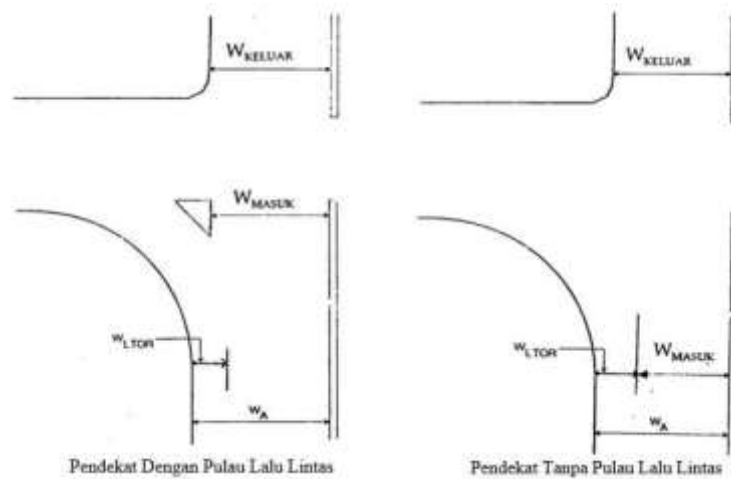
$$W_{MASUK} = W_A - W_{LTOR} \quad (3.4)$$

dengan:

W_{MASUK} = lebar masuk (m),

W_A = lebar pendekat (m), dan

W_{LTOR} = lebar belok kiri langsung (m).



Gambar 3.2 Lebar Masuk (W_A)

(Sumber: Bina Marga, 1997)

Perhitungan lebar pendekat efektif untuk kedua keadaan tersebut dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.7.

1) $W_{L TOR} \geq 2$ meter

Penentuan lebar efektif didapatkan dari Persamaan 3.5.

$$W_e = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} W^A - W_{L TOR} \\ W_{MASUK} \end{array} \right. \quad (3.5)$$

Gerakan LTOR dihitung sendiri dari arys lurus (Q_{ST}) dan arus belok kanan (Q_{RT}) seperti pada Persamaan 3.6.

$$Q = Q_{ST} + Q_{RT} \quad (3.6)$$

2) $W_{L TOR} < 2$ meter

Penentuan lebar efektif didapatkan dari Persamaan 3.7.

$$W_e = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} W_A \\ W_{MASUK} + W_{L TOR} \\ W_A \times (1 + P_{L TOR}) - W_{L TOR} \end{array} \right. \quad (3.7)$$

Gerakan LTOR dihitung sendiri dari arys lurus (Q_{ST}), arus belok kanan (Q_{RT}), dan arus belok kiri (Q_{LT}) seperti pada Persamaan 3.8.

$$Q = Q_{ST} + Q_{RT} + Q_{LT} \quad (3.8)$$

3. Arus jenuh dasar

Arus jenuh dasar merupakan besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat saat kondisi ideal (smp/jam hijau) (Alamsyah, 2015). a. Pendekat terlindung (P)

Menurut Bina Marga (1997), perhitungan pendekat terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (W_e). Berikut Persamaan 3.9 mengenai perhitungan pendekat terlindung arus jenuh dasar.

$$S_o = 600 \square W_e \quad (3.9)$$

Seiring berjalannya waktu, konstanta pada MKJI 1997 sudah tidak sesuai dengan kondisi saat ini sehingga terdapat konstanta baru untuk menghitung arus jenuh dasar. Munawar (2009) merumuskan perhitungan arus jenuh dasar yang dapat dilihat pada Persamaan 3.10.

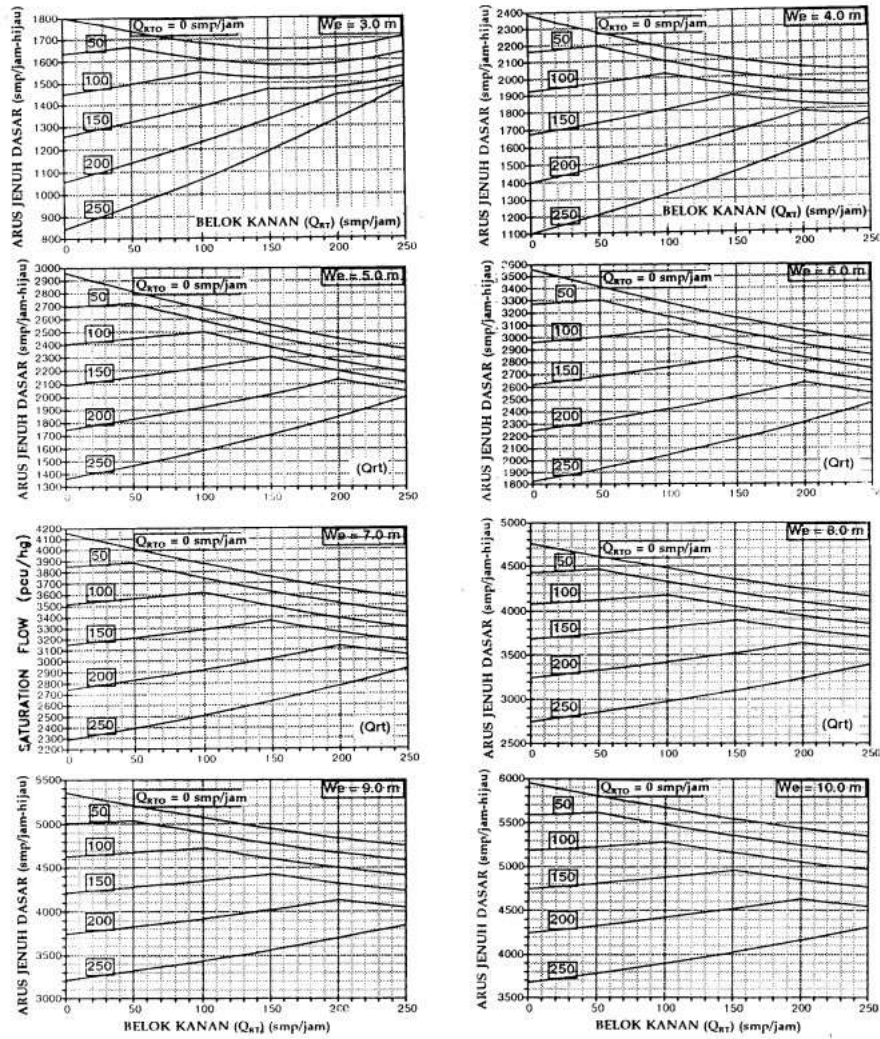
$$S_o = 780 \square W_e \quad (3.10)$$

dengan:

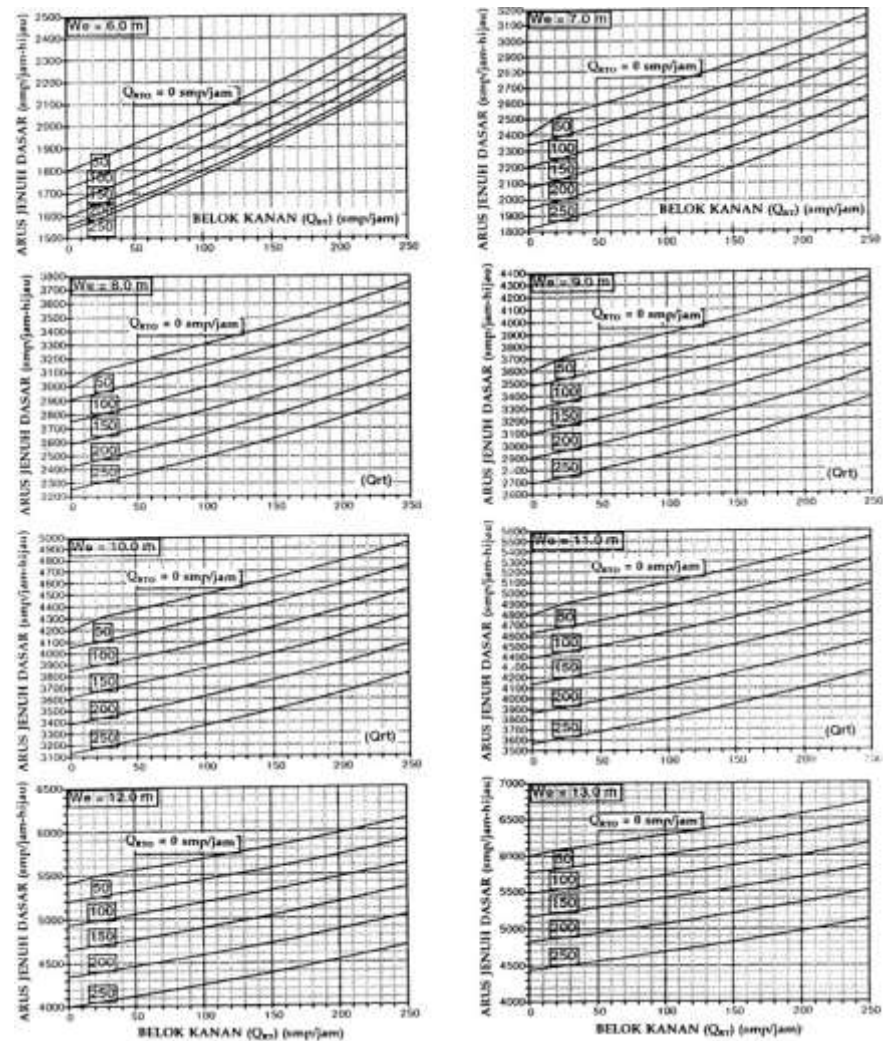
S_o = arus jenuh dasar (smp/jam hijau), dan W_e
= lebar efektif pendekat.

b. Pendekat terlawan (O)

Nilai arus jenuh untuk pendekat terlawan dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



Gambar 3.3 Arus Jenuh Pendekat Terlawan (O)
(Sumber: Bina Marga, 1997)



Gambar 3.4 Arus Jenuh Pendekat Terlawan (O)

(Sumber: Bina Marga, 1997)

4. Faktor penyesuaian

a. Kedua tipe pendekat terlindung (P) dan terlawan (O)

1) Faktor penyesuaian ukuran kota

Faktor penyesuaian kota ditentukan dari Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F _{cs})
> 3,0	1,05

Lanjutan Tabel 3.6 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)
1,0 – 3,0	1,00
0,5 – 1	0,94
0,1-0,5	0,83
< 0,1	0,82

Sumber: Bina Marga (1997)

2) Faktor penyesuaian hambatan samping

Penentuan nilai faktor hambatan samping didasarkan pada tipe lingkungan jalan yang diklasifikasikan berdasarkan tata guna lahan dan tingkat hambatan samping. Tipe lingkungan jalan dibagi menjadi 3, yaitu komersil, pemukiman, dan akses terbatas. Hambatan samping dibagi menjadi 3 kategori, yaitu tinggi, sedang, dan rendah seperti pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Kriteria Hambatan Samping (F_{SF})

Hambatan Samping	Kriteria
Tinggi	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar berkurang karena adanya aktivitas di samping jalan pada sepanjang pendekat seperti berhentinya angkutan umum, pejalan kaki yang sedang berjalan atau melintasi pendekat, kendaraan keluar masuk pada pendekat, dan lain-lain.
Sedang	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar terganggu dan sedikit berkurang adanya aktivitas samping jalan di sepanjang pendekat.

Lanjutan Tabel 3.7 Kriteria Hambatan Samping (F_{SF})

Hambatan Samping	Kriteria
-------------------------	-----------------

Rendah	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang tidak terganggu dan tidak berkurang karena adanya aktivitas samping jalan di sepanjang pendekat.
--------	--

Sumber: Bina Marga (1997)

Faktor penyesuaian hambatan samping ditentukan dari Tabel 3.8 sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping, dan rasio kendaraan tak bermotor.

Tabel 3.8 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (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	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Pemukiman	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas	Tinggi	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

Lanjutan Tabel 3.8 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{sf})

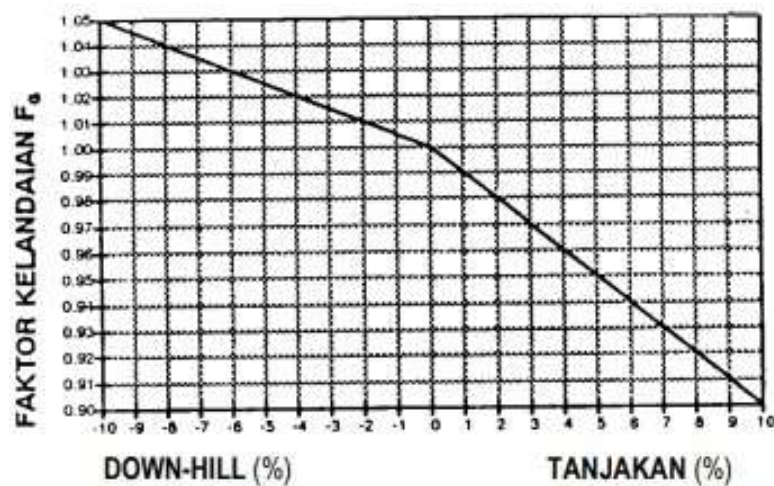
Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
------------------	------------------	-----------	------------------------------	--	--	--	--	--

			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	\geq 0,25
Akses Terbatas	Sedang	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
	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: Bina Marga (1997)

3) Faktor penyesuaian kelandaian

Faktor penyesuaian kelandaian ditentukan dari Gambar 3.5.

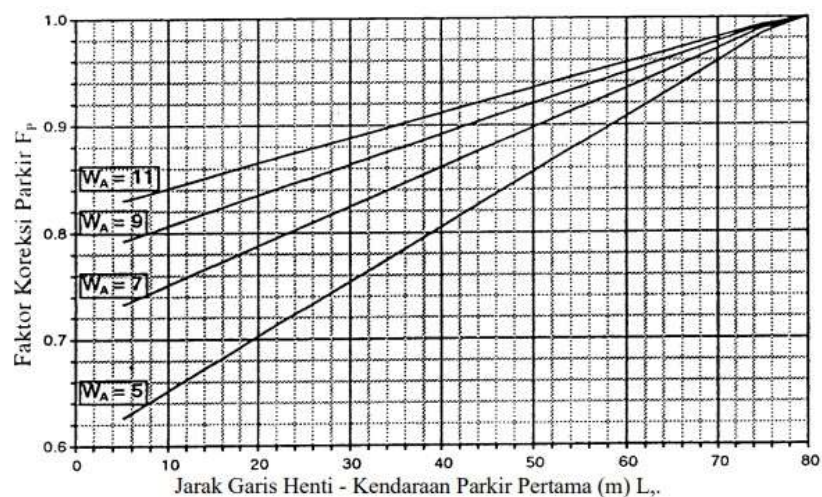


Gambar 3.5 Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_g)

(Sumber: Bina Marga, 1997)

4) Faktor penyesuaian parkir

Faktor penyesuaian parkir ditentukan dari Gambar 3.6 sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang diparkir pertama dan lebar pendekat.



Gambar 3.6 Faktor Penyesuaian Parkir (F_p)

(Sumber: Bina Marga, 1997)

Nilai faktor penyesuaian parkir (F_p) juga dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11.

$$F_p = [L_p/3 - (W_A - 2) \square (L_p/3 - g) / W_A] / g \quad (3.11)$$

dengan:

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

W_A = lebar pendekat (m), dan g = waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 detik).

b. Hanya tipe pendekat terlindung (P)

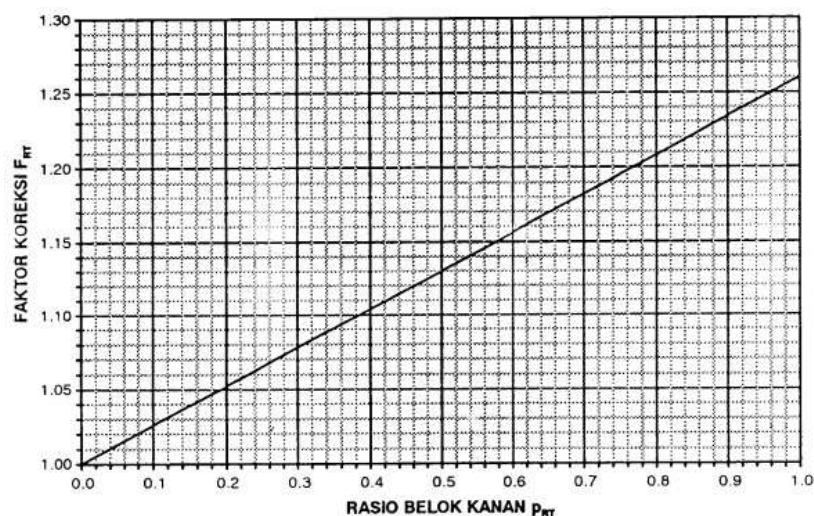
1) Faktor penyesuaian belok kanan

Faktor penyesuaian belok kanan merupakan fungsi dari rasio kendaraan belok kanan P_{RT} . Faktor ini hanya digunakan untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.12 atau menggunakan Gambar 3.7.

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \square 0,26 \quad (3.12)$$

dengan:

P_{RT} = rasio belok kanan.



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

(Sumber: Bina Marga, 1997)

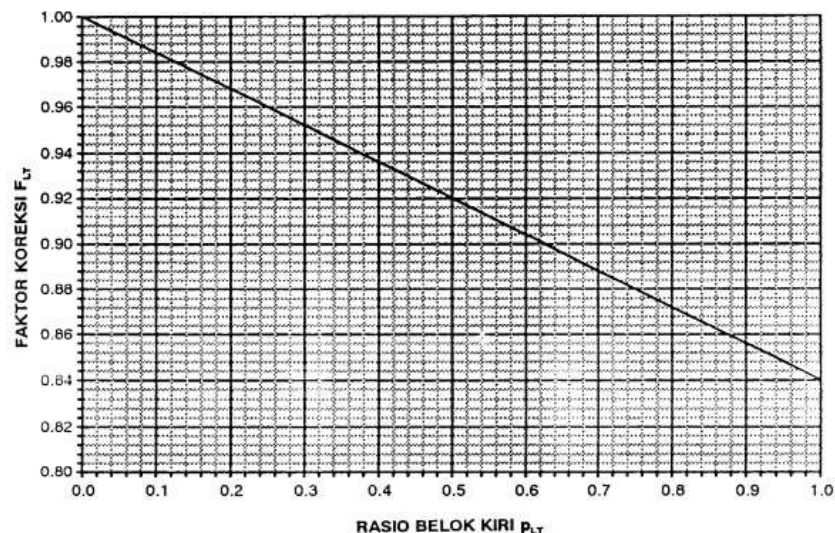
2) Faktor penyesuaian belok kiri

Faktor penyesuaian belok kanan merupakan fungsi dari rasio kendaraan belok kiri P_{LT} . Faktor ini hanya digunakan untuk pendekatan tipe P tanpa LTOR dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.13 atau menggunakan Gambar 3.8.

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \square 0,16 \quad (3.13)$$

dengan:

P_{LT} = rasio belok kiri.



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

(Sumber: Bina Marga, 1997)

5. Arus jenuh

Arus jenuh (S) dapat dihitung dengan mengalikan arus jenuh dasar (S_0) yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kondisi ideal yang telah ditetapkan sebelumnya. Berikut merupakan perhitungan arus jenuh yang dapat dilihat pada Persamaan 3.14.

$$S = S_0 \square F_{CS} \square F_{SF} \square F_G \square F_P \square F_{RT} \square F_{LT} \quad (3.14)$$

dengan:

S = arus jenuh (smp/jam hijau),

S_0 = arus jenuh dasar (smp/jam hijau),

F_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota,

F_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping,

F_G = faktor penyesuaian kelandaian,

F_P = faktor penyesuaian parkir, F_{RT} =

faktor penyesuaian belok kanan, dan F_{LT} =

faktor penyesuaian belok kiri.

a. Rasio arus (FR)

Rasio arus didapatkan dari Persamaan 3.15.

$$FR = \frac{Q}{S} \quad (3.15)$$

b. Rasio arus simpang (IFR)

Rasio arus simpang didapatkan dari Persamaan 3.16.

$$IFR = \sum FR_{crit} \quad (3.16)$$

c. Rasio fase (PR)

Rasio fase didapatkan dari Persamaan 3.17.

$$PR = \frac{FR_{crit}}{IFR} \quad (3.17)$$

6. Waktu siklus dan waktu hijau

1) Waktu siklus sebelum penyesuaian

Penentuan waktu sinyal menurut Bina Marga (1997) untuk keadaan dengan kendali waktu tetap dilakukan dengan menggunakan metode Webster (1966) untuk meminimumkan tundaan total pada simpang. Langkah pertama menentukan waktu siklus (c), kemudian waktu hijau (g) pada masing-masing fase (i). Perhitungan waktu siklus dapat digunakan dengan Persamaan 3.18 berikut.

$$c = \frac{1,5 \times LTI + 5}{1 - \sum FR_{crit}} \quad (3.18)$$

dengan:

c = waktu siklus (detik),

LTI = jumlah waktu hilang per siklus (detik),

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

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

Σ FR_{crit} = rasio arus simpang = jumlah FR_{crit} dari semua fase pada siklus tersebut.

Perhitungan waktu siklus diharapkan sesuai dengan batas yang terdapat pada MKJI 1997. Waktu siklus yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Waktu Siklus yang Disarankan

Tipe Pengaturan	Waktu siklus yang layak
2 fase	40 – 80
3 fase	50 – 100
4 fase	80 – 130

Sumber: Bina Marga (1997)

2) Waktu hijau

Perhitungan waktu hijau menurut Bina Marga (1997) adalah dengan Persamaan 3.19.

$$g_i = c - LTI \square PR \quad (3.19)$$

dengan:

g_i = tampilan waktu hijau pada fase i, c = waktu siklus (detik),

LTI = jumlah waktu hilang per siklus (detik), dan

PR = rasio fase

Waktu hijau kurang dari 10 detik harus dihindari karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan serta sulitnya pejalan kaki untuk menyebrang jalan.

3) Waktu siklus yang disesuaikan

Nilai waktu siklus yang disesuaikan didapatkan dari Persamaan 3.20.

$$c = \sum g + LTI \quad (3.20)$$

dengan:

c = waktu siklus yang disesuaikan, $\sum g$ = jumlah waktu hijau, dan

LTI = jumlah waktu hilang per siklus (detik).

3.2.4 Kapasitas dan derajat kejenuhan

1. Kapasitas

Bina Marga (1997) menyatakan bahwa perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dilihat pada Persamaan 3.21 berikut.

$$C = \frac{S \times g}{c} \quad (3.21)$$

dengan:

C = kapasitas (smp/jam hijau),

S = arus jenuh (smp/jam), g = waktu hijau (detik), dan c = waktu siklus (detik).

2. Derajat kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan menurut Bina Marga (1997) dapat dilihat pada Persamaan 3.22 berikut.

$$DS = \frac{Q}{C} = \frac{Q \times c}{S \times g} \quad (3.22)$$

dengan:

DS = derajat jenuh,

Q = arus lalu lintas (smp/jam), C = kapasitas (smp/jam hijau), c = waktu siklus (detik), S = arus jenuh (smp/jam), dan g = waktu hijau (detik).

3.2.5 Perilaku lalu lintas

1. Panjang antrian

Nilai dari panjang antrian didapatkan dari jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ). Nilai tersebut dihitung dari jumlah antrian smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ₁) dan jumlah antrian smp pada fase merah (NQ₂). Persamaan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.23.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (3.23)$$

dengan:

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \quad (3.24)$$

jika $DS > 0,5$ dan $NQ_1 = 0$, maka

$$NQ_2 = C \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (3.25)$$

dimana:

NQ₁ = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya,

NQ₂ = jumlah smp yang datang selama fase merah,

DS = derajat kejenuhan,

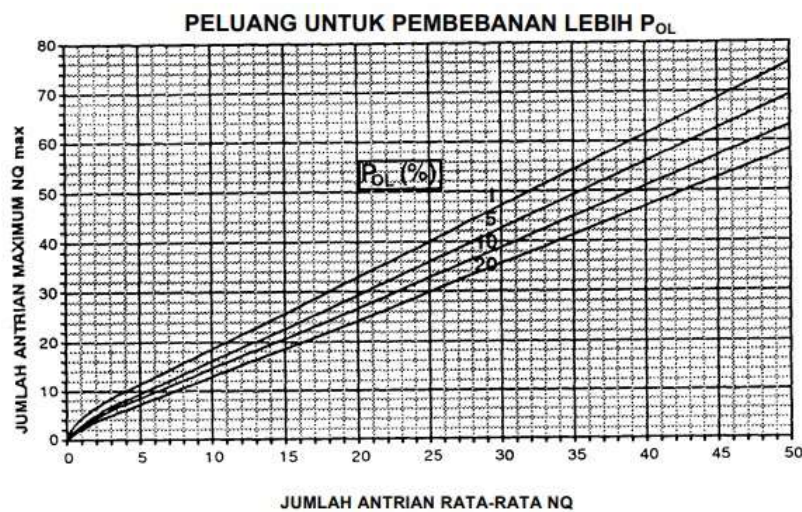
GR = rasio hijau, c

= waktu siklus (detik),

C = kapasitas (smp/jam), dan

Q = arus lalu lintas (smp/detik).

Nilai NQ_{max} bisa didapatkan dengan menggunakan grafik yang dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Grafik NQ_{max}
(Sumber: Bina Marga, 1997)

Berikut merupakan Persamaan 3.26 yang digunakan untuk menghitung panjang antrean (QL).

$$QL = NQ_{\max} \frac{20}{W_{\text{masuk}}} \quad (3.26)$$

dengan:

QL = panjang antrean kendaraan pada suatu pendekat (meter),

NQ_{\max} = jumlah maksimum kendaraan yang antri, dan

W_{masuk} = lebar masuk (meter).

2. Kendaraan terhenti

a. Angka henti (NS) merupakan jumlah berhenti rata-rata per kendaraan (termasuk yang berhenti terulang dalam antrean) sebelum melewati suatu simpang. Angka henti dihitung dengan Persamaan 3.27 berikut.

$$NS = 0,9 \frac{NQ}{Q} \frac{3600}{c} \quad (3.27)$$

dengan:

c = waktu siklus (detik), dan

Q = arus lalu lintas (smp/jam).

b. Jumlah kendaraan terhenti (NSV) pada masing-masing pendekat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.28 berikut.

$$NSV = Q \cdot NS \quad (3.28)$$

dengan:

NSV = kendaraan terhenti (smp/jam), Q

= arus lalu lintas (smp/jam), dan

NS = angka henti.

c. Angka henti seluruh simpang dilakukan dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti seluruh pendekat dengan arus simpang total (Q) dalam satuan kend/jam. Perhitungan angka henti dapat dilihat dengan Persamaan 3.29 di bawah ini.

$$NS_{\text{tot}} = \frac{\sum NSV}{Q_{\text{tot}}} \quad (3.29)$$

dengan:

NS_{tot} = kendaraan terhenti seluruh simpang (smp/jam),

$\sum NSV$ = jumlah total kendaraan terhenti (smp/jam), dan Q_{tot}

= arus simpang total (kend/jam).

3. Tundaan

Tundaan pada simpang dapat terjadi karena dua hal. Pertama tundaan lalu lintas (DT) yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lain pada suatu simpang. Kedua tundaan geometri (DG) yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan ketika gerakan membelok pada suatu simpang atau terhenti akibat lampu merah.

a. Tundaan lalu lintas (DT)

Perhitungan tundaan lalu lintas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.30 berikut.

$$DT_j = c \square A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (3.30)$$

dengan:

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS} \quad (3.31)$$

dimana:

DT_j = tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat j (detik/smp), c
= waktu siklus yang disesuaikan (detik),

GR = rasio hijau (g/c),

DS = derajat kejenuhan,

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya, dan C
= kapasitas (smp/jam).

b. Tundaan geometri (DG)

Perhitungan tundaan lalu lintas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.32 berikut.

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \square P_T \square 6 + (p_{sv} \square 4) \quad (3.32)$$

dengan:

$$P_{sv} = \min(NS, 1) \quad (3.33)$$

dimana:

DG_j = tundaan geometri rata-rata pada pendekat j (detik/smp),

p_{sv} = rasio kendaraan terhenti pada pendekat, dan p_T = rasio kendaraan berbelok.

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j (D_j) dapat dihitung dengan cara menambah tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat j dan tundaan geometri rata-rata pada pendekat j. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.34 berikut.

$$D_j = DT_j + DG_j \quad (3.34)$$

dengan:

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

DT_j = tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat j (detik/smp), dan DG_j = tundaan geometri rata-rata pada pendekat j (detik/smp).

Tundaan rata-rata seluruh simpang (D_I) dapat dihitung dengan cara membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.35 berikut.

$$D_I = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{tot}} \quad (3.35)$$

dengan:

D_I = tundaan rata-rata seluruh simpang (detik/smp),

Q = arus lalu lintas pada setiap pendekat (smp/jam),

D = tundaan rata-rata pada setiap pendekat, dan

Q_{tot} = arus lalu lintas total (smp/jam).

3.3 Tingkat Pelayanan Simpang

Menurut Menteri Perhubungan (2015), tingkat pelayanan (*LOS*) adalah pengukuran secara kuantitatif dan kualitatif yang menggambarkan keadaan operasional lalu lintas. Tingkat pelayanan tersebut mencakup:

1. rasio antara volume dengan kapasitas jalan,

2. kecepatan batas atas dan kecepatan batas bawah berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan berdasarkan kondisi daerah,
3. waktu perjalanan,
4. kebebasan bergerak kendaraan,
5. keamanan,
6. keselamatan,
7. ketertiban,
8. kelancaran, dan
9. penilaian pengemudi terhadap kondisi arus lalu lintas.

Menurut Menteri Perhubungan (2015), klasifikasi tingkat pelayanan (*LOS*) pada persimpangan dapat dilihat pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Tingkat Pelayanan pada Persimpangan

Tingkat Pelayanan	Tundaan Per Kendaraan (det/kend)
A	≤ 5
B	$\square 5 - 15$
C	$\square 15 - 25$
D	$\square 25 - 40$
E	$\square 40 - 60$
F	≥ 60

Sumber: Menteri Perhubungan (2015)

Penetapan tingkat pelayanan pada persimpangan menurut Menteri Perhubungan (2015) dapat dilihat pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Penetapan Tingkat Pelayanan Persimpangan

Fungsi Jalan		Tundaan Per Kendaraan (det/kend)
Tol		Sekurang-kurangnya B
Arteri	Primer	Sekurang-kurangnya B
	Sekunder	Sekurang-kurangnya C
Kolektor	Primer	Sekurang-kurangnya B
	Sekunder	Sekurang-kurangnya C
Lokal	Primer	Sekurang-kurangnya C
	Sekunder	Sekurang-kurangnya D

Lingkungan	Sekurang-kurangnya D
------------	----------------------

Sumber: Menteri Perhubungan (2015)

3.4 VISSIM

VISSIM merupakan sebuah perangkat lunak yang dikembangkan pada tahun 1992 oleh perusahaan IT *Planning Transport Verkehr AG (PTV AG)* di Jerman. Perangkat lunak tersebut digunakan untuk melakukan simulasi lalu lintas yang diperlukan untuk merencanakan lalu lintas, perencanaan transportasi, waktu sinyal, angkutan umum, serta perencanaan kota yang bersifat mikroskopis dalam aliran lalu lintas multimoda yang diterjemahkan secara visual. VISSIM berasal dari bahasa Jerman yaitu *Verkehr In Stadten – Simulationsmodel* yang artinya adalah model simulasi lalu lintas kota.

Software VISSIM digunakan untuk menganalisis lalu lintas dan perpindahan dengan batasan pemodelan geometri simpang, sinyal lalu lintas, *stop line*, komposisi kendaraan, perilaku pengemudi, dan lain-lain. Dengan melakukan input data geometri simpang, volume arus lalu lintas, dan waktu sinyal dapat menghasilkan *output* berupa volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, serta panjang antrian. *Output* tersebut kemudian dapat dibandingkan dengan hasil pengamatan di lapangan dan diuji kebenarannya sampai tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Kalibrasi merupakan suatu proses penyesuaian komponen model simulasi sehingga dapat dihasilkan hasil yang akurat atau mendekati hasil yang telah diamati saat di lapangan. Tahap pengujian tersebut dilakukan berdasarkan jumlah volume arus lalu lintas yang ada. Dilakukan metode *trial and error* untuk melakukan kalibrasi serta pengujian menggunakan VISSIM. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan rumus dasar *chi square* yang berupa rumus statistik *Geoffrey E Havers (GEH)* dan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* dimana proses kalibrasi dan validasi dilakukan berdasarkan jumlah volume lalu lintas serta panjang antrian (Putri, 2015). Saat melakukan validasi data kecepatan kendaraan, dapat digunakan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* yaitu persentase perbedaan antara data yang sebenarnya dengan data perkiraan.

Berikut merupakan perhitungan *GEH* yang dapat dilihat pada Persamaan 3.35 berikut.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{\text{simulated}} - q_{\text{observed}})^2}{0,5 \times (q_{\text{simulated}} + q_{\text{observed}})}} \quad (3.35)$$

dengan:

$q_{\text{simulated}}$ = Data volume arus lalu lintas pemodelan (kendaraan/jam) q_{observed} = Data volume arus lalu lintas hasil survei (kendaraan/jam) Ketentuan khusus dari nilai error yang dihasilkan yaitu jika nilai *GEH* kurang dari 5, maka model dapat diterima. Jika nilai *GEH* berada diantara 5-10, maka kemungkinan model tersebut eror atau data buruk. Sedangkan untuk nilai *GEH* di atas 10, maka model ditolak.

Berikut merupakan Persamaan 3.36 untuk perhitungan MAPE.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\% \quad (3.36)$$

dengan:

n = Jumlah data A_t

= Data di lapangan

F_t = Data simulasi

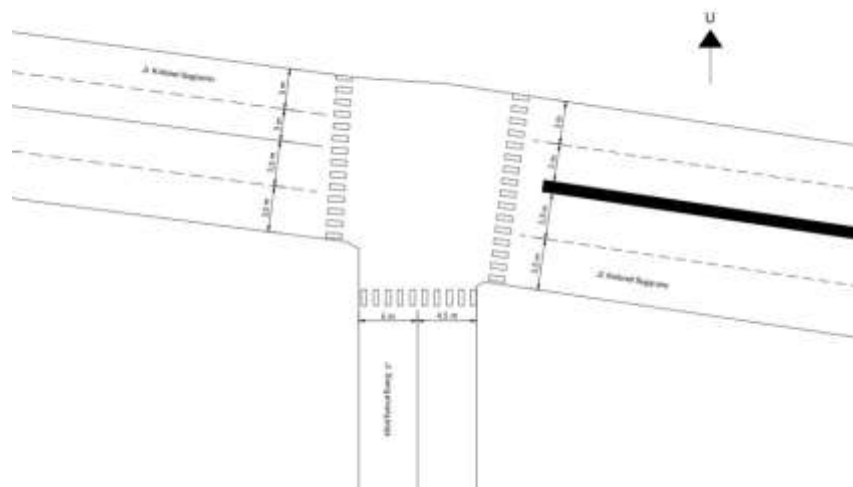
Ketentuan dari persentase keakuratan data adalah sebagai berikut.

1. Nilai $MAPE \leq 10\%$ menunjukkan bahwa hasil sangat akurat.
2. Nilai $MAPE 10 - 20\%$ menunjukkan bahwa hasil baik.
3. Nilai $MAPE 20 - 50\%$ menunjukkan bahwa hasil cukup baik.
4. Nilai $MAPE > 50\%$ menunjukkan bahwa hasil tidak akurat.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada simpang yang terletak pada Jl. Kol. Sugiyono di Kota Yogyakarta, yaitu Simpang Sisingamangaraja. Lokasi simpang tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.

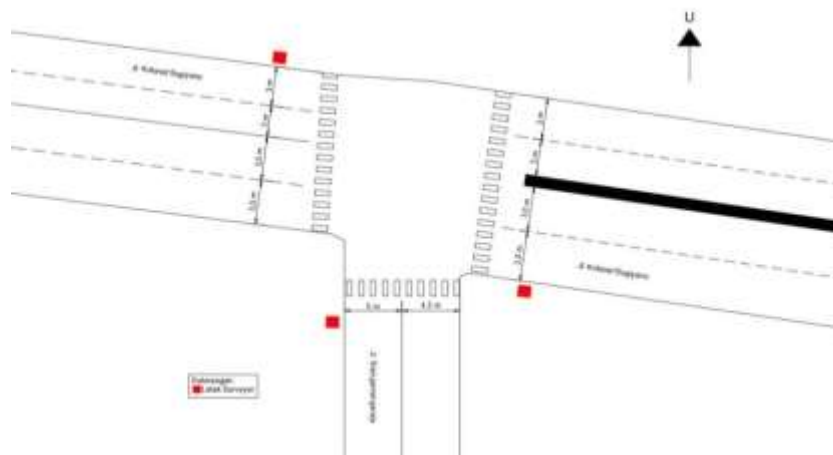


Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

4.2 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, dalam mencari data diperlukan pertimbangan waktu yang tepat yaitu dengan mempertimbangkan keadaan di lapangan dari segi cuaca ataupun efektifitas dalam pengambilan data. Penelitian ini dilakukan pada hari kerja dan hari libur, yaitu hari Senin dan hari Sabtu. Penelitian dilakukan pada pukul 06.00-08.00 WIB dan 16.00-18.00 WIB. Pemilihan hari serta jam tersebut didasarkan pada penelitian terdahulu oleh Iriyanti (2021) mengenai koordianasi sinyal pada Simpang Gondomanan dan Simpang Km Nol Yogyakarta karena simpang tersebut dekat dengan Simpang Sisingamangaraja serta mengacu pada data yang diperoleh oleh Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta pada tahun 2022 yang terlampir pada Lampiran 5. Jenis data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

mengukur jarak antar kendaraan (jarak depan belakang dan samping kanan kiri). Sedangkan survei ketika kendaraan berjalan yaitu dengan mengukur jarak dengan bantuan garis bantu. Pemberian garis bantu diletakkan setiap jarak 50 cm. Pemberian garis tersebut membantu dalam pengukuran jarak supaya jarak ketika kendaraan berjalan dapat diketahui. Menurut Singarimbun dan Effendi (1995), jumlah pengambilan sampel untuk uji validitas yaitu minimal 30 sampel. Hasil distribusi nilainya akan menghasilkan nilai mendekati kurva normal dengan tingkat penyimpangan atau error yang minim. Jumlah data yang diperoleh dalam survei perilaku pengemudi yaitu 30 sampel untuk survei jarak kendaraan depan belakang ketika kendaraan berhenti, 30 sampel untuk survei jarak kendaraan kanan kiri ketika kendaraan berhenti, 30 sampel untuk survei jarak kendaraan depan belakang ketika kendaraan berjalan, dan 30 sampel untuk survei jarak kendaraan kanan kiri ketika kendaraan berjalan. Survei ini dilakukan pada setiap lengan simpang. Data ini diperlukan untuk melakukan pemodelan simpang pada *software* VISSIM. Lokasi surveyor dapat dilihat pada Gambar 4.3.

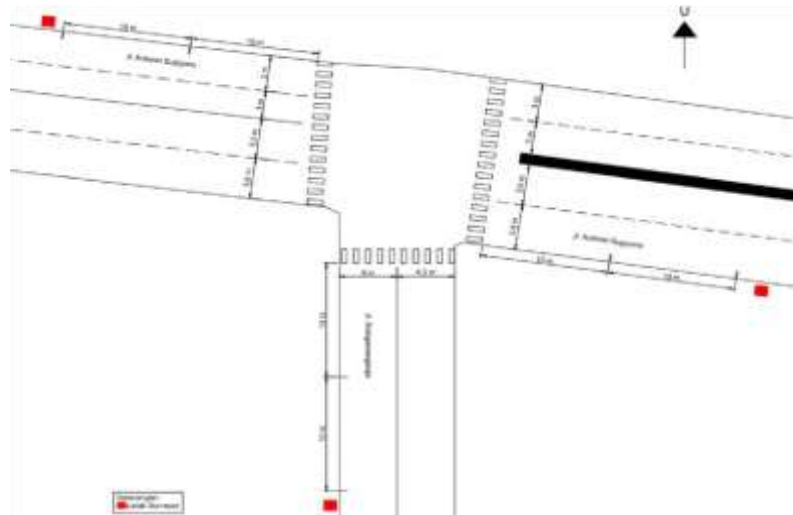


Gambar 4.3 Lokasi Surveyor *Driving Behavior*

d. Data panjang antrean

Pengambilan data untuk panjang antrean dilakukan pada setiap lengan simpang. Panjang antrean merupakan panjang kendaraan ketika waktu merah terjadi. Pemberian garis bantu diletakkan setiap jarak 10 m untuk membantu pengukuran panjang antrean kendaraan oleh surveyor. Data

tersebut nantinya digunakan untuk mengetahui kinerja dari simpang bersinyal. Lokasi surveyor dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Lokasi Surveyor Panjang Antrian

e. Data waktu siklus sinyal pada setiap simpang

Waktu siklus simpang diperoleh dari survei langsung di lapangan dengan melakukan pengamatan secara visual dan mencatat waktu sinyal hijau, sinyal kuning, dan sinyal merah yang terjadi pada jam puncak di hari kerja dan hari libur. Data waktu siklus digunakan untuk mengetahui kinerja simpang serta dibutuhkan untuk melakukan pemodelan simpang pada *software* VISSIM.

2. Data sekunder

Data sekunder didapatkan melalui instansi terkait, studi literatur, dan penelitian lainnya yang telah dilakukan sebelumnya. Data sekunder tersebut berupa data jam puncak, hari puncak di hari kerja dan hari libur, kecepatan kendaraan, serta jumlah penduduk di Kota Yogyakarta. Data sekunder akan digunakan untuk mendukung kinerja data primer.

4.3 Alat yang Digunakan

Peralatan yang digunakan guna mendukung penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Alat tulis, digunakan untuk mencatat hasil survei.
2. Formulir survei, tempat yang digunakan untuk mengisi hasil survei.

3. Kamera sebanyak 1 buah, digunakan untuk merekam dan meningkatkan keakuratan data.
4. Meteran dorong (*walking measure*) sebanyak 1 buah, digunakan untuk pengukuran jarak pada jalan.
5. Selotip sebanyak 1 buah, digunakan sebagai pendanda jarak.
6. *Stopwatch* atau *smartphone* sebanyak 2 buah, digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan ketika melakukan penelitian.
7. Seperangkat alat komputer, digunakan untuk menganalisis data.
8. *Software VISSIM*, digunakan untuk melakukan pemodelan serta koordinasi simpang.

4.4 Metode Pengolahan Data

Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 digunakan untuk acuan dalam menganalisis kinerja simpang. Kinerja simpang yang dianalisis yaitu berupa panjang antrean simpang, tundaan, serta derajat kejenuhan. Kinerja tersebut dihitung pada setiap lengan simpang. a. Panjang antrean

Panjang antrean merupakan panjang antrean kendaraan dalam suatu pendekat ketika mendapatkan sinyal merah serta dinyatakan dalam satuan meter. Dalam menentukan panjang antrean, diperlukan adanya perhitungan untuk menentukan jumlah smp yang datang selama fase merah, menentukan jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya, dan jumlah antrean maksimum.

- b. Tundaan

Tundaan adalah total waktu hambatan rata-rata yang dialami oleh kendaraan ketika melewati sebuah simpang. Jenis tundaan ada dua, yaitu tundaan lalu lintas serta tundaan geometri.

- c. Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan simpang merupakan rasio volume lalu lintas terhadap kapasitas simpang. Rasio tersebut digunakan sebagai faktor utama dalam

menentukan kinerja simpang. Volume lalu lintas didapatkan melalui menghitung jumlah kendaraan yang lewat pada suatu ruas jalan di jam puncak. Sedangkan kapasitas didapatkan dengan cara menghitung arus jenuh, rasio arus jenuh, dan penentuan waktu sinyal.

2. Pemodelan menggunakan *software* VISSIM

Pada saat melakukan pemodelan dengan menggunakan *software* VISSIM diperlukan proses kalibrasi dan validasi data. Kalibrasi merupakan suatu proses penyesuaian parameter sehingga didapatkan hasil yang akurat atau mendekati hasil yang telah diamati saat di lapangan. Parameter yang perlu dilakukan penyesuaian yaitu perilaku pengemudi (*driving behavior*) sehingga volume kendaraan hasil dari pemodelan dengan VISSIM didapatkan hasil yang sama atau mendekati sama dengan kondisi di lapangan. Proses validasi merupakan suatu tahapan pengujian data terhadap kebenaran data. Data yang dilakukan validasi yaitu volume lalu lintas. Metode yang digunakan dalam melakukan validasi data yaitu menggunakan metode statistik *Geoffrey E Havers (GEH)*. Jika nilai yang didapatkan sudah valid, maka model tersebut dapat digunakan sebagai simulasi alternatif solusi yang diasumsikan. Berikut merupakan tahapan dalam melakukan pemodelan simpang bersinyal menggunakan *software* VISSIM.

a. Input pemodelan jaringan

1) *Network setting*

Software VISSIM merupakan sebuah perangkat lunak buatan Jerman sehingga terdapat beberapa parameter yang harus diubah seperti perilaku kendaraan dan satuan yang digunakan. Pada *software* VISSIM, jalur yang digunakan adalah jalur sebelah kanan sedangkan di Indonesia jalur yang digunakan adalah jalur sebelah kiri. Satuan yang digunakan pada penelitian ini adalah meter. Untuk mengubah perilaku kendaraan serta satuan dapat dilakukan dengan klik pada bagian *Menu Bar* kemudian klik *Base Data, Network Setting*. Pilih *Vehicle Behavior* lalu ubah ke *left-hand traffic*. Pilih *Units* lalu ubah ke *All Metrics*. Perubahan pengaturan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



Gambar 4.5 Tampilan Perubahan *Vehicle Behavior*

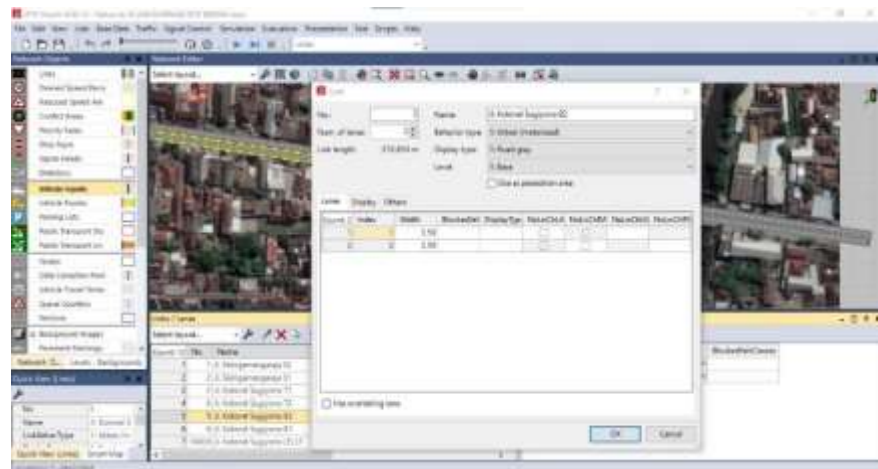


Gambar 4.6 Tampilan Perubahan *Units*

2) Pembuatan *link* dan *connector*

Pembuatan *link* dan *connector* dilakukan setelah selesai proses menginput gambar lokasi simpang dan telah mengatur skala.

Pembuatan *link* dilakukan dengan memilih menu *Link* pada *Network Object* lalu tekan tombol *shift* dan klik kanan pada *mouse*. Tarik *link* tersebut sepanjang jalan yang akan dibuat. Pembuatan *link* dapat dilihat pada Gambar 4.7. Setelah selesai pembuatan *link* maka dilanjutkan dengan pembuatan *connector* yang berfungsi untuk penghubung antar *link*. Pembuatan *connector* dilakukan dengan klik kanan pada *mouse* kemudian arahkan ke *link* yang akan dihubungkan. Pembuatan *connector* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.7 Tampilan Pembuatan *Link*

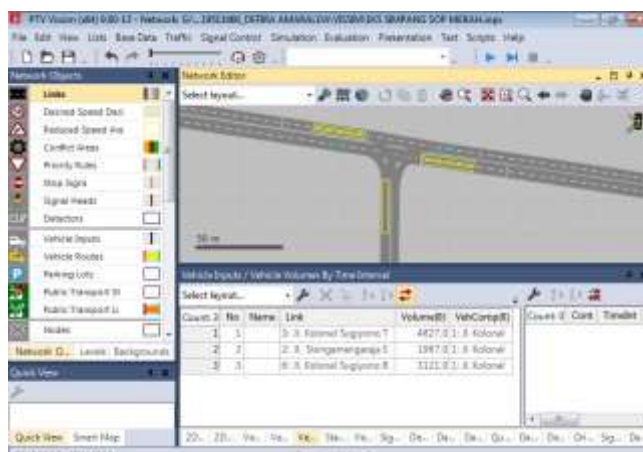


Gambar 4.8 Tampilan Pembuatan *Connector*

b. Input data kendaraan

1) Memasukkan *vehicle input*

Data volume kendaraan selama jam puncak dapat dilakukan dengan klik menu *Vehicle Input* pada *Network Objects* lalu klik lengan yang akan dimasukkan data volumenya seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Input Volume Kendaraan

2) Memasukkan *vehicle composition*

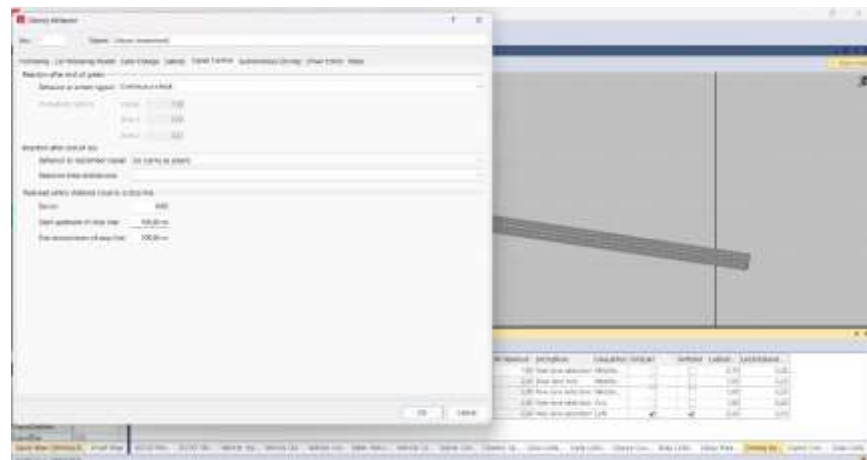
Pada penelitian ini, jenis kendaraan yang akan diinput ada 3 jenis kendaraan yaitu sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV). Setiap jenis kendaraan tersebut memiliki komposisi kendaraan yang berbeda-beda sehingga disesuaikan pada pengaturan *vehicle composition* seperti pada Gambar 4.10. Pengaturan *vehicle composition* dilakukan dengan klik *Traffic* pada *Menu Bar* kemudian pilih *Vehicle Composition*.



Gambar 4.10 Input Komposisi Kendaraan

3) Membuat *vehicle routes*

Pembuatan rute pergerakan kendaraan dapat dilakukan setelah memasukkan data pada *vehicle input* dan *vehicle composition*. Rute pergerakan kendaraan dapat dilakukan dengan cara klik *Vehicle Routes* pada *Network Object* lalu klik pada bagian lajur awal dan arahkan sesuai dengan rute pergerakannya setelah itu klik kiri dan pencet “esc” pada *keyboard*. Pembuatan *vehicle routes* dapat dilihat pada Gambar

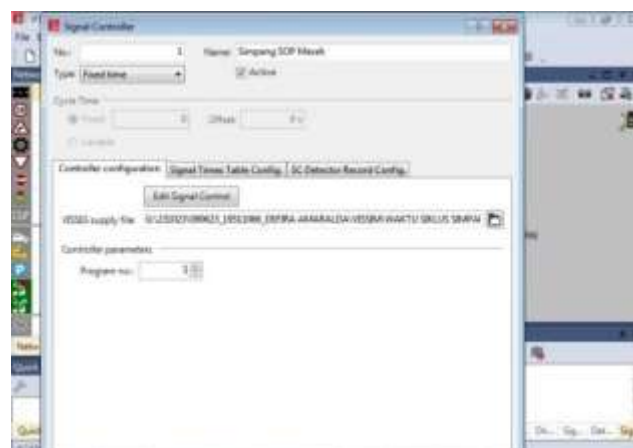


Gambar 4.16 Tampilan Parameter *Signal Control* pada *Driving Behavior*

c. Input pembuatan serta pengaturan sinyal lalu lintas, *conflict areas*, *reduce speed areas*, dan *data collection point*

1) Input sinyal lalu lintas

Input sinyal lalu lintas dapat dilakukan dengan cara klik menu *Signal Control* kemudian pilih *Signal Controllers*. Setelah tampilan yang keluar seperti pada Gambar 4.17 pilih *fixed time signal control* dan klik *edit signal control*. Masukkan waktu sinyal (*all red*, *amber*, dan *green*) setiap lengan pada *signal group* seperti pada Gambar 4.18. Selanjutnya dilakukan penyesuaian *intergreen* dengan klik *new* dan tambahkan jumlah lajur sebanyak yang telah diinput dalam *signal group* seperti pada Gambar 4.19. Setelah itu, input *signal program* seperti pada Gambar 4.20.



Gambar 4.17 Tampilan input *Signal Control*



Gambar 4.18 Tampilan *Signal Groups*



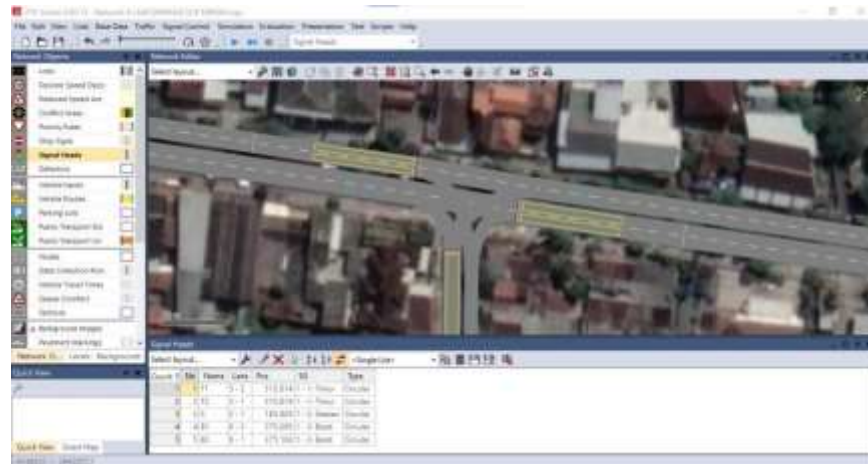
Gambar 4.19 Tampilan *Intergreen*



Gambar 4.20 Tampilan Input Diagram Fase

Setelah input sinyal lalu lintas sudah selesai, maka dilakukan perletakan sinyal. Perletakan sinyal dilakukan dengan cara klik menu *Signal Head* pada *Network Object* dan sesuaikan pada lokasi perletakan sinyal di

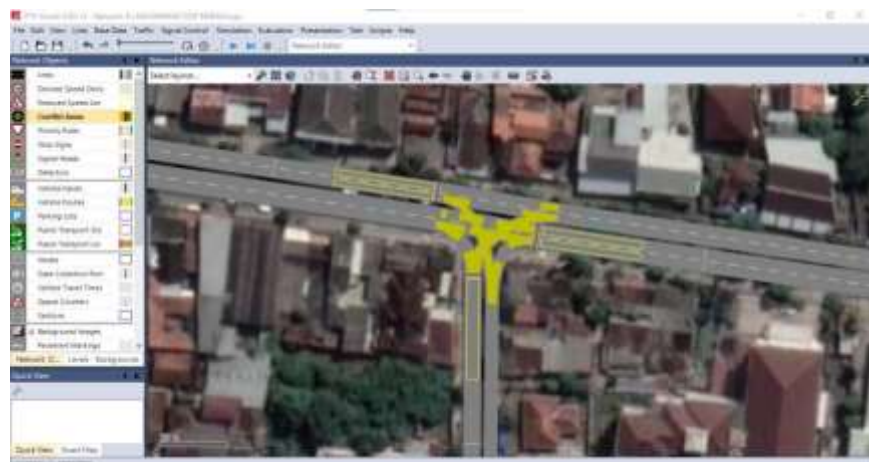
lapangan dengan bantuan gambar. Perletakan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Tampilan Input Diagram Fase

2) Input *conflict areas*

Conflict area digunakan untuk mengutamakan kendaraan supaya jalan terlebih dahulu. Pengaturan *conflict area* dilakukan dengan cara klik *Conflict Area* pada menu *Network Object*. *Conflict area* dapat dilihat pada Gambar 4.22.

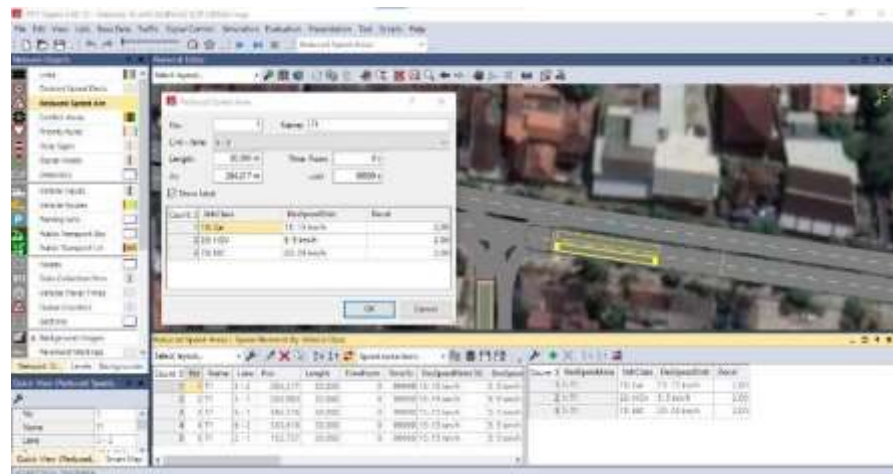


Gambar 4.22 Tampilan *Conflict Area*

3) Input *reduced speed areas*

Reduce speed atau pengurangan kecepatan merupakan parameter pengemudi saat berkendara di jalan. Ketika suatu kendaraan masuk pada area tertentu di dekat persimpangan, maka seorang pengemudi

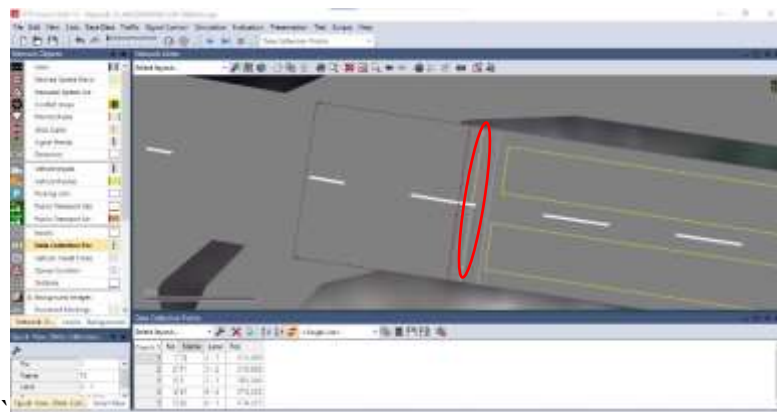
akan mengurangi kecepatannya. Area pengurangan kecepatan kendaraan dapat diatur dengan cara klik *Reduced Speed Area* pada *Network Object* dan atur panjang area sesuai yang diinginkan seperti pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Tampilan Input *Reduced Speed Areas*

4) Input data collection point

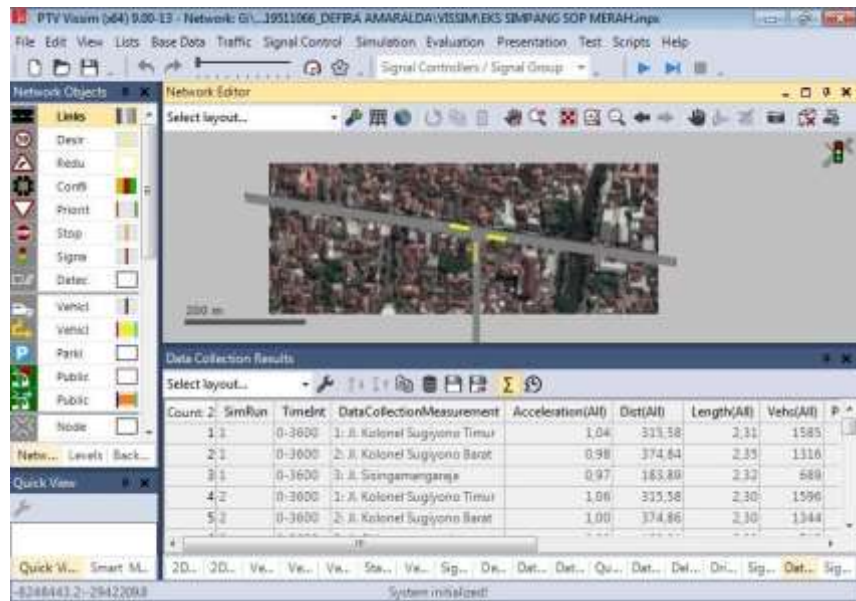
Volume kendaraan yang melewati suatu titik pada jalan per lajur disebut *data collection point*. Pengaturan *data collection point* dilakukan dengan klik *Data Collection Points* pada *Network Object* dan posisikan titik tersebut pada *link*. *Data collection point* dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Penempatan Titik untuk *Data Collection Point*

d. *Evaluation* dan *running*

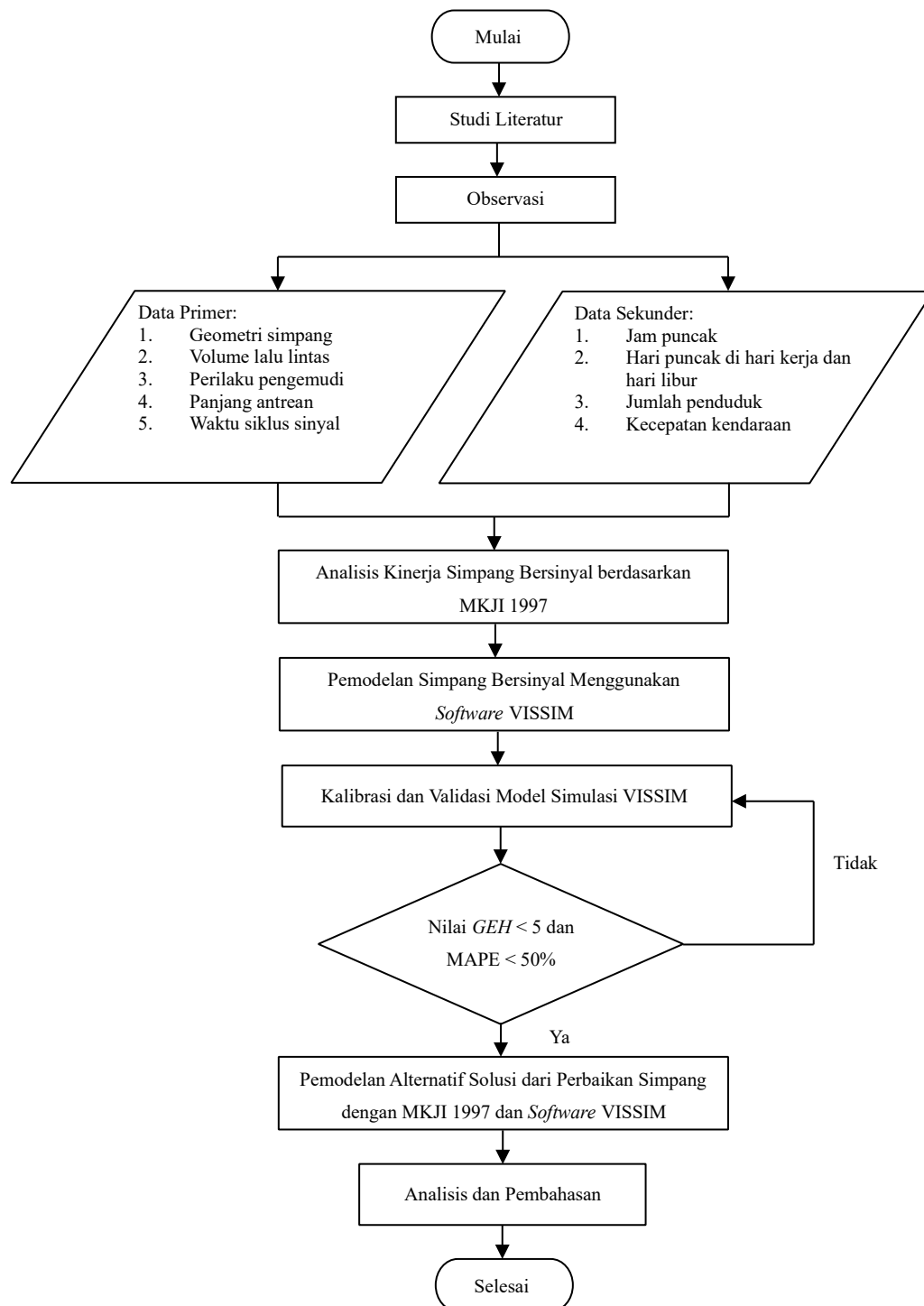
1) Pengaturan untuk *evaluation*



Gambar 4.27 Tampilan Hasil Simulasi

4.5 Bagan Alir Penelitian

Adapun bagan alir yang menggambarkan tahapan pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Bagan Alir Penelitian

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

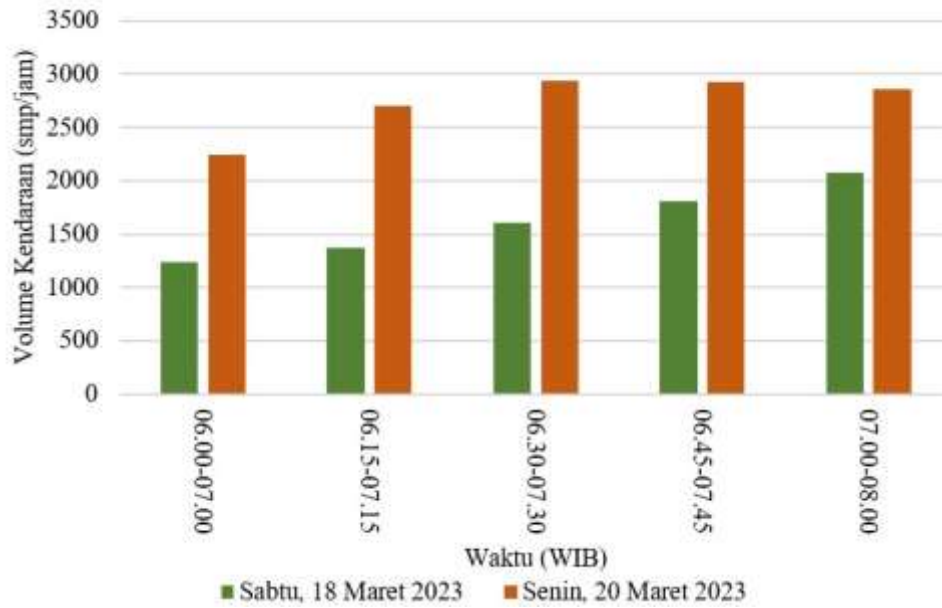
5.1 Data Hasil Pengamatan

Data hasil pengamatan digunakan untuk menganalisis data. Data hasil pengamatan didapatkan dari survei secara langsung di lapangan. Data yang dibutuhkan dalam analisis yaitu data volume lalu lintas, geometri simpang, waktu siklus simpang, *driving behavior*, panjang antrean, dan hambatan samping. Data tersebut digunakan untuk perhitungan analisis berdasarkan MKJI 1997 dan pemodelan menggunakan *software* VISSIM.

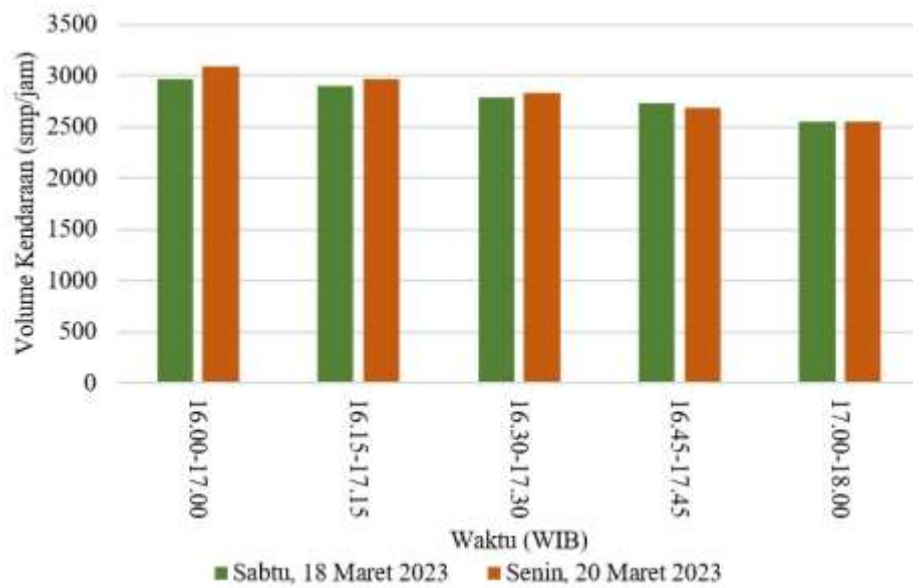
5.1.1 Data volume lalu lintas

Data volume lalu lintas didapatkan dari hasil survei volume lalu lintas secara langsung di lapangan. Survei dilakukan pada hari Sabtu dan Senin. Berdasarkan data dari Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta (2022), jam puncak pada tahun 2022 yaitu pada pukul 06.30 – 07.30 WIB untuk pagi hari dan jam 16.00 – 17.00 WIB untuk sore hari pada hari kerja serta hari Sabtu dan hari Minggu. Pada penelitian ini, pelaksanaan survei dilakukan 2 sesi dalam satu hari yaitu sesi pagi pada pukul 06.00-08.00 WIB dan sesi sore pada pukul 16.00-18.00 WIB. Data volume lalu lintas Simpang Sisingamangaraja dapat dilihat pada Lampiran 1. Data hasil survei volume lalu lintas memiliki satuan kendaraan/jam sehingga diperlukan konversi nilai ke satuan smp/jam. Grafik volume lalu lintas kendaraan pada sesi pagi dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan grafik volume lalu lintas kendaraan pada sesi sore dapat dilihat pada Gambar 5.2 di halaman selanjutnya.

Dari Gambar 5.1 dan Gambar 5.2, diperoleh jam puncak pada hari Senin, 20 Maret 2023 pada pukul 16.00-17.00 WIB dengan volume kendaraan sebesar 3085,6 smp/jam.



Gambar 5.1 Grafik Volume Lalu Lintas Sesi Pagi.



Gambar 5.2 Grafik Volume Lalu Lintas Sesi Sore

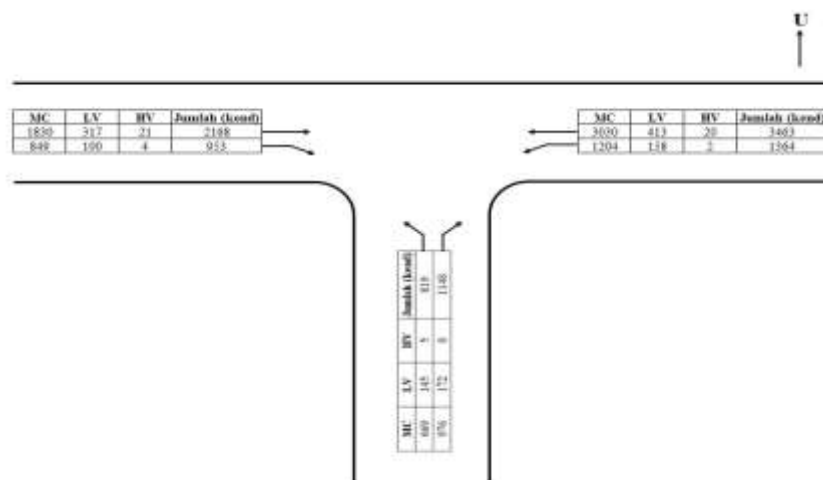
Data volume lalu lintas Simpang Sisingamangaraja pada jam puncak dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Volume Lalu Lintas Simpang Sisingamangaraja

Komposisi Lalu Lintas		LV	HV	MC	Faktor-smp	Faktor-k	
Arus Lalu Lintas	Arah	Kend Ringan LV	Kend Berat HV	Sepeda Motor MC	Kend Bermotor Total MV		Kendaraan Tak Bermotor UM

Pendekat		kend /jam	emp		kend /jam	emp		kend /jam	smp/ jam	Rasio Belok	(kend/jam)
			1			1,3					
			smp/ jam			smp/ jam					
Jl. Kolonel Sugiyono (Timur)	LT	158	158	2	2,6	1204	240,8	1364	401,4	0,278	12
	ST	413	413	20	26	3030	606	3463	1045		21
	RT										
	Total	571	571	22	28,6	4234	846,8	4827	1446,4	0,278	33
Jl. Kolonel Sugiyono (Barat)	LT										
	ST	317	317	21	27,3	1830	366	2168	710,3		23
	RT	100	100	4	5,2	849	169,8	953	275	0,279	5
	Total	417	417	25	32,5	2679	535,8	3121	985,3		28
Jl. Sisingama -ngaraja	LT	145	145	5	6,5	669	133,8	819	285,3	0,437	7
	ST										
	RT	172	172	0	0	976	195,2	1148	367,2	0,563	1
	Total	317	317	5	6,5	1645	329	1967	652,5		8

Berikut merupakan distribusi dari pergerakan arus lalu lintas yang terjadi pada Simpang Sisingamangaraja yang divisualisasikan melalui Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Distribusi Pergerakan Arus Lalu Lintas Simpang Sisingamangaraja

5.1.2 Data geometri simpang

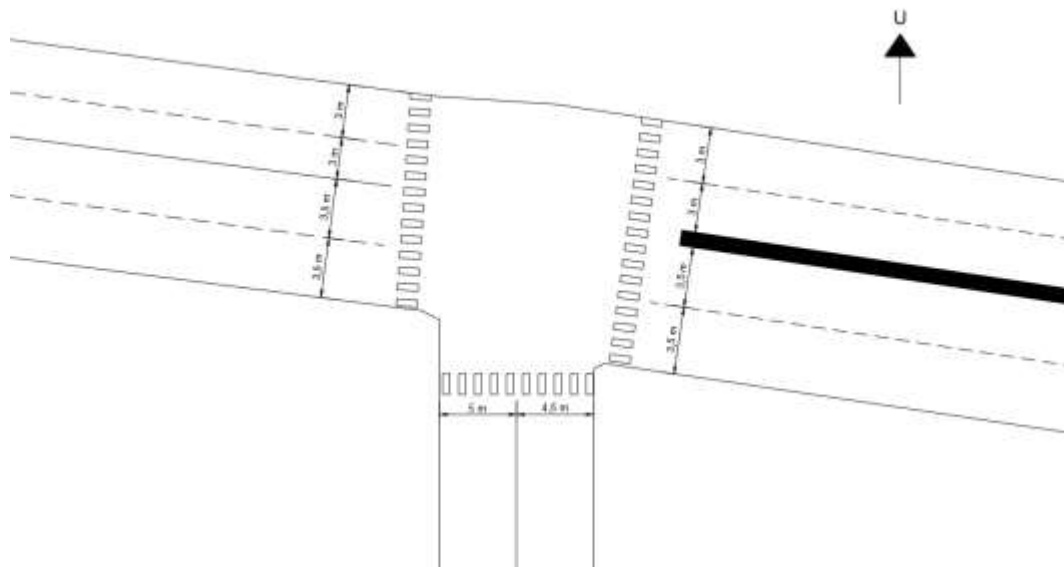
Data geometri simpang merupakan sebuah data mengenai kondisi geometri simpang yang didapatkan dengan melakukan survei langsung di lapangan. Data yang diperlukan yaitu lebar setiap lajur pada jalan, tipe jalan, ketersediaan median, dan belok kiri pada waktu merah (LTOR). Data ini digunakan untuk analisis

menggunakan MKJI 1997 dan pemodelan pada VISSIM. Data geometri pada Simpang Sisingamangaraja dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Geometri Simpang Sisingamangaraja

Pendekat	Tipe Jalan	LTOR
Jalan Kolonel Sugiyono (Barat)	4/2 UD	-
Jalan Sisingamangaraja (Selatan)	2/2 UD	Tidak
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	4/2 D	Tidak

Sketsa geometri Simpang Sisingamangaraja dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Geometri Simpang Sisingamangaraja

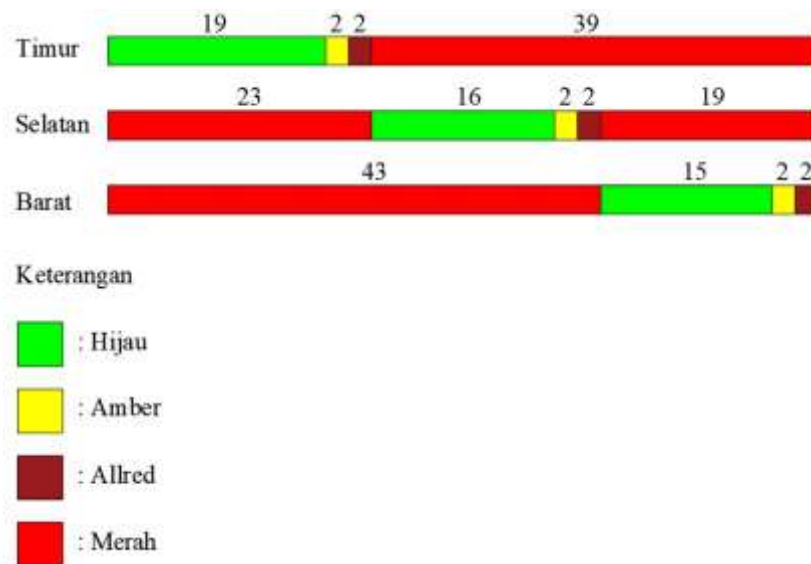
5.1.3 Data waktu siklus simpang dan fase sinyal

Data waktu siklus didapatkan dari survei secara langsung di lapangan. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat *stopwatch* untuk mendapatkan waktu hijau, kuning, merah, dan *allred* pada setiap lengan. Data waktu siklus Simpang Sisingamangaraja dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Waktu Siklus Simpang Sisingamangaraja

Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Allred (detik)	Merah (detik)	Waktu siklus (detik)
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	19	2	2	39	62
Jalan Sisingamangaraja (Selatan)	16	2	2	42	62
Jalan Kolonel Sugiyono (Barat)	15	2	2	43	62

Diagram fase simpang Sisingamangaraja dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Diagram Fase Simpang Sisingamangaraja

5.1.4 Data *driving behavior*

Data *driving behavior* diambil langsung di lapangan dengan mengamati perilaku pengemudi yang sedang mengendarai kendaraan. Data tersebut didapatkan dengan melakukan pengukuran jarak antar kendaraan depan belakang dan jarak lateral sehingga data ini dapat digunakan sebagai parameter pada pemodelan VISSIM. Data *driving behavior* Simpang Sisingamangaraja dapat dilihat pada Lampiran 3. Jarak rata-rata depan belakang untuk kendaraan bergerak adalah sebesar 1,475 m, jarak rata-rata lateral kendaraan bergerak sebesar 0,766, jarak rata-rata depan belakang kendaraan berhenti sebesar 0,704 m, dan jarak rata-rata lateral kendaraan berhenti sebesar 0,623 m.

5.1.5 Data panjang antrean

Data panjang antrean didapatkan dengan pengamatan secara langsung di lapangan. Pengamatan dilakukan dengan mengukur antrean terpanjang kendaraan ketika sinyal merah. Data tersebut digunakan untuk validasi hasil analisis perhitungan berdasarkan MKJI 1997 dan pemodelan pada VISSIM. Data panjang antrean Simpang Sisingamangaraja dapat dilihat pada Lampiran 2. Berdasarkan hasil pengamatan panjang antrean ketika di jam puncak Simpang Sisingamangaraja diperoleh nilai rata-rata panjang antrean pada Jalan Kolonel Sugiyono (barat) sepanjang 41,417 m, Jalan Sisingamangaraja (selatan) sepanjang 25,117 m, dan Jalan Kolonel Sugiyono (timur) sepanjang 56 m.

5.1.6 Hambatan samping

Survei hambatan samping dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung di lapangan yaitu secara kualitatif. Hasil pengamatan secara kualitatif yaitu dalam bentuk foto. Hambatan samping menggambarkan sebuah kondisi pada setiap pendekatan simpang. Data hambatan samping digunakan untuk melakukan analisis menggunakan MKJI 1997. Adapun hambatan samping pendekatan timur (Jalan Kolonel Sugiyono) dapat dilihat pada Gambar 5.6. Berdasarkan Gambar 5.6, tipe lingkungan Jalan Kolonel Sugiyono (timur) yaitu tipe komersial dengan tipe hambatan samping tinggi.



Gambar 5.6 Hambatan Samping Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)

Adapun hambatan samping pada pendekatan selatan (Jalan Sisingamangaraja) dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Hambatan Samping Jalan Sisingamangaraja (Selatan)

Berdasarkan Gambar 5.7, tipe lingkungan Jalan Sisingamangaraja (selatan) yaitu tipe komersial dengan tipe hambatan samping sedang.

Adapun hambatan samping pada pendekatan barat (Jalan Kolonel Sugiyono) dapat dilihat pada Gambar 5.8. Berdasarkan Gambar 5.8, tipe lingkungan Jalan Kolonel Sugiyono (barat) yaitu tipe komersial dengan tipe hambatan samping tinggi.



Gambar 5.8 Hambatan Samping Jalan Kolonel Sugiyono (Barat)

5.2 Analisis Kinerja Eksisting Simpang Berdasarkan MKJI 1997

Analisis kinerja simpang didasarkan pada MKJI 1997. Analisis tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitas, derajat kejenuhan, dan tingkat performansi pada suatu simpang yaitu panjang antrean, kendaraan terhenti, serta tundaan. Berikut merupakan analisis perhitungan kondisi eksisting Simpang Sisingamangaraja berdasarkan MKJI 1997.

1. Arus kendaraan
 - a. Lengan timur = 1447 smp/jam

- b. Lengan barat = 986 smp/jam
 - c. Lengan selatan = 653 smp/jam
2. Lebar efektif lengan
- a. Lengan timur = 7 m
 - b. Lengan barat = 6 m
 - c. Lengan selatan = 5 m

3. Perhitungan arus jenuh dasar

- a. Lengan timur

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times W_e \\ &= 780 \times 7 \\ &= 5460 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

- b. Lengan barat

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times W_e \\ &= 780 \times 6 \\ &= 4680 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

- c. Lengan selatan

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times W_e \\ &= 780 \times 5 \\ &= 3900 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

4. Penentuan faktor koreksi

- a. Faktor koreksi ukuran kota

Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta (2022) mencatat penduduk Kota Yogyakarta pada tahun 2022 terdapat sebanyak 378.913 jiwa sehingga nilai faktor koreksi ukuran kota (F_{CS}) Kota Yogyakarta adalah 0,83.

- b. Faktor koreksi hambatan samping

- 1) Lengan timur

Kondisi lingkungan pada lengan timur yaitu Jalan Kolonel Sugiyono termasuk lingkungan komersial karena terdapat Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU), rumah sakit, dan beberapa toko. Lingkungan jalan pada lengan tersebut jika diamati secara kualitatif termasuk ke dalam hambatan samping tinggi. Tipe fase pada lengan timur adalah terlindung. Berdasarkan pada Tabel 5.1, rasio kendaraan tak bermotor (ρ_{UM}) adalah sebesar 0,007. Berdasarkan Tabel 3.7, didapatkan nilai faktor hambatan samping sebesar 0,93.

2) Lengan barat

Kondisi lingkungan pada lengan barat yaitu Jalan Kolonel Sugiyono termasuk lingkungan komersial karena terdapat dealer mobil, beberapa toko, dan aktivitas bisnis lainnya. Lingkungan jalan pada lengan tersebut jika diamati secara kualitatif termasuk ke dalam hambatan samping tinggi. Tipe fase pada lengan timur adalah terlindung. Berdasarkan pada Tabel 5.1, rasio kendaraan tak bermotor (ρ_{UM}) adalah sebesar 0,007. Berdasarkan Tabel 3.7, didapatkan nilai faktor hambatan samping sebesar 0,93.

3) Lengan selatan

Kondisi lingkungan pada lengan selatan yaitu Jalan Kolonel Sugiyono termasuk lingkungan komersial karena terdapat warung makan dan beberapa aktivitas bisnis. Lingkungan jalan pada lengan tersebut jika diamati secara kualitatif termasuk ke dalam hambatan samping sedang. Tipe fase pada lengan timur adalah terlindung. Berdasarkan pada Tabel 5.1, rasio kendaraan tak bermotor (ρ_{UM}) adalah sebesar 0,007. Berdasarkan Tabel 3.7, didapatkan nilai faktor hambatan samping sebesar 0,94.

c. Faktor koreksi gradien

Faktor kelandaian pada penelitian ini diabaikan sehingga kemiringan dianggap 0%. Berdasarkan Gambar 3.5, nilai faktor kelandaian Simpang Sisingamangaraja pada setiap lengannya adalah 1.

d. Faktor koreksi parkir

Berdasarkan pengamatan secara langsung di lapangan tidak terdapat kendaraan yang terparkir di sepanjang lengan. Berdasarkan Gambar 3.6, maka nilai faktor koreksi parkir Simpang Sisingamangaraja pada setiap lengannya adalah 1.

e. Faktor koreksi belok kanan

1) Lengan timur

Lengan timur pada Simpang Sisingamangaraja tidak ada belok kanan sehingga memiliki nilai faktor koreksi belok kanan sebesar 1.

2) Lengan barat

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1,0 + P_{RT} \square 0,26 \\ &= 1,0 + 0,279 \square 0,26 \end{aligned}$$

$$= 1,073$$

3) Lengan selatan

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1,0 + P_{RT} \square 0,26 \\ &= 1,0 + 0,563 \square 0,26 \\ &= 1,146 \end{aligned}$$

f. Faktor koreksi belok kiri

1) Lengan timur

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 1,0 - P_{LT} \square 0,16 \\ &= 1,0 - 0,278 \square 0,16 \\ &= 0,956 \end{aligned}$$

2) Lengan barat

Lengan barat pada Simpang Sisingamangaraja tidak ada belok kiri sehingga memiliki nilai faktor koreksi belok kiri sebesar 1.

3) Lengan selatan

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 1,0 - P_{LT} \square 0,16 \\ &= 1,0 - 0,437 \square 0,16 \\ &= 0,93 \end{aligned}$$

5. Perhitungan penilaian arus jenuh

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar dan faktor-faktor koreksi yang telah dihitung, maka diperoleh nilai arus jenuh dengan Persamaan 3.14 untuk setiap lengan sebagai berikut. a. Lengan timur

$$\begin{aligned} S &= S_0 \square F_{CS} \square F_{SF} \square F_G \square F_P \square F_{RT} \square F_{LT} \\ &= 5460 \square 0,83 \square 0,93 \square 1 \square 1 \square 1 \square 0,956 \\ &= 4027 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned} S &= S_0 \square F_{CS} \square F_{SF} \square F_G \square F_P \square F_{RT} \square F_{LT} \\ &= 4680 \square 0,83 \square 0,93 \square 1 \square 1 \square 1,073 \square 1 \\ &= 3875 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

c. Lengan selatan

$$\begin{aligned} S &= S_0 \square F_{CS} \square F_{SF} \square F_G \square F_P \square F_{RT} \square F_{LT} \\ &= 3900 \square 0,83 \square 0,94 \square 1 \square 1 \square 1,146 \square 0,93 \\ &= 3244 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

4. Kapasitas

Perhitungan kapasitas dihitung menggunakan Persamaan 3.21. Berikut merupakan perhitungan kapasitas tiap lengan Simpang Sisingamangaraja. a.

Lengan timur

$$\begin{aligned} C &= S \frac{g}{c} \\ &= 4027 \frac{19}{62} \\ &= 1234,214 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned} C &= S \frac{g}{c} \\ &= 3875 \frac{15}{62} \\ &= 937,413 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

c. Lengan selatan

$$\begin{aligned} C &= S \frac{g}{c} \\ &= 3244 \frac{16}{62} \\ &= 837,155 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

5. Derajat kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan dihitung menggunakan Persamaan 3.22. Berikut merupakan perhitungan derajat kejenuhan tiap lengan Simpang Sisingamangaraja

. a. Lengan timur

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{1447}{1234,214} \\ &= 1,172 \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{986}{937,413} \\ &= 1,052 \end{aligned}$$

c. Lengan selatan

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{653}{837,155} \\
 &= 0,78
 \end{aligned}$$

6. Panjang antrean

Perhitungan panjang antrean dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23.

Berikut merupakan perhitungan panjang antrean pada Simpang

Sisingamangaraja. a.

Lengan timur

$$\begin{aligned}
 GR &= \frac{g}{c} \\
 &= \frac{19}{62} \\
 GR &= 0,306
 \end{aligned}$$

Lengan timur memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai NQ_1 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24.

$$\begin{aligned}
 NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \\
 NQ_1 &= 0,25 \times 1234,214 \times \left[(1,172 - 1) + \sqrt{(1,172 - 1)^2 + \frac{8 \times (1,172 - 0,5)}{1234,214}} \right] \\
 NQ_1 &= 110,16 \text{ smp} \\
 NQ_2 &= C \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\
 NQ_2 &= 1234,214 \times \frac{1 - 0,306}{1 - 0,306 \times 1,172} \times \frac{1447}{3600} \\
 NQ_2 &= 26,976 \text{ smp} \\
 NQ &= NQ_1 + NQ_2 \\
 NQ &= 110,16 + 26,976 \\
 NQ &= 137,135 \text{ smp} \\
 NQ_{\max} &= 137,135 \text{ smp}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 QL &= NQ_{\max} \times \frac{20}{W_{\text{masuk}}} \\
 &= 137,135 \times \frac{20}{7} \\
 QL &= 391,815 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned}
 GR &= \frac{g}{c} \\
 &= \frac{15}{62}
 \end{aligned}$$

$$GR = 0,242$$

Lengan barat memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai NQ₁ dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24.

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

$$NQ_1 = 0,25 \times 937,413 \times \left[(1,052 - 1) + \sqrt{(1,052 - 1)^2 + \frac{8 \times (1,052 - 0,5)}{937,413}} \right]$$

$$NQ_1 = 32,301 \text{ smp}$$

$$NQ_2 = C \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

$$NQ_2 = 937,413 \times \frac{1 - 0,242}{1 - 0,242 \times 1,052} \times \frac{986}{3600}$$

$$NQ_2 = 17,267 \text{ smp}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$NQ = 32,301 + 17,267$$

$$NQ = 49,568 \text{ smp}$$

$$NQ_{\max} = 62 \text{ smp}$$

$$QL = NQ_{\max} \times \frac{20}{W_{\text{masuk}}}$$

$$QL = 62 \times \frac{20}{6}$$

$$QL = 206,667 \text{ m}$$

c. Lengan selatan

$$GR = \frac{g}{c}$$

$$GR = \frac{16}{62}$$

$$GR = 0,258$$

Lengan selatan memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai NQ₁ dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24.

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

$$NQ_1 = 0,25 \times 837,155 \times \left[(0,78 - 1) + \sqrt{(0,78 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,78 - 0,5)}{837,155}} \right]$$

$$NQ_1 = 1,256 \text{ smp}$$

$$NQ_2 = C \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

$$NQ_2 = 837,155 \times \frac{1 - 0,258}{1 - 0,258 \times 0,78} \times \frac{986}{3600}$$

$$\begin{aligned}
 NQ_2 &= 10,447 \text{ smp} \\
 NQ &= NQ_1 + NQ_2 \\
 NQ &= 1,256 + 10,447 \\
 NQ &= 11,703 \text{ smp} \\
 NQ_{\max} &= 16 \\
 QL &= NQ_{\max} \cdot \frac{20}{W_{\text{masuk}}} \\
 QL &= 16 \cdot \frac{20}{5} \\
 QL &= 64 \text{ m}
 \end{aligned}$$

7. Kendaraan terhenti

a. Lengan timur

$$\begin{aligned}
 NS &= 0,9 \cdot \frac{NQ}{Q} \cdot 3600 \\
 NS &= 0,9 \cdot \frac{137,135}{1447 \times 62} \times 3600 \\
 NS &= 4,953 \\
 NSV &= Q \cdot NS \\
 NSV &= 1447 \cdot 4,953 \\
 NSV &= 7166,421 \approx 7167 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

b. Lengan barat $NS = 0,9 \cdot \frac{NQ}{Q} \cdot 3600$

$$\begin{aligned}
 NS &= 0,9 \cdot \frac{49,568}{986 \times 62} \times 3600 \\
 NS &= 2,627 \\
 NSV &= Q \cdot NS \\
 NSV &= 986 \cdot 2,627 \\
 NSV &= 2590,318 \approx 2591 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

c. Lengan selatan

$$\begin{aligned}
 NS &= 0,9 \cdot \frac{NQ}{Q} \cdot 3600 \\
 NS &= 0,9 \cdot \frac{11,703}{653 \times 62} \times 3600 \\
 NS &= 0,937 \\
 NSV &= Q \cdot NS \\
 NSV &= 653 \cdot 0,937
 \end{aligned}$$

$$NSV = 611,556 \approx 612 \text{ smp/jam}$$

Perhitungan angka henti pada simpang dihitung menggunakan Persamaan 3.29. Berikut merupakan perhitungan angka henti pada Simpang Sisingamangaraja.

$$\begin{aligned} NS_{\text{tot}} &= \frac{\sum NSV}{Q_{\text{tot}}} \\ &= \frac{7167+2591+612}{1447+986+653} \\ &= \frac{10370}{3086} \\ &= 3,36 \end{aligned}$$

8. Tundaan

Tundaan pada simpang terdapat dua perhitungan yaitu tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DG). Berikut merupakan perhitungan tundaan pada tiap lengan.

a. Lengan timur

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS}$$

$$A = \frac{0,5 \times (1 - 0,306)^2}{1 - 0,306 \times 1,172}$$

$$A = 0,375$$

$$DT_j = c \square A + NQ \frac{\quad}{C} \times 3600$$

$$DT_j = 62 \square 0,375 + \frac{110,16 \times 3600}{1234,214}$$

$$DT_j = 344,591 \text{ det/smp}$$

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \square P_T \square 6 + (p_{sv} \square 4)$$

$$DG_j = (1 - 1) \square 0,278 \square 6 + (1 \square 4)$$

$$DG_j = 4 \text{ det/smp}$$

$$D_j = DT_j + DG_j$$

$$D_j = 344,591 + 4$$

$$D_j = 348,591 \text{ det/smp}$$

b. Lengan barat

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS}$$

$$A = \frac{0,5 \times (1 - 0,242)^2}{1 - 0,242 \times 1,052}$$

$$A = 0,385$$

$$DT_j = c \cdot A \cdot NQ \frac{1}{C} \times 3600$$

$$DT_j = 62 \cdot 0,385 \cdot \frac{32,301 \times 3600}{937,413}$$

$$DT_j = 147,943 \text{ det/smp}$$

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \cdot P_T \cdot 6 + (p_{sv} \cdot 4)$$

$$DG_j = (1 - 1) \cdot 0,279 \cdot 6 + (1 \cdot 4)$$

$$DG_j = 4 \text{ det/smp}$$

$$D_j = DT_j + DG_j$$

$$D_j = 147,943 + 4$$

$$D_j = 151,943 \text{ det/smp}$$

c. Lengan selatan

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS}$$

$$A = \frac{0,5 \times (1 - 0,258)^2}{1 - 0,258 \times 0,78}$$

$$A = 0,345$$

$$DT_j = c \cdot A \cdot NQ \frac{1}{C} \times 3600$$

$$DT_j = 62 \cdot 0,345 \cdot \frac{1,256 \times 3600}{837,155}$$

$$DT_j = 26,766 \text{ det/smp}$$

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \cdot P_T \cdot 6 + (p_{sv} \cdot 4)$$

$$DG_j = (1 - 0,937) \cdot (0,437 + 0,563) \cdot 6 + (0,937 \cdot 4)$$

$$DG_j = 4,127 \text{ det/smp}$$

$$D_j = DT_j + DG_j$$

$$D_j = 26,766 + 4,127$$

$$D_j = 30,893 \text{ det/smp}$$

Perhitungan tundaan rata-rata seluruh simpang (D_I) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.35. Berikut merupakan perhitungan tundaan rata-rata pada Simpang Sisingamangaraja.

$$D_I = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{tot}}$$

$$= \frac{(1447 \times 348,591) + (986 \times 151,943) + (653 \times 30,893)}{3086}$$

$$= 218,535 \text{ det/smp}$$

Hasil analisis kinerja Simpang Sisingamangaraja dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Analisis Kinerja Simpang Sisingamangaraja Eksisting Berdasarkan MKJI 1997

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	DS	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	1234,214	1,172	391,815	348,591	F	218,535	F
Jalan Sisingamangaraja (Selatan)	837,155	0,780	64,000	30,893	D		
Jalan Kolonel Sugiyono (Barat)	937,413	1,052	206,667	151,943	F		

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh panjang antrean pada pendekat Jalan Kolonel Sugiyono (timur) sepanjang 391,815 m dan tundaan sebesar 348,591 detik/smp dengan tingkat pelayanan F. Pendekat Jalan Sisingamangaraja (selatan) memiliki panjang antrean sepanjang 64,000 m dan tundaan sebesar 30,893 detik/smp dengan tingkat pelayanan D. Pada pendekat Jalan Kolonel Sugiyono (barat) didapatkan nilai panjang antrean sepanjang 206,667 m dan tundaan sebesar 151,943 detik/smp dengan tingkat pelayanan D. Tundaan simpang yaitu sebesar 218,535 detik/smp dengan tingkat pelayanan F. Fungsi jalan yang dihubungkan oleh Simpang Sisingamangaraja yaitu dengan fungsi arteri sekunder dan kolektor sekunder. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015, tingkat pelayanan Simpang Sisingamangaraja sekurang-kurangnya pada tingkat pelayanan C sehingga diperlukan adanya alternatif solusi untuk meningkatkan pelayanan simpang.

5.3 Analisis Kinerja Eksisting Simpang Menggunakan *Software* VISSIM

Software VISSIM digunakan untuk membantu pemodelan Simpang Sisingamangaraja. *Output* dari pemodelan menggunakan *software* VISSIM yang diambil yaitu berupa volume kendaraan, panjang antrean, dan tundaan simpang. Pada kondisi eksisting, dilakukan uji validitas untuk volume kendaraan serta panjang antrean.

5.3.1 Hasil pemodelan sebelum kalibrasi

Output dari pemodelan menggunakan perangkat lunak VISSIM berupa volume kendaraan dan panjang antrean. Parameter volume kendaraan digunakan untuk uji GEH sedangkan parameter panjang antrean digunakan untuk uji MAPE. Berikut merupakan data volume kendaraan dan panjang antrean hasil pemodelan menggunakan *software* VISSIM yang dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6.

Tabel 5.5 Volume Kendaraan pada Pemodelan Menggunakan VISSIM Sebelum Kalibrasi

Pendekat	Kendaraan Hasil Observasi (kend/jam)	Kendaraan Pemodelan VISSIM (kend/jam)	GEH
Jl. Kolonel Sugiyono (Timur)	4827	1590	57,147
Jl. Sisingamangaraja (Selatan)	1967	698	34,764
Jl. Kolonel Sugiyono (Barat)	3121	1326	38,067

Nilai GEH untuk parameter volume kendaraan hasil pemodelan pada VISSIM sebelum kalibrasi masih menunjukkan nilai di atas 5 sehingga pemodelan tersebut tidak memenuhi persyaratan GEH yaitu $GEH < 5$.

Tabel 5.6 Panjang Antrean pada Pemodelan Menggunakan VISSIM Sebelum Kalibrasi

Pendekat	Panjang Antrean Hasil Observasi (kend/jam)	Panjang Antrean Pemodelan VISSIM (kend/jam)	MAPE
Jl. Kolonel Sugiyono (Timur)	56,000	294,780	528,946%
Jl. Sisingamangaraja (Selatan)	25,117	164,350	642,855%
Jl. Kolonel Sugiyono (Barat)	41,417	352,520	860,671%

Parameter panjang antrean sebelum kalibrasi menunjukkan nilai MAPE lebih dari 50% sehingga pemodelan tersebut masih menunjukkan hasil yang tidak akurat dan belum memenuhi persyaratan MAPE yaitu $MAPE < 50\%$.

5.3.2 Hasil pemodelan setelah kalibrasi

Hasil pemodelan pada *software* VISSIM masih terdapat data yang belum valid dikarenakan terdapat perbedaan antara kondisi di lapangan dengan pemodelan di VISSIM. *Driving behavior* merupakan salah satu parameter yang menyebabkan data belum valid. Oleh karena itu, perlu dilakukan kalibrasi dan validasi supaya hasil pemodelan oleh *software* VISSIM mencerminkan kondisi di lapangan. Parameter *driving behavior* yang perlu diubah dapat dilihat pada Tabel 5.7. Adanya perubahan pengaturan parameter *driving behavior* berpengaruh terhadap jarak antar kendaraan.

Tabel 5.7 Perubahan Parameter pada *Driving Behavior*

Parameter yang Diubah		Nilai	
		Sebelum Kalibrasi	Sesudah Kalibrasi
<i>Following</i>	<i>Maximum Look Ahead Distance (m)</i>	250	150
	<i>Number of Interaction</i>	4	6
<i>Car Following</i>	<i>Average Standstill Distance (m)</i>	2	0,6
	<i>Additive part of Safety Distance</i>	2	0,6

Lanjutan Tabel 5.7 Perubahan Parameter pada *Driving Behavior*

Parameter yang Diubah		Nilai	
		Sebelum Kalibrasi	Sesudah Kalibrasi
<i>Car Following</i>	<i>Multiplicative Part of Safety Distance</i>	3	1
<i>Lane Change</i>	<i>Waiting time before diffusion (s)</i>	60	40
	<i>Min. Headway (front/rear) (m)</i>	0,5	0,4
	<i>Safety Distance Reduction Factor</i>	0,6	0,4
	<i>Overtake Reduced Speed Area</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>

<i>Lateral</i>	<i>Desired Position at Free Flow</i>	<i>Middle of Lane</i>	<i>Any</i>
	<i>Minimum Distance Standing (m)</i>	0,32	0,2
	<i>Minimum Distance Driving (m)</i>	0,75	0,4
	<i>Overtake on Same Lane</i>	<i>None</i>	<i>On Left</i>
			<i>On Right</i>

Perbandingan secara visual pemodelan pada VISSIM sebelum dilakukan kalibrasi dan setelah dilakukan kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10.



Gambar 5.9 Tampilan Sebelum Kalibrasi



Gambar 5.10 Tampilan Sesudah Kalibrasi

Setelah melakukan proses kalibrasi, maka dilakukan proses validasi supaya hasil dari kalibrasi telah valid. Adapun hasil dari *running* pemodelan setelah kalibrasi untuk uji GEH dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan untuk uji MAPE dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.8 Volume Kendaraan pada Pemodelan Menggunakan VISSIM Setelah Kalibrasi

Pendekat	Kendaraan Hasil Observasi (kend/jam)	Kendaraan Pemodelan VISSIM (kend/jam)	GEH
Jl. Kolonel Sugiyono (Timur)	4827	4689	2,001
Jl. Sisingamangaraja (Selatan)	1967	1938	0,656
Jl. Kolonel Sugiyono (Barat)	3121	2894	4,139

Nilai GEH untuk parameter volume kendaraan hasil pemodelan pada VISSIM setelah kalibrasi menunjukkan nilai di bawah 5 yang menunjukkan bahwa pemodelan tersebut telah memenuhi persyaratan GEH yaitu $GEH < 5$.

Tabel 5.9 Panjang Antrean pada Pemodelan Menggunakan VISSIM Setelah Kalibrasi

Pendekat	Panjang Antrean Hasil Observasi (kend/jam)	Panjang Antrean Pemodelan VISSIM (kend/jam)	MAPE
Jl. Kolonel Sugiyono (Timur)	56,000	51,842	10,611%
Jl. Sisingamangaraja (Selatan)	25,117	18,389	16,886%
Jl. Kolonel Sugiyono (Barat)	41,417	43,623	18,878%

Parameter panjang antrean setelah kalibrasi menunjukkan nilai MAPE kurang dari 50% yang menunjukkan bahwa hasil sudah akurat dan sudah memenuhi persyaratan MAPE yaitu $MAPE < 50\%$. Nilai MAPE yang didapatkan yaitu antara 10-20 sehingga tingkat akurasi sudah menunjukkan baik.

Hasil analisis kinerja Simpang Sisingamangaraja eksisting menggunakan *software* VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Hasil Analisis Kinerja Simpang Sisingamangaraja Eksisting

Pendekat	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	51,840	35,250	D	31,773	D
Jalan Sisingamangaraja (Selatan)	18,390	20,880	C		
Jalan Kolonel Sugiyono (Barat)	43,620	39,190	D		

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh panjang antrean pada pendekat Jalan Kolonel Sugiyono (timur) sepanjang 51,84 m dan tundaan sebesar 35,25 detik/smp dengan tingkat pelayanan D. Pendekat Jalan Sisingamangaraja (selatan) memiliki panjang antrean sepanjang 18,39 m dan tundaan sebesar 20,88 detik/smp dengan tingkat pelayanan C. Pada pendekat Jalan Kolonel Sugiyono (barat) didapatkan nilai

panjang antrean sepanjang 43,62 m dan tundaan sebesar 39,19 detik/smp dengan tingkat pelayanan D. Tundaan simpang pada kondisi eksisting adalah sebesar 31,773 detik/smp dengan tingkat pelayanan D.

5.4 Analisis Kinerja untuk Alternatif Solusi Simpang Berdasarkan MKJI 1997

Terdapat 3 alternatif solusi untuk memperbaiki kondisi eksisting pada Simpang Sisingamangaraja. Alternatif 1 adalah dengan mengubah waktu siklus sinyal sesuai persyaratan yang ada pada MKJI 1997 seperti pada Tabel 3.8 dan diambil nilai waktu siklus yang layak untuk simpang dengan pengaturan 3 fase. Alternatif 2 adalah mengubah waktu siklus sinyal sesuai dengan perhitungan pada MKJI 1997 menggunakan Persamaan 3.18. Alternatif 3 adalah kombinasi belok kiri langsung untuk lengan timur dan selatan serta lurus jalan terus untuk lengan barat dengan pelebaran jalur masing-masing sebesar 1,2 meter untuk lengan timur dan lengan barat.

5.4.1 Analisis kinerja simpang untuk alternatif 1

Alternatif solusi yang pertama yaitu dengan mengubah waktu siklus sinyal sesuai persyaratan yang ada pada MKJI 1997 seperti pada Tabel 3.8. Persyaratan waktu siklus sinyal untuk tipe pengaturan 3 fase adalah 50 – 100 detik. Dalam penelitian ini digunakan waktu siklus sinyal 99 detik. Berikut merupakan analisis perhitungan alternatif 1 Simpang Sisingamangaraja berdasarkan MKJI 1997.

1. Arus kendaraan
 - a. Lengan timur = 1447 smp/jam
 - b. Lengan barat = 986 smp/jam
 - c. Lengan selatan = 653 smp/jam
2. Lebar efektif lengan
 - a. Lengan timur = 7 m
 - b. Lengan barat = 6 m
 - c. Lengan selatan = 5 m
3. Perhitungan arus jenuh dasar
 - a. Lengan timur

$$S_0 = 780 \square W_e$$

$$= 780 \square 7$$

$$= 5460 \text{ smp/jam hijau}$$
 - b. Lengan barat

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 780 \times W_e \\
 &= 780 \times 6 \\
 &= 4680 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

c. Lengan selatan

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 780 \times W_e \\
 &= 780 \times 5 \\
 &= 3900 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

4. Penentuan faktor koreksi

a. Faktor koreksi ukuran kota

Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta (2022) mencatat penduduk Kota Yogyakarta pada tahun 2022 terdapat sebanyak 378.913 jiwa sehingga nilai faktor koreksi ukuran kota (F_{CS}) Kota Yogyakarta adalah 0,83.

b. Faktor koreksi hambatan samping

- 1) Lengan timur = 0,93
- 2) Lengan barat = 0,93
- 3) Lengan selatan = 0,94

c. Faktor koreksi gradien

Faktor kelandaian pada penelitian ini diabaikan sehingga kemiringan dianggap 0%. Berdasarkan Gambar 3.5, nilai faktor kelandaian Simpang Sisingamangaraja pada setiap lengannya adalah 1.

d. Faktor koreksi parkir

Berdasarkan pengamatan secara langsung di lapangan tidak terdapat kendaraan yang terparkir di sepanjang lengan. Berdasarkan Gambar 3.6, maka nilai faktor koreksi parkir Simpang Sisingamangaraja pada setiap lengannya adalah 1.

e. Faktor koreksi belok kanan

1) Lengan timur

Lengan timur pada Simpang Sisingamangaraja tidak ada belok kanan sehingga memiliki nilai faktor koreksi belok kanan sebesar 1.

2) Lengan barat

$$\begin{aligned}
 F_{RT} &= 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \\
 &= 1,0 + 0,279 \times 0,26 \\
 &= 1,073
 \end{aligned}$$

3) Lengan selatan

$$\begin{aligned}
 F_{RT} &= 1,0 + P_{RT} \square 0,26 \\
 &= 1,0 + 0,563 \square 0,26 \\
 &= 1,146
 \end{aligned}$$

f. Faktor koreksi belok kiri

1) Lengan timur

$$\begin{aligned}
 F_{LT} &= 1,0 - P_{LT} \square 0,16 \\
 &= 1,0 - 0,278 \square 0,16 \\
 &= 0,956
 \end{aligned}$$

2) Lengan barat

Lengan barat pada Simpang Sisingamangaraja tidak ada belok kiri sehingga memiliki nilai faktor koreksi belok kiri sebesar 1.

3) Lengan selatan

$$\begin{aligned}
 F_{LT} &= 1,0 - P_{LT} \square 0,16 \\
 &= 1,0 - 0,437 \square 0,16 \\
 &= 0,93
 \end{aligned}$$

5. Perhitungan penilaian arus jenuh

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar dan faktor-faktor koreksi yang telah dihitung, maka diperoleh nilai arus jenuh dengan Persamaan 3.14 untuk setiap lengan sebagai berikut. a. Lengan timur

$$\begin{aligned}
 S &= S_0 \square F_{CS} \square F_{SF} \square F_G \square F_P \square F_{RT} \square F_{LT} \\
 &= 5460 \square 0,83 \square 0,93 \square 1 \square 1 \square 1 \square 0,956 \\
 &= 4027 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned}
 S &= S_0 \square F_{CS} \square F_{SF} \square F_G \square F_P \square F_{RT} \square F_{LT} \\
 &= 4680 \square 0,83 \square 0,93 \square 1 \square 1 \square 1,073 \square 1 \\
 &= 3875 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

c. Lengan selatan

$$\begin{aligned}
 S &= S_0 \square F_{CS} \square F_{SF} \square F_G \square F_P \square F_{RT} \square F_{LT} \\
 &= 3900 \square 0,83 \square 0,94 \square 1 \square 1 \square 1,146 \square 0,93 \\
 &= 3244 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

6. Rasio arus dan rasio arus kritis

Perhitungan rasio arus (FR) dihitung menggunakan Persamaan 3.15. Berikut merupakan perhitungan rasio arus tiap lengan pada Simpang Sisingamangaraja

a. Lengan timur

$$FR = Q$$

$$\begin{aligned} & s \\ & = \frac{1447}{4027} \\ & = 0,359 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,359$$

b. Lengan barat $FR = Q$

$$\begin{aligned} & s \\ & = \frac{986}{3875} \\ & = 0,254 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,254$$

c. Lengan selatan $FR = Q$

$$\begin{aligned} & s \\ & = \frac{653}{3244} \\ & = 0,201 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,201$$

Nilai rasio arus simpang (IFR) didapatkan dengan menjumlahkan nilai FR_{crit} pada setiap lengan. Berikut merupakan perhitungan rasio arus simpang.

$$\begin{aligned} IFR & = \sum FR_{crit} \\ & = 0,359 + 0,254 + 0,201 \\ & = 0,815 \end{aligned}$$

7. Rasio fase

Perhitungan rasio fase (PR) dihitung menggunakan Persamaan 3.17. Berikut merupakan perhitungan rasio fase tiap lengan pada Simpang

Sisingamangaraja. a. Lengan timur

$$PR = \frac{FR_{crit}}{IFR}$$

$$\begin{aligned} & = \frac{0,359}{0,815} \\ & = 0,441 \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned}
 PR &= FR \\
 &\frac{\text{---}_{crit}}{IFR} \\
 &= \frac{0,254}{0,815} \\
 &= 0,312
 \end{aligned}$$

c. Lengan selatan $PR = FR \frac{\text{---}_{crit}}{IFR}$

$$\begin{aligned}
 &\frac{0,201}{0,815} \\
 &= 0,247
 \end{aligned}$$

8. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Waktu siklus sinyal diambil sesuai persyaratan yang ada pada MKJI 1997 seperti pada Tabel 3.8. Nilai waktu siklus yang layak untuk simpang dengan pengaturan 3 fase yaitu 50 – 100 detik. Waktu siklus untuk alternatif 1 diambil sebesar 98 detik.

9. Waktu hijau

Waktu hijau dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.19. Berikut merupakan perhitungan waktu hijau tiap lengan pada Simpang

Sisingamangaraja. a. Lengan

$$g_{timur} = c - LTI \square$$

$$\begin{aligned}
 PR &= 98 - 12 \square 0,441 \\
 &= 38 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

b. Lengan barat $g_{barat} = c - LTI \square PR = 98 -$

$$\begin{aligned}
 &12 \square 0,312 \\
 &= 27 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

c. Lengan selatan $g_{selatan} = c - LTI \square PR$

$$\begin{aligned}
 &= 98 - 12 \square 0,247 \\
 &= 22 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan perhitungan waktu hijau total.

$$\begin{aligned}
 \sum g &= g_{timur} + g_{barat} + g_{selatan} \\
 &= 39 + 28 + 22 \\
 &= 87 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

10. Waktu siklus penyesuaian

Waktu siklus penyesuaian dihitung berdasar pada pembulatan waktu hijau (g) dan waktu hilang (LTI) seperti pada Persamaan 3.20. Berikut merupakan

perhitungan waktu siklus penyesuaian alternatif solusi 1 untuk Simpang Sisingamangaraja. $c = \sum g + LTI = 87 + 12$
 $= 99$ detik

11. Kapasitas

Perhitungan kapasitas dihitung menggunakan Persamaan 3.21. Berikut merupakan perhitungan kapasitas tiap lengan Simpang Sisingamangaraja. a.

Lengan timur

$$\begin{aligned} C &= S \frac{g}{c} \\ &= 4027 \frac{38}{99} \\ &= 1545,884 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned} C &= S \frac{g}{c} \\ &= 3875 \frac{27}{99} \\ &= 1056,720 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

c. Lengan selatan

$$\begin{aligned} C &= S \frac{g}{c} \\ &= 3244 \frac{22}{99} \\ &= 720,884 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

12. Derajat kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan dihitung menggunakan Persamaan 3.22. Berikut merupakan perhitungan derajat kejenuhan tiap lengan Simpang Sisingamangaraja pada alternatif solusi

1. a. Lengan timur $DS = \frac{Q}{C}$

$$\begin{aligned} &= \frac{1447}{1545,884} \\ &= 0,936 \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{986}{1056,720} \end{aligned}$$

$$= 0,933$$

c. Lengan selatan DS = Q

$$\begin{aligned} C &= \frac{653}{720,884} \\ &= 0,906 \end{aligned}$$

13. Panjang antrean

Perhitungan panjang antrean dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23.

Berikut merupakan perhitungan panjang antrean pada Simpang

Sisingamangaraja untuk alternatif solusi 1. a.

Lengan timur

$$\begin{aligned} GR &= \frac{g}{c} \\ &= \frac{38}{99} \\ GR &= 0,384 \end{aligned}$$

Lengan timur memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai

NQ₁ dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24.

$$\begin{aligned} NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \\ NQ_1 &= 0,25 \times 1545,884 \times \left[(0,936 - 1) + \sqrt{(0,936 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,936 - 0,5)}{1545,884}} \right] \\ NQ_1 &= 6,071 \text{ smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NQ_2 &= \frac{C \times (1 - GR) \times Q}{1 - GR \times DS} = \frac{1545,884 \times (1 - 0,384) \times 1447}{1 - 0,384 \times 0,936} \\ NQ_2 &= 38,268 \text{ smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NQ &= NQ_1 + NQ_2 \\ NQ &= 6,071 + 38,268 \end{aligned}$$

$$NQ = 44,339 \text{ smp}$$

$$NQ_{\max} = 68 \text{ smp}$$

$$QL = NQ_{\max} \times \frac{20}{W_{\text{masuk}}}$$

$$\begin{aligned} QL &= 68 \times \frac{20}{7} \\ QL &= 194,286 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned} \text{GR} &= \frac{g}{c} \\ \text{GR} &= \frac{27}{99} \\ \text{GR} &= 0,273 \end{aligned}$$

Lengan barat memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai NQ₁ dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24.

$$\begin{aligned} \text{NQ}_1 &= 0,25 \times C \times \left[(\text{DS} - 1) + \sqrt{(\text{DS} - 1)^2 + \frac{8 \times (\text{DS} - 0,5)}{C}} \right] \\ \text{NQ}_1 &= 0,25 \times 1056,720 \times \left[(0,933 - 1) + \sqrt{(0,933 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,933 - 0,5)}{1056,720}} \right] \\ \text{NQ}_1 &= 5,588 \text{ smp} \\ \text{NQ}_2 &= C \times \frac{1 - \text{GR} \times Q}{1 - \text{GR} \times \text{DS}} \times \frac{Q}{3600} \\ \text{NQ}_2 &= 1056,720 \times \frac{1 - 0,273}{1 - 0,273 \times 0,933} \times \frac{986}{3600} \\ \text{NQ}_2 &= 26,451 \text{ smp} \\ \text{NQ} &= \text{NQ}_1 + \text{NQ}_2 \\ \text{NQ} &= 5,588 + 26,451 \\ \text{NQ} &= 32,039 \text{ smp} \\ \text{NQ}_{\max} &= 49 \text{ smp} \end{aligned}$$

$$\text{QL} = \text{NQ}_{\max} \times \frac{20}{W_{\text{masuk}}}$$

$$\begin{aligned} \text{QL} &= 49 \times \frac{20}{6} \\ \text{QL} &= 163,333 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Lengan selatan

$$\begin{aligned} \text{GR} &= \frac{g}{c} \\ \text{GR} &= \frac{22}{99} \\ \text{GR} &= 0,222 \end{aligned}$$

Lengan selatan memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai NQ₁ dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24.

$$\begin{aligned} \text{NQ}_1 &= 0,25 \times C \times \left[(\text{DS} - 1) + \sqrt{(\text{DS} - 1)^2 + \frac{8 \times (\text{DS} - 0,5)}{C}} \right] \\ \text{NQ}_1 &= 0,25 \times 720,884 \times \left[(0,906 - 1) + \sqrt{(0,906 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,906 - 0,5)}{720,884}} \right] \\ \text{NQ}_1 &= 3,869 \text{ smp} \\ \text{NQ}_2 &= C \times \frac{1 - \text{GR} \times Q}{1 - \text{GR} \times \text{DS}} \times \frac{Q}{3600} \end{aligned}$$

$$NQ_2 = 720,884 \cdot \frac{1 - 0,222}{1 - 0,222 \times 0,906} \cdot \frac{653}{3600}$$

$$NQ_2 = 17,487 \text{ smp}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$NQ = 3,869 + 17,487$$

$$NQ = 21,356 \text{ smp}$$

$$NQ_{\max} = 36 \text{ smp}$$

$$QL = NQ_{\max} \cdot \frac{20}{W_{\text{masuk}}}$$

$$QL = 36 \cdot \frac{20}{5}$$

$$QL = 144 \text{ m}$$

14. Kendaraan terhenti

- a. Lengan timur NS = 0,9

$$NQ = 3600$$

$$Q = c$$

$$NS = 0,9 \cdot \frac{44,339}{1447 \times 99} \times 3600$$

$$NS = 1,003$$

$$NSV = Q \cdot NS$$

$$NSV = 1447 \cdot 1,003$$

$$NSV = 1451,086 \approx 1452 \text{ smp/jam}$$

- b. Lengan barat NS = 0,9

$$NQ = 3600$$

$$Q = c$$

$$NS = 0,9 \cdot \frac{32,039}{986 \times 99} \times 3600$$

$$NS = 1,063$$

$$NSV = Q \cdot NS$$

$$NSV = 986 \cdot 1,063$$

$$NSV = 1048,557 \approx 1049 \text{ smp/jam}$$

- c. Lengan selatan

$$NS = 0,9 \cdot \frac{NQ = 3600}{Q = c}$$

$$NS = 0,9 \cdot \frac{21,356}{653 \times 99} \times 3600$$

$$NS = 1,070$$

$$NSV = Q \square NS$$

$$NSV = 653 \square 1,070$$

$$NSV = 698,916 \approx 699 \text{ smp/jam}$$

Perhitungan angka henti pada simpang dihitung menggunakan Persamaan 3.29. Berikut merupakan perhitungan angka henti pada Simpang Sisingamangaraja.

$$\begin{aligned} NS_{\text{tot}} &= \frac{\sum NSV}{Q_{\text{tot}}} \\ &= \frac{1452+1049+699}{1447+986+653} \\ &= \frac{3200}{3086} \\ &= 1,037 \end{aligned}$$

15. Tundaan

Tundaan pada simpang terdapat dua perhitungan yaitu tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DG). Berikut merupakan perhitungan tundaan pada tiap lengan.

a. Lengan timur

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS}$$

$$A = \frac{0,5 \times (1 - 0,384)^2}{1 - 0,384 \times 0,936}$$

$$A = 0,296$$

$$DT_j = c \square A + \frac{NQ_1 \times 3600}{c}$$

$$DT_j = 99 \square 0,296 + \frac{6,077 \times 3600}{1545,884}$$

$$DT_j = 43,469 \text{ det/smp}$$

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \square P_T \square 6 + (p_{sv} \square 4)$$

$$DG_j = (1 - 1) \square 0,278 \square 6 + (1 \square 4)$$

$$DG_j = 4 \text{ det/smp}$$

$$D_j = DT_j + DG_j$$

$$D_j = 43,469 + 4$$

$$D_j = 47,469 \text{ det/smp}$$

b. Lengan barat

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS}$$

$$A = \frac{0,5 \times (1 - 0,273)^2}{1 - 0,273 \times 0,933}$$

$$A = 0,355$$

$$DT_j = c \cdot A \cdot \frac{NQ_T \times 3600}{C} \cdot DT_j =$$

$$99 \cdot 0,355 \cdot \frac{5,588 \times 3600}{1056,720}$$

$$1056,720$$

$$DT_j = 54,156 \text{ det/smp}$$

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \cdot P_T \cdot 6 + (p_{sv} \cdot 4)$$

$$DG_j = (1 - 1) \cdot 0,279 \cdot 6 + (1 \cdot 4)$$

$$DG_j = 4 \text{ det/smp}$$

$$D_j = DT_j + DG_j$$

$$D_j = 54,156 + 4$$

$$D_j = 58,156 \text{ det/smp}$$

c. Lengan selatan

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS}$$

$$A = \frac{0,5 \times (1 - 0,222)^2}{1 - 0,222 \times 0,906}$$

$$A = 0,379$$

$$DT_j = c \cdot A \cdot \frac{NQ_T \times 3600}{C} \cdot DT_j =$$

$$99 \cdot 0,379 \cdot \frac{3,869 \times 3600}{720,884}$$

$$DT_j = 56,811 \text{ det/smp}$$

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \cdot P_T \cdot 6 + (p_{sv} \cdot 4)$$

$$DG_j = (1 - 1) \cdot (0,437 + 0,563) \cdot 6 + (1 \cdot 4)$$

$$DG_j = 4 \text{ det/smp}$$

$$D_j = DT_j + DG_j$$

$$D_j = 56,811 + 4$$

$$D_j = 60,811 \text{ det/smp}$$

Perhitungan tundaan rata-rata seluruh simpang (D_I) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.35. Berikut merupakan perhitungan tundaan rata-rata pada Simpang Sisingamangaraja.

$$\begin{aligned}
 D_I &= \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{tot}} \\
 &= \frac{(1447 \times 47,469) + (986 \times 58,156) + (653 \times 60,811)}{3086} \\
 &= 53,707 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

5.4.2 Analisis kinerja simpang untuk alternatif 2

Alternatif solusi yang kedua yaitu dengan mengubah waktu siklus sinyal sesuai dengan perhitungan MKJI 1997. Berikut merupakan analisis perhitungan alternatif 2 Simpang Sisingamangaraja berdasarkan MKJI 1997.

1. Arus kendaraan
 - a. Lengan timur = 1447 smp/jam
 - b. Lengan barat = 986 smp/jam
 - c. Lengan selatan = 653 smp/jam
2. Lebar efektif lengan
 - a. Lengan timur = 7 m
 - b. Lengan barat = 6 m
 - c. Lengan selatan = 5 m
3. Perhitungan arus jenuh dasar
 - a. Lengan timur

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 780 \square W_e \\
 &= 780 \square 7 \\
 &= 5460 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$
 - b. Lengan barat

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 780 \square W_e \\
 &= 780 \square 6 \\
 &= 4680 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$
 - c. Lengan selatan

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 780 \square W_e \\
 &= 780 \square 5 \\
 &= 3900 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

4. Penentuan faktor koreksi

a. Faktor koreksi ukuran kota

Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta (2022) mencatat penduduk Kota Yogyakarta pada tahun 2022 terdapat sebanyak 378.913 jiwa sehingga nilai faktor koreksi ukuran kota (F_{CS}) Kota Yogyakarta adalah 0,83.

b. Faktor koreksi hambatan samping

1) Lengan timur = 0,93

2) Lengan barat = 0,93

3) Lengan selatan = 0,94

c. Faktor koreksi gradien

Faktor kelandaian pada penelitian ini diabaikan sehingga kemiringan dianggap 0%. Berdasarkan Gambar 3.5, nilai faktor kelandaian Simpang Sisingamangaraja pada setiap lengannya adalah 1.

d. Faktor koreksi parkir

Berdasarkan pengamatan secara langsung di lapangan tidak terdapat kendaraan yang terparkir di sepanjang lengan. Berdasarkan Gambar 3.6, maka nilai faktor koreksi parkir Simpang Sisingamangaraja pada setiap lengannya adalah 1.

e. Faktor koreksi belok kanan

1) Lengan timur

Lengan timur pada Simpang Sisingamangaraja tidak ada belok kanan sehingga memiliki nilai faktor koreksi belok kanan sebesar 1.

2) Lengan barat

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1,0 + P_{RT} \square 0,26 \\ &= 1,0 + 0,279 \square 0,26 \\ &= 1,073 \end{aligned}$$

3) Lengan selatan

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1,0 + P_{RT} \square 0,26 \\ &= 1,0 + 0,563 \square 0,26 \\ &= 1,146 \end{aligned}$$

f. Faktor koreksi belok kiri

1) Lengan timur

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \square 0,16$$

$$= 1,0 - 0,278 \times 0,16$$

$$= 0,956$$

2) Lengan barat

Lengan barat pada Simpang Sisingamangaraja tidak ada belok kiri sehingga memiliki nilai faktor koreksi belok kiri sebesar 1.

3) Lengan selatan

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16$$

$$= 1,0 - 0,437 \times 0,16$$

$$= 0,93$$

5. Perhitungan penilaian arus jenuh

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar dan faktor-faktor koreksi yang telah dihitung, maka diperoleh nilai arus jenuh dengan Persamaan 3.14 untuk setiap lengan sebagai berikut. a. Lengan timur

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

$$= 5460 \times 0,83 \times 0,93 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,956$$

$$= 4027 \text{ smp/jam hijau}$$

b. Lengan barat

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

$$= 4680 \times 0,83 \times 0,93 \times 1 \times 1 \times 1,073 \times 1$$

$$= 3875 \text{ smp/jam hijau}$$

c. Lengan selatan

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

$$= 3900 \times 0,83 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1,146 \times 0,93$$

$$= 3244 \text{ smp/jam hijau}$$

6. Rasio arus dan rasio arus kritis

Perhitungan rasio arus (FR) dihitung menggunakan Persamaan 3.15. Berikut merupakan perhitungan rasio arus tiap lengan pada Simpang Sisingamangaraja

. a. Lengan timur

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

$$= \frac{1447}{4027}$$

$$= 0,359$$

$$FR_{crit} = 0,359$$

b. Lengan barat $FR = Q$

S

$$= \frac{986}{3875}$$

$$= 0,254$$

$$FR_{crit} = 0,254$$

c. Lengan selatan $FR = Q$

S

$$= \frac{653}{3244}$$

$$= 0,201$$

$$FR_{crit} = 0,201$$

Nilai rasio arus simpang (IFR) didapatkan dengan menjumlahkan nilai FR_{crit} pada setiap lengan. Berikut merupakan perhitungan rasio arus simpang.

$$\begin{aligned} IFR &= \sum FR_{crit} \\ &= 0,359 + 0,254 + 0,201 \\ &= 0,815 \end{aligned}$$

7. Rasio fase

Perhitungan rasio fase (PR) dihitung menggunakan Persamaan 3.17. Berikut merupakan perhitungan rasio fase tiap lengan pada Simpang

Sisingamangaraja. a. Lengan timur

$$\begin{aligned} PR &= FR \\ &\frac{\text{---}_{crit}}{IFR} \\ &= \frac{0,359}{0,815} \\ &= 0,441 \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned} PR &= FR \\ &\frac{\text{---}_{crit}}{IFR} \\ &= \frac{0,254}{0,815} \\ &= 0,312 \end{aligned}$$

c. Lengan selatan $PR = FR_{\text{---}_{crit}}$

$$\begin{aligned} & \text{IFR} \\ & \frac{0,201}{= 0,815} \\ & = 0,247 \end{aligned}$$

8. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian dihitung menggunakan Persamaan 3.18. Berikut merupakan perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian alternatif solusi 2 untuk Simpang Sisingamangaraja. $c = 1,5 \times LTI + 5$

$$\begin{aligned} & \frac{1 - \Sigma \text{FR}_{\text{crit}}}{= \frac{1,5 \times 12 + 5}{1 - 0,815}} \\ & = 125 \text{ detik} \end{aligned}$$

9. Waktu hijau

Waktu hijau dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.19. Berikut merupakan perhitungan waktu hijau tiap lengan pada Simpang Sisingamangaraja. a. Lengan

$$\begin{aligned} \text{timur } g_{\text{timur}} &= c - LTI \square \\ \text{PR} &= 125 - 12 \square 0,441 \\ &= 50 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Lengan barat } g_{\text{barat}} &= c - LTI \square \text{PR} = 125 - \\ & 12 \square 0,312 \\ &= 36 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Lengan selatan } g_{\text{selatan}} &= c - LTI \square \text{PR} \\ &= 125 - 12 \square 0,247 \\ &= 28 \text{ detik} \end{aligned}$$

Berikut merupakan perhitungan waktu hijau total.

$$\begin{aligned} \Sigma g &= g_{\text{timur}} + g_{\text{barat}} + g_{\text{selatan}} \\ &= 50 + 36 + 28 \\ &= 114 \text{ detik} \end{aligned}$$

10. Waktu siklus penyesuaian

Waktu siklus penyesuaian dihitung berdasar pada pembulatan waktu hijau (g) dan waktu hilang (LTI) seperti pada Persamaan 3.20. Berikut merupakan perhitungan waktu siklus penyesuaian alternatif solusi 2 untuk Simpang Sisingamangaraja. $c = \Sigma g + LTI = 114 + 12$

$$= 126 \text{ detik}$$

11. Kapasitas

Perhitungan kapasitas dihitung menggunakan Persamaan 3.21. Berikut merupakan perhitungan kapasitas tiap lengan Simpang Sisingamangaraja. a.

Lengan timur

$$\begin{aligned} C &= S \frac{g}{c} \\ &= 4027 \frac{50}{126} \\ &= 1598,189 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned} C &= S \frac{g}{c} \\ &= 3875 \frac{36}{126} \\ &= 1107,040 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

c. Lengan selatan

$$\begin{aligned} C &= S \frac{g}{c} \\ &= 3244 \frac{28}{126} \\ &= 720,884 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

12. Derajat kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan dihitung menggunakan Persamaan 3.22. Berikut merupakan perhitungan derajat kejenuhan tiap lengan Simpang Sisingamangaraja pada alternatif solusi

2. a. Lengan timur $DS = Q$

$$\begin{aligned} &C \\ &= \frac{1447}{1598,189} \\ &= 0,905 \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned} DS &= Q \\ &C \\ &= \frac{986}{1107,040} \\ &= 0,891 \end{aligned}$$

c. Lengan selatan $DS = Q$

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{653}{720,884} \\
 &= 0,906
 \end{aligned}$$

13. Panjang antrean

Perhitungan panjang antrean dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23.

Berikut merupakan perhitungan panjang antrean pada Simpang Sisingamangaraja untuk alternatif solusi 2. a.

Lengan timur

$$GR = \frac{g}{c}$$

$$GR = \frac{50}{126}$$

$$GR = 0,397$$

Lengan timur memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai NQ_1 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24.

$$\begin{aligned}
 NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right] \\
 NQ_1 &= 0,25 \times 1598,189 \times \left[(0,905 - 1) + \sqrt{(0,905 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,905 - 0,5)}{1598,189}} \right]
 \end{aligned}$$

$$NQ_1 = 4,067 \text{ smp}$$

$$NQ_2 = C \times \frac{1 - GR \times Q}{1 - GR \times DS} \times \frac{1447}{3600}$$

$$NQ_2 = 1598,189 \times \frac{1 - 0,397}{1 - 0,397 \times 0,905} \times \frac{1447}{3600}$$

$$NQ_2 = 47,678 \text{ smp}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$NQ = 4,067 + 47,678$$

$$NQ = 51,744 \text{ smp}$$

$$NQ_{\max} = 51,744 \text{ smp}$$

$$QL = NQ_{\max} \times \frac{20}{W_{\text{masuk}}}$$

$$QL = 51,744 \times \frac{20}{7}$$

$$QL = 147,841 \text{ m}$$

b. Lengan barat

$$GR = \frac{g}{c}$$

$$GR = \frac{36}{126}$$

$$GR = 0,14$$

Lengan barat memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai NQ_1 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24.

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

$$NQ_1 = 0,25 \times 1107,040 \times \left[(0,891 - 1) + \sqrt{(0,891 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,891 - 0,5)}{1107,040}} \right]$$

$$NQ_1 = 3,384 \text{ smp}$$

$$NQ_2 = C \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

$$NQ_2 = 1107,040 \times \frac{1 - 0,286}{1 - 0,286 \times 0,891} \times \frac{986}{3600}$$

$$NQ_2 = 33,064 \text{ smp}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$NQ = 3,384 + 33,064$$

$$NQ = 36,448 \text{ smp}$$

$$NQ_{\max} = 56 \text{ smp}$$

$$QL = NQ_{\max} \times \frac{20}{W_{\text{masuk}}}$$

$$QL = 56 \times \frac{20}{6}$$

$$QL = 186,667 \text{ m}$$

c. Lengan selatan

$$GR = \frac{g}{c}$$

$$GR = \frac{28}{126}$$

$$GR = 0,222$$

Lengan selatan memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai NQ_1 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24.

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

$$NQ_1 = 0,25 \times 720,884 \times \left[(0,906 - 1) + \sqrt{(0,906 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,906 - 0,5)}{720,884}} \right]$$

$$NQ_1 = 3,869 \text{ smp}$$

$$NQ_2 = C \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

$$NQ_2 = 720,884 \times \frac{1 - 0,222}{1 - 0,222 \times 0,906} \times \frac{653}{3600}$$

$$NQ_2 = 22,256 \text{ smp}$$

$$\begin{aligned}NQ &= NQ_1 + NQ_2 \\NQ &= 3,869 + 22,256 \\NQ &= 26,125 \text{ smp} \\NQ_{\max} &= 42\end{aligned}$$

$$QL = NQ_{\max} \cdot \frac{20}{W_{\text{masuk}}}$$

$$QL = 42 \cdot \frac{20}{5}$$

$$QL = 168 \text{ m}$$

14. Kendaraan terhenti

- a. Lengan timur $NS = 0,9 \cdot$

$$NQ \cdot 3600$$

$$Q \cdot c$$

$$NS = 0,9 \cdot \frac{51,744}{1447 \times 121} \cdot 3600$$

$$NS = 0,920$$

$$NSV = Q \cdot NS$$

$$NSV = 1447 \cdot 0,920$$

$$NSV = 1330,568 \approx 1331 \text{ smp/jam}$$

- b. Lengan barat $NS = 0,9 \cdot$

$$NQ \cdot 3600$$

$$Q \cdot c$$

$$NS = 0,9 \cdot \frac{36,448}{986 \times 126} \times 3600$$

$$NS = 0,951$$

$$NSV = Q \cdot NS$$

$$NSV = 986 \cdot 0,951$$

$$NSV = 937,229 \approx 938 \text{ smp/jam}$$

- c. Lengan selatan

$$NS = 0,9 \cdot \frac{NQ \cdot 3600}{Q \cdot c}$$

$$NS = 0,9 \cdot \frac{26,125}{653 \times 126} \times 3600$$

$$NS = 1,029$$

$$NSV = Q \cdot NS$$

$$NSV = 653 \cdot 1,029$$

$$NSV = 671,784 \approx 672 \text{ smp/jam}$$

Perhitungan angka henti pada simpang dihitung menggunakan Persamaan 3.29. Berikut merupakan perhitungan angka henti pada Simpang Sisingamangaraja.

$$\begin{aligned} NS_{\text{tot}} &= \frac{\sum NSV}{Q_{\text{tot}}} \\ &= \frac{1331+938+672}{1447+986+653} \\ &= \frac{2941}{3086} \\ &= 0,953 \end{aligned}$$

15. Tundaan

Tundaan pada simpang terdapat dua perhitungan yaitu tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DG). Berikut merupakan perhitungan tundaan pada tiap lengan.

a. Lengan timur

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS}$$

$$A = \frac{0,5 \times (1 - 0,397)^2}{1 - 0,397 \times 0,905}$$

$$A = 0,284$$

$$DT_j = c \cdot A + \frac{N \cdot Q \times 3600}{C} \cdot DT_j =$$

$$126 \cdot 0,284 + 4,067 \times 3600$$

$$1598,189$$

$$DT_j = 44,934 \text{ det/smp}$$

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \cdot P_T \cdot 6 + (p_{sv} \cdot 4)$$

$$DG_j = (1 - 0,920) \cdot 0,278 \cdot 6 + (0,920 \cdot 4)$$

$$DG_j = 3,812 \text{ det/smp}$$

$$D_j = DT_j + DG_j$$

$$D_j = 44,934 + 3,812$$

$$D_j = 48,746 \text{ det/smp}$$

b. Lengan barat

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS}$$

$$A = 0,5 \times (1 - 0,286)^2$$

$$1 - 0,286 \times 0,891$$

$$A = 0,342$$

$$DT_j = c \cdot A \cdot NQ \frac{1 \times 3600}{C}$$

$$DT_j = 126 \cdot 0,342 \cdot \frac{3,384 \times 3600}{1107,040}$$

$$DT_j = 54,118 \text{ det/smp}$$

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \cdot P_T \cdot 6 + (p_{sv} \cdot 4)$$

$$DG_j = (1 - 0,951) \cdot 0,279 \cdot 6 + (0,951 \cdot 4)$$

$$DG_j = 3,885 \text{ det/smp}$$

$$D_j = DT_j + DG_j$$

$$D_j = 54,118 + 3,885$$

$$D_j = 58,003 \text{ det/smp}$$

c. Lengan selatan

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS}$$

$$A = \frac{0,5 \times (1 - 0,222)^2}{1 - 0,222 \times 0,906}$$

$$A = 0,379$$

$$DT_j = c \cdot A \cdot NQ \frac{1 \times 3600}{C}$$

$$DT_j = 126 \cdot 0,379 \cdot \frac{3,869 \times 3600}{720,884}$$

$$DT_j = 67,036 \text{ det/smp}$$

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \cdot P_T \cdot 6 + (p_{sv} \cdot 4)$$

$$DG_j = (1 - 1) \cdot (0,437 + 0,563) \cdot 6 + (1 \cdot 4)$$

$$DG_j = 4 \text{ det/smp}$$

$$D_j = DT_j + DG_j$$

$$D_j = 67,036 + 4$$

$$D_j = 71,036 \text{ det/smp}$$

Perhitungan tundaan rata-rata seluruh simpang (D_I) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.35. Berikut merupakan perhitungan tundaan rata-rata pada Simpang Sisingamangaraja.

$$D_I = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{tot}}$$

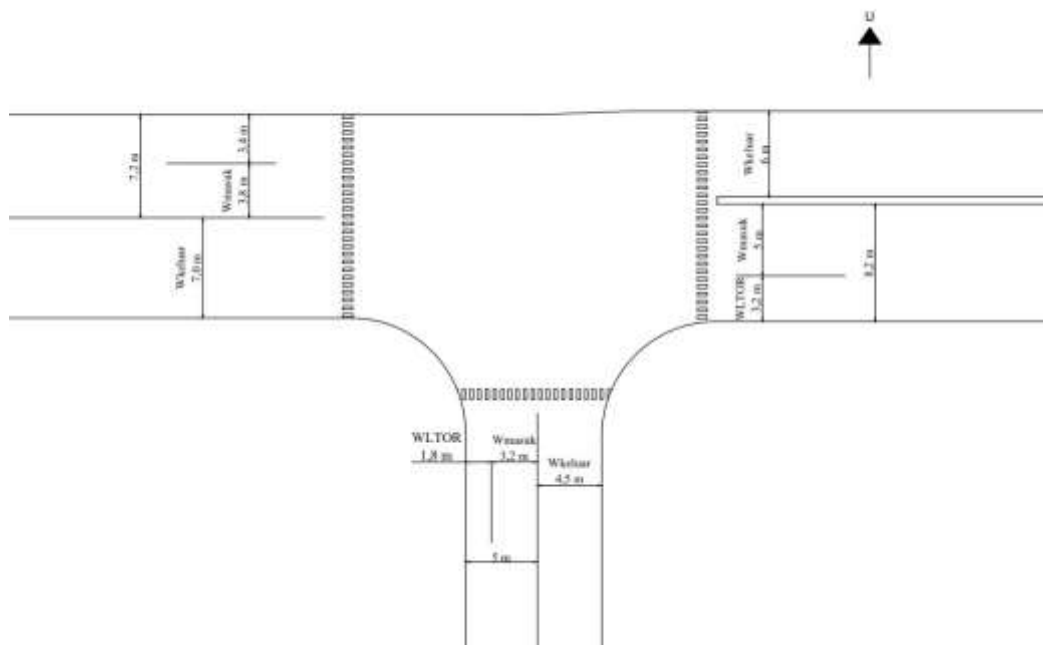
$$= (1447 \times 48,746) + (986 \times 58,003) + (653 \times 71,036)$$

3086

$$= 56,420 \text{ det/smp}$$

5.4.3 Analisis kinerja simpang untuk alternatif 3

Alternatif solusi yang ketiga yaitu kombinasi belok kiri langsung (LTOR) untuk lengan timur dan selatan serta lurus jalan terus untuk lengan barat dengan pelebaran jalan pada pendekatan timur dari 7 meter menjadi 8,2 meter dan untuk pendekatan barat dari 6 meter menjadi 7,2 meter. Geometri Simpang Sisingamangaraja untuk alternatif 3 dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Geometri Simpang Sisingamangaraja Alternatif 3

Berikut merupakan analisis perhitungan alternatif 3 Simpang Sisingamangaraja berdasarkan MKJI 1997.

1. Arus kendaraan

$$\begin{aligned} \text{a. Lengan timur} &= Q_{T\text{timur}} - Q_{LT\text{timur}} \\ &= 1446,4 - 401,4 \\ &= 1045 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Lengan barat} &= Q_{T\text{barat}} - Q_{ST\text{barat}} \\ &= 985,3 - 710,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 275 \text{ smp/jam} \\ \text{c. Lengan selatan} &= 653 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

2. Lebar efektif lengan

a. Lengan timur

$$\begin{aligned} W_e &= W_A - W_{L\text{TOR}} \\ &= (7 + 1,2) - 3,2 \\ &= 5 \text{ meter} \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned} W_e &= W_A - W_{L\text{TOR}} \\ &= (6 + 1,2) - 3,4 \\ &= 3,8 \text{ meter} \end{aligned}$$

c. Lengan selatan

$$\begin{aligned} W_e &= W_{\text{MASUK}} + W_{L\text{TOR}} \\ &= 3,2 + 1,8 \\ &= 5 \text{ meter} \end{aligned}$$

3. Perhitungan arus jenuh dasar

a. Lengan timur

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \square W_e \\ &= 780 \square 5 \\ &= 3900 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \square W_e \\ &= 780 \square 3,8 \\ &= 2964 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

c. Lengan selatan

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \square W_e \\ &= 780 \square 5 \\ &= 3900 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

4. Penentuan faktor koreksi

a. Faktor koreksi ukuran kota

Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta (2022) mencatat penduduk Kota Yogyakarta pada tahun 2022 terdapat sebanyak 378.913 jiwa sehingga nilai faktor koreksi ukuran kota (F_{CS}) Kota Yogyakarta adalah 0,83.

b. Faktor koreksi hambatan samping

- 1) Lengan timur = 0,93
- 2) Lengan barat = 0,93

3) Lengan selatan = 0,94

c. Faktor koreksi gradien

Faktor kelandaian pada penelitian ini diabaikan sehingga kemiringan dianggap 0%. Berdasarkan Gambar 3.5, nilai faktor kelandaian Simpang Sisingamangaraja pada setiap lengannya adalah 1.

d. Faktor koreksi parkir

Berdasarkan pengamatan secara langsung di lapangan tidak terdapat kendaraan yang terparkir di sepanjang lengan. Berdasarkan Gambar 3.6, maka nilai faktor koreksi parkir Simpang Sisingamangaraja pada setiap lengannya adalah 1.

e. Faktor koreksi belok kanan

1) Lengan timur

Lengan timur pada Simpang Sisingamangaraja tidak ada belok kanan sehingga memiliki nilai faktor koreksi belok kanan sebesar 1.

2) Lengan barat

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1,0 + P_{RT} \square 0,26 \\ &= 1,0 + 0,279 \square 0,26 \\ &= 1,073 \end{aligned}$$

3) Lengan selatan

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1,0 + P_{RT} \square 0,26 \\ &= 1,0 + 0,563 \square 0,26 \\ &= 1,146 \end{aligned}$$

f. Faktor koreksi belok kiri

1) Lengan timur

Kendaraan pada lengan timur dapat belok kiri langsung sehingga memiliki nilai faktor koreksi belok kiri sebesar 1.

2) Lengan barat

Lengan barat pada Simpang Sisingamangaraja tidak ada belok kiri sehingga memiliki nilai faktor koreksi belok kiri sebesar 1.

3) Lengan selatan

Kendaraan pada lengan selatan dapat belok kiri langsung sehingga memiliki nilai faktor koreksi belok kiri sebesar 1.

5. Perhitungan penilaian arus jenuh

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar dan faktor-faktor koreksi yang telah dihitung, maka diperoleh nilai arus jenuh dengan Persamaan 3.14 untuk setiap lengan sebagai berikut. a. Lengan timur

$$\begin{aligned} S &= S_0 \square F_{CS} \square F_{SF} \square F_G \square F_P \square F_{RT} \square F_{LT} \\ &= 3900 \square 0,83 \square 0,93 \square 1 \square 1 \square 1 \square 1 \\ &= 3010 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned} S &= S_0 \square F_{CS} \square F_{SF} \square F_G \square F_P \square F_{RT} \square F_{LT} \\ &= 2964 \square 0,83 \square 0,93 \square 1 \square 1 \square 1,073 \square 1 \\ &= 2454 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

c. Lengan selatan

$$\begin{aligned} S &= S_0 \square F_{CS} \square F_{SF} \square F_G \square F_P \square F_{RT} \square F_{LT} \\ &= 3900 \square 0,83 \square 0,94 \square 1 \square 1 \square 1,146 \square 1 \\ &= 3488 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

6. Rasio arus dan rasio arus kritis

Perhitungan rasio arus (FR) dihitung menggunakan Persamaan 3.15. Berikut merupakan perhitungan rasio arus tiap lengan pada Simpang Sisingamangaraja

. a. Lengan timur

$$FR = Q$$

$$\begin{aligned} &S \\ &= \frac{1045}{3010} \\ &= 0,347 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,347$$

b. Lengan barat $FR = Q$

$$\begin{aligned} &S \\ &= \frac{275}{2454} \\ &= 0,173 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,173$$

c. Lengan selatan $FR = Q$

$$\begin{aligned} &S \\ &= \frac{653}{3488} \end{aligned}$$

$$= 0,187$$

$$FR_{crit} = 0,187$$

Nilai rasio arus simpang (IFR) didapatkan dengan menjumlahkan nilai FR_{crit} pada setiap lengan. Berikut merupakan perhitungan rasio arus simpang.

$$\begin{aligned} IFR &= \sum FR_{crit} \\ &= 0,347 + 0,112 + 0,187 \\ &= 0,646 \end{aligned}$$

7. Rasio fase

Perhitungan rasio fase (PR) dihitung menggunakan Persamaan 3.17. Berikut merupakan perhitungan rasio fase tiap lengan pada Simpang

Sisingamangaraja. a. Lengan timur

$$\begin{aligned} PR &= \frac{FR_{crit}}{IFR} \\ &= \frac{0,347}{0,646} \\ &= 0,537 \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned} PR &= \frac{FR_{crit}}{IFR} \\ &= \frac{0,112}{0,646} \\ &= 0,173 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Lengan selatan } PR &= \frac{FR_{crit}}{IFR} = \frac{0,187}{0,646} \\ &= 0,290 \end{aligned}$$

8. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian dihitung menggunakan Persamaan 3.18. Berikut merupakan perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian alternatif solusi 3 untuk Simpang Sisingamangaraja.

$$\begin{aligned} c &= 1 \frac{LTI+5}{1-\Sigma FR_{crit}}, 5 \times \\ &= \frac{1,5 \times 12 + 5}{1 - 0,646} \\ &= 66 \text{ detik} \end{aligned}$$

9. Waktu hijau

Waktu hijau dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.19. Berikut merupakan perhitungan waktu hijau tiap lengan pada Simpang

Sisingamangaraja. a. Lengan

$$\text{timur } g_{\text{timur}} = c - LTI \square$$

$$\begin{aligned} PR &= 66 - 12 \square 0,537 \\ &= 29 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Lengan barat } g_{\text{barat}} &= c - LTI \square PR = 66 - \\ &12 \square 0,173 \\ &= 10 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Lengan selatan } g_{\text{selatan}} &= c - LTI \square PR \\ &= 66 - 12 \square 0,290 \\ &= 16 \text{ detik} \end{aligned}$$

Berikut merupakan perhitungan waktu hijau total.

$$\begin{aligned} \sum g &= g_{\text{timur}} + g_{\text{barat}} + g_{\text{selatan}} \\ &= 29 + 10 + 16 \\ &= 55 \text{ detik} \end{aligned}$$

10. Waktu siklus penyesuaian

Waktu siklus penyesuaian dihitung berdasar pada pembulatan waktu hijau (g) dan waktu hilang (LTI) seperti pada Persamaan 3.20. Berikut merupakan perhitungan waktu siklus penyesuaian alternatif solusi 3 untuk Simpang Sisingamangaraja. $c = \sum g + LTI = 55 + 12$
 $= 67 \text{ detik}$

11. Kapasitas

Perhitungan kapasitas dihitung menggunakan Persamaan 3.21. Berikut merupakan perhitungan kapasitas tiap lengan Simpang Sisingamangaraja. a.

Lengan timur

$$\begin{aligned} C &= S \square \frac{g}{c} \\ &= 3010 \square \frac{29}{67} \\ &= 1303,013 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned} C &= S \square \frac{g}{c} \\ &= 2454 \square \frac{10}{67} \\ &= 366,259 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

c. Lengan selatan

$$\begin{aligned}
 C &= S \frac{g}{c} \\
 &= 3488 \frac{16}{67} \\
 &= 832,953 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

12. Derajat kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan dihitung menggunakan Persamaan 3.22. Berikut merupakan perhitungan derajat kejenuhan tiap lengan Simpang Sisingamangaraja pada alternatif solusi

3. a. Lengan timur $DS = Q$

$$\begin{aligned}
 & \frac{c}{1045} \\
 &= \frac{1045}{1303,013} \\
 &= 0,802
 \end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned}
 DS &= Q \\
 & \frac{c}{275} \\
 &= \frac{275}{366,259} \\
 &= 0,751
 \end{aligned}$$

c. Lengan selatan $DS = Q$

$$\begin{aligned}
 & \frac{c}{653} \\
 &= \frac{653}{832,953} \\
 &= 0,784
 \end{aligned}$$

13. Panjang antrean

Perhitungan panjang antrean dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23. Berikut merupakan perhitungan panjang antrean pada Simpang Sisingamangaraja untuk alternatif solusi 3. a.

Lengan timur

$$\begin{aligned}
 GR &= g \\
 & \frac{c}{29} \\
 GR &= \frac{29}{67} \\
 GR &= 0,433
 \end{aligned}$$

Lengan timur memiliki nilai derajat kejenuhan ($DS > 0,5$), sehingga nilai NQ_1 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24.

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

$$\begin{aligned}
NQ_1 &= 0,25 \square 1303,013 \times [(0,802 - 1) + \sqrt{(0,802 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,802 - 0,5)}{1303,013}}] \\
NQ_1 &= 1,507 \text{ smp} \\
NQ_2 &= C \square \frac{1 - GR \square Q}{1 - GR \times DS} \square \frac{3600}{1 - 0,433} \square \frac{1045}{3600} \\
NQ_2 &= 1303,013 \square \frac{3600}{1 - 0,433 \times 0,802} \square \frac{1045}{3600} \\
NQ_2 &= 16,895 \text{ smp} \\
NQ &= NQ_1 + NQ_2 \\
NQ &= 1,507 + 16,895 \\
NQ &= 18,403 \text{ smp} \\
NQ_{\max} &= 32 \text{ smp} \\
QL &= NQ_{\max} \square \frac{20}{W_{\text{masuk}}} \\
QL &= 32 \square \frac{20}{5} \\
QL &= 128 \text{ m}
\end{aligned}$$

b. Lengan barat

$$\begin{aligned}
GR &= g \\
&\frac{c}{67} \\
GR &= \frac{10}{67} \\
GR &= 0,149
\end{aligned}$$

Lengan barat memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai NQ_1 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24.

$$\begin{aligned}
NQ_1 &= 0,25 \square C \square [(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}}] \\
NQ_1 &= 0,25 \square 366,259 \times [(0,751 - 1) + \sqrt{(0,751 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,751 - 0,5)}{366,259}}] \\
NQ_1 &= 0,985 \text{ smp} \\
NQ_2 &= C \square \frac{1 - GR \square Q}{1 - GR \times DS} \square \frac{3600}{1 - 0,149} \square \frac{275}{3600} \\
NQ_2 &= 366,259 \square \frac{3600}{1 - 0,149 \times 0,751} \square \frac{275}{3600} \\
NQ_2 &= 4,904 \text{ smp} \\
NQ &= NQ_1 + NQ_2 \\
NQ &= 0,985 + 4,904 \\
NQ &= 5,889 \text{ smp} \\
NQ_{\max} &= 12 \text{ smp} \\
QL &= NQ_{\max} \square \frac{20}{W_{\text{masuk}}}
\end{aligned}$$

$$QL = 12 \times \frac{20}{3,8}$$

$$QL = 63,158 \text{ m}$$

c. Lengan selatan

$$GR = \frac{g}{c}$$

$$GR = \frac{16}{67}$$

$$GR = 0,239$$

Lengan selatan memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai NQ₁ dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24.

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

$$NQ_1 = 0,25 \times 832,953 \times \left[(0,784 - 1) + \sqrt{(0,784 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,784 - 0,5)}{832,953}} \right]$$

$$NQ_1 = 1,296 \text{ smp}$$

$$NQ_2 = C \times \frac{1 - GR \times Q}{1 - GR \times DS}$$

$$NQ_2 = 832,953 \times \frac{3600}{1 - 0,239 \times 0,784} \times \frac{653}{3600}$$

$$NQ_2 = 11,382 \text{ smp}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$NQ = 1,296 + 11,382$$

$$NQ = 12,677 \text{ smp}$$

$$NQ_{\max} = 20 \text{ smp}$$

$$QL = NQ_{\max} \times \frac{20}{W_{\text{masuk}}}$$

$$QL = 20 \times \frac{20}{5}$$

$$QL = 80 \text{ m}$$

14. Kendaraan terhenti

a. Lengan timur NS = 0,9 ×

$$NQ \times 3600$$

$$Q \times c$$

$$NS = 0,9 \times \frac{18,403}{1045 \times 67} \times 3600$$

$$NS = 0,852$$

$$NSV = Q \times NS$$

$$NSV = 1045 \times 0,852$$

$$NSV = 889,933 \approx 890 \text{ smp/jam}$$

b. Lengan barat NS = 0,9 □

$$NQ \square 3600$$

$$Q \square c$$

$$NS = 0,9 \square \frac{5,889}{275 \times 67} \times 3600$$

$$NS = 1,036$$

$$NSV = Q \square NS$$

$$NSV = 275 \square 1,036$$

$$NSV = 284,787 \approx 285 \text{ smp/jam}$$

c. Lengan selatan

$$NS = 0,9 \square NQ \square 3600$$

$$Q \square c$$

$$NS = 0,9 \square \frac{12,677}{653 \times 67} \times 3600$$

$$NS = 0,939$$

$$NSV = Q \square NS$$

$$NSV = 653 \square 0,939$$

$$NSV = 613,053 \approx 614 \text{ smp/jam}$$

Perhitungan angka henti pada simpang dihitung menggunakan Persamaan 3.29.

Berikut merupakan perhitungan angka henti pada Simpang Sisingamangaraja.

$$\begin{aligned} NS_{\text{tot}} &= \frac{\sum NSV}{Q_{\text{tot}}} \\ &= \frac{890+285+614}{1045+275+653} \\ &= \frac{1789}{1973} \\ &= 0,907 \end{aligned}$$

15. Tundaan

Tundaan pada simpang terdapat dua perhitungan yaitu tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DG). Berikut merupakan perhitungan tundaan pada tiap lengan.

a. Lengan timur

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS}$$

$$A = \frac{0,5 \times (1 - 0,433)^2}{1 - 0,433 \times 0,802}$$

$$A = 0,246$$

$$DT_j = c \cdot A + NQ \frac{1}{c} \times 3600$$

$$DT_j = 67 \cdot 0,246 + 1 \frac{1}{1303,013} \times 3600$$

$$DT_j = 20,671 \text{ det/smp}$$

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \cdot P_T \cdot 6 + (p_{sv} \cdot 4)$$

$$DG_j = (1 - 0,852) \cdot 0,278 \cdot 6 + (0,852 \cdot 4)$$

$$DG_j = 3,654 \text{ det/smp}$$

$$D_j = DT_j + DG_j$$

$$D_j = 20,671 + 3,654$$

$$D_j = 24,324 \text{ det/smp}$$

b. Lengan barat

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS}$$

$$A = \frac{0,5 \times (1 - 0,149)^2}{1 - 0,149 \times 0,751}$$

$$A = 0,408$$

$$DT_j = c \cdot A \cdot NQ \frac{1}{c} \times 3600$$

$$DT_j = 67 \cdot 0,408 \cdot 0,985 \times 3600$$

$$366,259$$

$$DT_j = 36,992 \text{ det/smp}$$

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \cdot P_T \cdot 6 + (p_{sv} \cdot 4)$$

$$DG_j = (1 - 1) \cdot 0,279 \cdot 6 + (1 \cdot 4)$$

$$DG_j = 4 \text{ det/smp}$$

$$D_j = DT_j + DG_j$$

$$D_j = 36,992 + 4$$

$$D_j = 40,992 \text{ det/smp}$$

c. Lengan selatan

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS}$$

$$A = \frac{0,5 \times (1 - 0,239)^2}{1 - 0,239 \times 0,784}$$

$$A = 0,356$$

$$DT_j = c \cdot A \cdot NQ \frac{1 \times 3600}{c}$$

$$DT_j = 67 \cdot 0,356 \cdot \frac{1,296 \times 3600}{832,953}$$

$$DT_j = 29,481 \text{ det/smp}$$

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \cdot P_T \cdot 6 + (p_{sv} \cdot 4)$$

$$DG_j = (1 - 0,939) \cdot (0,437 + 0,563) \cdot 6 + (0,939 \cdot 4)$$

$$DG_j = 4,122 \text{ det/smp}$$

$$D_j = DT_j + DG_j$$

$$D_j = 29,481 + 4,122$$

$$D_j = 33,604 \text{ det/smp}$$

Perhitungan tundaan rata-rata seluruh simpang (D_I) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.35. Berikut merupakan perhitungan tundaan rata-rata pada Simpang Sisingamangaraja.

$$\begin{aligned} D_I &= \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{tot}} \\ &= \frac{(1045 \times 24,324) + (275 \times 40,992) + (653 \times 33,604)}{1973} \\ &= 29,719 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

5.5 Pemodelan Alternatif Solusi menggunakan VISSIM

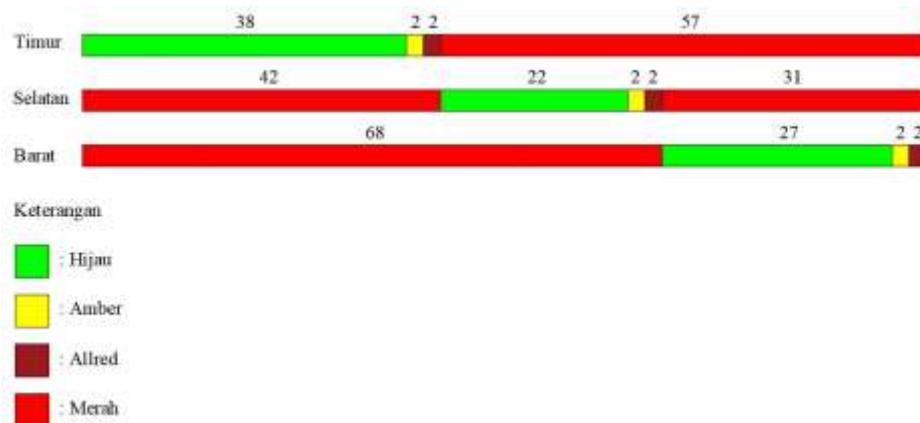
Berdasarkan analisis menggunakan MKJI 1997 dan pemodelan menggunakan *software* VISSIM pada kondisi eksisting, Simpang Sisingamangaraja mempunyai tingkat pelayanan yang buruk. Alternatif solusi dibutuhkan untuk mengatasi masalah tersebut sehingga dapat meningkatkan tingkat pelayanan Simpang Sisingamangaraja. Alternatif solusi dapat dimodelkan setelah melakukan pemodelan untuk kondisi eksisting simpang.

5.5.1 Pemodelan Simpang Sisingamangaraja alternatif 1

Alternatif solusi yang pertama yaitu dengan mengubah waktu siklus sinyal sesuai persyaratan yang ada pada MKJI 1997 seperti pada Tabel 3.8. Persyaratan waktu siklus sinyal untuk tipe pengaturan 3 fase adalah 50 – 100 detik. Dalam penelitian ini digunakan waktu siklus sinyal 99 detik. Perubahan waktu sinyal dan diagram fase alternatif 1 Simpang Sisingamangaraja yang dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.12.

Tabel 5.11 Waktu Siklus Simpang Sisingamangaraja Alternatif 1

Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Allred (detik)	Merah (detik)	Waktu siklus (detik)
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	38	2	2	57	99
Jalan Sisingamangaraja (Selatan)	22	2	2	73	99
Jalan Kolonel Sugiyono (Barat)	27	2	2	68	99

**Gambar 5.12 Waktu Siklus Simpang Sisingamangaraja Alternatif 1**

Hasil analisis kinerja Simpang Sisingamangaraja alternatif 1 menggunakan *software* VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Hasil Analisis Kinerja Simpang Sisingamangaraja Alternatif 1

Pendekat	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	37,920	27,130	D	36,32	D
Jalan Sisingamangaraja (Selatan)	21,570	34,730	D		
Jalan Kolonel Sugiyono (Barat)	51,740	47,100	E		

Berdasarkan Tabel 5.12, diperoleh panjang antrean pada pendekat Jalan Kolonel Sugiyono (timur) sepanjang 37,92 m dan tundaan sebesar 27,13 detik/smp dengan tingkat pelayanan D. Pendekat Jalan Sisingamangaraja (selatan) memiliki panjang

antrean sepanjang 21,57 m dan tundaan sebesar 34,73 detik/smp dengan tingkat pelayanan D. Pada pendekat Jalan Kolonel Sugiyono (barat) didapatkan nilai panjang antrean sepanjang 51,74 m dan tundaan sebesar 47,1 detik/smp dengan tingkat pelayanan E. Tundaan simpang rata-rata pada alternatif 1 adalah sebesar 36,32 detik/smp dengan tingkat pelayanan D.

5.5.2 Pemodelan Simpang Sisingamangaraja alternatif 2

Alternatif solusi yang kedua yaitu dengan mengubah waktu siklus sinyal sesuai dengan perhitungan menggunakan Persamaan 3.18. Dari perhitungan menggunakan persamaan tersebut didapatkan nilai waktu siklus sebesar 125 detik. Nilai waktu siklus alternatif 2 setelah penyesuaian adalah sebesar 126 detik. Perubahan waktu sinyal dan diagram fase alternatif 2 Simpang Sisingamangaraja yang dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.13.

Tabel 5.13 Waktu Siklus Simpang Sisingamangaraja Alternatif 2

Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Allred (detik)	Merah (detik)	Waktu siklus (detik)
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	50	2	2	72	126
Jalan Sisingamangaraja (Selatan)	36	2	2	86	126
Jalan Kolonel Sugiyono (Barat)	28	2	2	94	126



Gambar 5.13 Waktu Siklus Simpang Sisingamangaraja Alternatif 2

Hasil analisis kinerja Simpang Sisingamangaraja alternatif 2 menggunakan *software* VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Hasil Analisis Kinerja Simpang Sisingamangaraja Alternatif 2

Pendekat	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	47,340	33,570	D	45,103	E
Jalan Sisingamangaraja (Selatan)	25,830	42,880	E		
Jalan Kolonel Sugiyono (Barat)	65,090	58,860	F		

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh panjang antrean pada pendekat Jalan Kolonel Sugiyono (timur) sepanjang 47,34 m dan tundaan sebesar 33,57 detik/smp dengan tingkat pelayanan D. Pendekat Jalan Sisingamangaraja (selatan) memiliki panjang antrean sepanjang 25,83 m dan tundaan sebesar 42,88 detik/smp dengan tingkat pelayanan E. Pada pendekat Jalan Kolonel Sugiyono (barat) didapatkan nilai panjang antrean sepanjang 65,09 m dan tundaan sebesar 58,86 detik/smp dengan tingkat pelayanan F. Tundaan simpang rata-rata pada alternatif 2 adalah sebesar 45,103 detik/smp dengan tingkat pelayanan E.

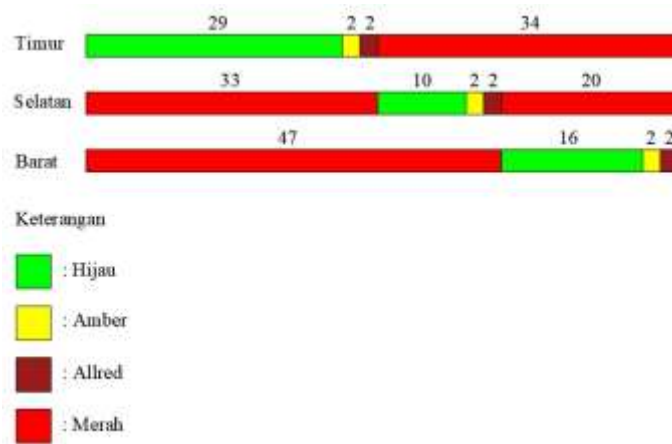
5.5.3 Pemodelan Simpang Sisingamangaraja alternatif 3

Alternatif solusi yang ketiga yaitu kombinasi belok kiri langsung (LTOR) untuk lengan timur dan selatan serta lurus jalan terus untuk lengan barat dengan pelebaran jalan pada pendekat timur dari 7 meter menjadi 8,2 meter dan untuk pendekat barat dari 6 meter menjadi 7,2 meter. Geometri Simpang Sisingamangaraja untuk alternatif 3 dapat dilihat pada Gambar 5.9. Perubahan waktu sinyal dan diagram fase alternatif 3 Simpang Sisingamangaraja yang dapat dilihat pada Tabel 5.15 dan Gambar 5.14.

Tabel 5.15 Waktu Siklus Simpang Sisingamangaraja Alternatif 3

Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Allred (detik)	Merah (detik)	Waktu siklus (detik)
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	29	2	2	34	67
Jalan Sisingamangaraja (Selatan)	16	2	2	47	67

Jalan Kolonel Sugiyono (Barat)	10	2	2	53	67
-----------------------------------	----	---	---	----	----



Gambar 5.14 Waktu Siklus Simpang Sisingamangaraja Alternatif 3

Hasil analisis kinerja Simpang Sisingamangaraja alternatif 3 menggunakan *software* VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Hasil Analisis Kinerja Simpang Sisingamangaraja Alternatif 3

Pendekat	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	13,560	13,200	B	24,617	C
Jalan Sisingamangaraja (Selatan)	39,260	53,770	E		
Jalan Kolonel Sugiyono (Barat)	10,130	6,880	B		

Berdasarkan Tabel 5.16, diperoleh panjang antrean pada pendekat Jalan Kolonel Sugiyono (timur) sepanjang 13,56 m dan tundaan sebesar 13,2 detik dengan tingkat pelayanan B. Pendekat Jalan Sisingamangaraja (selatan) memiliki panjang antrean sepanjang 39,26 m dan tundaan sebesar 53,77 detik dengan tingkat pelayanan E. Pada pendekat Jalan Kolonel Sugiyono (barat) didapatkan nilai panjang antrean sepanjang 10,13 m dan tundaan sebesar 6,88 detik dengan tingkat pelayanan B. Tundaan simpang rata-rata yaitu sebesar 24,617 detik dengan tingkat pelayanan C.

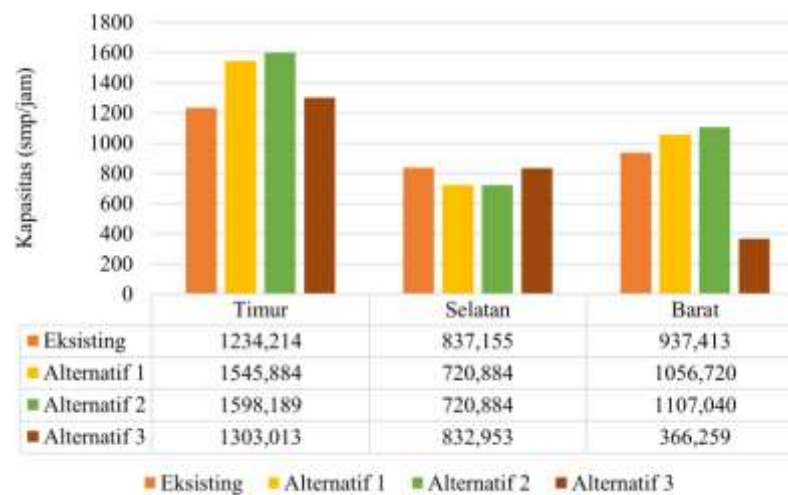
5.6 Pembahasan

Terdapat perbedaan hasil analisis menggunakan pendekatan MKJI 1997 dengan pemodelan menggunakan *software* VISSIM. Analisis kinerja dengan pendekatan MKJI 1997 adalah berupa kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan pada setiap pendekat. Hasil pemodelan menggunakan *software* VISSIM yaitu panjang antrean dan tundaan pada setiap pendekat. Dilakukan 4 kali simulasi dengan kondisi yang berbeda-beda yaitu kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3. Berikut merupakan perbandingan antara keempat kondisi tersebut.

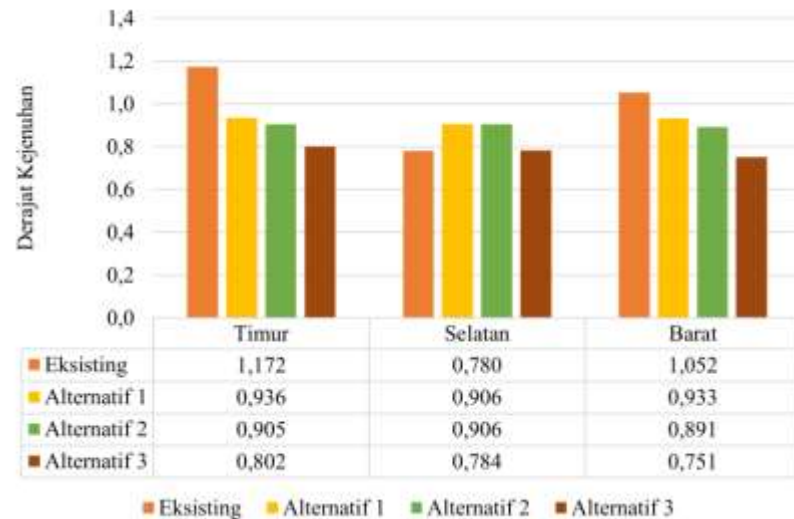
5.6.1 Kapasitas dan derajat kejenuhan

Terdapat perbedaan nilai kapasitas pada kondisi eksisting dan alternatif dikarenakan nilai kapasitas simpang dipengaruhi oleh arus jenuh serta waktu sinyal. Perbandingan nilai kapasitas pada kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3 dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan untuk perbandingan nilai derajat kejenuhan pada kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3 yang dapat dilihat pada Gambar 5.16.

Berdasarkan Gambar 5.16, alternatif 3 memiliki nilai penurunan derajat kejenuhan yang tinggi dibandingkan dengan alternatif 1 dan alternatif 2.



Gambar 5.15 Perbandingan Kapasitas



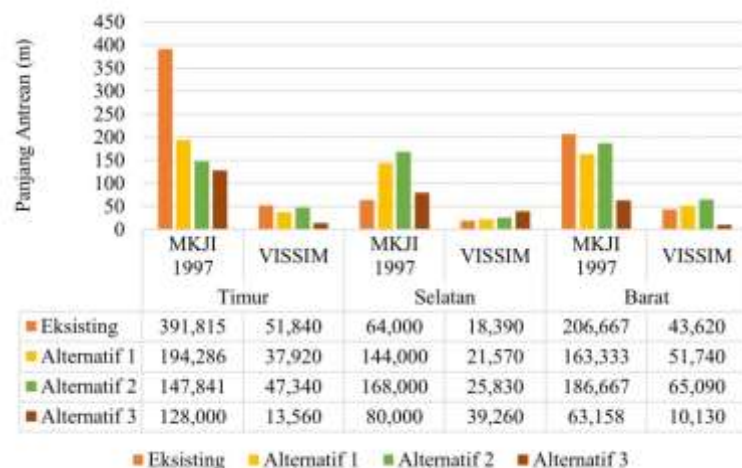
Gambar 5.16 Perbandingan Derajat Kejenuhan

Kekurangan dari *software* VISSIM yaitu tidak dapat menampilkan nilai kapasitas pada setiap lengan sehingga perhitungan derajat kejenuhan tidak dapat dilakukan. Hal tersebut juga diutarakan oleh Wikayanti, dkk (2014) bahwa kelebihan dan kekurangan *software* VISSIM yaitu tidak dapat menghitung derajat kejenuhan simpang, dapat menampilkan animasi secara 3D, dapat menganalisis kinerja pada simpang setiap pendekatan seperti tundaan dan panjang antrean, tingkat keakuratan data mendekati akurat bahkan akurat dengan hasil survei, dan memerlukan data kecepatan kendaraan untuk melakukan pemodelan.

5.6.2 Panjang antrean dan tundaan

Terdapat perbedaan panjang antrean dikeempat kondisi pada analisis menggunakan MKJI 1997 dan hasil simulasi menggunakan *software* VISSIM.

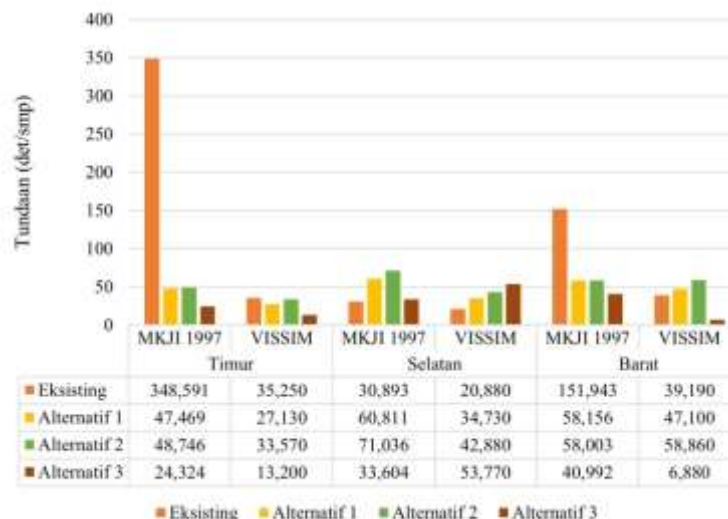
Perbedaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.17.



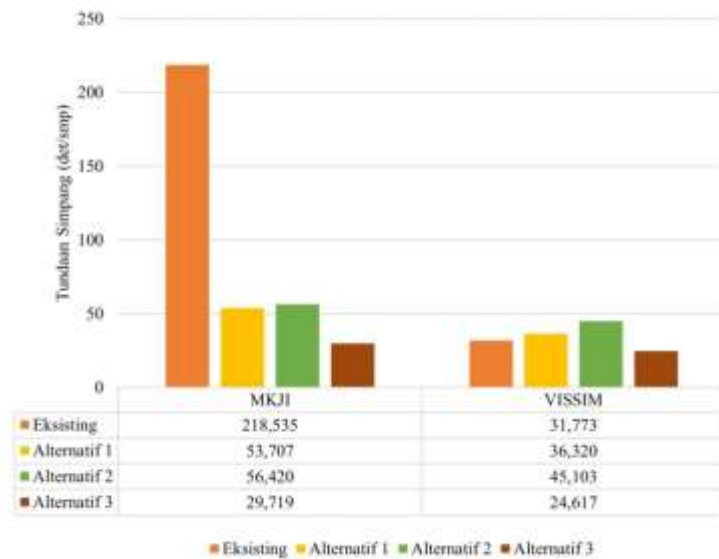
Gambar 5.17 Perbandingan Panjang Antrean

Pada kondisi eksisting terlihat perbedaan yang sangat mencolok antara analisis menggunakan pendekatan MKJI 1997 dengan hasil simulasi menggunakan *software* VISSIM. Hal tersebut dikarenakan dalam menghitung panjang antrean menggunakan pendekatan MKJI 1997 diperlukan nilai NQ_{max} yang didapatkan dari grafik seperti pada Gambar 3.9. Dari hasil analisis, terdapat nilai NQ lebih dari 50 sedangkan grafik tersebut hanya dapat mengakomodasi nilai NQ hingga 50. Adanya keterbatasan tersebut, maka dalam perhitungan panjang antrean, nilai NQ_{max} yang adalah NQ. Diperlukan adanya pembaruan pedoman karena MKJI 1997 adalah peraturan 26 tahun yang lalu. Setelah dilakukan pemodelan pada kondisi eksisting menggunakan *software* VISSIM, hasil simulasi mirip seperti hasil survei di lapangan sehingga pemodelan menggunakan VISSIM dapat lebih mengakomodasi untuk kondisi eksisting. Hal tersebut juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh Candra (2020). Nilai panjang antrean yang dianalisis berdasarkan MKJI 1997 jauh lebih tinggi dari hasil survei. Setelah dimodelkan dengan *software* VISSIM, nilai panjang antrean hasil pemodelan lebih mirip dengan hasil survei.

Perbedaan tundaan pada kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3 dapat dilihat pada Gambar 5.18 dan Gambar 5.19.



Gambar 5.18 Perbandingan Tundaan



Gambar 5.19 Perbandingan Tundaan Simpang

Berdasarkan Gambar 5.18 dan Gambar 5.19, alternatif 3 memiliki nilai tundaan yang lebih kecil dibandingkan dengan alternatif 1 dan alternatif 2.

Perbedaan hasil analisis berdasarkan MKJI 1997 dan hasil simulasi dengan *software* VISSIM dikarenakan adanya parameter perhitungan yang ada dalam MKJI 1997 tetapi tidak terdapat pada *software* VISSIM seperti faktor penyesuaian dan juga sebaliknya terdapat *input* data yang ada pada *software* VISSIM tetapi tidak ada pada MKJI 1997 seperti parameter *driving behavior* dan kecepatan kendaraan.

5.6.3 Perbandingan kinerja simpang

Perbandingan kinerja simpang pada kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3 dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Perbandingan Kinerja Simpang Sisingamangaraja pada Kondisi Eksisting, Alternatif 1, Alternatif 2, dan Alternatif 3

		Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	
Kapasitas (smp/jam)	Timur	1234,214	1545,884	1598,189	1303,013	
	Selatan	837,155	720,884	720,884	832,953	
	Barat	937,413	1056,720	1107,040	366,259	
Derajat Kejenuhan	Timur	1,172	0,936	0,905	0,802	
	Selatan	0,780	0,906	0,906	0,784	
	Barat	1,052	0,933	0,891	0,751	
Panjang	MKJI 1997	Timur	391,815	194,286	147,841	128,000

Antrean (m)		Selatan	64,000	144,000	168,000	80,000
		Barat	206,667	163,333	186,667	63,158
	VISSIM	Timur	51,840	37,920	47,340	13,560
		Selatan	18,390	21,570	25,830	39,260
		Barat	43,620	51,740	65,090	10,130
Tundaan (det/smp)	MKJI 1997	Timur	348,591	47,469	48,746	24,324
		Selatan	30,893	60,811	71,036	33,604
		Barat	151,943	58,156	58,003	40,992
	VISSIM	Timur	35,250	27,130	33,570	13,200
		Selatan	20,880	34,730	42,880	53,770
		Barat	39,190	47,100	58,860	6,880
Tundaan Simpang (det/smp)	MKJI 1997	Simpang	218,535	53,707	56,420	29,719
	VISSIM	Simpang	31,773	36,320	45,103	24,617

Kondisi eksisting pada Simpang Sisingamangaraja memiliki nilai derajat kejenuhan pada lengan timur sebesar 1,172, lengan selatan sebesar 0,78, serta lengan barat sebesar 1,052 dimana nilai derajat kejenuhan pada lengan timur dan barat masih di atas 0,85 dan untuk lengan selatan sudah berada di bawah 0,85. Nilai panjang antrean pada kondisi eksisting berdasarkan MKJI 1997 pada lengan timur adalah sebesar 391,815 m sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM sebesar 51,84 m, pada lengan selatan adalah sebesar 64 m sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM sebesar 18,39 m, dan pada lengan barat adalah sebesar 206,667 m sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM sebesar 43,62 m. Besar tundaan yang terjadi berdasarkan perhitungan menggunakan MKJI 1997 pada lengan timur adalah 348,591 detik/smp sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM sebesar 35,25 detik/smp, pada lengan selatan sebesar 30,893 detik/smp sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM sebesar 20,88 detik/smp, dan pada lengan barat sebesar 151,943 detik/smp sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM sebesar 39,19 detik/smp. Tundaan simpang pada kondisi eksisting berdasarkan MKJI 1997 adalah sebesar 218,535 detik/smp sedangkan hasil simulasi menggunakan *software* VISSIM sebesar 31,773 detik/smp. Alternatif 1 memiliki nilai derajat kejenuhan pada lengan timur sebesar 0,936, lengan selatan sebesar 0,906, dan lengan barat sebesar 0,933 dimana nilai derajat kejenuhan tersebut masih di atas 0,85. Nilai panjang antrean pada kondisi eksisting

berdasarkan MKJI 1997 pada lengan timur terjadi penurunan sebesar 197,529 m sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi penurunan sebesar 13,92 m, pada lengan selatan terjadi kenaikan sebesar 80 m sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi kenaikan sebesar 3,18 m, dan pada lengan barat terjadi penurunan sebesar 43,334 m sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi kenaikan sebesar 8,12 m. Besar tundaan yang terjadi berdasarkan perhitungan menggunakan MKJI 1997 pada lengan timur adalah turun sebesar 301,122 detik/smp sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM turun sebesar 8,12 detik/smp, pada lengan selatan terjadi kenaikan sebesar 29,918 detik/smp sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi kenaikan sebesar 13,85 detik/smp, dan pada lengan barat terjadi penurunan sebesar 98,787 detik/smp sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi kenaikan sebesar 7,91 detik/smp. Tundaan simpang berdasarkan perhitungan MKJI 1997 turun sebesar 164,828 detik/smp sedangkan hasil simulasi menggunakan *software* VISSIM naik sebesar 4,547 detik/smp.

Alternatif 2 memiliki nilai derajat kejenuhan pada lengan timur sebesar 0,905, lengan selatan sebesar 0,906, dan lengan barat sebesar 0,891 dimana nilai derajat kejenuhan tersebut masih di atas 0,85. Nilai panjang antrean pada kondisi eksisting berdasarkan MKJI 1997 pada lengan timur terjadi penurunan sebesar 243,974 m sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi penurunan sebesar 4,5 m, pada lengan selatan terjadi kenaikan sebesar 104 m sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi kenaikan sebesar 7,44 m, dan pada lengan barat terjadi penurunan sebesar 20 m sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi kenaikan sebesar 21,47 m. Besar tundaan yang terjadi berdasarkan perhitungan menggunakan MKJI 1997 pada lengan timur adalah turun sebesar 299,845 detik/smp sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM turun sebesar 1,68 detik/smp, pada lengan selatan terjadi kenaikan sebesar 40,143 detik/smp sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi kenaikan sebesar 22 detik/smp, dan pada lengan barat terjadi penurunan sebesar 93,94 detik/smp sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi kenaikan sebesar 19,67 detik/smp. Tundaan simpang berdasarkan perhitungan MKJI 1997 turun sebesar 162,115 detik/smp sedangkan hasil simulasi menggunakan *software* VISSIM naik sebesar 13,33 detik/smp.

Alternatif 3 memiliki nilai derajat kejenuhan pada lengan timur sebesar 0,802, lengan selatan sebesar 0,784, dan lengan barat sebesar 0,751 dimana nilai derajat kejenuhan tersebut sudah berada di bawah 0,85. Nilai panjang antrean pada kondisi eksisting berdasarkan MKJI 1997 pada lengan timur terjadi penurunan sebesar 263,815 m sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi penurunan sebesar 38,28 m, pada lengan selatan terjadi kenaikan sebesar 16 m sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi kenaikan sebesar 20,87 m, dan pada lengan barat terjadi penurunan sebesar 143,509 m sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi penurunan sebesar 33,49 m. Besar tundaan yang terjadi berdasarkan perhitungan menggunakan MKJI 1997 pada lengan timur adalah turun sebesar 324,267 detik/smp sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM turun sebesar 22,05 detik/smp, pada lengan selatan terjadi kenaikan sebesar 2,711 detik/smp sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi kenaikan sebesar 32,89 detik/smp, dan pada lengan barat terjadi penurunan sebesar 110,951 detik/smp sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM terjadi penurunan sebesar 32,31 detik/smp. Tundaan simpang berdasarkan perhitungan MKJI 1997 turun sebesar 188,816 detik/smp sedangkan hasil simulasi menggunakan *software* VISSIM turun sebesar 7,156 detik/smp.

Alternatif 1 dan alternatif 2 hampir mirip yaitu mengubah waktu siklus simpang lebih besar dari waktu siklus eksisting. Semakin lama waktu siklus, maka waktu merah akan semakin besar sehingga mengakibatkan antrean kendaraan semakin panjang dan tundaan yang semakin besar. Ratnaningsih (2013) dalam penelitiannya juga melakukan perbaikan kinerja simpang dengan menambah waktu siklus sinyal dari 91 detik menjadi 100 detik, nilai panjang antrean pada lengan utara saat kondisi eksisting adalah sebesar 60,465 m sedangkan setelah dilakukan perbaikan menjadi 83,72 m, pada lengan selatan saat kondisi eksisting adalah sebesar 64,368 m sedangkan setelah dilakukan perbaikan menjadi 91,95 m, dan pada lengan timur saat kondisi eksisting adalah sebesar 38,095 m sedangkan setelah dilakukan perbaikan menjadi 52,38 m serta nilai tundaan yang terjadi pada lengan utara saat kondisi eksisting adalah sebesar 28,543 detik sedangkan setelah dilakukan perbaikan menjadi 35,122 detik, pada lengan selatan saat kondisi eksisting adalah sebesar 25,451 detik sedangkan setelah dilakukan perbaikan menjadi 33,66 detik, dan pada lengan timur saat kondisi eksisting adalah sebesar 37,088 detik sedangkan setelah dilakukan perbaikan menjadi 45,415 detik.

Adha dan Guswandi (2020) melakukan penelitian mengenai analisis kinerja simpang pada Simpang Jalan Antara – Gatot Subroto di Kota Bengkalis dengan alternatif solusi berupa pelebaran jalan serta perencanaan lajur belok kiri terpisah, hasil alternatif tersebut dapat menurunkan nilai derajat kejenuhan untuk pendekat timur dari 1,558 menjadi 0,779, pendekat selatan dari 0,985 menjadi 0,757, pendekat barat dari 0,993 menjadi 0,742, dan pendekat utara dari 0,792 menjadi 0,761. Berdasarkan penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa alternatif solusi 3 yaitu melakukan kombinasi belok kiri langsung (LTOR) untuk lengan timur dan selatan serta lurus jalan terus untuk lengan barat dengan pelebaran jalan pada jalan mayor dapat menaikkan kinerja simpang. Oleh karena itu, alternatif solusi ini merupakan solusi yang baik untuk meningkatkan kinerja Simpang Sisingamangaraja.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis berdasarkan MKJI 1997 serta pemodelan dengan *software* VISSIM diperoleh kesimpulan seperti berikut.

1. Hasil kinerja pada Simpang Sisingamangaraja pada kondisi eksisting adalah sebagai berikut.
 - a. Nilai derajat kejenuhan pada kondisi eksisting Simpang Sisingamangaraja yang terjadi pada lengan timur sebesar 1,172, lengan selatan sebesar 0,78, dan lengan barat sebesar 1,052. Derajat kejenuhan pada lengan timur dan barat lebih dari 0,85 sehingga tidak memenuhi persyaratan MKJI 1997, sedangkan derajat kejenuhan pada lengan selatan berada di bawah 0,85 dan telah memenuhi persyaratan MKJI 1997.
 - b. Berdasarkan analisis menggunakan pendekatan MKJI 1997, panjang antrean yang terjadi pada lengan timur adalah sepanjang 391,815 m, lengan selatan sepanjang 64 m, dan lengan barat sepanjang 206,667 m, sementara hasil simulasi menggunakan *software* VISSIM untuk panjang antrean lengan timur adalah sepanjang 51,84 m, lengan selatan sepanjang 18,39 m, dan lengan barat 43,62 m.
 - c. Nilai tundaan berdasarkan MKJI 1997 pada lengan timur sebesar 348,591 detik/smp dengan tingkat pelayanan F, lengan selatan sebesar 30,893 detik/smp dengan tingkat pelayanan D, dan lengan barat sebesar 151,943 detik/smp dengan tingkat pelayanan F, sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM didapatkan nilai tundaan pada lengan timur sebesar 35,25 detik/smp dengan tingkat pelayanan D, lengan selatan sebesar 20,88 detik/smp dengan tingkat pelayanan C, dan lengan barat sebesar 39,19 detik/smp dengan tingkat pelayanan D. Besar tundaan simpang berdasarkan MKJI 1997 sebesar 218,535 detik/smp sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan *software* VISSIM sebesar 31,773 detik/smp.
2. Alternatif solusi terbaik untuk memperbaiki kinerja eksisting Simpang Sisingamangaraja adalah alternatif 3 yaitu dengan melakukan kombinasi belok

kiri langsung (LTOR) untuk lengan timur dan selatan serta lurus jalan terus untuk lengan barat dengan pelebaran jalan pada pendekatan timur dari 7 meter menjadi 8,2 meter dan untuk pendekatan barat dari 6 meter menjadi 7,2 meter. Alternatif tersebut dapat menurunkan nilai derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan pada setiap lengan dibandingkan dengan kondisi eksisting, alternatif 1, dan alternatif 2.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis MKJI 1997 dan pemodelan dengan *software* VISSIM terdapat beberapa saran serta masukan untuk menjadi pertimbangan perbaikan supaya kinerja simpang dapat lebih optimal. Beberapa saran tersebut antara lain sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan analisis berdasarkan pendekatan yang baru selain MKJI 1997 karena manual tersebut diperlukan adanya pembaruan yang sesuai dengan situasi dan kondisi saat ini.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan untuk melakukan prediksi kinerja simpang untuk beberapa tahun mendatang.
3. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan koordinasi Simpang Sisingamangaraja dengan simpang yang berdekatan.
4. Penelitian selanjutnya menggunakan uji validitas yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, Z. dan Guswandi. 2020. Perancangan Pelebaran Simpang Jalan Antara – Gatot Subroto Kota Bengkalis. *Jurnal TeKLA*. Vol. 2 No. 2:134-140. Riau.
- Akbar, Z.A. 2020. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Software PTV VISSIM. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Alamsyah, A.A. 2008. *Rekayasa Lalu Lintas, Edisi Revisi*. UMM Press. Malang.
- Anita, D., Paransa, M.J., dan Elisabeth, L. 2015. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan 17 Agustus-Jalan Babe Palar Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 3 No. 9:621-630. Manado.

- Anonim. 2009. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2019 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Jakarta.
- Aryandi, R.D. dan Munawar, A. 2014. Penggunaan Software Vissim Untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta). *The 17th FSTPT International Symposium*. Vol. 2 No. 1:338347. Jember.
- Badan Pusat Statistik. 2022. Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Angka 2022. Badan Pusat Statistik Provinsi D.I. Yogyakarta. Yogyakarta.
- Candra, F. 2020. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode MKJI 1997 dan PTV VISSIM (Studi Kasus Simpang Empat Bersinyal Gemangan, Sinduadi, Sleman, Yogyakarta). *Tugas Akhir*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta
- Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta. 2022. *Laporan Akhir Survey Updating Kinerja Lalu Lintas Tahun 2022*. Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Ginanjari, A. dan Farida, I. 2019. Pemodelan Simpang Bersinyal Terhadap Kinerja Simpang Jalan Terusan Pembangunan dan Jalan Proklamasi di Kabupaten Garut. *Jurnal Konstruksi*. Vol.17 No.1:1-8. Garut.
- Iriyanti, S. 2021. Desain Koordinasi Sinyal Untuk Dua Simpang Yang Berdekatan (Studi Kasus: Simpang Gondomanan Dan Simpang Km Nol Yogyakarta). *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Irwan, M. 2019. Evaluasi dan Koordinasi Antar Simpang dengan Menggunakan Pendekatan Mikrosimulasi (VISSIM). *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Menteri Perhubungan. 2015. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Menteri Perhubungan. Jakarta.
- Munawar, A. 2009. *Manajemen Lalu Lintas Perkotaan*. Beta Offset. Yogyakarta.

- Putri, N.H. 2015. Mikrosimulasi Mixed Traffic Pada Simpang Bersinyal Dengan Perangkat Lunak Vissim Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Ratnaningsih, D. 2013. Analisis Kinerja Simpang Ciliwung Kota Malang. *Jurnal PROKONS*. Vol. 10 No. 2:127-131. Malang.
- Singarimbun, M. dan Effendi. 1995. *Metode Penelitian Survei*. LP3ES. Jakarta.
- Suryaningsih, O.F., Hermansyah, H., dan Kurniati, E. 2020. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa Besar). *INERSIA Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*. Vol. 16 No. 1:74-84. Yogyakarta.
- Syafutri, Y. 2018. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang Jalan Pattimura–Simpang Jalan Sudirman Kota Medan (Studi Kasus). *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Wikayanti, N., Azwansyah, H., dan Kadarini, S.N. 2014. Penggunaan Software Vissim Untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Sultan Hamid II–Jalan Gusti Situt Mahmud–Jalan 28 Oktober–Jalan Selat Panjang). *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*. Vol. 5 No. 3:338-347. Pontianak.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Volume Lalu Lintas

VOLUME LALU LINTAS												
Lokasi : Simpang Sisingamangaraja												
Lengan : Timur												
Tanggal : Sabtu, 18 Maret 2022												
Waktu	LT (kend/jam)				ST (kend/jam)				RT (kend/jam)			
	MC	LV	HV	UM	MC	LV	HV	UM	MC	LV	HV	UM
06.00-06.15	47	7	0	3	187	24	5	4				
06.15-06.30	51	2	0	2	166	37	5	13				
06.30-06.45	59	13	2	3	266	49	4	11				
06.45-07.00	64	13	0	3	290	35	6	7				
07.00-07.15	67	10	3	1	305	52	5	10				
07.15-07.30	85	8	1	5	372	43	5	15				
07.30-07.45	143	15	2	1	463	63	5	6				

07.45-08.00	105	14		1	525	66	2	7				
16.00-16.15	214	34	0	2	564	115	4	7				
16.15-16.30	234	30	1	2	585	119	3	11				
16.30-16.45	198	33	0	4	590	110	5	7				
16.45-17.00	216	41	0	3	556	93	4	4				
17.00-17.15	225	28	2	1	552	112	4	1				
17.15-17.30	197	28	0	2	484	115	3	5				
17.30-17.45	125	33	0	2	392	124	3	2				
17.45-18.00	153	33	0	0	303	89	3	6				

VOLUME LALU LINTAS

Lokasi : Simpang Sisingamangaraja

Lengan : Selatan

Tanggal : Sabtu, 18 Maret 2022

Waktu	LT (kend/jam)				ST (kend/jam)				RT (kend/jam)			
	MC	LV	HV	UM	MC	LV	HV	UM	MC	LV	HV	UM
06.00-06.15	68	14	1	9					101	16	1	8
06.15-06.30	94	17	1	11					148	19	0	5
06.30-06.45	128	27	3	7					186	21	1	2
06.45-07.00	147	13	2	7					225	26	1	7
07.00-07.15	134	25	0	2					235	25	3	3
07.15-07.30	197	22	0	3					304	32	1	2
07.30-07.45	212	19	4	8					309	34	4	6
07.45-08.00	236	31	3	9					367	35	3	5
16.00-16.15	119	45	0	2					183	55	1	0
16.15-16.30	156	43	2	5					216	45	4	0
16.30-16.45	136	34	0	0					201	47	0	0
16.45-17.00	146	37	0	4					172	44	1	3
17.00-17.15	158	29	1	1					193	48	0	0
17.15-17.30	151	37	1	2					191	43	3	0
17.30-17.45	117	28	2	4					170	53	1	2
17.45-18.00	77	43	2	2					102	37	0	0

VOLUME LALU LINTAS

Lokasi : Simpang Sisingamangaraja

Lengan : Barat

Tanggal : Sabtu, 18 Maret 2022

Waktu	LT (kend/jam)				ST (kend/jam)				RT (kend/jam)			
	MC	LV	HV	UM	MC	LV	HV	UM	MC	LV	HV	UM
06.00-06.15					168	24	3	21	53	3	2	1
06.15-06.30					240	24	4	21	43	7	2	1
06.30-06.45					318	32	2	25	90	11	0	9
06.45-07.00					260	32	6	10	84	10	1	2
07.00-07.15					210	23	5	5	64	9	0	0
07.15-07.30					343	58	7	27	167	23	2	3
07.30-07.45					405	55	4	14	180	22	1	1
07.45-08.00					492	75	8	26	170	13	2	5
16.00-16.15					495	90	8	7	282	36	1	7
16.15-16.30					478	101	9	3	236	37	1	2
16.30-16.45					410	83	5	8	180	29	1	1

16.45-17.00					437	123	6	3	218	28	0	2
17.00-17.15					421	86	7	0	224	14	0	0
17.15-17.30					411	83	11	3	196	20	2	1
17.30-17.45					396	79	11	2	184	17	2	1
17.45-18.00					324	84	6	1	171	19	0	1

VOLUME LALU LINTAS												
Lokasi : Simpang Sisingamangaraja												
Lengan : Timur												
Tanggal : Senin, 20 Maret 2022												
Waktu	LT (kend/jam)				ST (kend/jam)				RT (kend/jam)			
	MC	LV	HV	UM	MC	LV	HV	UM	MC	LV	HV	UM
06.00-06.15	44	1	1	2	195	26	6	9				
06.15-06.30	76	12	0	1	369	42	7	6				
06.30-06.45	143	14	0	2	599	61	10	4				
06.45-07.00	198	21	0	2	754	70	2	7				
07.00-07.15	136	22	1	1	587	88	6	3				
07.15-07.30	142	20	0	2	658	73	2	7				
07.30-07.45	157	19	1	1	565	64	4	5				

07.45-08.00	169	20	0	3	705	93	5	5				
16.00-16.15	344	47	0	5	788	110	4	6				
16.15-16.30	303	33	0	4	738	87	4	7				
16.30-16.45	301	40	2	2	815	100	3	4				
16.45-17.00	256	38	0	1	689	116	9	4				
17.00-17.15	279	25	0	2	618	120	3	5				
17.15-17.30	210	24	0	1	537	61	1	2				
17.30-17.45	211	23	1	1	579	79	7	7				
17.45-18.00	184	26	0	2	572	100	2	4				

VOLUME LALU LINTAS												
Lokasi : Simpang Sisingamangaraja												
Lengan : Selatan												
Tanggal : Senin, 20 Maret 2022												
Waktu	LT (kend/jam)				ST (kend/jam)				RT (kend/jam)			
	MC	LV	HV	UM	MC	LV	HV	UM	MC	LV	HV	UM

06.00-06.15	112	21	0	1					162	24	0	0
06.15-06.30	203	35	0	5					262	50	1	2
06.30-06.45	294	52	0	6					455	43	0	2
06.45-07.00	312	29	1	7					629	45	0	6
07.00-07.15	233	26	0	1					568	39	0	4
07.15-07.30	289	28	0	2					556	34	2	5
07.30-07.45	268	26	0	4					515	26	0	1
07.45-08.00	328	20	1	3					430	35	4	0
16.00-16.15	169	34	2	3					261	52	0	0
16.15-16.30	195	32	0	3					263	37	0	1
16.30-16.45	150	45	3	1					267	42	0	0
16.45-17.00	155	34	0	0					185	41	0	0
17.00-17.15	149	33	0	1					188	41	2	2
17.15-17.30	186	36	0	1					248	50	0	2
17.30-17.45	136	32	1	0					177	36	0	0
17.45-18.00	108	17	0	1					129	32	0	1

VOLUME LALU LINTAS

Lokasi : Simpang Sisingamangaraja												
Lengan : Barat												
Tanggal : Senin, 20 Maret 2022												
Waktu	LT (kend/jam)				ST (kend/jam)				RT (kend/jam)			
	MC	LV	HV	UM	MC	LV	HV	UM	MC	LV	HV	UM
06.00-06.15					192	23	6	14	75	5	1	1
06.15-06.30					334	48	1	5	79	10	0	1
06.30-06.45					536	51	6	9	145	14	0	3
06.45-07.00					601	69	4	4	208	22	0	4
07.00-07.15					512	73	5	5	156	29	0	0
07.15-07.30					556	57	6	5	138	20	1	1
07.30-07.45					481	62	14	3	174	23	0	1
07.45-08.00					519	69	8	6	131	17	2	4
16.00-16.15					532	91	4	2	246	22	0	4
16.15-16.30					455	78	3	8	232	28	2	0
16.30-16.45					430	73	6	9	193	26	0	1
16.45-17.00					413	75	8	4	178	24	2	0
17.00-17.15					499	79	4	5	182	24	1	0
17.15-17.30					400	65	4	2	137	29	1	0

17.30-17.45					447	85	5	5	154	13	0	0
17.45-18.00					384	83	4	2	149	24	0	0

Lampiran 2. Data Panjang Antrean

PANJANG ANTREAN									
Lokasi : Simpang Sisingamangaraja									
Lengan : Timur									
Tanggal : Sabtu, 18 Maret 2023									
Sesi : Pagi									
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
06.00	18,5	06.24	22,4	06.49	40	07.14	12,4	07.39	61,4
06.01	15	06.25	19,2	06.50	7,5	07.15	92,6	07.40	24,5
06.02	5,2	06.26	12,8	06.51	62	07.16	44,4	07.41	17
06.03	17,4	06.27	29,5	06.52	20,5	07.17	38,9	07.42	26
06.04	27	06.28	10	06.53	51	07.18	20	07.43	24,6
06.05	22	06.29	18,3	06.54	17,5	07.19	8,5	07.44	42,5
06.06	8,9	06.30	2	06.55	28	07.20	60	07.45	65,4
06.07	16,5	06.32	50	06.56	18,6	07.21	22	07.46	26,5
06.08	4,2	06.33	15	06.57	17,3	07.22	48	07.47	51,4
06.09	2,7	06.34	53	06.58	12	07.23	27	07.48	16
06.10	23	06.35	9	06.59	28,7	07.24	38	07.49	19,5
06.11	5,04	06.36	47,3	07.00	5,6	07.25	9,7	07.50	47
06.12	13,9	06.37	11,5	07.01	12	07.26	26	07.51	63
06.13	39,16	06.38	50,5	07.02	18,5	07.27	34,5	07.52	28
06.14	5,32	06.39	15	07.04	3	07.28	9	07.53	31
06.15	45,6	06.40	55	07.05	21,4	07.29	24	07.54	18
06.16	11,7	06.41	15	07.06	14	07.30	16,4	07.55	16,5
06.17	36,3	06.42	28	07.07	21	07.31	47,6	07.56	45,6
06.18	13,92	06.43	17	07.08	2,6	07.32	56	07.57	37,4
06.19	28,32	06.44	58	07.09	38	07.33	17,4	07.58	34
06.20	12,6	06.45	26	07.10	43	07.34	72,6	07.59	19,8
06.21	17,4	06.46	49	07.11	26	07.36	42,8	08.00	27
06.22	38,3	06.47	62	07.12	2,3	07.37	8,6		
06.23	13,6	06.48	31	07.13	39,7	07.38	23		

PANJANG ANTREAN									
Lokasi : Simpang Sisingamangaraja									
Lengan : Selatan									
Tanggal : Sabtu, 18 Maret 2023									
Sesi : Pagi									
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
06.00	12	06.25	31	06.49	12	07.14	11	07.39	38
06.01	9	06.26	28	06.50	58	07.15	33	07.40	35
06.02	20	06.27	12	06.51	32	07.16	34	07.41	26
06.03	20	06.28	38	06.53	8	07.17	33	07.42	25
06.04	10	06.29	18	06.54	31	07.18	46	07.43	19
06.05	32	06.30	22	06.55	32	07.19	48	07.44	24
06.06	20,5	06.31	26	06.56	30	07.20	20,5	07.45	26
06.07	13	06.32	22	06.57	22	07.21	23	07.46	32
06.08	30	06.33	32	06.58	23	07.22	32	07.47	17
06.09	10	06.34	23	06.59	30	07.23	11	07.48	20
06.10	30	06.35	22	07.00	20	07.25	38	07.49	36
06.11	20	06.36	23	07.01	28	07.26	28	07.50	28
06.12	19	06.37	31	07.02	27	07.27	18	07.51	24
06.13	20	06.38	38	07.03	42	07.28	22	07.52	34
06.14	23	06.39	29	07.04	33	07.29	17	07.53	18
06.15	17	06.40	33	07.05	32	07.30	38	07.54	16
06.16	45	06.41	19	07.06	18	07.31	32	07.55	8,5
06.17	16	06.42	48	07.07	23	07.32	10	07.57	27
06.18	19	06.43	32	07.08	52	07.33	9,5	07.58	32
06.19	23	06.44	36	07.09	32	07.34	20	07.59	29
06.21	22	06.45	21	07.10	15	07.35	29	08.00	17

06.22	26	06.46	26	07.11	23	07.36	23		
06.23	33	06.47	36	07.12	32	07.37	50		
06.24	21	06.48	22	07.13	18	07.38	32		

PANJANG ANTREAN									
Lokasi : Simpang Sisingamangaraja									
Lengan : Barat									
Tanggal : Sabtu, 18 Maret 2023									
Sesi : Pagi									
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
06.00	19	06.25	4	06.49	32	07.14	40	07.39	45
06.01	12	06.26	21	06.50	22	07.15	15	07.40	61
06.02	25	06.27	20	06.51	18	07.16	19	07.41	34
06.03	11	06.28	9	06.52	30	07.17	35	07.42	54
06.04	4	06.29	30	06.54	13	07.18	13	07.43	18
06.05	10	06.30	6	06.55	25	07.19	30	07.44	10
06.06	4	06.31	28	06.56	30	07.20	47	07.45	24
06.07	48	06.32	25	06.57	10	07.21	12	07.46	16
06.08	22	06.33	35	06.58	27	07.22	24	07.47	36
06.09	15	06.34	80	06.59	22	07.23	30	07.48	27
06.10	40	06.35	50	07.00	17	07.24	25	07.49	57
06.11	13	06.36	45	07.01	40	07.26	30	07.50	24
06.12	14	06.37	28	07.02	18	07.27	18	07.51	19
06.13	18	06.38	32	07.03	22	07.28	20	07.52	34
06.14	12	06.39	34	07.04	12	07.29	52	07.53	42
06.15	30	06.40	12	07.05	5	07.30	18	07.54	38
06.16	12	06.41	25	07.06	40	07.31	34	07.55	12
06.17	34	06.42	28	07.07	14	07.32	23	07.56	7

06.18	19	06.43	15	07.08	42	07.33	15	07.58	24
06.19	12	06.44	48	07.09	31	07.34	48	07.59	24
06.20	58	06.45	22	07.10	5	07.35	29	08.00	18
06.22	12	06.46	25	07.11	50	07.36	36		
06.23	30	06.47	25	07.12	42	07.37	24		
06.24	30	06.48	15	07.13	18	07.38	17		

PANJANG ANTREAN									
Lokasi : Simpang Sisingamangaraja									
Lengan : Timur									
Tanggal : Sabtu, 18 Maret 2023									
Sesi : Sore									
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
16.00	43	16.24	55	16.49	52	17.14	30	17.39	42
16.01	24	16.25	52	16.50	19	17.15	53	17.40	20
16.02	19	16.26	80	16.51	26	17.16	38	17.41	42
16.03	29	16.27	53	16.52	58	17.17	29	17.42	36
16.04	15	16.28	84	16.53	37	17.18	36	17.43	24
16.05	34	16.29	71	16.54	19	17.19	44	17.44	38
16.06	73	16.30	52	16.55	23	17.20	56	17.45	38
16.07	36	16.32	58	16.56	24	17.21	37	17.46	32
16.08	94	16.33	37	16.57	32	17.22	28	17.47	27
16.09	56	16.34	26	16.58	34	17.23	12	17.48	42
16.10	92	16.35	27	16.59	48	17.24	14	17.49	19
16.11	40	16.36	54	17.00	44	17.25	54	17.50	45
16.12	34	16.37	56	17.01	56	17.26	15	17.51	23
16.13	35	16.38	12	17.02	68	17.27	52	17.52	46
16.14	89	16.39	73	17.04	31	17.28	58	17.53	20
16.15	26	16.40	66	17.05	53	17.29	52	17.54	27
16.16	24	16.41	83	17.06	12	17.30	94	17.55	32

16.17	17	16.42	47	17.07	56	17.31	42	17.56	32
16.18	34	16.43	32	17.08	8	17.32	32	17.57	24
16.19	48	16.44	28	17.09	54	17.33	27	17.58	20
16.20	26	16.45	57	17.10	14	17.34	50	17.59	46
16.21	32	16.46	46	17.11	39	17.36	24	18.00	20
16.22	42	16.47	46	17.12	34	17.37	33		
16.23	37	16.48	26	17.13	36	17.38	48		

PANJANG ANTREAN									
Lokasi : Simpang Sisingamangaraja									
Lengan : Selatan									
Tanggal : Sabtu, 18 Maret 2023									
Sesi : Sore									
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
16.00	13	16.25	27,8	16.49	37,5	17.14	23,5	17.39	20
16.01	30	16.26	30	16.50	33	17.15	53	17.40	20
16.02	34,4	16.27	28,5	16.51	3	17.16	40	17.41	24
16.03	19	16.28	24	16.53	6	17.17	11,5	17.42	4,5
16.04	23,4	16.29	52	16.54	27,5	17.18	38	17.43	43
16.05	23	16.30	52	16.55	48	17.19	40	17.44	25
16.06	22,5	16.31	54	16.56	2	17.20	30	17.45	19
16.07	31	16.32	57	16.57	28,4	17.21	32	17.46	22,6
16.08	9	16.33	33	16.58	28	17.22	22	17.47	42
16.09	24	16.34	25,5	16.59	32,5	17.23	39	17.48	12
16.10	18	16.35	55,5	17.00	14	17.25	40	17.49	34
16.11	12,6	16.36	34	17.01	20	17.26	20	17.50	26

16.12	22	16.37	37	17.02	40	17.27	20	17.51	17
16.13	20,4	16.38	37,2	17.03	20	17.28	10	17.52	14
16.14	32,5	16.39	26,5	17.04	40	17.29	27	17.53	26
16.15	27	16.40	16,6	17.05	21	17.30	34	17.54	28
16.16	18	16.41	34	17.06	23	17.31	38	17.55	21
16.17	12	16.42	11	17.07	13	17.32	16	17.57	19
16.18	9	16.43	24,4	17.08	38	17.33	28	17.58	24,5
16.19	24	16.44	31	17.09	34	17.34	38	17.59	21
16.21	29	16.45	15	17.10	39	17.35	20	18.00	16
16.22	30,5	16.46	24	17.11	35	17.36	10		
16.23	32,8	16.47	19	17.12	42	17.37	11		
16.24	32,7	16.48	30	17.13	18	17.38	22		

PANJANG ANTREAN									
Lokasi : Simpang Sisingamangaraja									
Lengan : Barat									
Tanggal : Sabtu, 18 Maret 2023									
Sesi : Sore									
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
16.00	12	16.25	42	16.49	20	17.14	25	17.39	26
16.01	17	16.26	50	16.50	52	17.15	30	17.40	18
16.02	23	16.27	28	16.51	43	17.16	27	17.41	10
16.03	22	16.28	21	16.52	56	17.17	21	17.42	30
16.04	35	16.29	30	16.54	30	17.18	26	17.43	15
16.05	20	16.30	23	16.55	15	17.19	14	17.44	25
16.06	31	16.31	33	16.56	24	17.20	25	17.45	15
16.07	46	16.32	29	16.57	22	17.21	29	17.46	24
16.08	54	16.33	33	16.58	18	17.22	34	17.47	35

16.09	28	16.34	30	16.59	17	17.23	23	17.48	10
16.10	34	16.35	41	17.00	39	17.24	18	17.49	11
16.11	41	16.36	56	17.01	32	17.26	46	17.50	8
16.12	25	16.37	15	17.02	13	17.27	93	17.51	16
16.13	40	16.38	62	17.03	40	17.28	56	17.52	35
16.14	25	16.39	66	17.04	17	17.29	22	17.53	15
16.15	33	16.40	32	17.05	45	17.30	54	17.54	12
16.16	34	16.41	35	17.06	30	17.31	41	17.55	21
16.17	33	16.42	33	17.07	41	17.32	30	17.56	18
16.18	90	16.43	24	17.08	21	17.33	20	17.58	32
16.19	90	16.44	40	17.09	24	17.34	31	17.59	12
16.20	95	16.45	29	17.10	36	17.35	50	18.00	15
16.22	98	16.46	28	17.11	38	17.36	14		
16.23	91	16.47	19	17.12	46	17.37	20		
16.24	70	16.48	47	17.13	25	17.38	32		

PANJANG ANTREAN									
Lokasi : Simpang Sisingamangaraja									
Lengan : Timur									
Tanggal : Senin, 20 Maret 2023									
Sesi : Pagi									
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
06.00	19	06.24	32	06.49	41	07.14	42,6	07.39	34
06.01	5,7	06.25	29	06.50	13,4	07.15	32	07.40	19,5
06.02	27	06.26	8,6	06.51	33,4	07.16	42,6	07.41	54

06.03	16	06.27	18	06.52	12	07.17	44,5	07.42	24,6
06.04	15,4	06.28	25,6	06.53	26,6	07.18	38,4	07.43	54,8
06.05	12	06.29	7,2	06.54	11,5	07.19	34	07.44	22,4
06.06	5,5	06.30	38,1	06.55	43	07.20	8,6	07.45	52,6
06.07	6	06.32	8,2	06.56	24	07.21	56	07.46	2,5
06.08	4,9	06.33	38	06.57	42,5	07.22	28	07.47	34
06.09	8,3	06.34	11	06.58	46,2	07.23	54,4	07.48	9,6
06.10	5,5	06.35	30,3	06.59	31,8	07.24	13	07.49	56
06.11	6,5	06.36	9,8	07.00	47,7	07.25	42	07.50	14,5
06.12	19	06.37	35,5	07.01	26	07.26	57	07.51	45,5
06.13	20	06.38	11	07.02	46,6	07.27	9	07.52	26
06.14	4,2	06.39	25,6	07.04	28	07.28	38,5	07.53	56
06.15	5,8	06.40	27	07.05	46,4	07.29	17,6	07.54	58,4
06.16	9,4	06.41	19,2	07.06	16,2	07.30	54,6	07.55	36,6
06.17	3,1	06.42	26,3	07.07	24	07.31	42	07.56	47,8
06.18	1,9	06.43	14,2	07.08	40	07.32	26	07.57	36
06.19	6,4	06.44	22,5	07.09	29,4	07.33	14,5	07.58	17
06.20	1,5	06.45	36,4	07.10	39,5	07.34	36,5	07.59	65
06.21	9	06.46	12,6	07.11	26	07.36	32,4	08.00	24
06.22	1,6	06.47	18,4	07.12	29	07.37	28		
06.23	5,5	06.48	36,5	07.13	34,4	07.38	16		

PANJANG ANTREAN

Lokasi : Simpang Sisingamangaraja
Lengan : Selatan
Tanggal : Senin, 20 Maret 2023
Sesi : Pagi

Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
06.00	5	06.25	43	06.49	44	07.14	39	07.39	31
06.01	14	06.26	33	06.50	26	07.15	48	07.40	21
06.02	6	06.27	14	06.51	39	07.16	40	07.41	17
06.03	12	06.28	24	06.53	28	07.17	30	07.42	29
06.04	18	06.29	26	06.54	47	07.18	18	07.43	26
06.05	24	06.30	31	06.55	31	07.19	52	07.44	31
06.06	9	06.31	44	06.56	31	07.20	29	07.45	24
06.07	28	06.32	40	06.57	42	07.21	41	07.46	27
06.08	16	06.33	27	06.58	29	07.22	34	07.47	22
06.09	10	06.34	30	06.59	45	07.23	41	07.48	31
06.10	6	06.35	42	07.00	29	07.25	23	07.49	30
06.11	20	06.36	28	07.01	33	07.26	25	07.50	46
06.12	32	06.37	40	07.02	24	07.27	23	07.51	32
06.13	16	06.38	25	07.03	15	07.28	31	07.52	28
06.14	29	06.39	24	07.04	9	07.29	32	07.53	39
06.15	27	06.40	24	07.05	27	07.30	22	07.54	11
06.16	40	06.41	31	07.06	16	07.31	23	07.55	32
06.17	41	06.42	40	07.07	30	07.32	34	07.57	17
06.18	32	06.43	45	07.08	31	07.33	22	07.58	32
06.19	21	06.44	52	07.09	18	07.34	40	07.59	28
06.21	28	06.45	45	07.10	32	07.35	27	08.00	42
06.22	31	06.46	50	07.11	25	07.36	23		
06.23	21	06.47	58	07.12	41	07.37	29		
06.24	42	06.48	41	07.13	37	07.38	27		

PANJANG ANTREAN	
Lokasi	: Simpang Sisingamangaraja
Lengan	: Barat

Tanggal : Senin, 20 Maret 2023									
Sesi : Pagi									
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
06.00	4,1	06.25	12,3	06.49	39,9	07.14	42,1	07.39	25,2
06.01	5,2	06.26	18,9	06.50	55,7	07.15	28,3	07.40	32,5
06.02	8,3	06.27	5,8	06.51	27,2	07.16	45,2	07.41	15,2
06.03	6,9	06.28	16,4	06.52	36,9	07.17	39,5	07.42	21,9
06.04	3,7	06.29	15,5	06.54	32,6	07.18	23,9	07.43	32,3
06.05	4,2	06.30	13,2	06.55	27,3	07.19	38,9	07.44	15,2
06.06	4,5	06.31	31,4	06.56	46,1	07.20	23,7	07.45	17,7
06.07	8,3	06.32	9,8	06.57	32,3	07.21	35,6	07.46	21,3
06.08	4,7	06.33	46,8	06.58	38,9	07.22	32,2	07.47	19,4
06.09	5,1	06.34	32,7	06.59	29,8	07.23	11,5	07.48	26,3
06.10	10,2	06.35	16,1	07.00	34,2	07.24	58,9	07.49	12,9
06.11	8,6	06.36	29,7	07.01	60,1	07.26	25,7	07.50	32,4
06.12	11,1	06.37	22,3	07.02	33,5	07.27	45,3	07.51	14,5
06.13	3,8	06.38	47,2	07.03	42,3	07.28	33,7	07.52	26,3
06.14	13,2	06.39	36,3	07.04	32,6	07.29	29,2	07.53	18,6
06.15	8,2	06.40	42,8	07.05	28,3	07.30	40,2	07.54	17,7
06.16	15,3	06.41	46,9	07.06	34,8	07.31	21,5	07.55	12,8
06.17	22,1	06.42	25,5	07.07	22,5	07.32	16,9	07.56	24,5
06.18	33,8	06.43	30,1	07.08	31,7	07.33	43,3	07.58	27,3
06.19	20,2	06.44	18,8	07.09	48,6	07.34	44,8	07.59	19,4
06.20	38,5	06.45	45,2	07.10	32,1	07.35	52,3	08.00	20
06.22	12,4	06.46	46,9	07.11	34,4	07.36	29,3		
06.23	9,8	06.47	43,8	07.12	27,6	07.37	14,6		
06.24	25,1	06.48	38,7	07.13	14,5	07.38	27,2		

PANJANG ANTREAN

Lokasi : Simpang Sisingamaraja

Lengan : Timur									
Tanggal : Senin, 20 Maret 2023									
Sesi : Sore									
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
16.00	60	16.24	87	16.49	88	17.14	47	17.39	22
16.01	58	16.25	74	16.50	41	17.15	57	17.40	46
16.02	36	16.26	43	16.51	45	17.16	37	17.41	22
16.03	96	16.27	19	16.52	21	17.17	48	17.42	40
16.04	93	16.28	59	16.53	62	17.18	59	17.43	22
16.05	46	16.29	21	16.54	35	17.19	5	17.44	51
16.06	94	16.30	64	16.55	62	17.20	65	17.45	49
16.07	56	16.32	41	16.56	45	17.21	46	17.46	35
16.08	48	16.33	73	16.57	93	17.22	59	17.47	38
16.09	42	16.34	84	16.58	65	17.23	25	17.48	34
16.10	78	16.35	67	16.59	73	17.24	47	17.49	32
16.11	64	16.36	41	17.00	29	17.25	21	17.50	58
16.12	48	16.37	49	17.01	40	17.26	45	17.51	11
16.13	60	16.38	22	17.02	52	17.27	29	17.52	57
16.14	48	16.39	55	17.04	47	17.28	37	17.53	7
16.15	41	16.40	28	17.05	52	17.29	33	17.54	38
16.16	94	16.41	52	17.06	21	17.30	27	17.55	8
16.17	22	16.42	24	17.07	36	17.31	49	17.56	29
16.18	44	16.43	86	17.08	49	17.32	30	17.57	44
16.19	34	16.44	79	17.09	31	17.33	54	17.58	22
16.20	54	16.45	44	17.10	98	17.34	30	17.59	34
16.21	74	16.46	39	17.11	41	17.36	58	18.00	21
16.22	62	16.47	90	17.12	65	17.37	19		
16.23	52	16.48	56	17.13	38	17.38	52		

PANJANG ANTREAN									
Lokasi : Simpang Sisingamangaraja									
Lengan : Selatan									
Tanggal : Senin, 20 Maret 2023									
Sesi : Sore									
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
16.00	16	16.25	21	16.49	33	17.14	42	17.39	33
16.01	14	16.26	14	16.50	26	17.15	44	17.40	28
16.02	20	16.27	26	16.51	11	17.16	18	17.41	26
16.03	34	16.28	34	16.53	20	17.17	16	17.42	22
16.04	31	16.29	29	16.54	25	17.18	10	17.43	22
16.05	29	16.30	32	16.55	16	17.19	17	17.44	28
16.06	22	16.31	33	16.56	14	17.20	24	17.45	32
16.07	17	16.32	28	16.57	10	17.21	39	17.46	34
16.08	26	16.33	15	16.58	37	17.22	37	17.47	29
16.09	28	16.34	36	16.59	31	17.23	31	17.48	32
16.10	39	16.35	30	17.00	40	17.25	40	17.49	14
16.11	30	16.36	16	17.01	43	17.26	20	17.50	9
16.12	38	16.37	17	17.02	34	17.27	13	17.51	25
16.13	21	16.38	33	17.03	21	17.28	33	17.52	20
16.14	20	16.39	14	17.04	11	17.29	37	17.53	21
16.15	15	16.40	31	17.05	20	17.30	23	17.54	15
16.16	15	16.41	32	17.06	18	17.31	19	17.55	15
16.17	21	16.42	21	17.07	50	17.32	17	17.57	32
16.18	28	16.43	43	17.08	13	17.33	18	17.58	17
16.19	22	16.44	30	17.09	17	17.34	38	17.59	24
16.21	22	16.45	21	17.10	28	17.35	39	18.00	28
16.22	26	16.46	16	17.11	14	17.36	26		
16.23	28	16.47	21	17.12	18	17.37	22		
16.24	32	16.48	14	17.13	15	17.38	29		

PANJANG ANTREAN									
Lokasi : Simpang Sisingamangaraja									
Lengan : Barat									
Tanggal : Senin, 20 Maret 2023									
Sesi : Sore									
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
16.00	27	16.25	66	16.49	67	17.14	25	17.39	32
16.01	32	16.26	37	16.50	27	17.15	20	17.40	40
16.02	25	16.27	15	16.51	45	17.16	46	17.41	11
16.03	51	16.28	36	16.52	34	17.17	47	17.42	21
16.04	34	16.29	38	16.54	37	17.18	42	17.43	18
16.05	45	16.30	41	16.55	44	17.19	29	17.44	24
16.06	42	16.31	35	16.56	48	17.20	55	17.45	18
16.07	39	16.32	44	16.57	42	17.21	46	17.46	22
16.08	32	16.33	29	16.58	21	17.22	39	17.47	33
16.09	49	16.34	49	16.59	51	17.23	43	17.48	17
16.10	68	16.35	25	17.00	28	17.24	38	17.49	13
16.11	55	16.36	36	17.01	33	17.26	38	17.50	24
16.12	20	16.37	24	17.02	30	17.27	17	17.51	20
16.13	54	16.38	43	17.03	26	17.28	24	17.52	18
16.14	73	16.39	33	17.04	19	17.29	22	17.53	28
16.15	63	16.40	40	17.05	27	17.30	25	17.54	36
16.16	44	16.41	34	17.06	30	17.31	23	17.55	39
16.17	56	16.42	31	17.07	18	17.32	9	17.56	29
16.18	61	16.43	45	17.08	38	17.33	36	17.58	15
16.19	75	16.44	33	17.09	21	17.34	7	17.59	14
16.20	63	16.45	29	17.10	33	17.35	19	18.00	23

16.22	59	16.46	38	17.11	19	17.36	35	
16.23	40	16.47	37	17.12	21	17.37	21	
16.24	46	16.48	17	17.13	44	17.38	45	

Lampiran 3. Data *Driving Behavior*

DRIVING BEHAVIOR									
No	Lengan	Bergerak				Berhenti			
		MC		LV/HV		MC		LV/HV	
		Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)
1	Timur	35	40	150	70	36	20	54	36
2		60	45	110	40	10	22	45	31
3		55	50	230	65	22,5	21	53	28
4		60	60	210	70	38	33	50	60
5		65	70	180	80	28	22	53	72
6		110	80	240	60	32	26	84	66
7		120	150	310	80	26	78	260	256
8		80	100	230	70	42	65	104	109
9		75	50	170	120	18	32	68	98
10		80	75	260	150	26	68	74	55
11	Selatan	70	50	118	48	19	46	124	42
12		80	60	120	50	24	38	128	40
13		70	50	216	148	48	64	80	60
14		60	40	324	152	26	56	110	40

15		160	45	240	60	5	30	200	80
16		50	40	120	60	20	60	60	40

DRIVING BEHAVIOR									
No	Lengan	Bergerak				Berhenti			
		MC		LV/HV		MC		LV/HV	
		Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)
17	Selatan	50	95	220	80	60	40	80	50
18		60	40	240	60	30	70	150	80
19		90	50	200	60	18	62	180	58
20		180	70	100	60	35	58	120	48
21	Barat	70	80	400	150	45	73	112	86
22		150	100	200	150	52	60	75	64
23		80	90	180	100	44	88	67	74
24		70	70	300	100	50	73	92	80
25		60	80	170	80	56	75	240	97
26		100	100	90	60	80	64	86	78
27		150	70	400	80	52	87	86	78

28	50	60	150	120	76	48	110	106
29	150	80	200	80	42	57	96	81
30	100	70	180	80	46	44	78	67

Lampiran 5. Data Volume Kendaraan Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta Tahun 2022

Anerja Lalu Lintas Tahun 2022

No. Jalan	Nama Ruas Jalan	Fungsi Jalan	Tipe Ruas	Arah	Jam Puncak & Volume Lalu Lintas (C) smg/jam			
					Ket.	Kerja	Sabtu	Minggu
17	Klaten Di Panjaitan	Lokar Sekunder	2/2 UD	Dua Arah	Sore	1.758	1.668	1.480
					06.30-07.30	07.30-08.30	07.15-08.15	
					Pagi	1.288	1.007	605
					15.30-16.30	15.45-16.45	16.00-17.00	
18	Kronof Sugiyono	Arteri Sekunder	4/2 UD	Dua Arah	Sore	1.215	1.146	857
					06.45-07.45	06.30-07.30	06.45-07.45	
					Pagi	2.455	1.619	1.334
					15.00-16.00	16.00-17.00	15.45-16.45	
17	Parangtritis Utara	Kolektor Sekunder	2/2 UD	Dua Arah	Sore	2.477	2.477	1.534
					06.30-07.30	07.30-08.30	07.15-08.15	
					Pagi	1.650	1.340	893
					16.00-17.00	16.00-17.00	15.00-16.00	
18	Sungamangaraja Utara	Kolektor Sekunder	2/2 UD	Dua Arah	Sore	1.690	2.074	1.487
					06.30-07.30	07.30-08.30	07.30-08.30	
					Pagi	1.288	1.066	629
					15.30-16.30	15.45-16.45	16.00-17.00	
19	Mentari Supono	Kolektor Sekunder	4/2 D	T-B	Pagi	1.211	1.051	657
					15.30-16.30	15.45-16.45	15.15-16.15	
					Sore	971	1.136	662
					06.30-07.30	07.30-08.30	07.30-08.30	
				B-T	Pagi	1.197	1.078	346
					15.45-16.45	15.30-16.30	16.00-17.00	
					Sore	931	1.061	563
					06.30-07.30	07.30-08.30	07.30-08.30	
20	Lowanu	Kolektor Sekunder	2/2 UD	Dua Arah	Pagi	1.056	790	486
					15.15-16.15	15.15-16.15	15.15-16.15	
					Sore	1.079	934	772
					06.30-07.30	07.30-08.30	07.30-08.30	
20	Pantia Kemerdekaan	Arteri Sekunder	4/2 D	T-B	Pagi	587	584	359
					15.30-16.30	15.45-16.45	16.00-17.00	
					Sore	854	664	493
					06.30-07.30	07.30-08.30	07.30-08.30	
				B-T	Pagi	729	466	364
					16.00-17.00	16.00-17.00	15.45-16.45	
					Sore	578	738	474
					06.30-07.30	07.30-08.30	07.30-08.30	
21	Pramuka	Arteri Sekunder	2/2 UD	Dua Arah	Pagi	934	690	327
					15.00-16.00	15.15-16.15	16.00-17.00	
					Sore	805	726	575
					06.30-07.30	07.30-08.30	07.30-08.30	
22	Ngekaganda	Arteri Sekunder	4/2 D	T-B	Pagi	755	312	252
					15.30-16.30	15.30-16.30	16.00-17.00	
					Sore	654	521	434
					06.30-07.30	07.30-08.30	07.15-08.15	
				B-T	Pagi	762	406	307
					15.45-16.45	16.00-17.00	16.00-17.00	
					Sore	832	584	479
					06.30-07.30	07.30-08.30	07.15-08.15	
23	Gambiran Selatan		2/2 UD					

Lampiran 6. Data Geometrik Jalan Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta Tahun 2022

No. Ruas	Nama Ruas Jalan	Fungsi Jalan	Tipe Ruas	Total Lebar Jalan	Parkir	Lebar Parkir	Lebar Jalan Tanpa Parkir
85	Kapten Di Panjaitan	Lokal Sekunder	2/2 UD	9 m	-	-	9 m
86	Kolonel Sugiyono	Arteri Sekunder	4/2 UD	13 m	-	-	13 m
87	Parangtritis Utara	Kolektor Sekunder	2/2 UD	10 m	-	-	10 m
88	Sisingamangaraja Utara	Kolektor Sekunder	2/2 UD	7 m	-	-	7 m
89	Menteri Supeno	Kolektor Sekunder	4/2 D	11 m	-	-	11 m
90	Lowanu	Kolektor Sekunder	2/2 UD	7 m	-	-	7 m
91	Perintis Kemerdekaan	Arteri Sekunder	4/2 D	11,5 m	-	-	11,5 m
92	Pramuka	Arteri Sekunder	2/2 UD	7 m	-	-	7 m
93	Ngeksigondo	Arteri Sekunder	4/2 D	12,5 m	-	-	12,5 m
94	Gambiran Selatan	Arteri Sekunder	2/2 UD	4,6 m	-	-	4,6 m
95	Kemasan	Kolektor Sekunder	2/2 UD (1 arah untuk mobil)	5,4 m	-	-	5,4 m
96	Ki Penjawi	Lokal Sekunder	2/2 UD	6 m	-	-	6 m
97	Gambiran Utara	Arteri Sekunder	4/2 UD	14 m	-	-	14 m
98	Rejowinangun	Lokal Sekunder	2/2 UD	9 m	-	-	9 m
99	Suryodiningratan	Lokal Sekunder	2/2 UD	4,6 m	-	-	4,6 m
100	Prapanca	Lokal Sekunder	2/2 UD	3,5 m	-	-	3,5 m
101	Parangtritis Selatan	Kolektor Sekunder	2/2 UD	8,5 m	-	-	8,5 m
102	Menukan	Kolektor Sekunder	2/2 UD	6,5 m	-	-	6,5 m
103	Jogokaryan	Lokal Sekunder	2/2 UD	5 m	-	-	5 m
104	Sisingamangaraja Selatan	Kolektor Sekunder	2/2 UD	8 m	-	-	8 m
105	Sorogenen	Kolektor Sekunder	2/2 UD	7 m	-	-	7 m
106	Tritunggal	Kolektor Sekunder	2/2 UD	7 m	-	-	7 m
107	Tegalendu	Kolektor Sekunder	2/2 UD	5,5 m	-	-	5,5 m
108	Imogiri	Arteri Sekunder	2/2 UD	10 m	-	-	10 m