

TUGAS AKHIR

**EVALUASI DAN PENINGKATAN KINERJA
SIMPANG BERSINYAL JOKTENG WETAN
(*PERFORMANCE EVALUATION AND IMPROVEMENT
OF JOKTENG WETAN SIGNALIZED INTERSECTION*)**

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



**Harfat Rahmayuda
19511007**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023**

TUGAS AKHIR

EVALUASI DAN PENINGKATAN KINERJA SIMPANG BERSINYAL JOKTENG WETAN (*PERFORMANCE EVALUATION AND IMPROVEMENT OF JOKTENG WETAN SIGNALIZED INTERSECTION*)

Disusun oleh



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

Diuji pada tanggal 3 November 2023

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing I

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

Penguji I

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

Penguji II

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

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir., Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng.), IPM.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau Sebagian 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, 19 Oktober 2023
Yang membuat pernyataan,



Harfat Rahmayuda
19511007

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Evaluasi dan Peningkatan Kinerja Simpang Bersinyal Jolteng Wetan*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

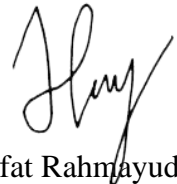
Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Prayogo Afang Prayitno S.T., M.Sc. dan Ibu Aisyah Nur Jannah S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
2. Ibu Dr.Eng., Faizul Chasanah, S.T., M.Sc. dan Bapak Muhamad Abdul Hadi S.T., M.T. selaku dewan penguji,
3. Ketua Program Studi Teknik Sipil Ibu Ir., Yunalia Muntafi, S.T., M.T., P.hD. (Eng)., IPM.
4. Bapak Bambang Riyadi dan Ibu Juli Saptika Risqi yang telah memberikan bantuan dan dukungan baik berupa doa maupun material yang telah dikorbankan selama penulis menyelesaikan studi tingkat strata satu,
5. Kakak Hanum Ghina Syahida dan Adik Havania Risqi yang telah memberikan doa dan dukungan dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu,
6. Teman seperjuangan calon direktur, Pratisto Ganang Nuroho, Tabri Budi Darmawan, dan Ratna Ningtyas Wikandhani yang telah mendukung dan saling membantu selama menempuh studi tingkat strata satu,
7. Teman satu penelitian Defira Amaralda R. N. yang saling mendukung dan membantu selama menyelesaikan Tugas Akhir.

8. Teman-teman *surveyor* yang telah membantu pengambilan data sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan,
9. Teman-teman teknik sipil UII angkatan 2019 dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

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

Yogyakarta, 19 Oktober 2023
Penulis,



Harfat Rahmayuda
19511007

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kinerja Simpang	5
2.2 Peningkatan Kinerja Simpang	6
2.2 Pemodelan Simpang Menggunakan VISSIM	8
2.3 Perbandingan Penelitian Ini dengan Penelitian Sebelumnya	9
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Persimpangan	12
3.1.1 Simpang Tak Bersinyal	12

3.1.2 Simpang Bersinyal	14
3.2 Kinerja Simpang Bersinyal	15
3.2.1 Lebar Pendekat Efektif	16
3.2.2 Arus Lalu Lintas	17
3.2.3 Arus Jenuh	18
3.2.4 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan	23
3.2.5 Perilaku Lalu Lintas	24
3.2.6 Waktu Siklus	30
3.3 VISSIM	32
3.4 Manajemen Lalu Lintas	35
BAB IV METODE PENELITIAN	38
4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	38
4.1.1 Lokasi Penelitian	38
4.1.2 Waktu Penelitian	39
4.2 Data Penelitian	39
4.3 Metode Pengambilan Data	40
4.4 Peralatan Penelitian	46
4.5 Metode Analisis Penelitian	46
4.6 Tahapan Penelitian	48
BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	51
5.1 Data	51
5.1.1 Data Sekunder	51
5.1.2 Data Primer	53
5.2 Analisis Kinerja Simpang Berdasarkan MKJI 1997	64
5.2.1 Perhitungan Arus jenuh	64

5.2.2 Perhitungan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan	70
5.2.3 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas	71
5.3 Simulasi VISSIM	80
5.3.1 Hasil Validasi dan Kalibrasi VISSIM	89
5.4 Alternatif Solusi	94
5.4.1 Alternatif Solusi I	94
5.4.2 Alternatif Solusi II	102
5.4.3 Alternatif Solusi III	108
5.4.4 Alternatif Solusi IV	116
5.4.5 Alternatif Solusi V	125
5.5 Pembahasan	134
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	141
6.1 Kesimpulan	141
6.2 Saran	142
DAFTAR PUSTAKA	143
LAMPIRAN	145

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya	10
Tabel 3.1 Ekuivalen Kendaraan Penumpang (emp)	17
Tabel 3.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})	19
Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{sf})	19
Tabel 3.4 Waktu Siklus yang Disarankan MKJI 1997	32
Tabel 4.1 Data Jam Puncak Tahun 2022	39
Tabel 5.1 Batas-Batas Simpang Jukteng Wetan	51
Tabel 5.2 Data Kecepatan Kendaraan Pada Simpang Jukteng Wetan	52
Tabel 5.3 Data Geometri Simpang Jukteng Wetan	53
Tabel 5.4 Waktu Siklus Simpang Jukteng Wetan	54
Tabel 5.5 Volume Lalu Lintas Puncak Simpang Jukteng Wetan	58
Tabel 5.6 Panjang Antrean Lengan Utara Simpang Jukteng Wetan	60
Tabel 5.7 Panjang Antrean Lengan Timur Simpang Jukteng Wetan	61
Tabel 5.8 Panjang Antrean Lengan Selatan Simpang Jukteng Wetan	61
Tabel 5.9 Panjang Antrean Lengan Barat Simpang Jukteng Wetan	62
Tabel 5.10 <i>Driving Behavior</i> Simpang Jukteng Wetan	63
Tabel 5.11 Rekapitulasi Arus Jenuh	69
Tabel 5.12 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (DS)	71
Tabel 5.13 Rekapitulasi Perilaku Lalu Lintas	79
Tabel 5.14 Perubahan Parameter <i>Driving Behavior</i>	89
Tabel 5.15 Hasil Uji GEH VISSIM dengan Kondisi Eksisting	91
Tabel 5.16 Hasil Uji MAPE VISSIM dengan Kondisi Eksisting	91
Tabel 5.17 Evaluasi Kinerja Simpang Berdasarkan Simulasi VISSIM	92
Tabel 5.18 Perbandingan Panjang Antrean	93
Tabel 5.19 Waktu Siklus Alternatif Solusi I	98
Tabel 5.20 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Alternatif Solusi I	100
Tabel 5.21 Panjang Antrean Alternatif Solusi I	101
Tabel 5.22 Tundaan Alternatif Solusi I	101

Tabel 5.23 Tingkat Pelayanan Alternatif Solusi I	102
Tabel 5.24 Waktu Siklus Alternatif Solusi II	103
Tabel 5.25 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Alternatif Solusi II	105
Tabel 5.26 Panjang Antrean Alternatif Solusi II	106
Tabel 5.27 Tundaan Alternatif Solusi II	107
Tabel 5.28 Tingkat Pelayanan Alternatif Solusi II	107
Tabel 5.29 Waktu Siklus Alternatif Solusi III	112
Tabel 5.30 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Alternatif Solusi III	114
Tabel 5.31 Panjang Antrean Alternatif Solusi III	115
Tabel 5.32 Tundaan Alternatif Solusi III	115
Tabel 5.33 Tingkat Pelayanan Alternatif Solusi III	116
Tabel 5.34 Perubahan Lebar Jalur Alternatif Solusi IV	118
Tabel 5.35 Waktu Siklus Alternatif Solusi IV	122
Tabel 5.36 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Alternatif Solusi IV	123
Tabel 5.37 Panjang Antrean Alternatif Solusi IV	124
Tabel 5.38 Tundaan Alternatif Solusi IV	124
Tabel 5.39 Tingkat Pelayanan Alternatif Solusi IV	125
Tabel 5.40 Perubahan Lebar Jalur Alternatif Solusi V	126
Tabel 5.41 Waktu Siklus Alternatif Solusi V	130
Tabel 5.42 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Alternatif Solusi V	131
Tabel 5.43 Panjang Antrean Alternatif Solusi V	132
Tabel 5.44 Tundaan Alternatif Solusi V	133
Tabel 5.45 Tingkat Pelayanan Alternatif Solusi V	133
Tabel 5.46 Perbandingan Derajat Kejenuhan Setiap Alternatif	135
Tabel 5.47 Perbandingan Panjang Antrean Setiap Alternatif	136
Tabel 5.48 Perbandingan Tundaan Setiap Alternatif	137
Tabel 5.49 Perbandingan Tingkat Pelayanan Setiap Alternatif	139

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Penelitian	2
Gambar 3.1 Konflik yang Terjadi pada Persimpangan	15
Gambar 3.2 Lebar Pendekat Dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas	16
Gambar 3.3 Nomogram Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)	20
Gambar 3.4 Nomogram Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)	21
Gambar 3.5 Nomogram Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})	22
Gambar 3.6 Nomogram Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})	22
Gambar 3.7 Model Dasar untuk Arus Jenuh	23
Gambar 3.8 Nomogram NQ_{MAX}	26
Gambar 4.1 Lokasi Simpang Penelitian	38
Gambar 4.2 Ilustrasi Survei Panjang Antrean	42
Gambar 4.3 Ilustrasi Survei <i>Driving Behavior</i> Berhenti	43
Gambar 4.4 Ilustrasi Survei <i>Driving Behavior</i> Bergerak	43
Gambar 4.5 Lokasi Kamera CCTV	45
Gambar 4.6 Lokasi <i>Surveyor</i>	45
Gambar 4.7 Bagan Alir Penelitian	49
Gambar 5.1 Geometri Simpang Jukteng Wetan	54
Gambar 5.2 Diagram Waktu Siklus Simpang Jukteng Wetan	55
Gambar 5.3 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Pagi)	55
Gambar 5.4 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Sore)	56
Gambar 5.5 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Pagi)	56
Gambar 5.6 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Sore)	56
Gambar 5.7 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Pagi)	57
Gambar 5.8 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Sore)	57
Gambar 5.9 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Pagi)	57
Gambar 5.10 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Sore)	58
Gambar 5.11 Distribusi Persebaran Volume Lalu Lintas Simpang Jukteng	

Wetan	59
Gambar 5.12 Hambatan Samping Lengan Utara	66
Gambar 5.13 Hambatan Samping Lengan Timur	67
Gambar 5.14 Hambatan Samping Lengan Selatan	67
Gambar 5.15 Hambatan Samping Lengan Barat	67
Gambar 5.16 Perubahan pada Menu <i>Network Settings</i>	81
Gambar 5.17 Perubahan pada Menu <i>Following</i>	82
Gambar 5.18 Perubahan pada Menu <i>Lane Change</i>	82
Gambar 5.19 Perubahan pada Menu <i>Lateral</i>	83
Gambar 5.20 Tampilan <i>Link</i> dan <i>Connector</i> Simpang Jukteng Wetan pada VISSIM	83
Gambar 5.21 <i>Link</i> Jalan Brigjen Katamso	84
Gambar 5.22 <i>Link</i> Jalan Kolonel Sugiyono	84
Gambar 5.23 <i>Link</i> Jalan Parangtritis	84
Gambar 5.24 <i>Link</i> Jalan Mayjend Sutoyo	85
Gambar 5.25 <i>Vehicle Inputs</i> , <i>Vehicle Routes</i> , dan <i>Vehicle Composition</i> pada Jalan Brigjen Katamso	86
Gambar 5.26 <i>Vehicle Inputs</i> , <i>Vehicle Routes</i> , dan <i>Vehicle Composition</i> pada Jalan Kolonel Sugiyono	86
Gambar 5.27 <i>Vehicle Inputs</i> , <i>Vehicle Routes</i> , dan <i>Vehicle Composition</i> pada Jalan Parangtritis	87
Gambar 5.28 <i>Vehicle Inputs</i> , <i>Vehicle Routes</i> , dan <i>Vehicle Composition</i> pada Jalan Mayjend Sutoyo	88
Gambar 5.29 <i>Evaluation Configuration</i> yang Digunakan	88
Gambar 5.30 Simulasi Pemodelan Sebelum kalibrasi	90
Gambar 5.31 Simulasi Pemodelan Setelah Kalibrasi	90
Gambar 5.32 Model Simpang Jukteng Wetan pada Simulasi VISSIM	90
Gambar 5.33 Kondisi Kendaraan Berhenti di Lapangan	94
Gambar 5.30 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi I	98
Gambar 5.31 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi II	104
Gambar 5.32 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi III	112

Gambar 5.33 Rute Dari Selatan Menuju Utara, Timur, dan Barat	117
Gambar 5.34 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi IV	122
Gambar 5.35 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi V	130

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Survei Volume Lalu Lintas (Senin)	146
Lampiran 2 Formulir Survei Volume Lalu Lintas (Sabtu)	148
Lampiran 3 Formulir Survei <i>Driving Behavior</i> (Senin)	150
Lampiran 4 Formulir Survei <i>Driving Behavior</i> (Sabtu)	154
Lampiran 5 Formulir Survei Panjang Antrian (Senin)	158
Lampiran 6 Formulir Survei Panjang Antrian (Sabtu)	167

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

C	= Kapasitas
c	= Waktu siklus
c_{ua}	= Waktu siklus sebelum penyesuaian
D	= Tundaan rata-rata setiap pendekat
DG	= Tundaan geometri rata-rata
D_I	= Tundaan rata-rata seluruh simpang
DS	= Derajat kejenuhan
DT	= Tundaan lalu lintas rata-rata
emp	= Ekuivalen mobil penumpang
F_{CS}	= Faktor penyesuaian ukuran kota
F_G	= Faktor penyesuaian kelandaian
F_{LT}	= Faktor penyesuaian gerakan belok kiri
F_P	= Faktor penyesuaian parkir
F_{RT}	= Faktor penyesuaian gerakan belok kanan
FR	= Rasio arus
FRcrit	= Rasio arus kritis (FR tertinggi pada masing-masing fase)
F_{SF}	= Faktor penyesuaian hambatan kota
g	= Waktu hijau
GEH	= <i>Geoffrey E. Havers</i>
GR	= Rasio hijau
HV	= <i>Heavy Vehicle</i> / kendaraan berat
IFR	= Rasio arus simpang
LTOR	= <i>Left Turn On Red</i>
LV	= <i>Light Vehicle</i> / kendaraan ringan
LTI	= Waktu hilang total per siklus
MAPE	= <i>Mean Absolute Percentage Error</i>
MC	= <i>Motor Cycle</i> / sepeda motor
MKJI	= Manual Kapasitas Jalan Indonesia

NS	= Angka henti
NS _{TOT}	= Angka henti seluruh simpang
N _{SV}	= Jumlah kendaraan terhenti
NQ	= Jumlah rata-rata antrean smp pada awal sinyal hijau
NQ ₁	= Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
NQ ₂	= Jumlah smp yang datang selama fase merah
p _{LTOR}	= Rasio kendaraan berbelok kiri
PR	= Rasio fase
p _{PRT}	= Rasio kendaraan berbelok kanan
p _{sv}	= rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat ($\min(NS, 1)$)
p _T	= rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat
Q	= Arus lalu lintas
QL	= Panjang antrean
Q _{LT}	= Arus lalu lintas belok kiri
Q _{RT}	= Arus lalu lintas belok kanan
S	= Arus jenuh
smp	= Satuan mobil penumpang
S _o	= Arus jenuh dasar
W _A	= Lebar pendekat simpang
W _e	= Lebar efektif pendekat simpang
W _{KELUAR}	= Lebar keluar pendekat simpang
W _{LTOR}	= Lebar LTOR pendekat simpang
W _{MASUK}	= Lebar masuk pendekat simpang
VISSIM	= <i>Verkehr Stadten – SIMulationsmodell</i>

ABSTRAK

Simpang Jukteng Wetan merupakan simpang empat bersinyal yang memiliki lalu lintas padat pada jam puncaknya. Simpang Jukteng Wetan menghubungkan Jalan Brigjen Katamso pada lengan Utara, Jalan Kolonel Sugiyono pada lengan Timur, Jalan Parangtritis pada lengan Selatan, dan Jalan Mayjend Sutoyo pada lengan Barat. Tingginya arus lalu lintas pada Simpang Jukteng Wetan mengakibatkan simpang tersebut tidak dapat menampung volume kendaraan yang melintas dan mengakibatkan kemacetan, sehingga diperlukan analisis untuk mengetahui kinerja eksisting simpang serta solusi untuk mengatasi masalah kemacetan.

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan survei dan didapatkan dari beberapa referensi dari instansi terkait. Metode survei dilakukan dengan pengambilan langsung data di lapangan dan menggunakan kamera CCTV untuk mendapatkan volume lalu lintas. Analisis simpang dilakukan untuk mendapatkan kinerja berupa tundaan dan tingkat pelayanan. Analisis kinerja Simpang Jukteng Wetan dilakukan dengan menggunakan MKJI 1997 dan menggunakan perangkat lunak VISSIM untuk memodelkan simpang dan kondisi lalu lintasnya serta memodelkan alternatif solusi. Alternatif solusi didapatkan dengan melakukan percobaan sehingga didapat beberapa alternatif solusi dan dipilih satu alternatif solusi terbaik.

Pada kondisi eksisting Simpang Jukteng Wetan memiliki tingkat pelayanan F dengan tundaan simpang sebesar 1044,03 detik/smp. Untuk meningkatkan kinerja Simpang Jukteng Wetan dilakukan beberapa alternatif solusi berupa perubahan waktu siklus, manajemen lalu lintas, serta melakukan pelebaran geometrik. Alternatif solusi terbaik didapat dengan melakukan perubahan sistem lalu lintas menjadi satu arah pada lengan Selatan serta memperlebar jalur pada lengan lainnya. Tingkat pelayanan Simpang Jukteng Wetan dengan menerapkan alternatif solusi terbaik meningkat menjadi C dengan tundaan simpang sebesar 21,80 detik/kendaraan.

Kata kunci: simpang bersinyal, kinerja simpang, MKJI 1997, VISSIM

ABSTRACT

Jokteng Wetan Intersection is a four-legged signalized intersection that has heavy traffic during its peak hour. This intersection connects Brigjen Katamso Street in North, Kolonel Sugiyono Street in East, Parangtritis Street in South, and Mayjend Sutoyo Street in West. Heavy traffic at Jokteng Wetan Intersection makes the intersection inability to accommodate traffic vehicles lead to traffic, so Jokteng Wetan Intersection needs to be analyzed for performance and find solutions to reduce the traffic.

Data collection for this research involves surveys at location and collecting information from relevant institutions. The survey method involves surveying at the actual location and using CCTV to collect traffic volume data. Performance analysis is used to determine delay and level of service at Jokteng Wetan Intersection. Performance analysis for Jokteng Wetan intersection is conducted using 1997 Indonesian Highway Capacity Manual (MKJI 1997) and using VISSIM for modeling the intersection as well as the traffic condition and solutions to improving the intersection's performance. Solutions are derived through experimentation resulting in some options for the solutions; among that solution, the best solution is selected.

Jokteng Wetan Intersection's existing performance has the level of service at F with a delay of 1044,03 seconds/vehicle. Solutions are found by changing cycle time, managing traffic, and enlarging the roads. The best solution is changing the traffic in South with one-way traffic and enlarging the road for the rest of the arm. The level of service for the solution is improved to C with a delay of 21,80 seconds/vehicle.

Keywords: *signalized intersection, intersection performance, MKJI 1997, VISSIM*

BAB I

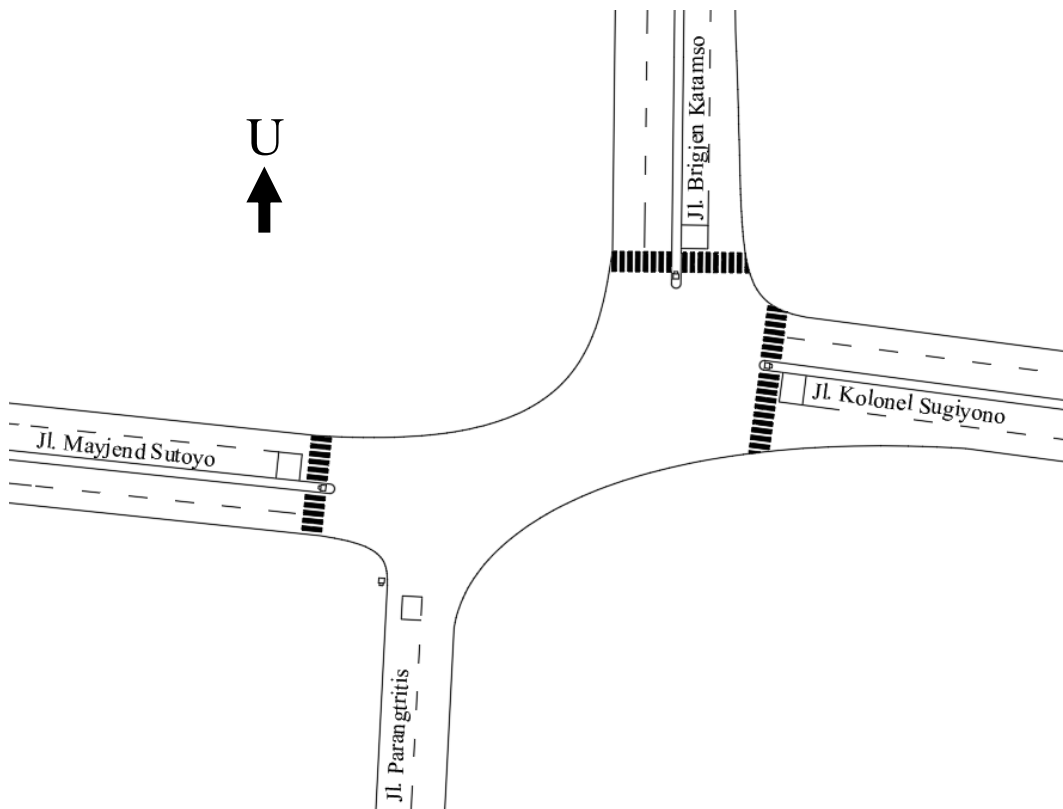
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan adalah salah satu infrastruktur yang dibangun untuk memudahkan seseorang dalam melakukan aktivitas dari satu titik ke titik lainnya dan juga merupakan tempat kendaraan/transportasi umum berlalu lintas setiap hari. Semakin bertambahnya jumlah penduduk setiap harinya, maka kendaraan akan ikut mengalami pertumbuhan dalam jumlahnya. Akibat hal tersebut, jalan sebagai akses transportasi untuk berlalu lintas akan mengalami penurunan kinerja pada ruas jalan tersebut. Di Kota Yogyakarta penambahan kendaraan tersebut tentu saja terjadi karena Kota Yogyakarta memiliki julukan sebagai kota pelajar, dimana banyak pendatang dari luar daerah Yogyakarta untuk mencari ilmu di bangku perkuliahan maupun bangku sekolah. Banyaknya pendatang-pendatang tersebut menyebabkan pertumbuhan penduduk dan kendaraan di Kota Yogyakarta pun ikut bertambah karena setiap masyarakat yang hidup di Kota Yogyakarta memerlukan kendaraan untuk beraktivitas.

Berdasarkan Badan Pusat Statistik D.I. Yogyakarta, pada tahun 2020 Kota Yogyakarta memiliki kendaraan terdaftar sebanyak 549.559 kendaraan, tahun 2021 memiliki 561.363 kendaraan, dan pada tahun 2022 memiliki 575.855 kendaraan terdaftar (Badan Pusat Statistik D.I. Yogyakarta, 2023). Berdasarkan data tersebut Kota Yogyakarta memiliki pertumbuhan kendaraan sebesar 2,15% dari tahun 2020 hingga tahun 2021 dan sebesar 2,58% dari tahun 2021 hingga tahun 2022, berdasarkan hal tersebut menunjukkan bahwa setiap tahun Kota Yogyakarta mengalami peningkatan pertumbuhan kendaraan. Bertambahnya jumlah kendaraan tersebut tentunya membuat jalan-jalan di Kota Yogyakarta mengalami penurunan kinerja sehingga menimbulkan kemacetan pada ruas jalan maupun persimpangan di Kota Yogyakarta.

Tundaan/kemacetan di jalan banyak terjadi pada persimpangan, baik itu simpang tak bersinyal maupun simpang bersinyal. Salah Satu simpang yang banyak mengalami tundaan di Kota Yogyakarta adalah Simpang Jokteng Wetan. Simpang Jokteng Wetan merupakan salah satu simpang bersinyal dengan empat lengan di kota Yogyakarta. Simpang tersebut menjadi titik pertemuan antara Jalan Brigjen Katamso, Jalan Kolonel Sugiyono, Jalan Parangtritis, dan Jalan Mayjend Sutoyo. Pada simpang Jokteng Wetan, lengan yang memiliki panjang antrean terpanjang terjadi pada lengan sebelah timur yang memiliki panjang antrean ± 200 m. Lokasi simpang yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1.1 Lokasi Penelitian

Salah satu hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi antrean akibat tundaan pada Simpang Jokteng Wetan adalah dengan melakukan manajemen lalu lintas pada simpang bersinyal tersebut. Akan dilakukan *trial* dan *error* untuk mencari alternatif solusi untuk meningkatkan kinerja dari simpang yang diteliti. Dengan

adanya alternatif solusi diharapkan permasalahan-permasalahan yang telah disebutkan diatas dapat diatasi.

Salah satu *software* yang dapat membantu pemodelan koordinasi antar simpang adalah VISSIM (*Verkehr Stadtten – SIMulationsmodell*). VISSIM merupakan *software* yang dapat digunakan untuk mikrosimulasi aliran lalu lintas. *Software* VISSIM ini dapat digunakan untuk menganalisis operasi lalu lintas dengan permodelan simulasi lalu lintas. Selain itu *software* ini dapat memodelkan konfigurasi geometrik hingga perilaku pengguna jalan dalam suatu sistem transportasi. VISSIM mampu menyediakan permodelan dalam bentuk 3D dan memiliki berbagai elemen visual sebagai penunjang jalan di dalam *software* VISSIM tersebut. *Software* VISSIM pada penelitian kali ini digunakan untuk memodelkan kondisi simpang yang ditinjau saat diberikan alternatif waktu siklus.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang didapat dari uraian latar belakang diatas adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja pada Simpang Jukteng Wetan berdasarkan MKJI 1997?
2. Bagaimana alternatif solusi terbaik untuk meningkatkan kinerja Simpang Jukteng Wetan berdasarkan simulasi VISSIM?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kinerja pada Simpang Jukteng Wetan berdasarkan MKJI 1997.
2. Mendapatkan alternatif solusi terbaik untuk meningkatkan kinerja Simpang Jukteng Wetan berdasarkan simulasi VISSIM.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan pengetahuan kepada pembaca terkait analisis dan evaluasi pada Simpang Jukteng Wetan.
2. Mengetahui alternatif solusi untuk meningkatkan kinerja Simpang Jukteng Wetan.

3. Memberi bahan pertimbangan atau alternatif kepada Pemerintah Daerah Yogyakarta dan instansi terkait untuk memperbaiki kinerja pada Simpang Jukteng Wetan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian yang diambil agar penelitian memiliki fokus untuk mencapai tujuan penelitian dan bahasan penelitian tidak meluas ke hal-hal lain adalah sebagai berikut.

1. Simpang yang ditinjau pada penelitian kali ini adalah simpang empat bersinyal yaitu pada Simpang Jukteng Wetan.
2. Jenis kendaraan yang disurvei dikelompokkan menjadi kendaraan ringan (*Light Vehicle / LV*), seperti kendaraan pribadi, kendaraan berat (*Heavy Vehicle / HV*), seperti truk dan bus, dan sepeda motor (*Motor Cycle / MC*).
3. Survei dilakukan pada jam sibuk Simpang Jukteng Wetan, yaitu pada hari Senin dan Sabtu pukul 06.00 – 08.00 WIB dan pukul 16.00 – 18.00 WIB .
4. Analisis kinerja simpang dilakukan sesuai dengan pedoman MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997.
5. Pemodelan simpang dilakukan dengan menggunakan *software* VISSIM.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kinerja Simpang

Suryaningsih, dkk (2020) melakukan analisis kinerja pada simpang bersinyal Jalan Hasanuddin – Jalan Kamboja di Sumbawa Besar. Simpang bersinyal tersebut sering mengalami tundaan kendaraan pada jam sibuk karena meningkatnya jumlah penduduk yang menyebabkan meningkatnya pertumbuhan kendaraan pribadi pada Kabupaten Sumbawa. Evaluasi kinerja simpang tersebut dilakukan dengan menggunakan metode MKJI 1997 untuk mendapatkan tingkat pelayanan dari simpang yang diteliti. Hasil dari evaluasi kinerja simpang bersinyal Jalan Hasanuddin – Jalan Kamboja adalah didapatkan tingkat pelayanan C dengan derajat kejenuhan pada pendekat Barat sebesar 0,53, pendekat Selatan sebesar 0,55, dan pendekat Timur sebesar 0,56, nilai derajat kejenuhan tersebut menunjukkan bahwa simpang bersinyal yang diteliti masih terbilang cukup baik karena derajat kejenuhan $< 0,75$.

Harisatyawan dan Permadi (2003) meneliti kinerja simpang bersinyal Jukteng Kulon – Gading – Jukteng Wetan, Kota Yogyakarta. Pemilihan ketiga simpang tersebut karena pada jam-jam sibuk terjadi tundaan yang cukup lama saat melewati ketiga simpang bersinyal tersebut. Penelitian tersebut menggunakan metode *Highway Capacity Manual* (HCM) 1994 dan Webster untuk melakukan analisis kinerja ketiga simpang yang diteliti. Hasil dari analisis menggunakan HCM 1994 didapat tundaan pada Simpang Jukteng Kulon sebesar 280,9814 detik/kendaraan, Simpang Gading sebesar 1091,2572 detik/kendaraan, dan Simpang Jukteng Wetan sebesar 1475,8064 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan pada ketiga simpang adalah F. Hasil berdasarkan analisis Webster didapat tundaan pada Simpang Jukteng Kulon sebesar 33,97886 detik/kendaraan, Simpang Gading sebesar 137,2244 detik/kendaraan, dan Simpang Jukteng Wetan sebesar 91,81803 detik/kendaraan. Dilakukan pemecahan masalah dengan menyetarakan waktu siklus pada ketiga simpang menjadi 78 detik. Hasil pemecahan masalah dengan

analisis HCM 1994 didapat tundaan pada Simpang Jukteng Kulon menurun menjadi 44,8046 detik/kendaraan, Simpang Gading menjadi 436,9107 detik/kendaraan, dan Simpang Jukteng Wetan menjadi 741,3656 detik/kendaraan. Hasil pemecahan masalah dengan analisis Webster didapat tundaan pada Simpang Jukteng Kulon menurun menjadi 35,95377 detik/kendaraan, Simpang Gading sebesar 24,2076 detik/kendaraan, dan Simpang Jukteng Wetan sebesar 30,65427 detik/kendaraan. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pada penelitian tersebut hasil analisis Webster lebih baik dibandingkan dengan hasil analisis HCM 1994.

Hasanuddin, dkk (2021) melakukan analisis kapasitas dan kinerja Simpang Bersinyal Abdullah Dg. Sirua. Akibat pertumbuhan kendaraan yang diikuti dengan pertumbuhan jumlah penduduk mengakibatkan Simpang Jalan Abdullah Dg. Sirua sering terjadi kemacetan pada jam sibuk. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui kinerja simpang bersinyal berdasarkan waktu siklus, kapasitas, derajat kejenuhan, dan tingkat pelayanan dengan melakukan analisis menggunakan metode MKJI 1997. Hasil dari penelitian tersebut adalah Simpang Bersinyal Abdullah Dg. Sirua memiliki tingkat pelayanan D dengan derajat kejenuhan pada pendekatan Barat, Selatan, Timur, dan Utara sebesar 0,82, 0,54, 0,70, dan 0,80, berdasarkan nilai derajat kejenuhan tersebut menandakan bahwa Simpang Bersinyal Abdullah Dg. Sirua masuk kedalam kondisi arus mendekati tidak stabil karena masih memiliki pendekatan dengan nilai derajat kejenuhan $> 0,75$.

2.2 Peningkatan Kinerja Simpang

Hidayat, dkk (2020) melakukan penelitian terkait peningkatan kinerja Simpang Tiga Bersinyal Purwokerto Indah (Purin) di Kabupaten Kendal. Simpang tersebut menghubungkan Jalan Tentara Pelajar dan Jalan Soekarno-Hatta serta terdapat kawasan pendidikan dan pemukiman yang membuat simpang tersebut sering terjadi kemacetan. Hasil analisis kondisi eksisting simpang tersebut memiliki tingkat pelayanan D. Peningkatan kinerja simpang dilakukan dengan merubah lebar geometrik jalan, mengubah kebijakan arus lalu lintas dari 2 arah menjadi 1 arah, dan mengubah kebijakan untuk kendaraan berat tidak boleh melintas pada salah

satu lengan simpang. Hasil peningkatan tersebut didapatkan nilai tundaan turun dari 34,27 detik menjadi 17,39 detik sehingga tingkat pelayanan untuk Simpang Tiga Bersinyal Purin Kendal berubah menjadi C.

Arsyad dan Septiana (2021) melakukan analisis kinerja pada Simpang Bersinyal Jalan A.Yani – Jalan Baco di Kabupaten Tabalong. Simpang tersebut berada di kawasan pertokoan yang memiliki banyak kegiatan masyarakat serta menghubungkan jalan akses ke tiga sekolah dan rumah sakit yang mengakibatkan arus lalu lintas pada simpang tersebut padat. Analisis dilakukan mengikuti pedoman standar metode MKJI dan dibantu perangkat lunak KAJI. Hasil analisis dari penelitian tersebut didapat derajat kejenuhan sebesar 0,525, tundaan simpang sebesar 9,28 detik/smp, dan peluang antrian sebesar 19% dengan tingkat pelayanan B. penelitian tersebut melakukan peramalan untuk 5 tahun kedepan dan didapat hasil yang tidak memenuhi syarat MKJI 1997 yaitu $DS = 0,853$, $D = 14,19$ detik/smp, dan $Qp = 44\%$. Untuk mengatasi masalah pada 5 tahun kedepan tersebut dilakukan alternatif solusi berupa mengubah fase menjadi 3 fase dan melakukan pelebaran geometrik dan didapat rata-rata tundaan simpang sebesar 20,95 detik/smp dan derajat saturasi adalah 0.

Purnama (2022) melakukan peningkatan kinerja simpang pada Simpang Deggung di Sleman. Simpang Deggung merupakan simpang empat bersinyal yang menghubungkan Jalan Magelang – Jalan Gito Gati – Jalan KRT Pringgodingrat sehingga pada simpang tersebut sering terjadi kemacetan. Penelitian tersebut menggunakan MKJI 1997 untuk evaluasi kinerja simpangnya dan menggunakan *software* VISSIM untuk pemodelan Simpang Deggung. Tingkat pelayanan Simpang Deggung yang didapatkan dari hasil analisis menggunakan MKJI 1997 adalah F dengan nilai tundaan simpang sebesar 90,88 detik. Dilakukan empat alternatif solusi untuk meningkatkan kinerja Simpang Deggung, alternatif solusi 1 mengubah waktu hijau dengan *trial* dan *error*, alternatif solusi 2 menggunakan waktu siklus hasil perhitungan MKJI 1997, alternatif solusi 3 mengubah fase pada simpang tersebut menjadi lima fase dengan lengan Utara dan Selatan memiliki dua fase, dan alternatif solusi 4 menggunakan

waktu siklus sesuai batas layak MKJI 1997. Alternatif terbaik merupakan alternatif solusi 3 dengan nilai tundaan sebesar 59,08 dan tingkat pelayanan E.

2.2 Pemodelan Simpang Menggunakan VISSIM

Bintang (2021) melakukan perbandingan penerapan sistem satu arah pada ruas Jalan Bhayangkara, Jalan Pajeksan, Jalan Ahmad Yani, dan Jalan KH. Ahmad Dahlan di kawasan Malioboro, Kota Yogyakarta. Penelitian tersebut menggunakan *software* VISSIM untuk mendapatkan kinerja ruas jalan yang diteliti setelah diterapkan sistem satu arah. Hasil penelitian tersebut adalah pada Jalan Bhayangkara, Jalan Ahmad Yani, dan Jalan KH. Ahmad Dahlan setelah diterapkan sistem satu arah mengalami kenaikan nilai derajat kejenuhan dan penurunan kecepatan rata-rata kendaraan, sedangkan pada Jalan Pajeksan setelah diterapkan sistem satu arah mengalami penurunan nilai derajat kejenuhan yang signifikan dan kenaikan kecepatan rata-rata kendaraan, tetapi tingkat pelayanan pada setiap jalan tidak mengalami peningkatan. Sehingga kesimpulan dari penelitian tersebut adalah penerapan sistem satu arah dapat meningkatkan maupun menurunkan kinerja suatu ruas jalan.

Widyawan dan Rukman (2019) melakukan peningkatan keselamatan pada Simpang Depok di Kota Depok. Kemacetan merupakan salah satu masalah yang sering terjadi di Kota Depok, hal tersebut juga memengaruhi Simpang Empat Bersinyal Depok. Pada penelitian tersebut dilakukan analisis kinerja menggunakan metode MKJI 1997 serta melakukan simulasi alternatif menggunakan *software* PTV VISSIM 10. Hasil analisis kinerja pada kondisi eksisting simpang tersebut didapat tingkat pelayanan dengan nilai F pada setiap lengan simpang dan hasil simulasi menggunakan *software* VISSIM didapat 135 konflik dengan 88 konflik *crossing* dan 32 konflik *merging*. Alternatif solusi yang dilakukan pada penelitian tersebut adalah dengan merubah fase menjadi 3,5 fase tanpa *warning light*, didapat hasil alternatif tersebut adalah tingkat pelayanan tetap F tetapi mengalami perubahan pada konflik menjadi 90 konflik dengan 58 konflik *crossing* dan 32 konflik *merging*. Penelitian tersebut membuktikan bahwa dengan dilakukannya alternatif berupa perubahan fase dapat menurunkan konflik yang terjadi di Simpang Depok.

Halim, dkk (2019) melakukan analisis kinerja ruas jalan satu arah pada Jalan Masjid Raya di Kota Makassar. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui kinerja Jalan Masjid Raya dengan menggunakan program mikro-simulasi VISSIM. Untuk memastikan simulasi dapat mempresentasikan keadaan sebenarnya di lapangan maka dilakukan kalibrasi dengan *trial and error* serta validasi menggunakan metode *Geoffrey E. Havers* (GEH) dan uji statistik “T”. Hasil simulasi didapatkan kecepatan rata-rata kendaraan pada jalan tersebut sebesar 28,37 km/jam dengan tingkat pelayanan D pada pagi hari, 27,08 km/jam dengan tingkat pelayanan D pada siang hari, 28,04 km/jam dengan tingkat pelayanan D pada sore hari, dan 31,04 km/jam dengan tingkat pelayanan C pada malam hari, dari hasil tersebut didapat tingkat pelayanan untuk Jalan Masjid Raya didominasi oleh tingkat pelayanan D.

2.3 Perbandingan Penelitian Ini dengan Penelitian Sebelumnya

Perbandingan antara penelitian yang dilakukan penulis dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1. Berdasarkan Tabel 2.1 dapat disimpulkan bahwa persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terdapat pada pengambilan data primer yang diambil langsung dengan melakukan survei di lokasi penelitian dan MKJI 1997 menjadi acuan untuk melakukan analisis kinerja pada simpang, sedangkan perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terdapat pada lokasi penelitian. Berdasarkan perbedaan penelitian saat ini dengan penelitian sebelumnya yaitu lokasi penelitian yang baru, sehingga penelitian ini dapat dibidang sebagai penelitian baru.

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

No.	Penulis	Lokasi	Persamaan	Perbedaan
1	Arsyad dan Septiana (2021)	Simpang Jalan A. Yani – Jalan Baco, Kabupaten Tabalong	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengambilan data primer dengan survei langsung. 2. Analisis mengacu pada MKJI 1997. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi penelitian. 2. Tidak melakukan pemodelan dengan VISSIM. 3. Menggunakan <i>software</i> KAJI.
2	Bintang (2021)	Ruas Jalan Bhayangkara kawasan Malioboro, Yogyakarta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemodelan menggunakan VISSIM. 2. Pengambilan data primer dengan survei langsung. 3. Analisis mengacu pada MKJI 1997. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi penelitian. 2. Melakukan analisis kinerja ruas jalan.
3	Halim, dkk (2019)	Ruas Jalan Masjid Raya, Makassar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemodelan simpang menggunakan VISSIM. 2. Pengambilan data primer dengan survei langsung. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi penelitian. 2. Melakukan analisis kinerja ruas jalan.
4	Harisatyawan dan Permadi (2003)	Simpang Jukteng Kulon – Gading – Jukteng Wetan, Yogyakarta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi Penelitian. 2. Pengambilan data primer dengan survei langsung. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode Analisis menggunakan HCM 1994 dan Webster. 2. Tidak melakukan pemodelan dengan VISSIM.

Sumber: Arsyad dan Septiana (2021), Bintang (2021), Halim, dkk (2019), Harisatyawan dan Permadi (2003), Hasanuddin, dkk (2021), Hidayat, dkk (2020), Purnama (2022), Suryaningsih, dkk (2020), dan Widyawan dan Rukman (2019).

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

No.	Penulis	Lokasi	Persamaan	Perbedaan
5	Hasanuddin, dkk (2021)	Simpang Bersinyal Abdullah Dg. Sirua, Makassar	1. Pemodelan menggunakan VISSIM. 2. Pengambilan data primer dengan survei langsung. 3. Analisis mengacu pada MKJI 1997.	1. Lokasi penelitian. 2. Tidak melakukan pemodelan dengan VISSIM.
6	Hidayat, dkk (2020)	Simpang Tiga Bersinyal Purwokerto Indah, Kendal	1. Pengambilan data primer dengan survei langsung. 2. Analisis mengacu pada MKJI 1997.	1. Lokasi penelitian. 2. Tidak melakukan pemodelan dengan VISSIM.
	Purnama (2022)	Simpang Deggung, Sleman	1. Pemodelan simpang menggunakan VISSIM 2. Pengambilan data primer dengan survei langsung. 3. Analisis mengacu pada MKJI 1997.	1. Lokasi penelitian.
8	Suryaningsih, dkk (2020)	Simpang Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa Besar	1. Analisis mengacu pada MKJI 1997. 2. Pengambilan data primer dengan survei langsung.	1. Lokasi penelitian. 2. Tidak melakukan pemodelan dengan VISSIM.
9	Widyawan dan Rukman (2019)	Simpang Depok, Depok	1. Pemodelan simpang menggunakan VISSIM. 2. Pengambilan data primer dengan survei langsung. 3. Analisis mengacu pada MKJI 1997.	1. Lokasi penelitian.

Sumber: Arsyad dan Septiana (2021), Bintang (2021), Halim, dkk (2019), Harisatyawan dan Permadi (2003), Hasanuddin, dkk (2021), Hidayat, dkk (2020), Purnama (2022), Suryaningsih, dkk (2020), dan Widyawan dan Rukman (2019).

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan

Persimpangan jalan merupakan salah satu aspek lalu lintas yang banyak ditemui saat berlalu lintas, karena persimpangan jalan adalah suatu titik pertemuan antara dua jalan atau lebih. Pada setiap titik pertemuan akan menimbulkan sebuah konflik, begitu pula pada persimpangan jalan. Simpang jalan adalah suatu bangunan jalan yang dapat menyebabkan terjadinya masalah lalu lintas seperti tundaan, kemacetan, dan kecelakaan (Direktorat Jendral Bina Marga, 1997). Maka dari itu persimpangan jalan merupakan faktor penting yang menentukan waktu perjalanan dalam suatu jaringan jalan. Agar terhindar ataupun mengurangi resiko akibat konflik pada persimpangan jalan, maka pada simpang jalan diperlukan adanya manajemen lalu lintas untuk mengatur simpang. Beberapa permasalahan yang berkaitan dengan persimpangan jalan meliputi geometrik jalan, volume jalan, kapasitas jalan, jarak pandang bebas, kecelakaan, pejalan kaki, dan lain sebagainya.

Berdasarkan jenis fasilitas pengatur lalu lintas, simpang dibagi menjadi dua jenis, yaitu simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal. Simpang bersinyal merupakan suatu simpang yang terdapat alat pemberi isyarat lalu lintas. Sedangkan simpang tak bersinyal merupakan simpang tanpa adanya alat pemberi isyarat lalu lintas, sehingga konflik lalu lintas pada simpang tak bersinyal lebih sering terjadi dibandingkan simpang bersinyal.

3.1.1 Simpang Tak Bersinyal

Simpang bersinyal merupakan titik temu antara dua jalan atau lebih yang tidak terdapat lampu sinyal pada pengaturannya. Pada umumnya simpang tak bersinyal lebih banyak digunakan pada jalan lokal yang memiliki arus lalu lintas rendah karena konflik yang terjadi lebih sedikit. Tetapi tidak menutup kemungkinan simpang jenis ini digunakan pada jalan yang memiliki arus lalu lintas tinggi, hal ini disebabkan tundaan rata-rata yang lebih rendah jika menggunakan simpang jenis

lainnya. Penggunaan simpang tak bersinyal diperlukan beberapa pertimbangan sebagai berikut.

1. Pertimbangan ekonomi

Berdasarkan pertimbangan ekonomi, penggunaan simpang tak bersinyal merupakan pilihan paling ekonomis untuk diterapkan pada daerah pedesaan. Daerah pedesaan memiliki biaya pembebasan yang lebih rendah sehingga memungkinkan untuk menggunakan simpang yang lebih besar agar dapat menggunakan kecepatan rencana yang lebih tinggi. Dengan simpang yang sesuai panduan standar Bina Marga dengan kecepatan rencana yang tinggi, diharapkan konflik yang terjadi akan lebih rendah.

2. Perilaku lalu lintas

Simpang tak bersinyal memiliki titik konflik yang lebih banyak dibandingkan dengan jenis simpang lainnya. Untuk mempertahankan perilaku lalu lintas yang diinginkan, maka simpang tak bersinyal harus didesain sedemikian rupa. Simpang tak bersinyal disarankan digunakan pada perencanaan simpang dengan nilai derajat kejenuhan $< 0,75$ selama jam puncak agar meminimalisir konflik yang terjadi pada simpang tersebut.

3. Pertimbangan keselamatan lalu lintas

Simpang tak bersinyal dengan empat lengan memiliki tingkat kecelakaan tertinggi dibandingkan simpang jenis lainnya, yaitu diperkirakan sebesar 0,60 kecelakaan/juta kendaraan, sedangkan simpang bersinyal diperkirakan memiliki tingkat kecelakaan lalu lintas sebesar 0,43 kecelakaan/juta kendaraan. Hal tersebut membuat simpang tak bersinyal menjadi simpang yang tidak aman, maka penggunaan simpang tak bersinyal pada arus lalu lintas tinggi harus diperhitungkan kembali. Tetapi terdapat beberapa solusi untuk mengurangi tingkat kecelakaan seperti menambahkan median jalan, menggunakan tanda “Stop” atau “Yield”, dan lain sebagainya.

4. Pertimbangan lingkungan

Dengan tundaan rata-rata yang lebih rendah sehingga kendaraan lebih jarang untuk mengurangi kecepatan atau berhenti pada simpang tak bersinyal, membuat simpang bersinyal lebih disukai dibandingkan simpang bersinyal.

Berdasarkan emisi gas buangan kendaraan maupun kebisingan yang umumnya dihasilkan akibat percepatan atau perlambatan kendaraan, membuat simpang tak bersinyal lebih disukai. Sehingga dari segi lingkungan, simpang tak bersinyal akan lebih disukai dibandingkan dengan simpang bersinyal.

3.1.2 Simpang Bersinyal

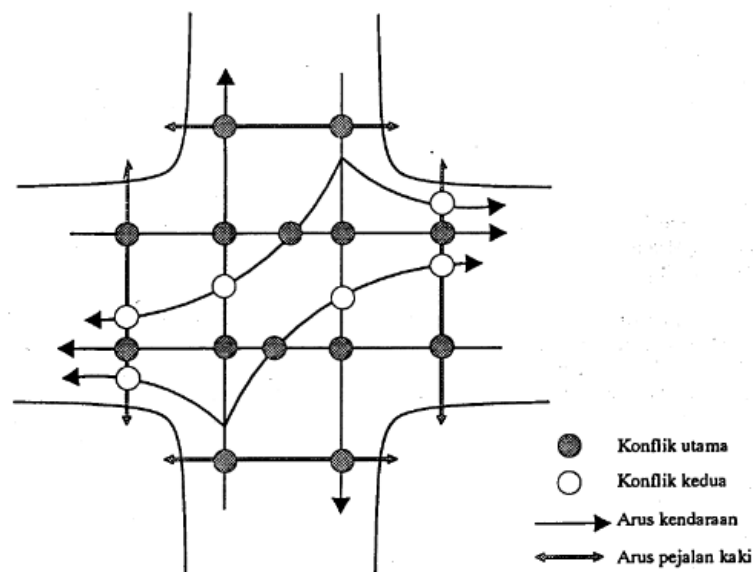
Simpang bersinyal merupakan titik temu antara dua jalan atau lebih yang terdapat alat pemberi isyarat lalu lintas berupa sinyal atau yang biasa dikenal sebagai lampu lalu lintas. Sinyal lalu lintas merupakan alat yang berfungsi sebagai pemberi isyarat dengan tiga warna lampu, yaitu merah yang berarti berhenti, kuning berarti hati-hati, dan hijau berarti jalan. Penggunaan sinyal lalu lintas merupakan metode paling efektif dalam mengatur lalu lintas sebuah simpang. Penggunaan sinyal pada suatu persimpangan diharapkan untuk mendistribusikan kapasitas ke berbagai pendekatan dengan cara pengalokasian waktu hijau pada masing-masing pendekatan (Direktorat Jendral Bina Marga, 1997). Tujuan dipasangnya lampu lalu lintas pada simpang antara lain sebagai berikut.

1. Mengurangi konflik yang mungkin terjadi.
2. Mengatur arah pergerakan lalu lintas.
3. Mengurangi tingkat kecelakaan lalu lintas akibat konflik pada persimpangan.
4. Memberikan kemudahan kepada para pejalan kaki untuk menyebrang jalan.

Sinyal lalu lintas dibagi menjadi tiga warna yaitu merah, kuning, dan hijau. Selain itu terdapat waktu-waktu lainnya yang terjadi pada simpang bersinyal seperti, waktu merah semua, periode antar hijau, dan waktu hilang. Waktu merah semua (*all red*) adalah waktu dimana semua lampu lalu lintas pada setiap lengan simpang berwarna merah, waktu ini memberikan kesempatan kepada kendaraan yang berada pada pertengahan simpang untuk melewati persimpangan tersebut. Periode antar hijau merupakan waktu kuning ditambah dengan waktu merah semua antara dua fase sinyal yang berurutan. Waktu hilang merupakan jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap.

Dengan adanya sinyal lalu lintas pada suatu simpang, maka konflik arus lalu lintas pada simpang tersebut dapat diatur dengan melakukan perubahan waktu

sinyal pada simpang tersebut. Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna (hijau, kuning, merah) diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu (Direktorat Jendral Bina Marga, 1997). Perubahan atau pemisahan arus lalu lintas dikenal sebagai fase. Fase dipilih dan digunakan sesuai dengan konflik utama dan konflik kedua yang terjadi pada suatu simpang. Konflik-konflik yang terjadi pada persimpangan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Konflik yang Terjadi pada Persimpangan

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

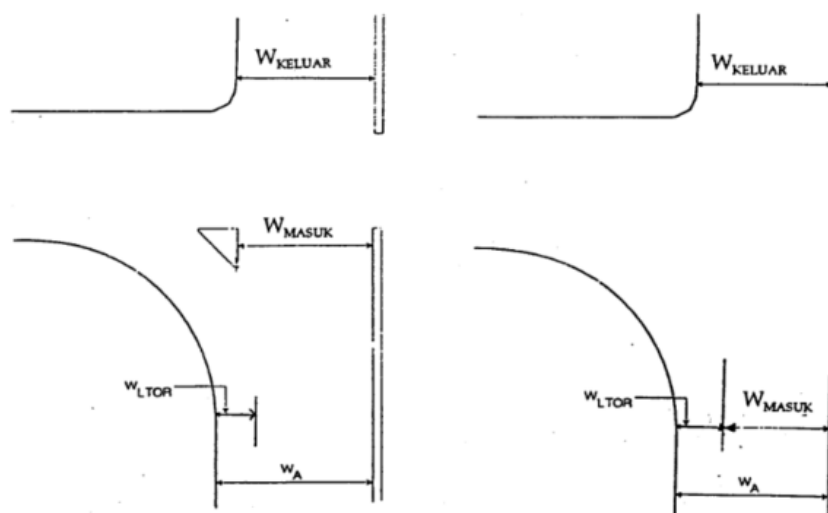
3.2 Kinerja Simpang Bersinyal

Kinerja dari sebuah simpang bersinyal merupakan suatu kondisi operasional simpang dalam melayani arus lalu lintas yang melewatinya. Menurut Direktorat Jendral Bina Marga, 1997, kinerja simpang didefinisikan sebagai ukuran kuantitatif yang menerangkan kondisi operasional fasilitas simpang dan secara umum dinyatakan dalam kapasitas jalan, perilaku lalu lintas, dan kecepatan kendaraan. Berdasarkan MKJI 1997 terdapat beberapa aspek dalam menentukan kinerja simpang bersinyal antara lain, arus lalu lintas, arus jenuh, kapasitas, waktu siklus, derajat kejenuhan, dan perilaku lalu lintas.

3.2.1 Lebar Pendekat Efektif

Lebar pendekat efektif merupakan lebar pendekat simpang yang digunakan untuk mengukur kinerja pada pendekat yang dianalisis. Lebar pendekat efektif sangat berpengaruh terhadap perhitungan analisis kinerja suatu simpang, sehingga perlu teliti dalam menentukan lebar pendekat efektif untuk analisis kinerja suatu simpang. Lebar pendekat efektif dibagi menjadi lebar pendekat efektif tanpa belok kiri langsung atau *left turn on red* (LTOR) dan lebar pendekat efektif dengan belok kiri langsung atau *left turn on red* (LTOR). Lebar pendekat efektif tanpa belok kiri langsung dapat langsung ditentukan sebagai W_{MASUK} dari pendekat tersebut, tetapi jika $W_{KELUAR} < W_e \times (1 - p_{RT} - p_{LTOR})$ maka lebar pendekat efektif tersebut adalah W_{KELUAR} dan penentuan waktu sinyal pada pendekat tersebut hanya menggunakan arus lalu lintas lurus saja.

Pada pendekat tanpa pulau lalu lintas dan pendekat dengan pulau lalu lintas memiliki perbedaan pada lebar belok kiri langsung. Pendekat dengan pulau lalu lintas maka lebar efektif sama dengan lebar masuknya, sedangkan pendekat tanpa pulau lalu lintas lebar efektif merupakan pengurangan dari lebar pendekat (W_A) dengan lebar jalur belok kiri langsung (W_{LTOR}). Ilustrasi penentuan lebar pendekat efektif dengan dan tanpa pulau lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Lebar Pendekat Dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

Pada pendekat belok kiri langsung dengan $W_{LTOR} \geq 2$ m atau dianggap kendaraan yang belok kiri langsung dapat mendahului antrean selama sinyal berwarna merah maka arus lalu lintas belok kiri selama perhitungan kinerja simpang dapat diabaikan. Jika $W_{KELUAR} < W_e \times (1 - p_{RT})$ maka lebar pendekat efektif yang digunakan adalah W_{KELUAR} dan arus lalu lintas belok kiri tetap dimasukkan selama perhitungan kinerja simpang. Pendekat belok kiri langsung dengan $W_{LTOR} < 2$ m atau dianggap kendaraan yang belok kiri tidak dapat mendahului antrean selama sinyal berwarna merah maka lebar pendekat efektif yang digunakan merupakan $\min(W_A, W_{MASUK} + W_{LTOR}, W_A \times (1 + p_{LTOR}) - W_{LTOR})$ dan arus lalu lintas belok kiri dimasukkan selama perhitungan kinerja simpang. Jika $W_{KELUAR} < W_e \times (1 - p_{RT} - p_{LTOR})$ maka lebar pendekat efektif tersebut sama dengan W_{KELUAR} dan pada analisis penentuan waktu sinyal hanya digunakan arus lalu lintas lurus saja.

3.2.2 Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pada sebuah jalan tertentu dalam waktu tertentu dan diukur dalam satuan kendaraan/waktu. Arus lalu lintas dibagi menjadi jenis kendaraan yang melintasi suatu jalan, yaitu kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV), dan sepeda motor (MC). Arus lalu lintas dapat dihitung dengan menjumlahkan semua arus lalu lintas berdasarkan jenis kendaraannya. Untuk arus lalu lintas dengan setiap gerakan (belok kiri (Q_{LT}) dan belok kanan (Q_{RT})) harus dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan mengalikan arus lalu lintas terhadap ekivalen kendaraan penumpang untuk masing-masing pendekat. Berikut ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekat terlindung dan terlawan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Ekivalen Kendaraan Penumpang (emp)

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

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (1997)

Rumus perhitungan arus lalu lintas (Q) dapat dilihat pada Persamaan 3.1 berikut.

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

dengan:

Q = arus lalu lintas (smp/jam),

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

Q_{HV} = arus lalu lintas kendaraan berat (kendaraan/jam),

Q_{MC} = arus lalu lintas sepeda motor (kendaraan/jam),

emp_{HV} = ekivalen kendaraan penumpang kendaraan berat (smp/jam), dan

emp_{MC} = ekivalen kendaraan penumpang sepeda motor (smp/jam).

3.2.3 Arus Jenuh

Arus jenuh dalam MKJI 1997 didefinisikan sebagai besarnya keberangkatan antrean didalam suatu pendekatan selama kondisi yang ditentukan. Arus jenuh didapatkan dari hasil perkalian arus jenuh dasar (S_o) dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya dari suatu kumpulan kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya dan dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per jam hijau. Rumus perhitungan arus jenuh (S) dapat dilihat pada Persamaan 3.2 berikut.

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

dengan:

S = arus jenuh (smp/jam hijau),

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

F_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota,

F_{SF} = faktor penyesuaian hambatan kota,

F_G = faktor penyesuaian kelandaian,

F_P = faktor penyesuaian parkir,

F_{RT} = faktor penyesuaian gerakan belok kanan, dan

F_{LT} = faktor penyesuaian gerakan belok kiri.

Faktor penyesuaian dibutuhkan untuk kondisi-kondisi berikut ini:

1. Ukuran kota (CS), merupakan faktor penyesuaian terhadap jumlah penduduk dalam kota yang diteliti, dihitung dengan satuan jutaan penduduk. Faktor penyesuaian ukuran kota didapatkan berdasarkan jumlah penduduk dalam suatu kota. Nilai faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS}) sudah diatur dalam MKJI 1997 yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})
> 3,0	1,05
1,0 - 3,0	1,00
0,5 - 1,0	0,94
0,1 - 0,5	0,83
< 0,1	0,82

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (1997)

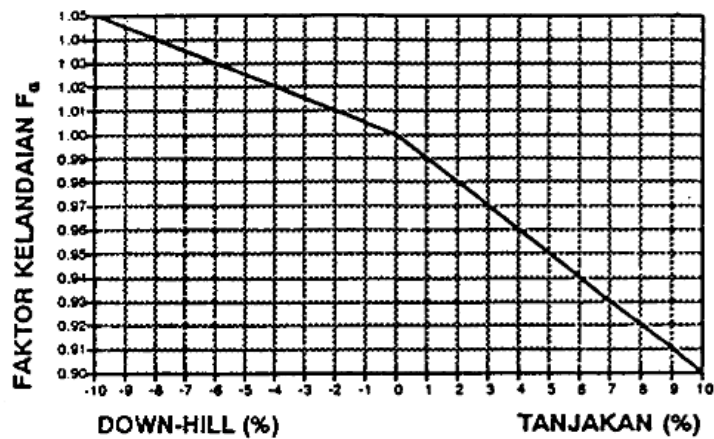
2. Hambatan samping (SF), merupakan faktor penyesuaian terhadap hambatan samping dari lingkungan jalan dan kendaraan tak bermotor. Nilai faktor penyesuaian hambatan samping (F_{SF}) sudah diatur dalam MKJI 1997 yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Type Fase	Rasio Kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Pemukiman (RES)	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 (RA)	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
	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: Direktorat Jendral Bina Marga (1997)

3. Kelandaian (G), merupakan faktor penyesuaian terhadap naik atau turunnya suatu jalan. Faktor penyesuaian kelandaian (F_G) dari nomogram dengan mengetahui kelandaian jalan. Nomogram untuk menentukan nilai faktor penyesuaian kelandaian (F_G) dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Nomogram Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

4. Parkir (P), merupakan faktor penyesuaian terhadap jarak garis henti ke kendaraan parkir. Nilai faktor penyesuaian parkir (F_P) dapat ditentukan melalui nomogram maupun persamaan. Perhitungan untuk mendapatkan nilai faktor penyesuaian parkir (F_P) dapat dilihat pada Persamaan 3.3 berikut.

$$F_P = \frac{\left[\frac{L_P}{3 \cdot (W_A - 2)} \times \frac{\left(\frac{L_P}{3 - g} \right)}{W_A} \right]}{g} \quad (3.3)$$

dengan:

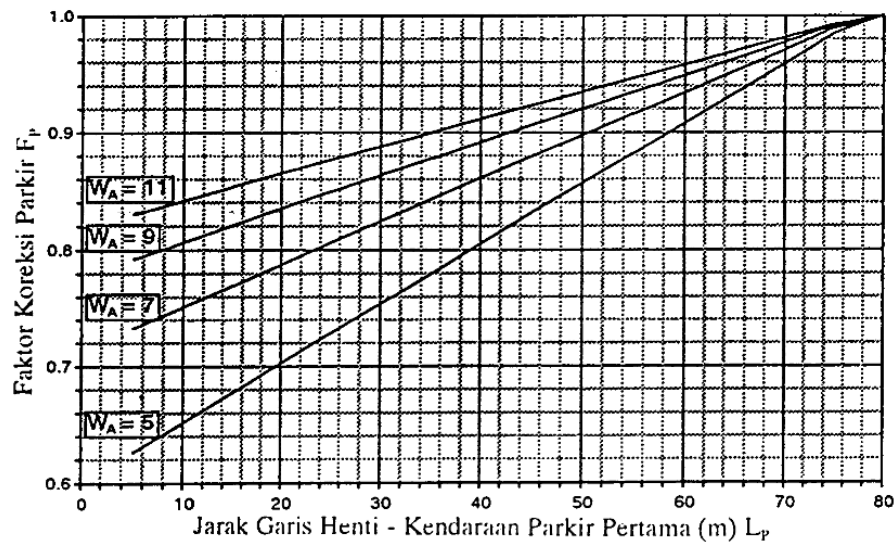
F_P = faktor penyesuaian parkir,

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 det).

Nomogram untuk menentukan nilai faktor penyesuaian parkir (F_P) dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Nomogram Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

5. Gerakan membelok, merupakan faktor penyesuaian terhadap gerakan belok kanan (RT) ataupun gerakan belok kiri (LT). Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) didapatkan dari rasio kendaraan belok kanan (p_{RT}), sedangkan faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) didapatkan dari rasio kendaraan belok kiri (p_{LT}). Nilai faktor penyesuaian gerakan membelok dapat ditentukan berdasarkan persamaan ataupun menggunakan nomogram. Perhitungan F_{RT} dan F_{LT} dapat dilihat pada Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5 berikut.

$$F_{RT} = 1,0 + p_{RT} \times 0,26 \quad (3.4)$$

$$F_{LT} = 1,0 - p_{LT} \times 0,16 \quad (3.5)$$

dengan:

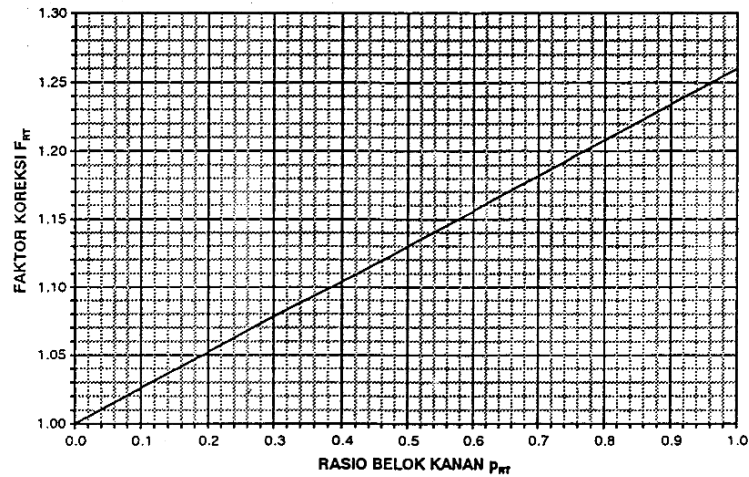
F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan,

F_{LT} = faktor penyesuaian belok kiri,

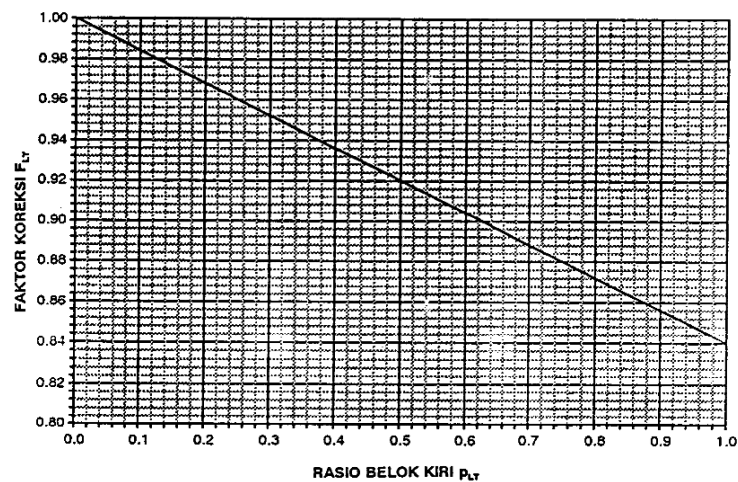
p_{RT} = rasio kendaraan belok kanan, dan

p_{LT} = rasio kendaraan belok kiri.

Nomogram untuk menentukan nilai F_{RT} dan nilai F_{LT} dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.5 Nomogram Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})
(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)



Gambar 3.6 Nomogram Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})
(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

Untuk arus jenuh dasar pada pendekatan terlindung dapat ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekatan. Rumus arus jenuh dasar (S_o) dapat dilihat pada Persamaan 3.6 berikut.

$$S_o = 600 \times W_e \quad (3.6)$$

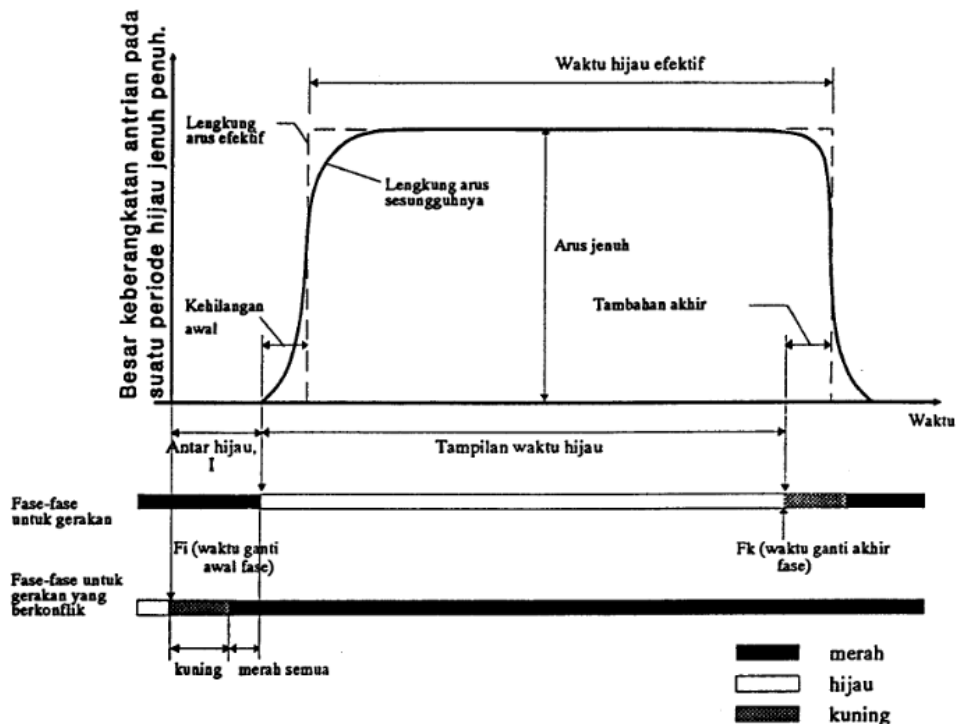
dengan:

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

600 = konstanta, dan

W_e = lebar efektif pendekat (m).

Model dasar untuk arus jenuh dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Model Dasar untuk Arus Jenuh

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

Gambar 3.7 menunjukkan bahwa pada permulaan arus berangkat akan menimbulkan suatu kehilangan awal pada waktu hijau efektif dan arus berangkat setelah akhir waktu hijau menyebabkan suatu tambahan akhir pada waktu hijau efektif. Sehingga waktu hijau efektif dapat dihitung dengan mengurangi tampilan waktu hijau dengan waktu kehilangan awal yang ditambah dengan waktu tambahan akhir.

3.2.4 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Kapasitas simpang merupakan kemampuan suatu pendekat simpang untuk menampung volume lalu lintas ideal persatuan waktu. Kapasitas (C) dapat dihitung

dengan mengalikan arus jenuh (S) dengan waktu hijau (g) dibagi waktu siklus (c), dinyatakan dalam kendaraan per jam atau satuan mobil penumpang per jam. Rumus perhitungan kapasitas dapat dilihat pada Persamaan 3.7 berikut.

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

dengan:

C = kapasitas (smp/jam),

S = arus jenuh (smp/jam hijau),

g = waktu hijau (det), dan

c = waktu siklus (det).

Derajat kejenuhan menurut MKJI 1997 didefinisikan sebagai rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Derajat kejenuhan didapatkan dengan membagi arus lalu lintas terhadap kapasitas suatu simpang. Rumus perhitungan derajat kejenuhan dapat dilihat pada Persamaan 3.8 berikut.

$$DS = \frac{Q}{C} \quad (3.8)$$

dengan:

DS = derajat kejenuhan,

Q = arus lalu lintas (smp/jam),

C = kapasitas (smp/jam),

S = arus jenuh (smp/jam hijau),

c = waktu siklus (det), dan

g = Waktu hijau (det).

3.2.5 Perilaku Lalu Lintas

Pengukuran berbagai perilaku lalu lintas dapat ditentukan berdasarkan derajat kejenuhan, arus lalu lintas, dan waktu sinyal. Panjang antrean merupakan panjangnya antrean kendaraan pada saat lampu sinyal berwarna merah. Panjang antrean dapat dihitung dengan perkalian jumlah rata-rata antrean smp pada awal

sinyal hijau (NQ) dengan rasio luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m^2) dengan lebar masuk. Rumus perhitungan panjang antrean dapat dilihat pada Persamaan 3.9 berikut.

$$QL = NQ_{MAX} \times \frac{20}{W_{Masuk}} \quad (3.9)$$

dengan:

QL = panjang antrean (m),

NQ = jumlah rata-rata antrean smp pada awal sinyal hijau, dan

W_{masuk} = lebar masuk pendekat (m).

Jumlah rata-rata antrean smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ_2). Rumus perhitungan NQ dapat dilihat pada Persamaan 3.10 berikut.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (3.10)$$

dengan,

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0,5)}{c}} \right] \quad (3.11)$$

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

$$NQ_2 = C \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (3.12)$$

dengan:

NQ = jumlah rata-rata antrean smp pada awal sinyal hijau (smp),

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (smp),

NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah (smp),

DS = derajat kejenuhan,

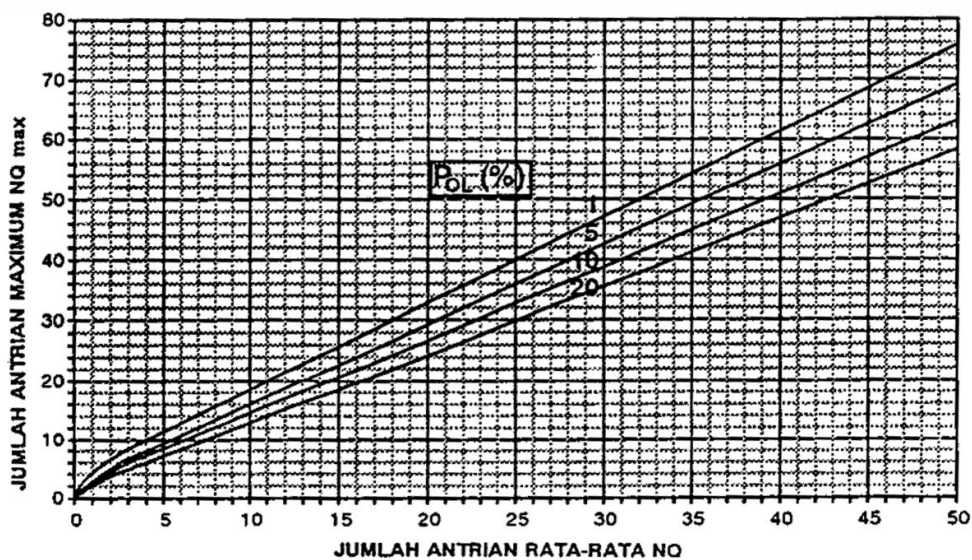
GR = rasio hijau,

c = waktu siklus (det),

C = kapasitas (smp/jam), dan

Q = arus lalu lintas (smp/jam).

Setelah didapatkan nilai NQ kemudian mencari nilai NQ_{MAX} untuk menyesuaikan nilai NQ untuk peluang terjadinya pembebanan lebih P_{OL} . Penggunaan $P_{OL} \leq 5\%$ untuk perancangan dan perencanaan dan $P_{OL} 5\% - 10\%$ untuk operasi suatu nilai. Untuk mendapatkan nilai NQ_{MAX} dapat dicari menggunakan Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8 Nomogram NQ_{MAX}

Angka henti (NS) merupakan jumlah berhenti rata-rata per kendaraan sebelum melewati suatu simpang. Rasio kendaraan terhenti (p_{sv}) merupakan rasio kendaraan yang harus berhenti akibat sinyal merah sebelum melewati suatu simpang. Rumus perhitungan angka henti (NS) dapat dilihat pada Persamaan 3.13, 3.14, dan 3.15 berikut.

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

$$N_{sv} = Q \times NS \quad (3.14)$$

$$NS_{TOT} = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{TOT}} \quad (3.15)$$

dengan:

NS = angka henti (stop/smp),

N_{SV} = jumlah kendaraan terhenti (smp/jam),

NS_{TOT} = angka henti seluruh simpang, (stop/smp)

NQ = jumlah rata-rata antrean smp pada awal sinyal hijau (smp),

Q = arus lalu lintas (smp/jam), dan

c = waktu siklus (det).

Tundaan pada suatu simpang dibagi menjadi dua, yaitu tundaan lalu lintas dan tundaan geometri. Tundaan lalu lintas disebabkan karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang, sedangkan tundaan geometri disebabkan karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti karena lampu merah (Direktorat Jendral Bina Marga, 1997). Terdapat dua perhitungan tundaan, yaitu tundaan lalu lintas rata-rata setiap lengan (D) dan tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D_I). Rumus perhitungan untuk tundaan rata-rata untuk setiap lengan dapat dilihat pada Persamaan 3.16 berikut.

$$D_j = DT_j + DG_j \quad (3.16)$$

dengan:

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

DT_j = tundaan lalu lintas rata-rata untuk pendekat j (det/smp), dan

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

dengan,

tundaan lalu lintas:

$$DT_j = c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{1-GR \times DS} \times \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (3.17)$$

tundaan geometri:

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \times p_T \times 6 + (p_{sv} \times 4) \quad (3.18)$$

dengan:

- DT_j = tundaan lalu lintas rata-rata untuk pendekat j (det/smp),
 DG_j = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (det/smp),
 c = waktu siklus (det),
 C = kapasitas (smp/jam),
 DS = derajat kejenuhan,
 GR = rasio hijau,
 NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (smp),
 p_{sv} = rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat ($\min(NS, 1)$), dan
 p_T = rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat.

Rumus perhitungan untuk tundaan rata-rata untuk seluruh simpang dapat dilihat pada Persamaan 3.19 berikut.

$$D_I = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}} \quad (3.19)$$

dengan:

- D_I = tundaan lalu lintas rata-rata untuk seluruh simpang (det/smp), dan
 Q = arus lalu lintas (smp/jam).

Berdasarkan hasil analisis kinerja simpang dapat diketahui tingkat pelayanan dari simpang tersebut. Tingkat pelayanan adalah ukuran kuantitatif dan kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional lalu lintas (Menteri Perhubungan, 2015). Dengan adanya penetapan tingkat pelayanan maka suatu simpang dapat ketahui perkiraan kondisi operasionalnya. Berdasarkan Peraturan Menteri Hubungan no. 96 tahun 2015 terdapat beberapa indikator yang harus dipenuhi dalam menilai tingkat pelayanan antara lain adalah sebagai berikut.

1. Rasio antara volume dan kapasitas jalan.
2. Kecepatan yang merupakan kecepatan batas atas dan kecepatan batas bawah yang ditetapkan berdasarkan kondisi daerah.
3. Waktu perjalanan.
4. Kebebasan bergerak.

5. Keamanan.
6. Keselamatan.
7. Ketertiban.
8. Kelancaran.
9. Penilaian pengendara terhadap kondisi arus lalu lintas.

Tingkat pelayanan dinyatakan dengan urutan huruf alfabet, yaitu A, B, C, D, E, dan F. Semakin tinggi urutan hurufnya maka semakin buruk tingkat pelayanannya, maka suatu simpang dengan tingkat pelayanan A lebih baik dibandingkan simpang dengan tingkat pelayanan F. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan no. 96 tahun 2015, tingkat pelayanan pada persimpangan diklasifikasikan sesuai kondisi tundaan pada simpang tersebut. Berikut klasifikasi tingkat pelayanan menurut Peraturan Menteri Perhubungan no.96 tahun 2015 berdasarkan waktu tundaan.

1. Tingkat pelayanan A diberikan pada simpang dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik (< 5 detik/kendaraan).
2. Tingkat pelayanan B diberikan pada simpang dengan kondisi tundaan antara 5 detik sampai 15 detik (5 detik/kendaraan – 15 detik/kendaraan).
3. Tingkat pelayanan C diberikan pada simpang dengan kondisi tundaan antara 15 detik sampai 25 detik (15 detik/kendaraan – 25 detik/kendaraan).
4. Tingkat pelayanan D diberikan pada simpang dengan kondisi tundaan antara 25 detik sampai 40 detik (25 detik/kendaraan – 40 detik/kendaraan).
5. Tingkat pelayanan E diberikan pada simpang dengan kondisi tundaan antara 40 detik sampai 60 detik (40 detik/kendaraan – 60 detik/kendaraan).
6. Tingkat pelayanan F diberikan pada simpang dengan kondisi tundaan lebih dari 60 detik (> 60 detik/kendaraan).

Tingkat pelayanan suatu simpang juga dapat ditentukan berdasarkan fungsi jalan yang dihubungkan oleh simpang tersebut. Sama seperti sebelumnya, tingkat pelayanan dinyatakan dengan huruf A, B, C, D, E, dan F. Tingkat pelayanan simpang berdasarkan fungsi jalan yang dihubungkan telah diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan no. 96 tahun 2015. Berikut klasifikasi tingkat pelayanan

simpang menurut Peraturan Menteri Perhubungan no.96 tahun 2015 berdasarkan fungsi jalan yang dihubungkan.

1. Tingkat pelayanan yang diinginkan pada sistem jaringan jalan primer berdasarkan fungsi ruas jalan.
 - a. Jalan arteri primer setidaknya memiliki tingkat pelayanan B.
 - b. Jalan kolektor primer setidaknya memiliki tingkat pelayanan B.
 - c. Jalan lokal primer setidaknya memiliki tingkat pelayanan C.
 - d. Jalan tol setidaknya memiliki tingkat pelayanan B.
2. Tingkat pelayanan yang diinginkan pada sistem jaringan jalan sekunder berdasarkan fungsi ruas jalan.
 - a. Jalan arteri sekunder setidaknya memiliki tingkat pelayanan C.
 - b. Jalan kolektor sekunder setidaknya memiliki tingkat pelayanan C.
 - c. Jalan lokal sekunder setidaknya memiliki tingkat pelayanan D.
 - d. Jalan lingkungan setidaknya memiliki tingkat pelayanan D.

3.2.6 Waktu Siklus

Waktu siklus merupakan waktu untuk urutan lengkap dari sinyal lalu lintas pada suatu simpang (Direktorat Jendral Bina Marga, 1997). Waktu siklus suatu simpang terdiri dari waktu hijau, waktu merah, waktu kuning (*amber*), dan waktu merah semua (*all red*). Waktu hijau merupakan waktu untuk kendaraan bergerak keluar simpang, waktu merah merupakan waktu untuk kendaraan berhenti, waktu kuning dan waktu merah semua merupakan waktu transisi antara waktu hijau dengan waktu merah pada suatu pendekat simpang.

Sebelum menghitung waktu siklus perlu dihitung rasio arus, rasio arus simpang, dan rasio fase pada simpang yang diteliti. Rasio arus didapatkan dari pembagian antara arus lalu lintas dengan arus jenuh masing-masing pendekat. Rasio arus simpang didapatkan dengan menjumlahkan rasio arus tertinggi pada masing-masing fase. Rasio fase didapatkan dari pembagian antara rasio arus kritis dengan rasio arus simpang. Rumus perhitungan rasio arus, rasio arus simpang, dan rasio fase dapat dilihat pada persamaan-persamaan berikut.

$$FR = \frac{Q}{S} \quad (3.20)$$

$$IFR = \sum(FR_{crit}) \quad (3.21)$$

$$PR = \frac{FR_{crit}}{IFR} \quad (3.22)$$

dengan:

FR = rasio arus,

IFR = rasio arus simpang,

PR = rasio fase,

FR_{crit} = rasio arus kritis (FR tertinggi pada masing-masing fase),

Q = arus lalu lintas (smp/jam), dan

S = arus jenuh (smp/jam hijau).

Setelah didapatkan rasio arus dan rasio fase kemudian dapat dihitung waktu siklus dan waktu hijau sesuai dengan perhitungan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Rumus perhitungan waktu siklus dan waktu hijau masing-masing pendekatan dapat dilihat pada persamaan-persamaan berikut.

$$c_{ua} = \frac{(1,5 \times LTI + 5)}{(1-IFR)} \quad (3.23)$$

$$g = (c_{ua} - LTI) \times PR \quad (3.24)$$

$$c = \sum g + LTI \quad (3.25)$$

dengan:

c_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian (det),

g = waktu hijau (det),

c = waktu siklus yang disesuaikan (det),

LTI = waktu hilang total per siklus (det),

IFR = rasio arus simpang, dan

PR = rasio fase.

Berdasarkan MKJI 1997 terdapat beberapa waktu siklus yang disarankan untuk beberapa keadaan. Waktu siklus yang disarankan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Waktu Siklus yang Disarankan MKJI 1997

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

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (1997)

Nilai yang lebih rendah digunakan untuk simpang dengan lebar jalan yang lebih kecil, sedangkan nilai yang lebih tinggi digunakan untuk simpang dengan lebar jalan yang lebih besar. Penggunaan waktu siklus yang disarankan merupakan waktu siklus yang lebih rendah untuk mempermudah pejalan kaki menyebrang jalan. Sementara waktu siklus lebih dari 130 detik lebih baik dihindari untuk suatu simpang bersinyal kecuali simpang tersebut merupakan simpang yang sangat lebar. Jika analisis menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi daripada batas yang disarankan, hal tersebut menandakan bahwa kapasitas pada simpang tersebut tidak mencukupi.

3.3 VISSIM

VISSIM (*Verkehr Stadten – SIMulationsmodell*) merupakan salah satu *software* yang dapat digunakan untuk membantu mengevaluasi alternatif rekayasa transportasi. VISSIM adalah perangkat lunak multi-moda lalu lintas aliran mikroskopis simulasi yang dapat menganalisis operasi kendaraan pribadi dan angkutan umum dengan permasalahan seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas, dan lain-lain (PTV-AG, 2011). PTV (*Planung*

Transport Verkehr AG) merupakan perusahaan asal Karlsruhe, Jerman yang mengembangkan *software* VISSIM. *Software* VISSIM ini dapat menyediakan model simulasi berupa animasi untuk menampilkan hasil simulasi yang ingin diteliti. Dengan perangkat tambahan, VISSIM dapat menampilkan elemen-elemen visual lainnya kedalam hasil simulasi sehingga tampilan animasi menjadi lebih menarik dan lengkap. Berikut ini beberapa kegunaan VISSIM dalam memodelkan rekayasa transportasi.

1. Arteri simulasi.
 - a. Model jaringan jalan.
 - b. Simulasi persimpangan terhadap semua mode kendaraan.
 - c. Analisa karakteristik antrean.
 - d. Desain waktu sinyal.
2. Simulasi transportasi publik.
 - a. Semua rincian model untuk bus, BRT, Trem, LRT, dan MRT.
 - b. Analisa peningkatan operasi publik transportasi tertentu.
 - c. Menguji dan mengoptimalkan secara standar waktu bersinyal transportasi publik menurut prioritas perencanaan.
3. Simulasi pejalan kaki.
 - a. Model pejalan kaki di lingkungan multimodal.
 - b. Perencanaan evakuasi dari bangunan dan acara khusus.
4. *Motorway* simulasi.
 - a. Simulasi manajemen lalu lintas aktif dan sistem transportasi cerdas.
 - b. Uji dan menganalisis strategi zona kerja.

Untuk pemodelan pada simpang bersinyal dengan bantuan *software* VISSIM dapat menggunakan *signal controller* untuk mengatur pergerakan lalu lintas agar sesuai dengan kondisi di lapangan dan mengatur *cycle time* dengan menyesuaikan waktu siklus di *software* VISSIM dengan waktu siklus hasil survei. Sedangkan pada pemodelan simpang tak bersinyal dengan bantuan *software* VISSIM dapat dilakukan dengan menggunakan *conflict area*, *priority rules*, dan *stop signs*.

Saat melakukan evaluasi rekayasa transportasi menggunakan *software* VISSIM, terdapat kalibrasi dan validasi yang harus dilakukan agar hasil simulasi

kondisi eksisting pada *software* VISSIM sesuai dengan kondisi hasil survei di lapangan. Kalibrasi dilakukan dengan menambahkan parameter *driving behavior* pada saat melakukan pemodelan, *driving behavior* merupakan parameter yang mempengaruhi kondisi antar kendaraan baik saat berhenti maupun saat berjalan. Validasi adalah perbandingan hasil simulasi menggunakan *software* VISSIM dengan hasil survei di lapangan. Validasi dilakukan untuk menguji kebenaran kalibrasi yang telah dilakukan berdasarkan volume kendaraan yang keluar dengan volume kendaraan yang diinput ke dalam VISSIM. Salah satu cara untuk melakukan validasi pada *software* VISSIM adalah dengan merubah nilai *random seed*. Hasil dari kalibrasi dan validasi kemudian di uji statistik dengan menggunakan metode GEH (*Geoffrey E. Havers*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Pengujian dengan metode GEH merupakan pendekatan standar untuk membandingkan dua set volume lalu lintas antara data sebenarnya dengan data model. Berikut merupakan rentang nilai hasil uji statistik GEH untuk mengukur tingkat pengujiannya.

1. Nilai GEH dibawah 5 (kondisi terpenuhi, tidak ada masalah).
2. Nilai GEH antara 5 dan 10 (perhatian, mungkin perlu diselidiki lebih lanjut. Bisa dikatakan bahwa pada kondisi ini pemodelan mengalami *error*).
3. Nilai GEH diatas 10 (kondisi tidak memenuhi persyaratan GEH, terdapat masalah).

GEH merupakan modifikasi dari rumus dasar *Chi-Squared* yang menggabungkan antara nilai relatif dan nilai mutlak. Metode GEH digunakan untuk memvalidasi volume arus lalu lintas pada kondisi eksisting dengan hasil simulasi melalui *software* VISSIM. Nilai GEH dapat dihitung dengan Persamaan 3.26 berikut ini.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{\text{simulasi}} - q_{\text{eksisting}})^2}{0,5 \times (q_{\text{simulasi}} + q_{\text{eksisting}})}} \quad (3.26)$$

dengan:

$q_{\text{eksisting}}$ = data volume arus lalu lintas pada kondisi eksisting (smp/jam), dan

q_{simulasi} = data volume arus lalu lintas hasil simulasi (smp/jam).

MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) merupakan alat uji statistik untuk mengukur keakuratan dari hasil simulasi. Sama seperti GEH, pengujian MAPE membandingkan hasil simulasi dengan hasil survei lapangan untuk mengetahui keakuratan dari hasil simulasi. Semakin kecil nilai MAPE maka semakin akurat model simulasi yang dilakukan terhadap kondisi eksisting. Berikut rentang nilai MAPE untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil pengujian.

1. Nilai MAPE dibawah 10% (Hasil simulasi sangat akurat).
2. Nilai MAPE antara 10% - 20% (Hasil simulasi baik).
3. Nilai MAPE antara 20% - 50% (Hasil simulasi layak (cukup baik)).
4. Nilai MAPE lebih dari 50% (Hasil simulasi tidak akurat).

Metode MAPE digunakan untuk memvalidasi panjang antrean hasil simulasi dengan panjang antrean di lapangan. Nilai MAPE didapatkan dari selisih data aktual dengan data simulasi yang dibagi dengan data aktual. Perhitungan untuk mendapatkan nilai MAPE dapat dilihat pada Persamaan 3.27 berikut.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \quad (3.27)$$

dengan:

n = jumlah data,

A_i = data lapangan, dan

F_i = data hasil simulasi.

Setelah proses kalibrasi dan validasi berhasil dilakukan, maka dapat dilanjutkan untuk melakukan simulasi alternatif solusi terhadap rekayasa transportasi yang direncanakan.

3.4 Manajemen Lalu Lintas

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No.96 Tahun 2015 manajemen dan rekayasa lalu lintas merupakan serangkaian usaha dan

kegiatan yang meliputi perencanaan, pengadaan, pemasangan pengaturan, dan pemeliharaan fasilitas perlengkapan jalan dalam rangka mewujudkan, mendukung dan memelihara keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas. Tujuan dari manajemen lalu lintas salah satunya adalah meningkatkan kelancaran, keselamatan, dan ketertiban para pengguna lalu lintas. Tata cara pelaksanaan manajemen dan rekayasa lalu lintas berdasarkan PM no.96 tahun 2015 adalah sebagai berikut.

1. Penetapan prioritas angkutan massal.
2. Pemberian prioritas keselamatan dan kenyamanan pejalan kaki.
3. Pemberian kemudahan bagi penyandang cacat.
4. Pemisahan atau pemilahan pergerakan arus lalu lintas.
5. Pemaduan berbagai moda angkutan.
6. Pengendalian lalu lintas pada persimpangan.
7. Pengendalian lalu lintas pada ruas jalan.
8. Perlindungan terhadap lingkungan.

Manajemen lalu lintas pada persimpangan bersinyal dapat berupa pengendalian waktu sinyal pada simpang bersinyal, melakukan pengendalian berupa simpang bersinyal dengan aturan belok kiri langsung, maupun koordinasi antar simpang bersinyal, dan lain sebagainya. Manajemen pada simpang bersinyal sekurang-kurangnya memiliki APILL (Alat Pemberi Informasi Lalu Lintas), marka, dan rambu peringatan. Pada simpang bersinyal dengan aturan belok kiri langsung sekurang-kurangnya memiliki tambahan berupa lajur khusus untuk kendaraan belok kiri langsung, rambu perintah belok kiri langsung, dan tempat penyeberangan orang.

Pengendalian lalu lintas pada ruas jalan dapat berupa penerapan sistem satu arah. Penerapan sistem satu arah memiliki tujuan untuk meningkatkan kapasitas jalan, mengurangi titik konflik, dan menurunkan tingkat kecelakaan. Berdasarkan PM no.96 tahun 2015 penerapan sistem satu arah dilakukan dengan persyaratan sekurang-kurangnya sebagai berikut.

1. Terdapat jalan yang sejajar dengan tingkat pelayanan yang setara dengan jalan yang dilakukan pengaturan satu arah yang dapat dipergunakan pengguna jalan untuk arah yang berlawanan.
2. Kondisi lalu lintas pada jalan tersebut memiliki nisbah volume per kapasitas $> 0,85$.

Penerapan sistem satu arah setidaknya harus dilengkapi dengan marka jalan dan rambu petunjuk satu arah. Penerapan sistem satu arah harus mempertimbangkan dampak terhadap sistem jaringan jalan lainnya yang terdampak. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam penerapan sistem satu arah berdasarkan PM no.96 tahun 2015 antara lain:

1. Pengaruh terhadap pelayanan angkutan umum,
2. Pengaruh terhadap distribusi barang,
3. Pengaruh terhadap pusat-pusat kegiatan sebagai pembangkit lalu lintas sekitar jalan satu arah.

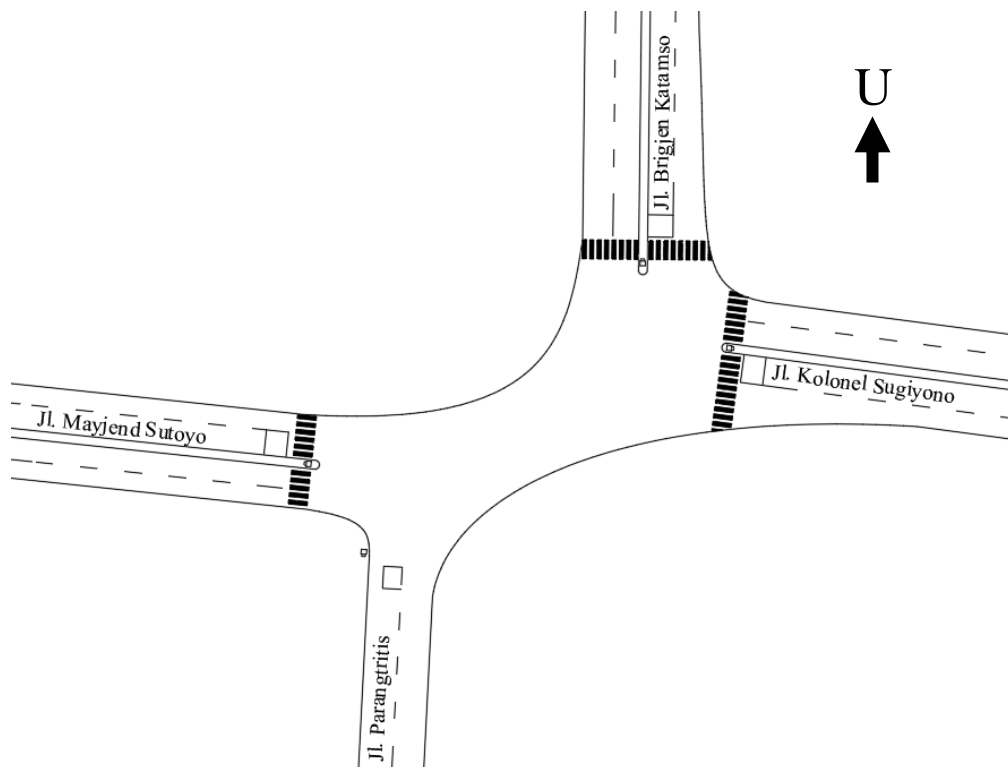
Dengan dilakukan manajemen lalu lintas sebagai alternatif penanganan lalu lintas terhadap suatu persimpangan maupun ruas jalan, maka harus memerhatikan dampak yang akan terjadi. Beberapa dampak yang harus diperhatikan meliputi dampak terhadap lingkungan ekonomi, sosial dan lingkungan hidup, kondisi lalu lintas disekitarnya, dan sinergitas dengan kebijakan lain dibidang lalu lintas dan angkutan jalan.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

4.1.1 Lokasi Penelitian

Penelitian analisis dan evaluasi simpang kali ini dilaksanakan pada simpang empat bersinyal, yaitu Simpang Jukteng Wetan. Simpang tersebut dipilih karena panjangnya antrian yang terjadi saat ataupun setelah lampu merah. Lokasi Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Lokasi Simpang Penelitian

Simpang Empat Jukteng Wetan menghubungkan jalan:

- Utara : Jalan Brigjen Katamso.
- Timur : Jalan Kolonel Sugiyono.
- Barat : Jalan Mayjen Sutoyo.
- Selatan : Jalan Parangtritis.

4.1.2 Waktu Penelitian

Berdasarkan data dari Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta, jam puncak pada Simpang Jukteng Wetan tahun 2022 berada pada hari kerja dan hari libur, pukul 06.30 – 07.30 WIB untuk pagi hari dan pukul 16.00 – 17.00 WIB untuk sore hari (Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta, 2022). Berdasarkan data tersebut maka waktu penelitian yang dipilih untuk penelitian kali ini adalah pada jam 06.00 – 08.00 WIB dan 16.00 – 18.00 WIB yang dilaksanakan selama dua hari yaitu pada hari kerja dan hari libur, hari kerja dipilih pada hari Senin dan hari libur dipilih pada hari Sabtu. Data jam puncak Simpang Jukteng Wetan tahun 2022 dari Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.

Tabel 4.1 Data Jam Puncak Tahun 2022

Nama Ruas Jalan	Keterangan	Jam Puncak & Volume Lalu Lintas (C) smp/jam	
		Kerja	Sabtu
Brigjen Katamso		06.30 - 07.30	07.15 - 08.15
	Pagi	3.105	840
		15.00 – 16.00	16.00 – 17.00
	Sore	3.154	1.030
Kolonel Sugiyono		06.45 - 07.45	06.30 - 07.30
	Pagi	2.455	1.619
		15.00 – 16.00	16.00 – 17.00
	Sore	2.477	2.477
Parangtritis		06.30 - 07.30	07.30 - 08.30
	Pagi	1.650	1.340
		16.00 – 17.00	16.00 – 17.00
	Sore	1.690	2.074
Mayjend Sutoyo		06.45 - 07.45	06.30 - 07.30
	Pagi	1.567	1.447
		15.00 – 16.00	16.00 – 17.00
	Sore	1.758	1.668

Sumber: Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta (2022)

4.2 Data Penelitian

Penelitian kali ini membutuhkan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang dibutuhkan diperoleh dari survei langsung di lokasi penelitian, sedangkan data sekunder yang dibutuhkan diperoleh dari instansi terkait, literatur, dan data penelitian lainnya. Berikut beberapa data primer dan data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian kali ini.

1. Data primer.

a. Volume lalu lintas

Data jumlah kendaraan yang berlalu lintas pada Simpang Jukteng Wetan. Kendaraan dibagi menjadi 3 jenis, yaitu kendaraan berat (HV), kendaraan ringan (LV), dan sepeda motor (MC).

b. Waktu siklus

Data lama waktu menyala tiap sinyal pada Simpang Jukteng Wetan.

c. Panjang antrean

Data panjang antrean yang terjadi ketika lampu merah menyala pada Simpang Jukteng Wetan.

d. Perilaku pengendara

Data jarak antar kendaraan ketika berhenti pada saat lampu merah. Jarak yang diukur merupakan jarak depan ke belakang dan jarak samping antar kendaraan.

e. Geometri pendekatan simpang

Melakukan pengukuran dan penggambaran geometri simpang yang ditinjau.

2. Data sekunder.

Data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian kali ini antara lain, data jam puncak, data jumlah penduduk Kota Yogyakarta, dan data kecepatan kendaraan untuk melakukan analisis data pada penelitian kali ini.

4.3 Metode Pengambilan Data

Masing-masing data yang diperlukan diambil dengan metode yang berbeda. Berikut beberapa metode yang dilakukan untuk pengambilan data primer.

1. Data volume lalu lintas.

Volume lalu lintas didapatkan dengan melakukan perhitungan jumlah kendaraan yang berada pada simpang pada satu waktu. Perhitungan dilakukan dengan melihat hasil rekaman kendaraan menggunakan kamera CCTV. Kamera CCTV digunakan untuk meminimalisir aspek *human error* pada saat menghitung kendaraan secara langsung di lokasi penelitian. Data volume lalu lintas dibutuhkan untuk mengetahui kinerja simpang dan memodelkan simpang pada *software VISSIM*.

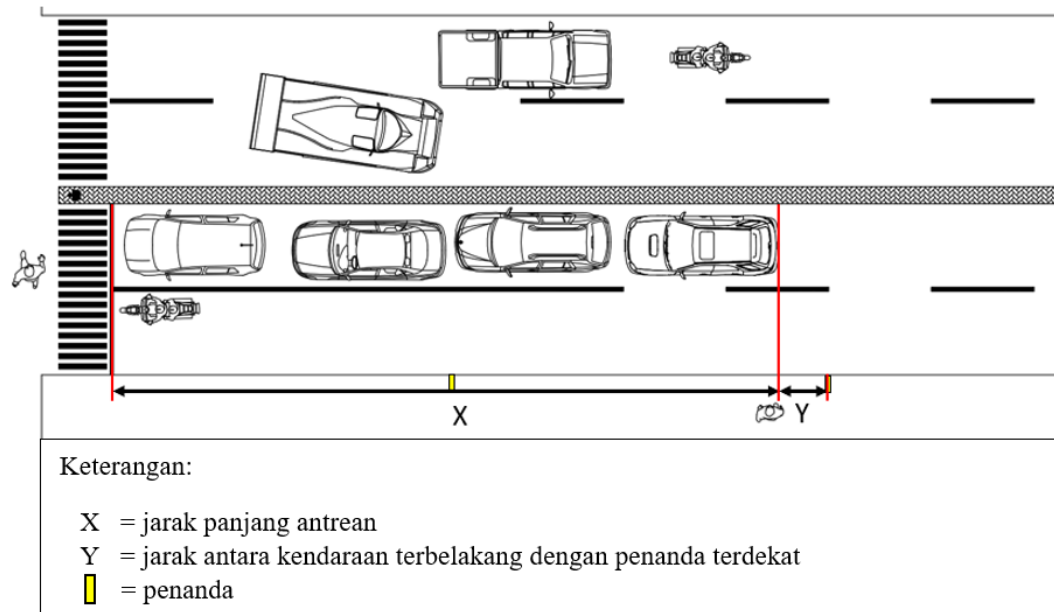
2. Data waktu siklus simpang.

Waktu siklus simpang didapatkan dengan mengamati secara langsung pada simpang yang diteliti. Pencatatan dilakukan terhadap lama waktu hijau, kuning, dan merah menyala pada satu waktu siklus. Data waktu siklus dibutuhkan untuk analisis kinerja MKJI 1997 dan pemodelan simpang pada *software VISSIM*.

3. Data panjang antrean.

Pengambilan data panjang antrean dilakukan dengan mengamati langsung di lokasi penelitian. Panjang antrean didapatkan dengan mengukur jarak antrean dari garis berhenti simpang hingga kendaraan paling belakang yang berhenti ketika awal lampu sinyal berwarna hijau. Data diambil selama waktu survei dilaksanakan. Data hasil pengamatan tersebut diambil rata-rata dan dijadikan sebagai data panjang antrean. Panjang antrean diperlukan untuk pemodelan simpang pada *software VISSIM*.

Survei panjang antrean dilakukan dengan memasang penanda jarak pada kerb setiap 10 m sepanjang 150 m jika panjang antrean melebihi jarak penanda maka dapat menggunakan landmark atau bangunan yang mendekati kendaraan terakhir kemudian diukur kembali setelah survei berakhir, agar pengukuran lebih akurat disediakan alat pengukur jarak untuk mengukur jarak kendaraan terakhir terhadap penanda di kerb. Ilustrasi survei panjang antrean pada penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



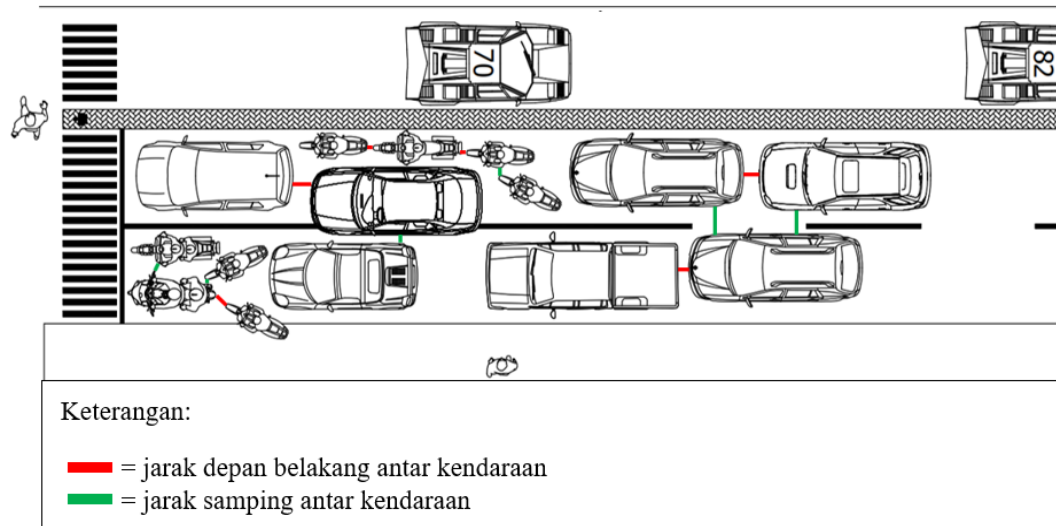
Gambar 4.2 Ilustrasi Survei Panjang Antrean

4. Data perilaku pengendara (*driving behavior*).

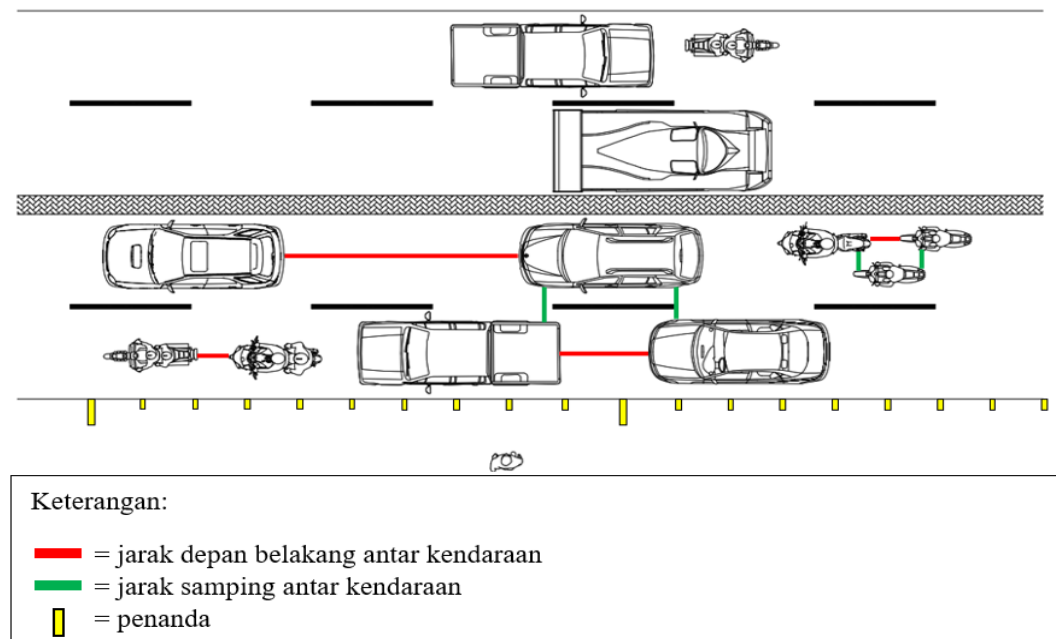
Data perilaku pengendara didapatkan dengan mengukur jarak antar kendaraan ketika berhenti di simpang pada saat lampu sinyal berwarna merah. Jarak yang diukur merupakan jarak kendaraan depan ke belakang dan jarak samping antar kendaraan menggunakan alat ukur. Data perilaku pengendara diambil setidaknya sebanyak 30 sampel kendaraan. Menurut Bluman (2009) ukuran sampel minimal 30 dapat diterapkan ke dalam teorema limit sentral, dimana distribusi sampling akan memiliki semua sifat-sifat dari distribusi normal. Berdasarkan hasil survei tersebut akan diambil rata-rata dan dijadikan sebagai data perilaku pengendara. Data perilaku pengendara diperlukan sebagai salah satu parameter yang akan digunakan untuk pemodelan simpang pada *software* VISSIM.

Survei perilaku pengendara dibagi menjadi dua yaitu perilaku pengendara saat berhenti dan perilaku pengendara saat bergerak atau jalan. Survei perilaku pengendara saat berhenti dilakukan dengan menggunakan alat ukur langsung saat kendaraan berhenti atau saat lampu sinyal berwarna merah. Survei perilaku pengendara saat bergerak dilakukan dengan meletakkan

penanda setiap 1 m pada 50 meter terakhir dari penanda panjang antrean, kemudian jarak kendaraan diamati berdasarkan penanda tersebut. Ilustrasi survei perilaku pengendara pada penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.3 Ilustrasi Survei *Driving Behavior* Berhenti



Gambar 4.4 Ilustrasi Survei *Driving Behavior* Bergerak

5. Data geometri simpang.

Data geometri simpang didapatkan dengan melakukan pengukuran lebar jalan pada masing-masing lengan di kedua simpang yang akan diteliti. Data tersebut kemudian akan dimasukkan kedalam *software* VISSIM sebagai pemodelan simpang. Data geometri simpang juga diperlukan untuk melakukan analisis kinerja simpang bersinyal.

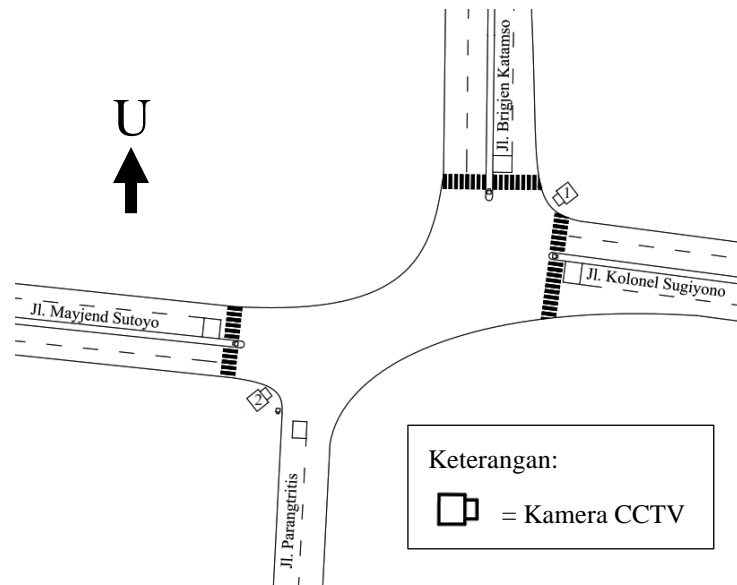
6. Data kecepatan kendaraan

Data kecepatan kendaraan pada penelitian kali ini didapatkan melalui data kecepatan kendaraan dari Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta. Data ini meliputi data kecepatan kendaraan yang dibagi menjadi MC, LV, dan HV pada setiap jalan masing-masing pendekat Simpang Jukteng Wetan. Data kecepatan kendaraan digunakan didalam *software* VISSIM untuk memodelkan kendaraan yang berlalu lintas di Simpang Jukteng Wetan.

7. Data lainnya

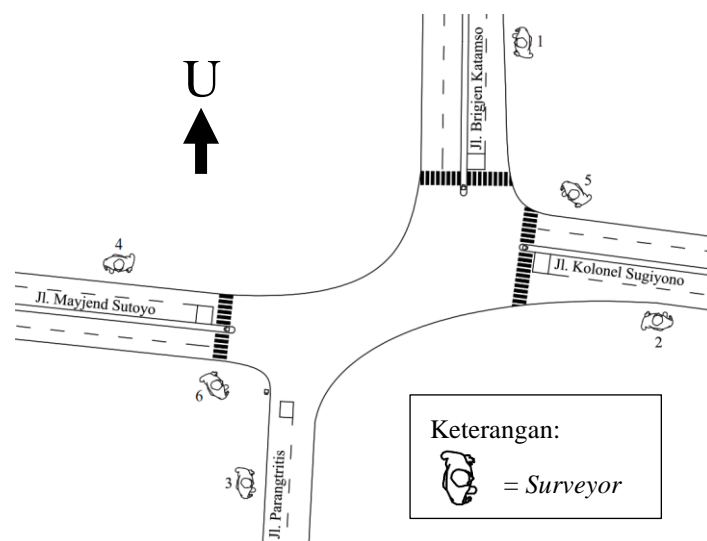
Data-data yang lain seperti data jumlah penduduk, data hambatan samping, dan data ruas parkir didapat dari referensi maupun pengamatan secara langsung di lapangan. Data jumlah penduduk didapat dari Badan Pusat Statistik D.I.Yogyakarta. Data hambatan samping didapat secara kualitatif yaitu mengamati secara langsung di lokasi penelitian dengan mengamati angkutan umum berhenti di sekitar pendekat, pejalan kaki yang berjalan di sekitar pendekat simpang, serta aktivitas kendaraan keluar masuk jalan sekitar pendekat simpang. Data kendaraan parkir didapat dengan pengamatan secara langsung di lapangan dengan mengukur jarak kendaraan pertama yang terparkir dari garis henti pendekat simpang.

Salah satu metode pengambilan data primer adalah dengan menggunakan kamera CCTV sebagai alat bantu. Kamera CCTV digunakan agar meminimalisir kesalahan manusia (*human error*) pada saat melakukan pengamatan dan pencatatan data secara langsung di lokasi penelitian. Titik-titik penempatan kamera CCTV yang akan digunakan pada penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Lokasi Kamera CCTV

Berdasarkan Gambar 4.5 terdapat 2 kamera CCTV, kamera CCTV 1 berfungsi untuk merekam arus lalu lintas pada lengan Selatan (Jl. Parangtritis) dan lengan Barat (Jl. Mayjend Sutoyo), kamera CCTV 2 berfungsi untuk merekam arus lalu lintas pada lengan Utara (Jl. Brigjen Katamso) dan lengan Barat (Jl. Kolonel Sugiyono). Pengambilan data dan penjaga kamera CCTV dilakukan oleh *surveyor* selama waktu penelitian. Posisi atau lokasi *surveyor* pada saat melakukan pengamatan dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Lokasi Surveyor

Tugas *surveyor* dalam penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut:

1. Tugas *surveyor* 1, 2, 3, dan 4 di lapangan adalah melaksanakan survei panjang antrean. *Surveyor* 1 melaksanakan survei panjang antrean pada lengan Utara, *surveyor* 2 melaksanakan survei panjang antrean pada lengan Timur, *surveyor* 3 melaksanakan survei panjang antrean pada lengan Selatan, dan *surveyor* 4 melaksanakan survei panjang antrean pada lengan Barat.
2. Tugas *surveyor* 5 dan 6 di lapangan adalah melaksanakan survei perilaku pengendara, waktu siklus, dan geometri simpang. *Surveyor* 5 dan 6 juga memiliki tugas menjaga kamera CCTV.

4.4 Peralatan Penelitian

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian kali ini diantaranya sebagai berikut.

1. Kamera CCTV untuk merekam volume kendaraan pada setiap simpang.
2. Formulir penelitian dan alat tulis untuk melakukan pencatatan data lalu lintas pada setiap simpang.
3. *Walking measure* untuk mengukur geometrik simpang.
4. *Stopwatch* atau *handphone* digunakan untuk menunjukkan waktu dan mengukur waktu.
5. Perangkat komputer untuk melakukan analisis data.
6. *Software VISSIM* untuk memodelkan simpang dan koordinasinya.

4.5 Metode Analisis Penelitian

Pada penelitian kali ini metode analisis yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) pada penelitian ini digunakan untuk melakukan analisis kinerja simpang pada kedua simpang yang diteliti. Analisis kinerja simpang yang akan dilakukan meliputi derajat kejenuhan (DS), panjang antrean (QL), dan tundaan.

- a. Derajat kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan merupakan rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas pada suatu simpang. Derajat kejenuhan merupakan nilai hasil pembagian antara volume lalu lintas (Q) dengan kapasitas simpang (C).

b. Panjang antrean (QL)

Panjang antrean merupakan panjangnya antrean kendaraan pada saat lampu sinyal berwarna merah di suatu simpang. Panjang antrean didapatkan dari perkalian jumlah rata-rata antiran smp pada awal lampu hijau (NQ) dibagi dengan lebar masuk (W_{masuk}).

c. Tundaan (D)

Tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang perlukan untuk melewati suatu simpang akibat panjangnya antrean maupun waktu fase hijau yang terlalu cepat. Tundaan terdiri dari dua jenis, yaitu tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DQ). Tundaan lalu lintas diakibatkan dari interaksi lalu lintas yang bertentangan pada suatu simpang. Sedangkan tundaan geometri diakibatkan geometri suatu simpang, seperti perlambatan ketika berbelok atau karena lampu merah.

2. Pemodelan menggunakan *software* VISSIM

VISSIM (*Verkehr Stadten – SIMulationsmodell*) merupakan *software* yang dapat digunakan untuk mikrosimulasi aliran lalu lintas. VISSIM dapat digunakan untuk memodelkan lalu lintas yang berguna untuk melakukan berbagai rekayasa transportasi, seperti melakukan evaluasi kinerja simpang hingga melakukan koordinasi simpang seperti penelitian kali ini. Beberapa data yang diperlukan untuk melakukan pemodelan lalu lintas simpang dengan *software* VISSIM antara lain, data volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, geometri simpang, waktu siklus simpang, dan data perilaku pengendara.

Pemodelan menggunakan VISSIM diperlukan tahapan kalibrasi dan validasi, untuk mendapatkan kesesuaian antara nilai simulasi dengan data yang diamati dan mendapatkan hasil data yang valid. Kesesuaian tersebut dilakukan dengan menambahkan parameter perilaku pengendara dalam melakukan pemodelan sehingga hasil volume lalu lintas yang didapatkan dari simulasi menggunakan VISSIM mendekati volume lalu lintas eksisting di lokasi penelitian. Validasi

dilakukan dengan membandingkan data hasil simulasi dengan menggunakan *software* VISSIM dengan data yang diperoleh secara langsung di lokasi penelitian. Proses validasi data menggunakan metode statistik Geoffrey E. Havers (GEH). Data yang valid berarti hasil simulasi dapat digunakan dan dipercaya sebagai simulasi alternatif solusi karena data hasil simulasi hampir sama dengan data pada kondisi eksisting.

4.6 Tahapan Penelitian

Beberapa tahapan penelitian yang dilakukan meliputi:

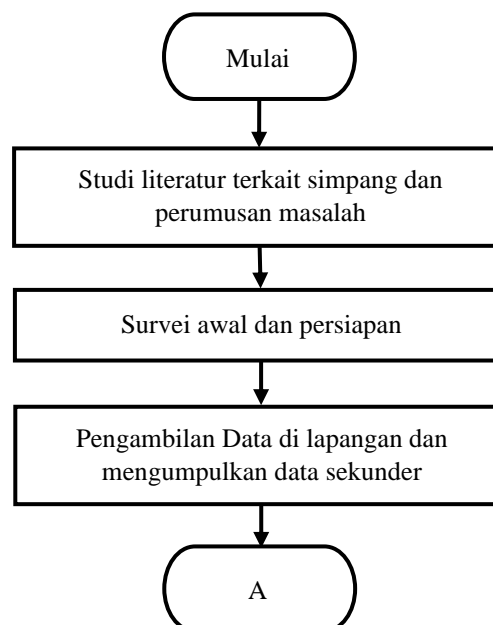
1. Tahap persiapan dan observasi
Merupakan tahapan awal pada penelitian ini. Pada tahapan ini dilakukan survei awal atau observasi di lokasi penelitian dan mempersiapkan peralatan serta tenaga survei. Tahapan ini bertujuan agar surveyor lebih mengenali kondisi lapangan dan memahami tugas yang dilaksanakan.
2. Tahap pelaksanaan survei di lokasi penelitian
Merupakan tahapan pelaksanaan pengambilan data primer. Pengambilan data primer seperti, data geometri simpang, volume lalu lintas, dan lain sebagainya merupakan data yang diambil secara langsung di lokasi penelitian. Pada tahapan ini surveyor berada di lokasi penelitian untuk merekam arus lalu lintas pada jam-jam puncak di masing-masing simpang, serta melakukan pencatatan data primer yang dibutuhkan.
3. Tahap analisis data
Merupakan tahapan melakukan analisis data yang telah didapatkan. Setelah semua data didapatkan maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis kinerja simpang bersinyal dengan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Analisis kinerja simpang bersinyal akan mendapatkan hasil akhir berupa derajat kejenuhan (DS), panjang antrean (QL), dan tundaan (D) yang nantinya akan diketahui tingkat pelayanan dari simpang bersinyal yang diteliti.
4. Tahap pemodelan simpang

Merupakan tahapan menggunakan *software* VISSIM untuk melakukan pemodelan. Pada tahapan ini data-data yang didapatkan akan dimasukkan kedalam *software* VISSIM untuk dilakukan pemodelan simpang. Kemudian dilakukan tahapan kalibrasi dan validasi sebelum melakukan simulasi alternatif solusi koordinasi simpang bersinyal. Apabila nilai GEH < 5 pada saat proses kalibrasi dan validasi maka dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya.

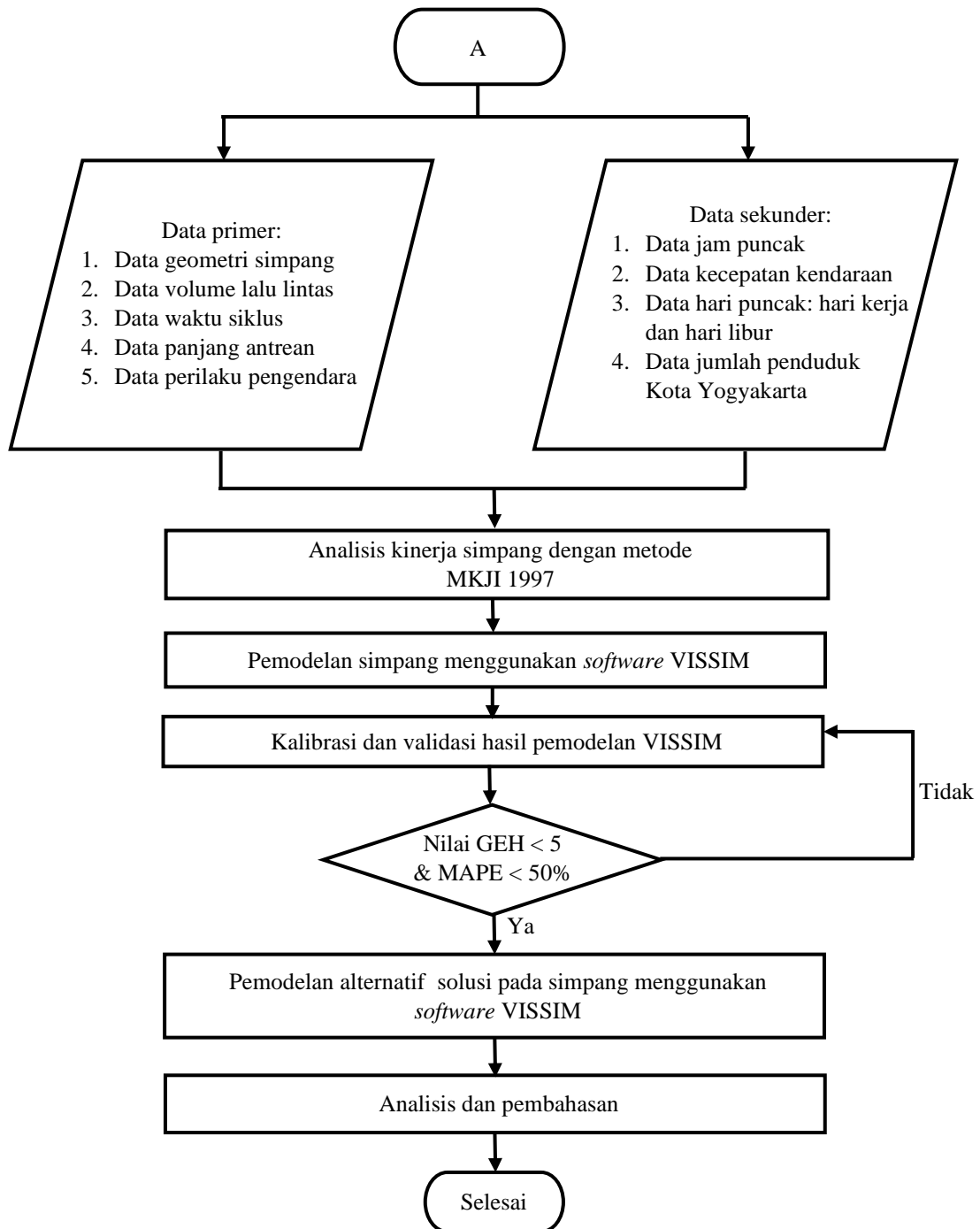
5. Tahap simulasi alternatif solusi

Tahap selanjutnya merupakan melakukan simulasi untuk menemukan alternatif solusi terbaik pada simpang yang diteliti. Tahapan ini menggunakan MKJI 1997 untuk menentukan waktu sinyal yang akan digunakan serta menggunakan *software* VISSIM untuk memodelkan dan menampilkan hasil simulasi dari alternatif-alternatif solusi yang telah direncanakan.

Berikut bagan alir untuk menggambarkan skema penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.7 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Data

Terdapat dua jenis data pada penelitian kali ini, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer pada penelitian kali ini terdiri dari data waktu siklus simpang, data geometri jalan, data volume lalu lintas, dan data panjang antrean. Data sekunder pada penelitian kali ini terdiri dari data waktu jam puncak, data kecepatan kendaraan, dan data jumlah penduduk Kota Yogyakarta.

5.1.1 Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian kali ini terdiri dari data jumlah penduduk Kota Yogyakarta, data waktu jam puncak, dan data kecepatan kendaraan. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) D.I. Yogyakarta jumlah penduduk Kota Yogyakarta tahun 2022 tercatat sebanyak 449.890 jiwa penduduk (Badan Pusat Statistik D.I.Yogyakarta, 2022). Jam puncak pada tahun 2022 berdasarkan data dari Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta yaitu jam 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 minggu (Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta, 2022).

Simpang Jukteng Wetan memiliki batas Utara merupakan Jalan Brigjen Katamso, batas Timur merupakan Jalan Kolonel Sugiyono, batas Selatan merupakan Jalan Parangtritis, dan batas Barat merupakan Jalan Mayjend Sutoyo (Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta, 2022). Setiap ruas jalan tersebut termasuk kedalam sistem jaringan jalan sekunder. Data tipe dan fungsi ruas setiap jalan pada Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Batas-Batas Simpang Jukteng Wetan

Batas Simpang	Fungsi Jalan	Tipe Ruas
Jl. Brigjen Katamso (Utara)	kolektor sekunder	4/2 UD
Jl. Kolonel Sugiyono (Timur)	Arteri sekunder	4/2 UD

Sumber: Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta (2022)

Lanjutan Tabel 5.1 Bata-Batas Simpang Jukteng Wetan

Batas Simpang	Fungsi Jalan	Tipe Ruas
Jl. Parangtritis (Selatan)	kolektor sekunder	2/2 UD
Jl. Mayjend Sutoyo (Barat)	Arteri sekunder	4/2 UD

Sumber: Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta (2022)

Pada penelitian kali ini tidak dilaksanakan survei kecepatan kendaraan dikarenakan keterbatasan surveyor dan untuk mengurangi pengeluaran selama penelitian dilaksanakan. Sebagai gantinya, data kecepatan kendaraan didapat dari data kecepatan kendaraan tahun 2022 oleh Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta, berikut data kecepatan kendaraan berdasarkan ruas jalan yang diteliti dari Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta. Data kecepatan kendaraan dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Data Kecepatan Kendaraan Pada Simpang Jukteng Wetan

Ruas Jalan	Kecepatan Kendaraan (km/jam)			Rata-Rata per Ruas
	MC	LV	HV	
Jalan Brigjen Katamso (U - S)	43,9	43,9	42,4	40,4
Jalan Brigjen Katamso (S - U)	43,9	38,3	30,0	
Jalan Kolonel Sugiyono (T - B)	45,0	45,0	36,0	43,6
Jalan Kolonel Sugiyono (T - B)	45,0	47,4	43,2	
Jalan Parangtritis (S - U)	37,5	34,6	31,3	35,7
Jalan Parangtritis (U - S)	40,0	38,3	32,7	
Jalan Mayjend Sutoyo (B - T)	46,2	34,4	27,7	41,5
Jalan Mayjend Sutoyo (T - B)	45,9	45,6	49,1	

Sumber: Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta (2022)

5.1.2 Data Primer

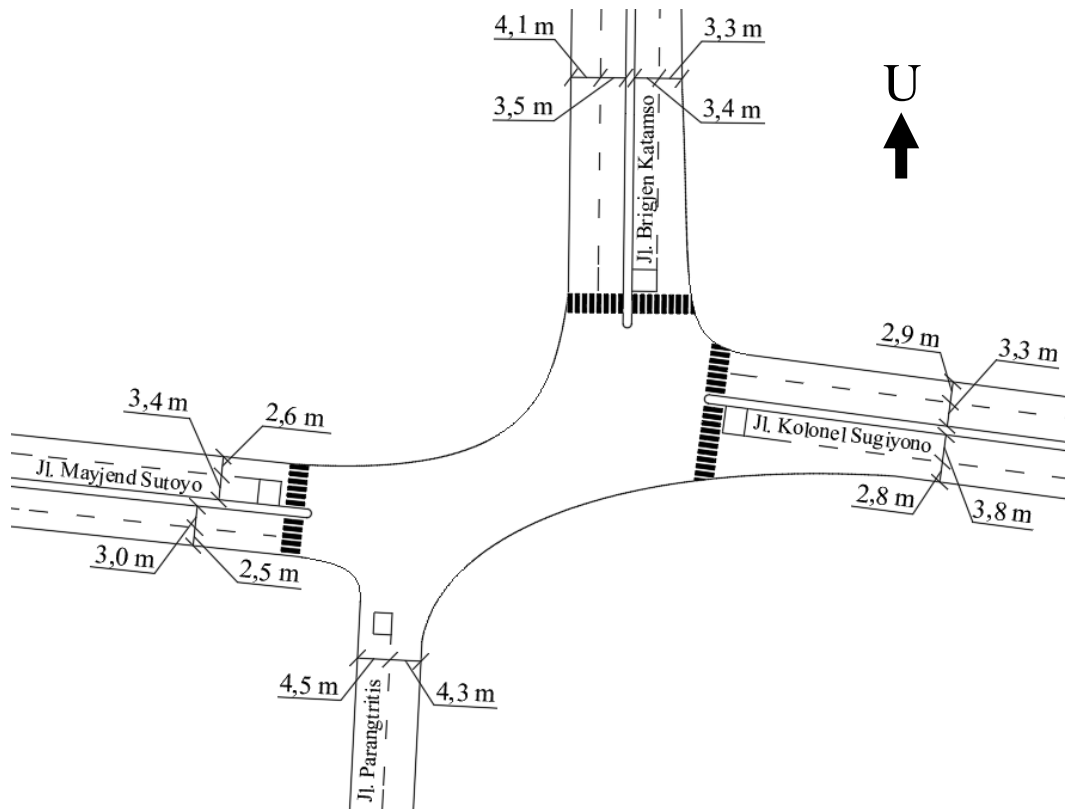
Data primer diambil dengan melakukan survei langsung di lokasi penelitian. Data primer pada penelitian kali ini diambil pada hari senin dan hari sabtu, dengan waktu pelaksanaan yaitu pukul 06.00 – 08.00 WIB dan 16.00 – 18.00 WIB. Pemilihan waktu-waktu tersebut didasarkan pada data jam puncak tahun 2022 Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta (Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta, 2022). Berikut ini data primer hasil survei di lokasi penelitian.

1. Data Geometri Simpang

Data geometri simpang diambil dengan mengukur lebar jalan dan lebar pendekat simpang pada saat melakukan survei di lokasi penelitian. Data geometri Simpang Jukteng Wetan diambil dengan menggunakan alat bantu *walking measure* untuk mendapatkan lebar jalan dan lebar pendekat simpang. Simpang Jukteng Wetan merupakan simpang yang memiliki lajur belok kiri langsung pada keempat lengannya. Pada sepanjang jalan yang dihubungkan oleh Simpang Jukteng Wetan tidak memiliki median jalan, tetapi terdapat median pada 50 meter awal lengan simpang. Median terdapat pada lengan Utara, Timur, dan Barat simpang, sedangkan pada lengan selatan tidak terdapat median jalan. Data geometri Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan ilustrasi geometri Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.

Tabel 5.3 Data Geometri Simpang Jukteng Wetan

Lengan	Median	W_A (m)	W_{MASUK} (m)	W_{LTOR} (m)	W_{KELUAR} (m)	W_e (m)
Jl. Brigjen Katamso (Utara)	Ya	6,7	3,4	3,3	4,3	3,4
Jl. Kolonel Sugiyono (Timur)	Ya	6,6	3,8	2,8	5,5	3,8
Jl. Parangtritis (Selatan)	Tidak	4,5	2,5	2,0	7,6	2,5
Jl. Mayjend Sutoyo (Barat)	Ya	6,0	3,4	2,6	6,2	3,4



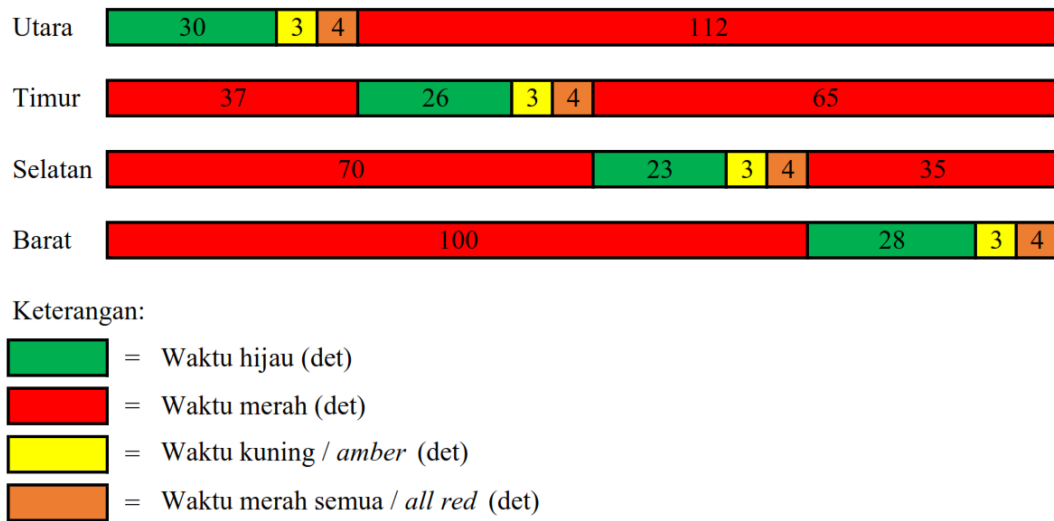
Gambar 5.1 Geometri Simpang Jukteng Wetan

2. Data Waktu Siklus

Data waktu siklus diambil pada saat melakukan survei di lokasi penelitian. Data waktu siklus pada Simpang Jukteng Wetan diambil dengan menggunakan bantuan alat berupa *stopwatch* pada *handphone*. Data yang diambil merupakan waktu hijau, waktu merah, dan waktu kuning/*amber* pada waktu sinyal di Simpang Jukteng Wetan. Data waktu siklus pada Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan diagram waktu siklus pada Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.

Tabel 5.4 Waktu Siklus Simpang Jukteng Wetan

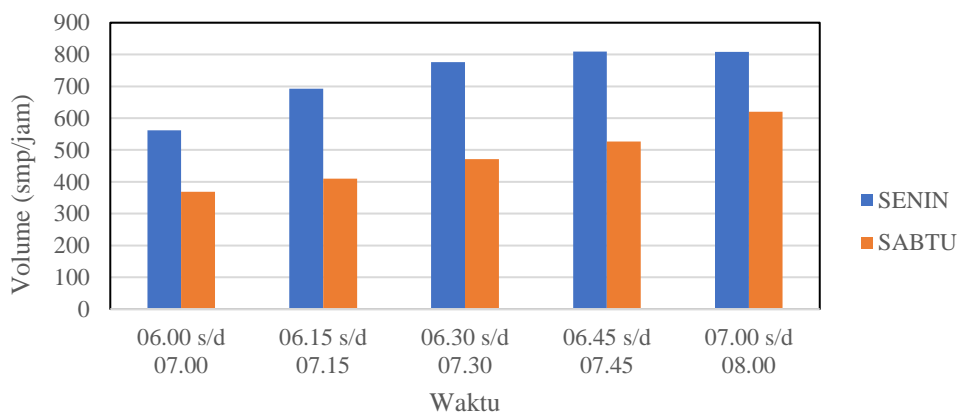
Lengan	Waktu Nyala (Detik)			Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	<i>Amber</i>	<i>All Red</i>	
Utara	30	3	4	135
Timur	26	3	4	135
Selatan	23	3	4	135
Barat	28	3	4	135



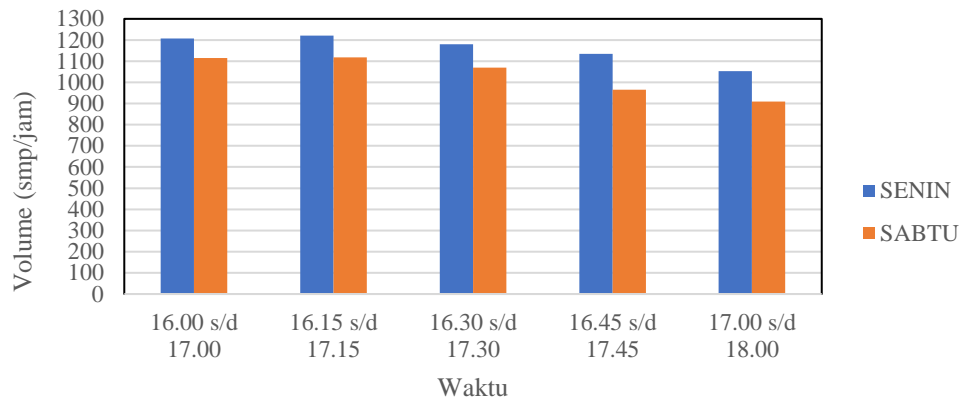
Gambar 5.2 Diagram Waktu Siklus Simpang Jukteng Wetan

3. Data Volume Lalu Lintas

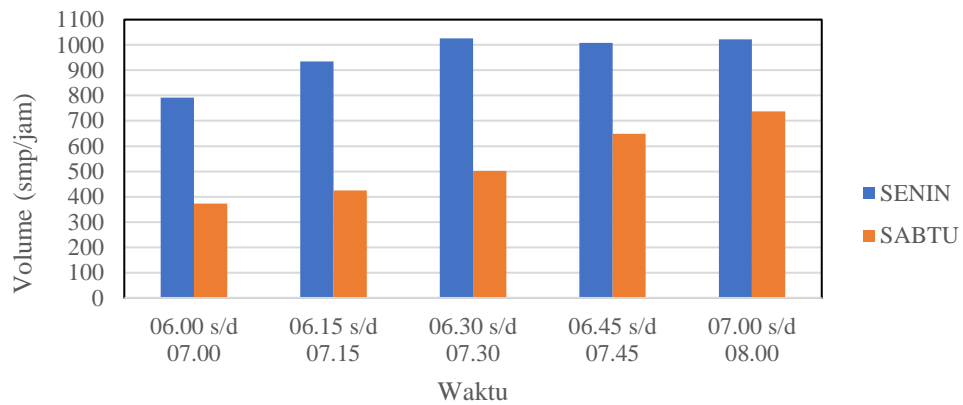
Data volume lalu lintas didapatkan dengan menghitung jumlah kendaraan yang berlalu lintas di Simpang Jukteng Wetan. Pengambilan data volume lalu lintas dibantu dengan menggunakan kamera CCTV sehingga perhitungan dapat lebih presisi. Data volume lalu lintas Simpang Jukteng Wetan hasil survei dapat dilihat pada Gambar 5.3 s/d Gambar 5.10 berikut.



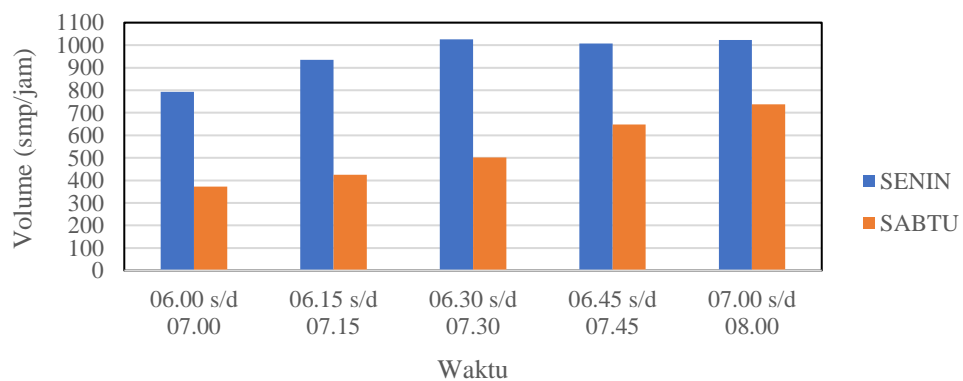
Gambar 5.3 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Pagi)



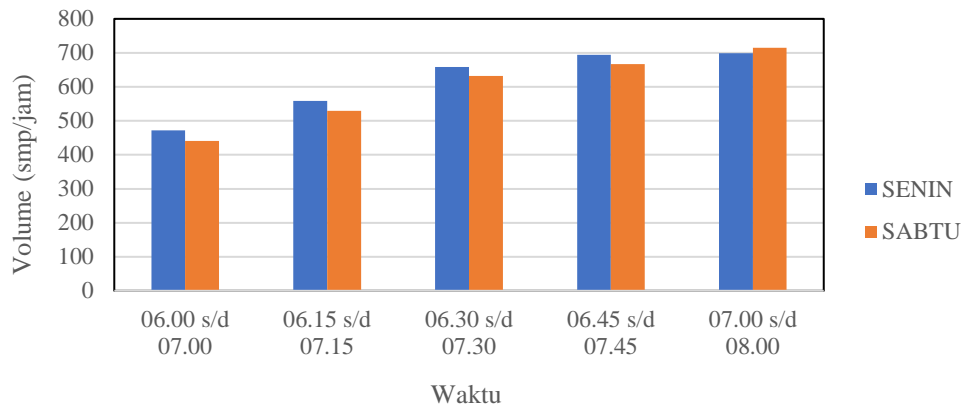
Gambar 5.4 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Sore)



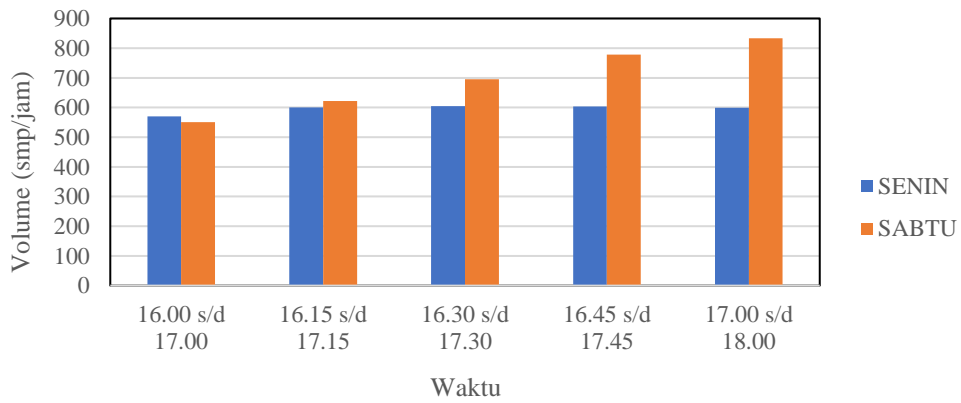
Gambar 5.5 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Pagi)



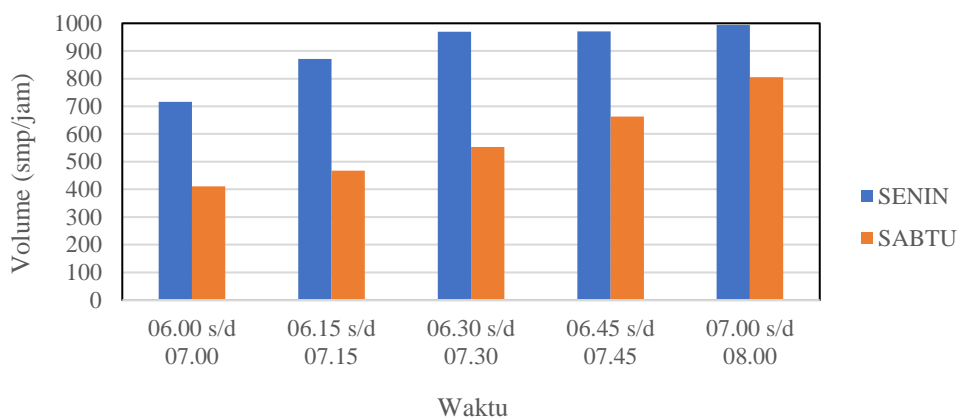
Gambar 5.6 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Sore)



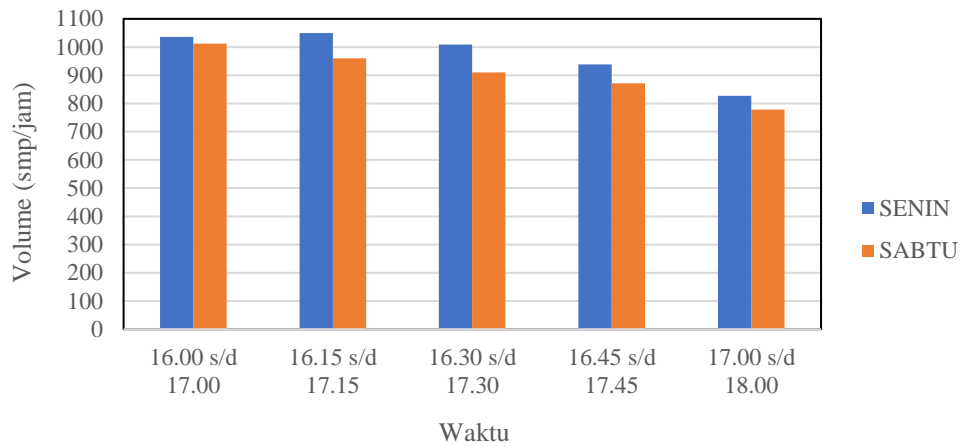
Gambar 5.7 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Pagi)



Gambar 5.8 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Sore)



Gambar 5.9 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Pagi)



Gambar 5.10 Diagram Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Sore)

Berdasarkan gambar-gambar diatas didapat jam puncak pada Simpang Jokteng Wetan yaitu pada hari senin pukul 16.15 – 17.15 WIB. Data volume lalu lintas jam puncak pada Simpang Jokteng Wetan dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

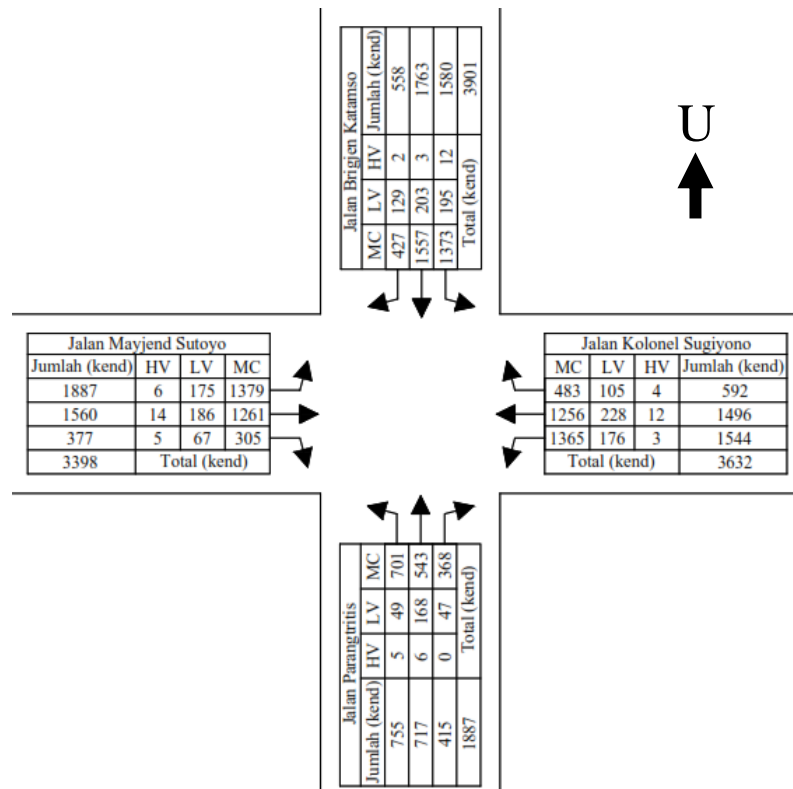
Tabel 5.5 Volume Lalu Lintas Puncak Simpang Jokteng Wetan

Pendekat	Arah	MC		LV		HV		Total		Rasio Belok	UM (kend /jam)
		emp = 0,2		emp = 1		emp = 1,3					
		(kend /jam)	(smp /jam)	(kend /jam)	(smp /jam)	(kend /jam)	(smp /jam)	(kend /jam)	(smp /jam)		
Jl. Brigjen Katamso (Utara)	LT	1373	274,6	195	195	12	15,6	1580	485,2	0,40	10
	ST	1557	311,4	203	203	3	3,9	1763	518,3		8
	RT	427	85,4	129	129	2	2,6	558	217	0,18	1
	Total	3357	671,4	527	527	17	22,1	3901	1220,5		19
Jl. Kolonel Sugiyono (Timur)	LT	1365	273	176	176	3	3,9	1544	452,9	0,39	5
	ST	1256	251,2	228	228	12	15,6	1496	494,8		4
	RT	483	96,6	105	105	4	5,2	592	206,8	0,18	12
	Total	3104	620,8	509	509	19	24,7	3632	1154,5		21

Lanjutan Tabel 5.5 Volume Lalu Lintas Puncak Simpang Jukteng Wetan

Jl. Parangtritis (Selatan)	LT	701	140,2	49	49	5	6,5	755	195,7	0,33	2
	ST	543	108,6	168	168	6	7,8	717	284,4		8
	RT	368	73,6	47	47	0	0	415	120,6	0,20	5
	Total	1612	322,4	264	264	11	14,3	1887	600,7		15
Jl. Mayjend Sutoyo (Barat)	LT	1379	275,8	175	175	6	7,8	1560	458,6	0,44	5
	ST	1261	252,2	186	186	14	18,2	1461	456,4		6
	RT	305	61	67	67	5	6,5	377	134,5	0,13	3
	Total	2945	589	428	428	25	32,5	3398	1049,5		14

Distribusi persebaran volume lalu lintas pada Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5.11 Distribusi Persebaran Volume Lalu Lintas Simpang Jukteng Wetan

4. Data Panjang Antrean

Data panjang antrean diambil saat melakukan survei di lokasi penelitian. Data ini diambil setiap lampu sinyal berwarna merah selama sesi survei dilaksanakan. Data panjang antrean pada hari senin di Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Panjang Antrean Lengan Utara Simpang Jukteng Wetan

Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
16.00	72	17.00	70
16.02	68	17.02	70
16.03	71	17.04	90
16.05	85	17.07	80
16.07	76	17.09	75
16.09	82	17.11	75
16.10	73	17.13	50
16.12	75	17.16	50
16.14	76	17.18	70
16.16	150	17.20	70
16.18	190	17.23	80
16.20	201	17.25	90
16.21	205	17.27	60
16.23	185	17.30	55
16.25	92	17.32	60
16.26	90	17.34	50
16.28	95	17.37	75
16.30	100	17.39	60
16.32	96	17.41	70
16.34	140	17.43	55
16.37	150	17.46	90
16.39	165	17.48	75
16.41	120	17.50	40
16.41	150	17.53	70
16.44	120	17.55	40
16.48	110	17.57	80
16.50	100	18.00	80
16.53	80		
16.55	70		
16.57	85		

Tabel 5.7 Panjang Antrean Lengan Timur Simpang Jukteng Wetan

Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
15.59	80	17.29	45
16.02	95	17.32	70
16.05	100	17.35	45
16.08	90	17.38	39
16.11	120	17.41	37
16.14	110	17.44	40
16.17	70	17.47	39
16.20	85	17.50	40
16.23	95	17.53	45
16.26	120	17.56	37
16.29	100	17.59	39
16.32	90	18.02	40
16.35	90	18.05	70
16.38	100	18.08	65
16.41	80		
16.44	85		
16.47	90		
16.50	90		
16.53	100		
16.56	110		
16.59	115		
17.02	110		
17.05	120		
17.08	50		
17.11	80		
17.14	85		
17.17	70		
17.20	80		
17.23	75		
17.26	80		

Tabel 5.8 Panjang Antrean Lengan Selatan Simpang Jukteng Wetan

Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
16.00	43	17.01	85
16.02	47	17.03	89
16.04	40	17.05	82
16.07	42	17.07	92
16.09	56	17.09	88
16.11	54	17.11	83
16.13	50	17.13	77
16.15	53	17.15	71
16.17	52	17.17	73
16.19	51	17.19	77
16.21	49	17.21	72
16.23	47	17.23	79

**Lanjutan Tabel 5.8 Panjang Antrean Lengan Selatan Simpang Jukteng
Wetan**

Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
16.25	48	17.25	81
16.27	53	17.27	84
16.29	55	17.29	86
16.31	57	17.31	92
16.33	56	17.33	91
16.35	51	17.35	88
16.37	53	17.37	87
16.39	50	17.39	82
16.41	52	17.41	79
16.43	58	17.43	77
16.45	63	17.45	72
16.47	67	17.47	70
16.49	73	17.49	66
16.51	71	17.51	63
16.53	78	17.53	58
16.55	73	17.55	55

Tabel 5.9 Panjang Antrean Lengan Barat Simpang Jukteng Wetan

Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
16.08	100	17.08	60
16.10	70	17.10	70
16.12	69	17.12	65
16.14	100	17.13	100
16.16	100	17.15	56
16.18	103	17.17	66
16.20	98	17.19	53
16.22	105	17.21	60
16.24	70	17.23	61
16.26	50	17.25	32
16.28	52	17.27	48
16.30	105	17.29	94
16.32	54	17.31	62
16.34	49	17.33	55
16.36	54	17.35	50
16.38	70	17.37	52
16.40	100	17.39	66
16.42	105	17.42	115
16.44	45	17.44	105
16.46	56	17.46	49
16.48	64	17.48	95
16.50	49	17.51	94
16.52	70	17.53	64
16.54	55	17.55	70

Lanjutan Tabel 5.9 Panjang Antrean Lengan Barat Simpang Jukteng Wetan

Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrean (m)
16.56	64	17.57	59
16.58	72	17.59	33
17.00	50		
17.02	65		
17.04	75		
17.06	48		

5. Data *driving behavior*

Data *driving behavior* diambil saat melakukan survei di lokasi penelitian. Data ini diambil sebanyak 2 data kendaraan ringan (*light vehicle*) atau kendaraan besar (*heavy vehicle*) dan 2 data sepeda motor (*motorcycle*) pada setiap sesi survei di masing-masing lengan simpang. Data *driving behavior* pada Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 *Driving Behavior* Simpang Jukteng Wetan

No.	Depan Belakang Berhenti (m)	Latreal Berhenti (m)	Depan Belakang Bergerak (m)	Latreal Bergerak (m)
1	0,5	1	2	1,3
2	0,3	1,5	2,5	1
3	1	1	2	1
4	1,2	1,5	2,8	1,2
5	0,2	0,3	3	1
6	0,3	0,4	3,2	1
7	0,7	1,5	3	1,5
8	0,8	1,5	2	1
9	0,1	0,5	2,4	1
10	0,2	0,5	2,5	1,5
11	0,8	1	3	1,5
12	0,9	0,7	2	1
13	0,4	0,5	3	1
14	0,3	0,5	1	0,9
15	0,9	1,2	0,9	0,6
16	1	0,7	1,4	0,7
17	0,6	1,6	1,5	1,3
18	1	1,8	1,1	0,8
19	1,2	1,5	0,9	1,5
20	1	1,5	0,9	0,7
21	1	1,8	1,1	0,6
22	1,3	1,5	1	0,8
23	1,1	0,6	1,8	1
24	0,5	0,7	1,9	1,2

Lanjutan Tabel 5.10 *Driving Behavior* Simpang Jukteng Wetan

25	0,8	1,4	2	1
26	0,8	0,7	3,2	1
27	0,4	0,8	1,8	1,4
28	0,7	0,6	2,1	0,7
29	0,4	0,7	1,5	1,2
30	0,5	0,7	3	0,9
Rata-rata	0,70	1,01	2,02	1,04

5.2 Analisis Kinerja Simpang Berdasarkan MKJI 1997

MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997 digunakan sebagai acuan untuk menganalisis kinerja Simpang Jukteng Wetan. Kinerja simpang yang dianalisis akan menghasilkan nilai kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan lalu lintas yang dapat digunakan untuk menentukan nilai tingkat pelayanan atau *Level of Service* dari Simpang Jukteng Wetan. Arus lalu lintas yang digunakan merupakan arus lalu lintas pada jam puncaknya yaitu jam 16.15 – 17.15 serta dikarenakan Simpang Jukteng Wetan mempunyai LTOR maka arus kendaraan yang belok kiri tidak dimasukkan ke perhitungan. Analisis kinerja eksisting Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

5.2.1 Perhitungan Arus jenuh

1. Arus lalu lintas (Q)

Arus lalu lintas pada perhitungan menggunakan MKJI tidak memasukkan arus kendaraan belok kiri dikarenakan setiap lengan pada Simpang Jukteng Wetan memiliki lajur belok kiri langsung. Arus lalu lintas tanpa arus belok kiri langsung menjadi sebagai berikut.

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned}
 Q &= Q_{ST} + Q_{RT} \\
 &= 518,3 + 217 \\
 &= 735,3 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned}
 Q &= Q_{ST} + Q_{RT} \\
 &= 494,8 + 206,8 \\
 &= 701,6 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

c. Lengan Barat

$$\begin{aligned} Q &= Q_{ST} + Q_{RT} \\ &= 278,2 + 134 \\ &= 412,2 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

d. Lengan Selatan

$$\begin{aligned} Q &= Q_{ST} + Q_{RT} \\ &= 456,4 + 134,5 \\ &= 590,0 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

2. Arus jenuh dasar (S_0)

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times We \\ &= 780 \times 3,4 \\ &= 2652 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

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

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times We \\ &= 780 \times 2,5 \\ &= 1950 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times We \\ &= 780 \times 3,4 \\ &= 2652 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

3. Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{cs})

Jumlah penduduk Kota Yogyakarta tahun 2022 berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) D.I. Yogyakarta tercatat sebanyak 449.890 jiwa penduduk. Dilihat dari Tabel 3.2, nilai faktor penyesuaian ukuran kota (F_{cs}) pada Simpang Jukteng Wetan adalah 0,83.

4. Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{SF})

Tingkat hambatan samping dapat ditentukan dari pengaruh aktivitas di samping jalan pendekat terhadap besarnya arus berangkat pada pendekat simpang.. Tingkat hambatan samping pada Simpang Jukteng Wetan ditunjukkan dengan banyaknya bangunan penunjang aktivitas masyarakat seperti rumah makan dan pertokoan yang menyebabkan banyak kendaraan keluar masuk jalan pada pendekat simpang serta terdapat beberapa pejalan kaki yang berjalan sepanjang maupun melintas pendekat simpang maupun beberapa pengendara yang melakukan putar balik pada pendekat simpang. Berdasarkan hal tersebut Simpang Jukteng Wetan memiliki tingkat hambatan samping pada jalan disetiap lengannya yaitu tinggi yang diambil berdasarkan pengamatan secara kualitatif, selain itu berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) hambatan samping dapat dianggap tinggi apabila tidak diketahui agar tidak menilai kapasitas terlalu besar. Lingkungan sekitar Simpang Jukteng Wetan merupakan lingkungan komersial (COM). Simpang Jukteng Wetan memiliki tipe fase terlindung dengan nilai rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0,005. Berdasarkan Tabel 3.3 nilai faktor penyesuaian hambatan samping (F_{SF}) pada Simpang Jukteng Wetan adalah 0,93. Kondisi hambatan samping pada Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada Gambar 5.12, Gambar 5.13, Gambar 5.14, dan Gambar 5.15 berikut.



Gambar 5.12 Hambatan Samping Lengan Utara



Gambar 5.13 Hambatan Samping Lengan Timur



Gambar 5.14 Hambatan Samping Lengan Selatan



Gambar 5.15 Hambatan Samping Lengan Barat

5. Faktor penyesuaian kelandaian (F_G)
Kemiringan gradien pada penelitian kali ini dianggap sebesar 0%, maka dari itu berdasarkan Gambar 3.3 nilai faktor penyesuaian kelandaian (F_G) pada Simpang Jukteng Wetan adalah 1,0.
6. Faktor penyesuaian parkir (F_P)
Pada Simpang Jukteng Wetan kendaraan terparkir memiliki jarak lebih dari 80 m dari garis henti simpang. Berdasarkan Gambar 3.4, maka Faktor penyesuaian parkir (F_P) pada Simpang Jukteng Wetan adalah 1,0 .
7. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT})
Pada Lengan Utara, Timur, dan Barat Simpang Jukteng Wetan terdapat median jalan, maka nilai faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) adalah 1,0. Sedangkan pada Lengan Selatan Simpang Jukteng Wetan tidak terdapat median jalan, sehingga nilai faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) pada Lengan Selatan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1,0 + (P_{RT} \times 0,26) \\ &= 1,0 + (0,201 \times 0,26) \\ &= 1,05 \end{aligned}$$
8. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT})
Pada semua lengan di Simpang Jukteng Wetan memiliki LTOR (*Left Turn on Red*) atau belok kiri langsung, maka nilai faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) pada setiap lengan adalah 1,0.
9. Arus jenuh (S)
 - a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\ &= 2652 \times 0,83 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \\ &= 2047,08 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$
 - b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\ &= 2964 \times 0,83 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \\ &= 2287,91 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

Lengan Selatan

$$\begin{aligned}
 S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\
 &= 1950 \times 0,83 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,05 \times 1,00 \\
 &= 1583,78 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

Lengan Barat

$$\begin{aligned}
 S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\
 &= 2652 \times 0,83 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \\
 &= 2047,08 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

Rekap hasil perhitungan derajat kejenuhan (DS) dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Arus Jenuh

Parameter	Satuan	Jalan Brigjen Katamso (Utara)	Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	Jalan Parangtritis (Selatan)	Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)
Arus lalu lintas (Q)	smp/jam	735,30	701,60	405,00	590,90
Lebar efektif (We)	m	3,4	3,8	2,5	3,4
Arus jenuh dasar (S ₀)	smp/jam hijau	2652	2964	1950	2652
Faktor penyesuaian ukuran kota (F _{CS})	-	0,83	0,83	0,83	0,83
Faktor penyesuaian hambatan samping (F _{SF})	-	0,93	0,93	0,93	0,93
Faktor penyesuaian kelandaian (F _G)	-	1,00	1,00	1,00	1,00
Faktor penyesuaian parkir (F _P)	-	1,00	1,00	1,00	1,00
Faktor penyesuaian belok kanan (F _{RT})	-	1,00	1,00	1,05	1,00
Faktor Penyesuaian belok kiri (F _{LT})	-	1,00	1,00	1,00	1,00
Arus jenuh (S)	smp/jam hijau	2047,08	2287,91	1583,78	2047,08

5.2.2 Perhitungan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

1. Kapasitas (C)

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 2047,08 \times \left(\frac{30}{135}\right) \\ &= 454,91 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 2287,91 \times \left(\frac{26}{135}\right) \\ &= 440,63 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Lengan Selatan

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 1583,78 \times \left(\frac{23}{135}\right) \\ &= 269,83 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Lengan Barat

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 2047,08 \times \left(\frac{28}{135}\right) \\ &= 424,58 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

2. Derajat kejenuhan (DS)

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{735,3}{459,91} \\ &= 1,62 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{701,6}{440,63} \\ &= 1,59 \end{aligned}$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{405}{269,83} \\ &= 1,50 \end{aligned}$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{590,9}{424,58} \\ &= 1,39 \end{aligned}$$

Rekap hasil perhitungan kapasitas simpang (C) dan derajat kejenuhan (DS) dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (DS)

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	454,91	1,62
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	440,63	1,59
Jalan Parangtritis (Selatan)	269,83	1,50
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	424,58	1,39

5.2.3 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas

Perhitungan perilaku lalu lintas berdasarkan MKJI 1997 dapat dilihat dibawah ini.

1. Panjang Antrean

Perhitungan panjang antrean untuk setiap lengan pada kondisi eksisting Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} GR &= \frac{g}{c} \\ &= \frac{30}{135} \\ &= 0,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0,5)}{C}} \right] \\
&= 0,25 \times 454,91 \times \left[(1,62-1) + \sqrt{(1,62-1)^2 + \frac{8 \times (1,62-0,5)}{454,91}} \right] \\
&= 141,99 \text{ smp} \\
NQ_2 &= C \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\
&= 454,91 \times \frac{1-0,22}{1-0,22 \times 1,62} \times \frac{735,30}{3600} \\
&= 33,47 \text{ smp} \\
NQ &= NQ_1 + NQ_2 \\
&= 141,99 + 33,47 \\
&= 175,45 \text{ smp} \\
QL &= NQ \times \frac{20}{W_{Masuk}} \\
&= 175,45 \times \frac{20}{3,4} \\
&= 1032,08 \text{ m}
\end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned}
GR &= \frac{g}{c} \\
&= \frac{26}{135} \\
&= 0,19 \\
NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0,5)}{C}} \right] \\
&= 0,25 \times 440,63 \times \left[(1,59-1) + \sqrt{(1,59-1)^2 + \frac{8 \times (1,59-0,5)}{440,63}} \right] \\
&= 132,30 \text{ smp} \\
NQ_2 &= C \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\
&= 440,63 \times \frac{1-0,19}{1-0,19 \times 1,59} \times \frac{701,60}{3600} \\
&= 30,64 \text{ smp} \\
NQ &= NQ_1 + NQ_2 \\
&= 132,30 + 30,64
\end{aligned}$$

$$= 162,94 \text{ smp}$$

$$\begin{aligned} \text{QL} &= \text{NQ} \times \frac{20}{W_{\text{Masuk}}} \\ &= 162,94 \times \frac{20}{3,8} \\ &= 857,58 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned} \text{GR} &= \frac{g}{c} \\ &= \frac{23}{135} \\ &= 0,17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NQ}_1 &= 0,25 \times C \times \left[(\text{DS}-1) + \sqrt{(\text{DS}-1)^2 + \frac{8 \times (\text{DS}-0,5)}{C}} \right] \\ &= 0,25 \times 269,83 \times \left[(1,50-1) + \sqrt{(1,50-1)^2 + \frac{8 \times (1,50-0,5)}{269,83}} \right] \\ &= 69,53 \text{ smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NQ}_2 &= C \times \frac{1-\text{GR}}{1-\text{GR} \times \text{DS}} \times \frac{Q}{3600} \\ &= 269,83 \times \frac{1-0,17}{1-0,17 \times 1,50} \times \frac{405,00}{3600} \\ &= 16,93 \text{ smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NQ} &= \text{NQ}_1 + \text{NQ}_2 \\ &= 69,53 + 16,93 \\ &= 86,46 \text{ smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{QL} &= \text{NQ} \times \frac{20}{W_{\text{Masuk}}} \\ &= 86,46 \times \frac{20}{2,5} \\ &= 691,66 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned} \text{GR} &= \frac{g}{c} \\ &= \frac{28}{135} \\ &= 0,21 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0,5)}{C}} \right] \\
&= 0,25 \times 424,58 \times \left[(1,39-1) + \sqrt{(1,39-1)^2 + \frac{8 \times (1,39-0,5)}{424,58}} \right] \\
&= 85,38 \text{ smp} \\
NQ_2 &= C \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\
&= 424,58 \times \frac{1-0,21}{1-0,21 \times 1,39} \times \frac{590,90}{3600} \\
&= 24,69 \text{ smp} \\
NQ &= NQ_1 + NQ_2 \\
&= 85,38 + 24,69 \\
&= 110,07 \text{ smp} \\
QL &= NQ \times \frac{20}{W_{Masuk}} \\
&= 110,07 \times \frac{20}{3,4} \\
&= 647,45 \text{ m}
\end{aligned}$$

Pada perhitungan kali ini, nilai NQ digunakan jumlah total $NQ_1 + NQ_2$ tidak menggunakan NQ_{MAX} dikarenakan pada Gambar 3.8 nilai NQ yang dapat digunakan hanya mencapai 50 smp sedangkan pada perhitungan kali ini nilai NQ melebihi 50 smp, sehingga tidak dapat menggunakan nilai NQ_{MAX} dalam perhitungan kali ini.

2. Kendaraan Terhenti

Analisis angka henti terbagi menjadi dua, yaitu angka henti untuk setiap lengan dan angka henti untuk seluruh simpang. Pada perhitungan kendaraan terhenti, arus lalu lintas yang dipakai merupakan arus lalu lintas keseluruhan meskipun pada simpang dengan LTOR. Perhitungan angka henti untuk setiap lengan pada kondisi eksisting Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

a. Lengan Utara

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

$$= 0,9 \times \frac{175,45}{1220,5 \times 135} \times 3600$$

$$= 3,45$$

$$N_{sv} = Q \times NS$$

$$= 1220,5 \times 3,45$$

$$= 4210,87 \text{ smp/jam}$$

b. Lengan Timur

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

$$= 0,9 \times \frac{162,94}{1154,5 \times 135} \times 3600$$

$$= 3,39$$

$$N_{sv} = Q \times NS$$

$$= 1154,5 \times 3,39$$

$$= 3910,55 \text{ smp/jam}$$

c. Lengan Selatan

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

$$= 0,9 \times \frac{86,46}{600,7 \times 135} \times 3600$$

$$= 3,45$$

$$N_{sv} = Q \times NS$$

$$= 600,7 \times 3,45$$

$$= 2074,97 \text{ smp/jam}$$

d. Lengan Barat

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

$$= 0,9 \times \frac{110,07}{1049,5 \times 135} \times 3600$$

$$= 2,52$$

$$N_{sv} = Q \times NS$$

$$= 1049,5 \times 2,52$$

$$= 2641,61 \text{ smp/jam}$$

Nilai angka henti seluruh simpang didapatkan dengan membagi total jumlah kendaraan terhenti pada seluruh lengan dengan total arus lalu lintas jam puncak pada Simpang Jukteng Wetan. Perhitungan angka henti seluruh simpang pada kondisi eksisting Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} NS_{TOT} &= \frac{\sum N_{sv}}{Q_{TOT}} \\ &= \frac{12838,01}{4025,2} \\ &= 3,19 \end{aligned}$$

3. Tundaan

Analisis tundaan lalu lintas terbagi menjadi dua, yaitu tundaan lalu lintas rata-rata untuk setiap lengan (D) dan tundaan lalu lintas rata-rata untuk seluruh simpang (D_1). Sama seperti perhitungan kendaraan terhenti, arus lalu lintas yang digunakan untuk perhitungan tundaan merupakan arus lalu lintas keseluruhan baik pada simpang bersinyal yang memiliki lajur LTOR maupun tidak. Perhitungan tundaan lalu lintas rata-rata setiap lengan pada kondisi eksisting Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} A &= \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{1-GR \times DS} \\ &= \frac{0,5 \times (1-0,22)^2}{1-0,22 \times 1,62} \\ &= 0,47 \\ DT &= c \times A \times \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \\ &= 135 \times 0,47 \times \frac{141,99 \times 3600}{454,91} \\ &= 1187,35 \text{ det/smp} \\ DG &= (1 - p_{sv}) \times p_T \times 6 + (p_{sv} \times 4) \\ &= (1 - 1) \times 0,58 \times 6 + (1 \times 4) \\ &= 4 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= DT + DG \\
 &= 1187,35 + 4 \\
 &= 1191,35 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{1-GR \times DS} \\
 &= \frac{0,5 \times (1-0,19)^2}{1-0,19 \times 1,59} \\
 &= 0,47
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DT &= c \times A \times \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \\
 &= 135 \times 0,47 \times \frac{132,30 \times 3600}{440,63} \\
 &= 1144,37 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DG &= (1 - p_{sv}) \times p_T \times 6 + (p_{sv} \times 4) \\
 &= (1 - 1) \times 0,57 \times 6 + (1 \times 4) \\
 &= 4 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= DT + DG \\
 &= 1144,37 + 4 \\
 &= 1148,37 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{1-GR \times DS} \\
 &= \frac{0,5 \times (1-0,17)^2}{1-0,17 \times 1,50} \\
 &= 0,46
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DT &= c \times A \times \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \\
 &= 135 \times 0,46 \times \frac{69,53 \times 3600}{269,83} \\
 &= 990,05 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DG &= (1 - p_{sv}) \times p_T \times 6 + (p_{sv} \times 4) \\
 &= (1 - 1) \times 0,53 \times 6 + (1 \times 4) \\
 &= 4 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

$$D = DT + DG$$

$$= 990,05 + 4$$

$$= 994,05 \text{ det/smp}$$

d. Lengan Barat

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

$$= \frac{0,5 \times (1-0,21)^2}{1-0,21 \times 1,59}$$

$$= 0,44$$

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

$$= 135 \times 0,44 \times \frac{85,38 \times 3600}{424,58}$$

$$= 783,53 \text{ det/smp}$$

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

$$= (1 - 1) \times 0,57 \times 6 + (1 \times 4)$$

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

$$D = DT + DG$$

$$= 783,53 + 4$$

$$= 787,53 \text{ det/smp}$$

Perhitungan tundaan rata-rata untuk seluruh simpang pada kondisi eksisting Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

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

$$= \frac{(1220,5 \times 1191,35) + (1154,5 \times 1148,37) + (600,7 \times 994,05) + (1049,5 \times 787,35)}{4025,2}$$

$$= 1044,29 \text{ det/smp}$$

Rekapan hasil perhitungan perilaku lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Rekapitulasi Perilaku Lalu Lintas

Parameter	Satuan	Jalan Brigjen Katamso (Utara)	Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	Jalan Parangtritis (Selatan)	Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)
Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1)	smp	141,99	132,30	69,53	85,38
Jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ_2)	smp	33,47	30,64	16,93	24,69
Jumlah antrean (NQ)	smp	147,45	162,94	86,46	110,07
Panjang antrean (QL)	m	1032,08	857,58	691,66	647,45
Angka henti (NS)	stop/smp	3,45	3,39	3,45	2,52
Jumlah kendaraan terhenti (N_{SV})	smp/jam	4210,87	3910,55	2074,97	2641,61
Angka henti seluruh simpang (NS_{TOT})	stop/smp	3,19			
Tundaan lalu lintas tiap lengan (DT)	det/smp	1187,35	1144,37	990,05	783,53
Tundaan geometri tiap lengan (DG)	det/smp	4,00	4,00	4,00	4,00
Tundaan rata-rata tiap lengan (D)	det/smp	1191,35	1148,37	994,05	787,53
Tingkat pelayanan tiap lengan	-	F	F	F	F
Tundaan rata-rata seluruh simpang (D_i)	det/smp	1044,29			
Tingkat pelayanan simpang	-	F			

Berdasarkan hasil analisis menggunakan pedoman Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 diatas didapat pada kondisi eksisting nilai tundaan rata-rata

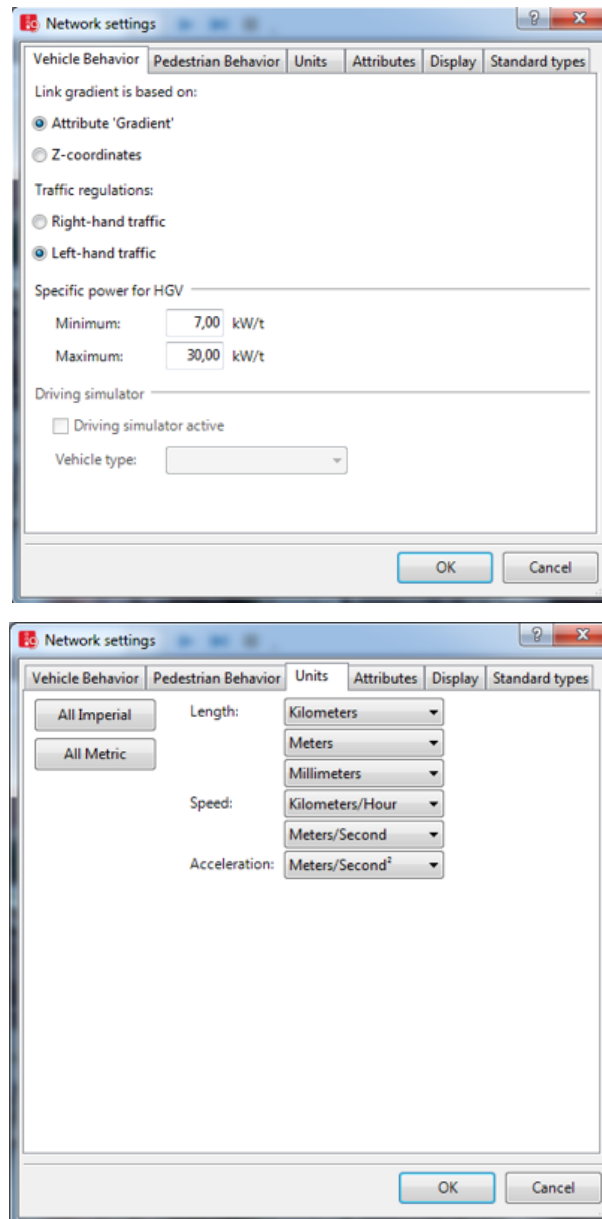
untuk lengan Utara sebesar 1191,35 det/smp, lengan Timur sebesar 1148,37 det/smp, lengan Selatan sebesar 994,05 det/smp, dan lengan Barat sebesar 787,53 det/smp dengan tundaan rata-rata seluruh simpang sebesar 1044,29 det/smp. Sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan no.96 tahun 2015 simpang dengan nilai tundaan > 60 detik/smp maka tingkat pelayanan untuk lengan Utara adalah F, lengan Timur adalah F, lengan Selatan adalah F, dan lengan Barat adalah F dengan tingkat pelayanan simpang adalah F. Sesuai dengan fungsi jalan yang dihubungkan oleh Simpang Jukteng Wetan yaitu jalan dengan fungsi arteri sekunder dan kolektor sekunder, maka berdasarkan Peraturan Menteri no.96 Tahun 2015 tingkat pelayanan Simpang Jukteng Wetan sekurang-kurangnya berada pada tingkat pelayanan C.

5.3 Simulasi VISSIM

Pada penelitian kali ini VISSIM digunakan sebagai alat bantu pemodelan rekayasa lalu lintas pada Simpang Jukteng Wetan. Perangkat lunak VISSIM digunakan untuk pemodelan kondisi eksisting Simpang Jukteng Wetan dan pemodelan alternatif solusi untuk meningkatkan tingkat pelayanan pada Simpang Jukteng Wetan. Hasil pemodelan yang diambil berupa volume kendaraan yang berlalu lintas, panjang antrean, dan waktu tundaan pada Simpang Jukteng Wetan. Berikut data-data yang dimasukkan sebagai parameter untuk pemodelan dengan perangkat lunak VISSIM.

1. Merubah *Network Settings*.

Salah satu parameter pada VISSIM yang harus dirubah adalah *Network Settings*. Perubahan yang dilakukan merupakan pada bagian *Vehicle Behavior* dan *Units*, pada bagian *Vehicle Behavior* merubah *Traffic regulations* menjadi *Left-hand traffic* mengikuti cara berkendara di Indonesia yaitu berkendara pada bagian kiri jalan dan pada bagian *Units* merubah semua satuan menjadi *All Metric*. Perubahan pada *Network Settings* dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.

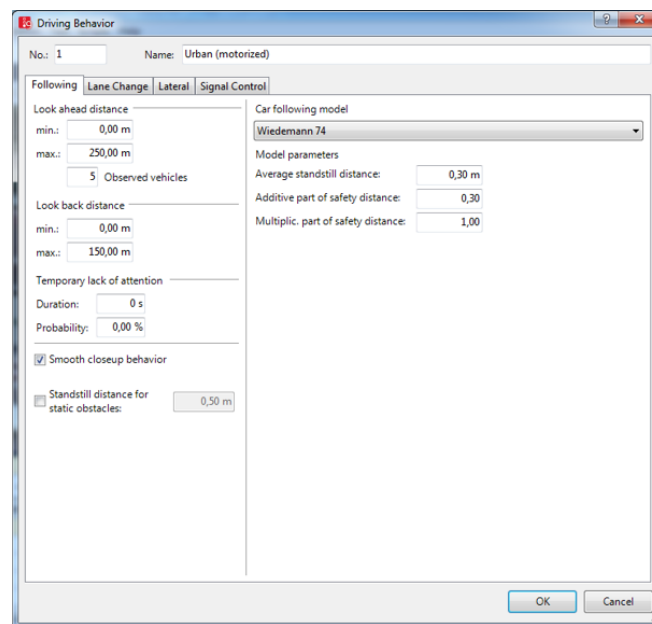


Gambar 5.16 Perubahan pada Menu *Network Settings*

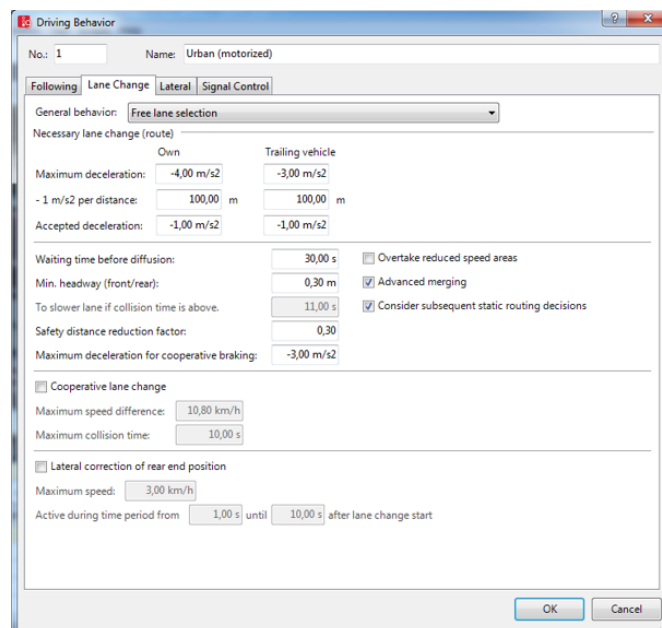
2. Mengatur *Driving Behavior*.

Menu *Driving Behavior* merupakan menu untuk mengatur perilaku kendaraan saat simulasi dilaksanakan. Pada proses simulasi menggunakan VISSIM kali ini *driving behavior* dari hasil survei tidak dapat memenuhi persyaratan pada tes GEH dan MAPE saat melakukan validasi dan kalibrasi, sehingga dilakukan *trial* dan *error* pada data *Driving Behavior* untuk memenuhi syarat pada tes GEH dan MAPE sehingga kondisi pada simulasi VISSIM lebih valid kepada kondisi

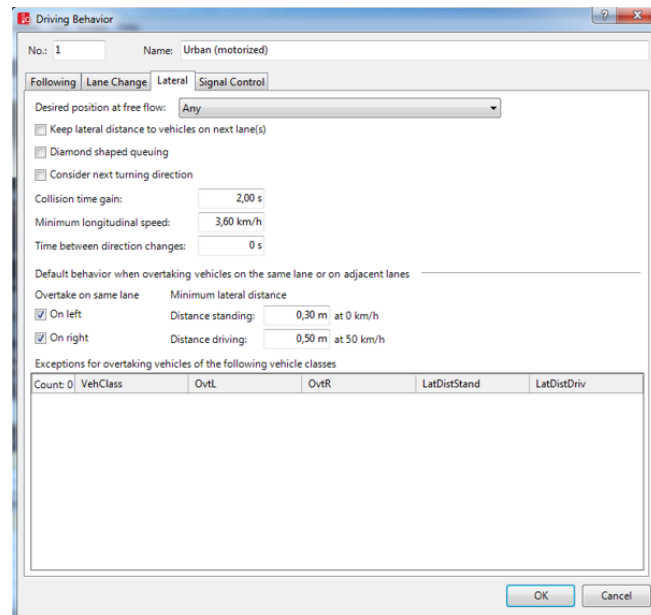
eksisting. Perubahan pada menu *Driving Behavior* dilakukan pada submenu *Following*, submenu *Lane Change*, dan submenu *Lateral*. Perubahan data *driving behavior* dapat dilihat pada Gambar 5.17, Gambar 5.18, dan Gambar 5.19 berikut.



Gambar 5.17 Perubahan pada Menu *Following*



Gambar 5.18 Perubahan pada Menu *Lane Change*



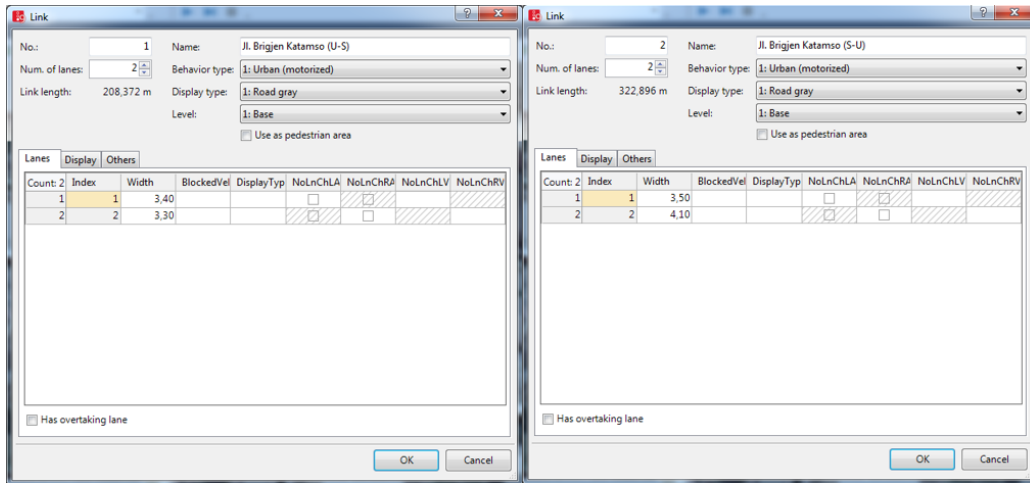
Gambar 5.19 Perubahan pada Menu *Lateral*

3. Pembuatan *Link* dan *Connector*.

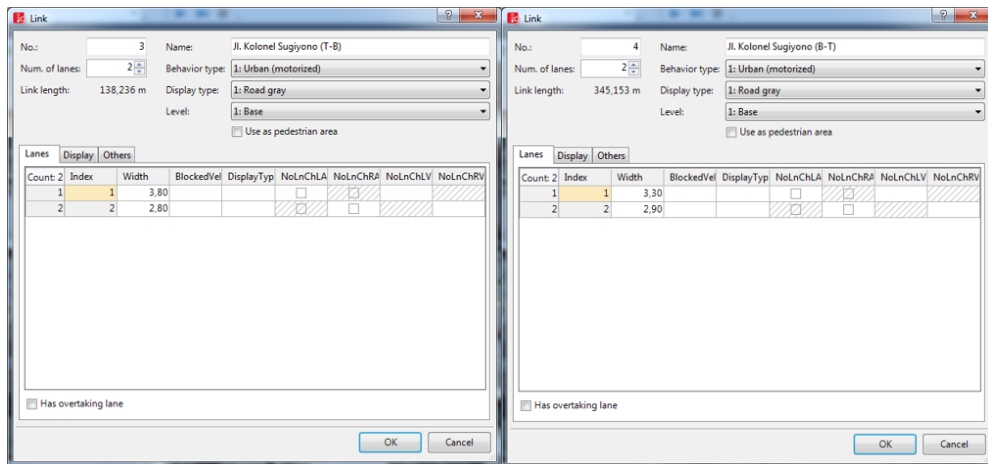
Link dan *Connector* merupakan parameter untuk membuat jalan pada perangkat lunak VISSIM. *Link* merupakan jalan utama yang digunakan, sedangkan *Connector* digunakan untuk menghubungkan *Link* atau jalan yang telah dibuat. *Link* dan *Connector* pada VISSIM penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar 5.20, Gambar 5.21, Gambar 5.22, Gambar 5.23, dan Gambar 5.24 berikut.



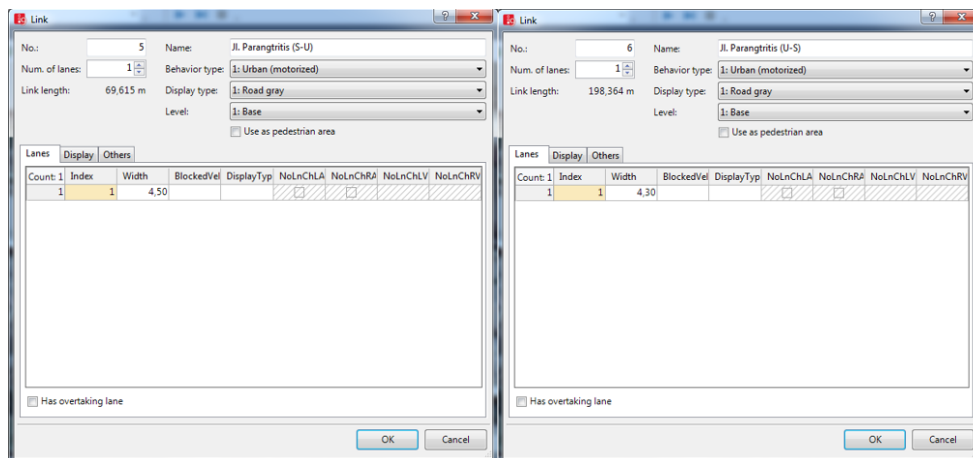
Gambar 5.20 Tampilan *Link* dan *Connector* Simpang Jukteng Wetan pada VISSIM



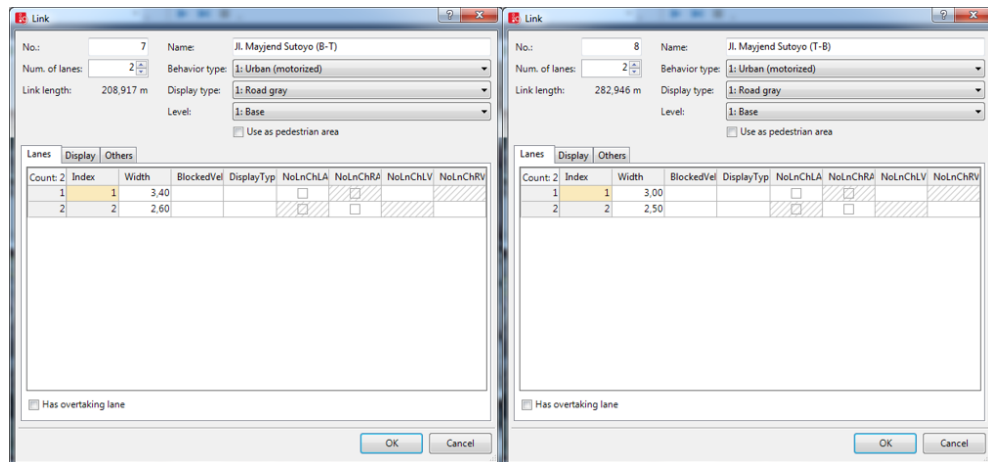
Gambar 5.21 Link Jalan Brigjen Katamso



Gambar 5.22 Link Jalan Kolonel Sugiyono



Gambar 5.23 Link Jalan Parangtritis



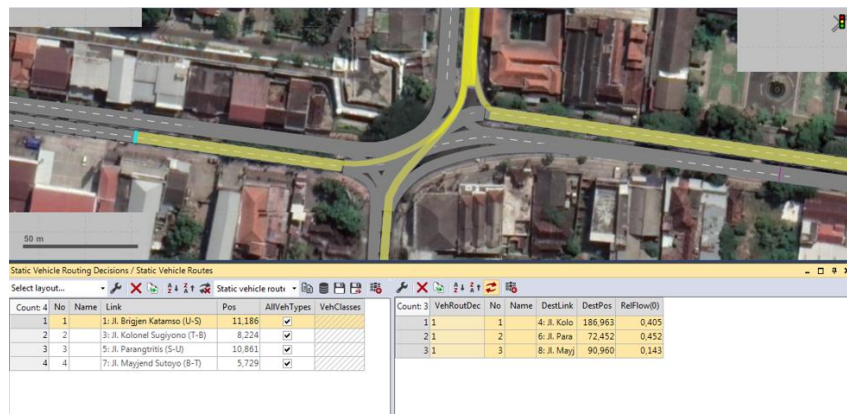
Gambar 5.24 Link Jalan Mayjend Sutoyo

4. Memasukkan *Vehicle Inputs*, *Vehicle Routes*, dan *Vehicle Composition*.

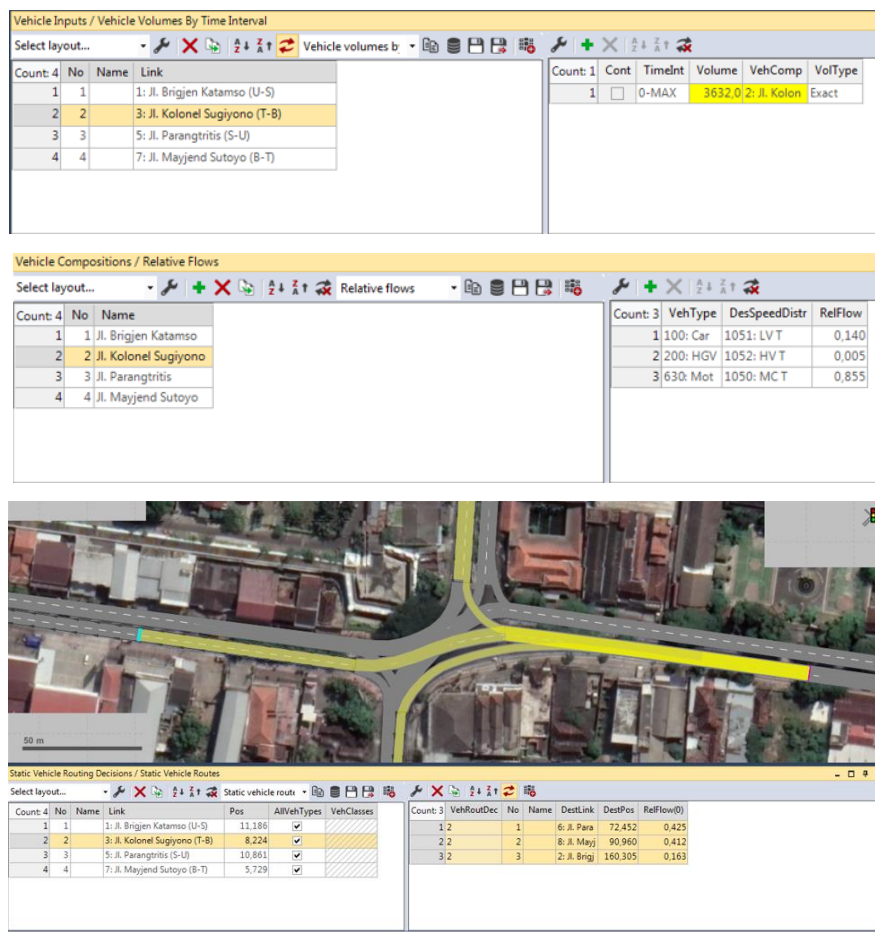
Vehicle Input merupakan parameter pada VISSIM untuk memasukkan data total volume kendaraan untuk masing-masing jalan. *Vehicle Routes* adalah distribusi pergerakan kendaraan pada simpang yang diteliti. *Vehicle Composition* merupakan komposisi kendaraan yang berlalu lintas pada masing-masing jalan di simpang yang diteliti. *Vehicle Inputs*, *Vehicle Routes*, dan *Vehicle Composition* pada penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar 5.25, Gambar 5.26, Gambar 5.27, dan Gambar 5.28 berikut.

Vehicle Inputs / Vehicle Volumes By Time Interval				Vehicle Volumes by					
Count	No	Name	Link	Count	Cont	TimeInt	Volume	VehComp	VolType
1	1	1: Jl. Brigjen Katamsno (U-S)		1	<input type="checkbox"/>	0-MAX	3900,0	1: Jl. Brigje	Exact
2	2	3: Jl. Kolonel Sugiyono (T-B)							
3	3	5: Jl. Parangtritis (S-U)							
4	4	7: Jl. Mayjend Sutoyo (B-T)							

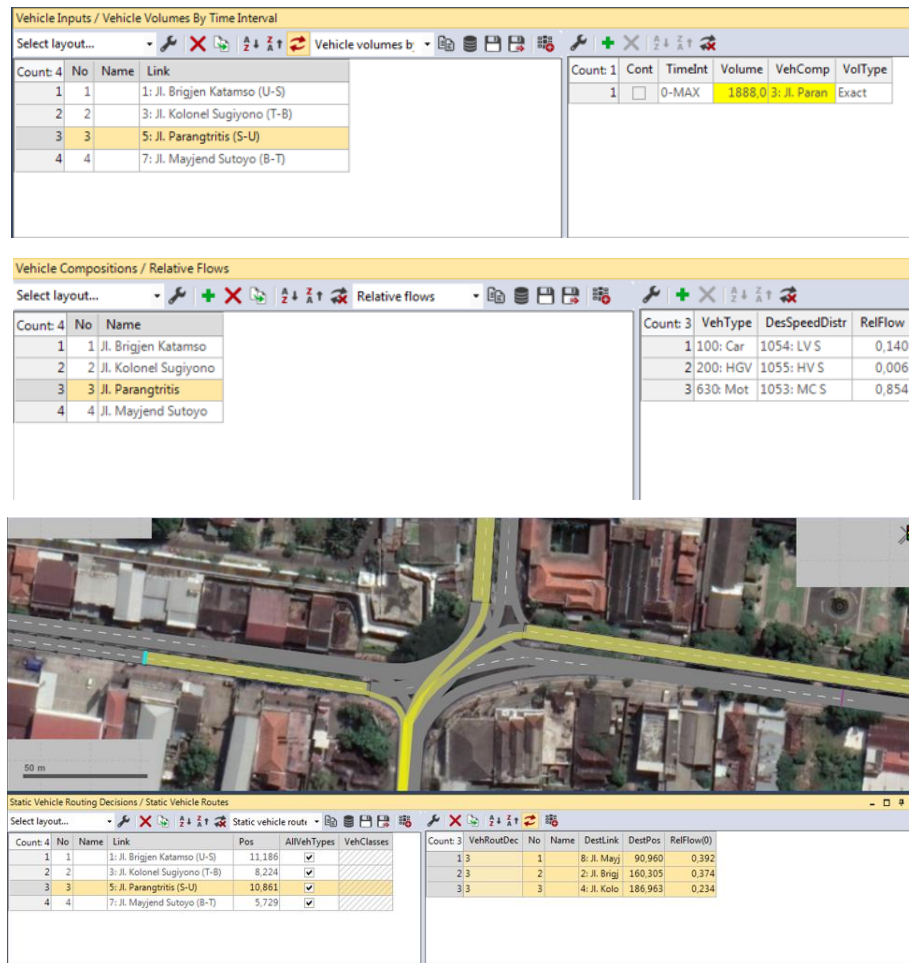
Vehicle Compositions / Relative Flows				Relative flows			
Count	No	Name		Count	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	1	1: Jl. Brigjen Katamsno		1	100: Car	1048: LV U	0,160
2	2	2: Jl. Kolonel Sugiyono		2	200: HGV	1049: HV U	0,010
3	3	3: Jl. Parangtritis		3	630: Mot	1047: MC U	0,830
4	4	4: Jl. Mayjend Sutoyo					



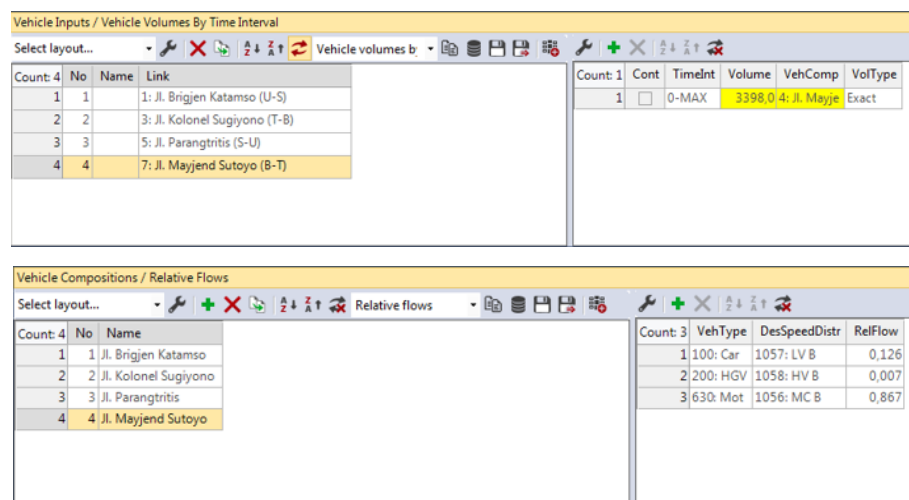
Gambar 5.25 *Vehicle Inputs, Vehicle Routes, dan Vehicle Composition* pada **Jalan Brigjen Katamso**

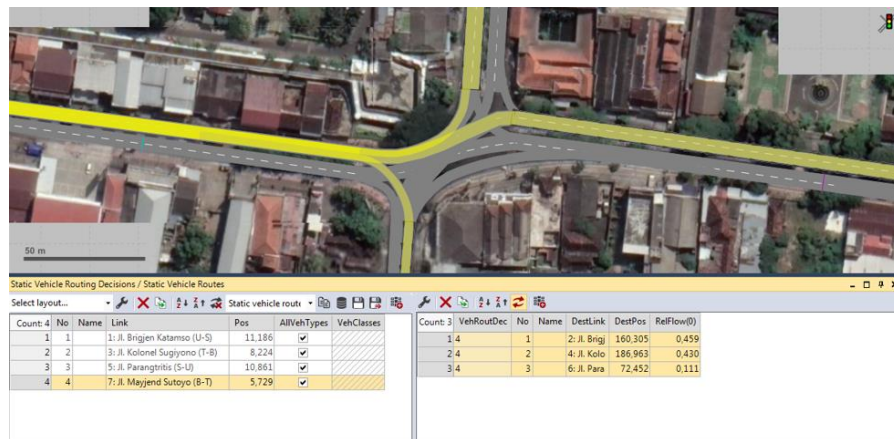


Gambar 5.26 *Vehicle Inputs, Vehicle Routes, dan Vehicle Composition* pada **Jalan Kolonel Sugiyono**



Gambar 5.27 Vehicle Inputs, Vehicle Routes, dan Vehicle Composition pada Jalan Parangtritis

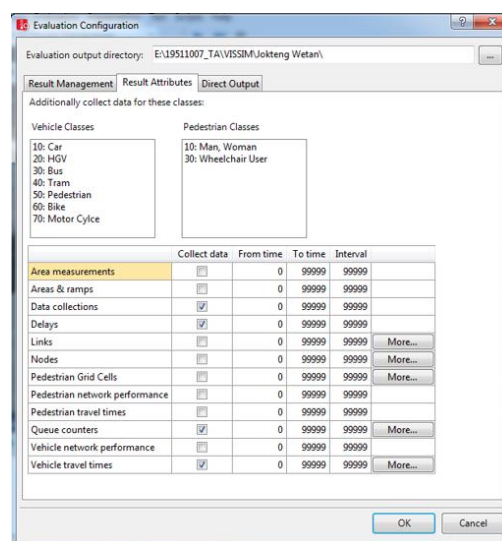




Gambar 5.28 *Vehicle Inputs, Vehicle Routes, dan Vehicle Composition* pada **Jalan Mayjend Sutoyo**

5. Mengatur *Run* dan *Evaluation*.

Setelah selesai memasukkan semua parameter yang dibutuhkan, selanjutnya adalah mengatur konfigurasi yang akan digunakan pada saat *running* simulasi. Pengaturan konfigurasi tersebut dilakukan pada menu *Evaluation Configuration* dengan mengatur parameter yang akan dijalankan pada saat *running* simulasi. Parameter konfigurasi yang digunakan pada penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar 5.29 berikut.



Gambar 5.29 *Evaluation Configuration* yang Digunakan

5.3.1 Hasil Validasi dan Kalibrasi VISSIM

Validasi dan kalibrasi simulasi VISSIM merupakan proses untuk menyesuaikan hasil simulasi pada VISSIM dengan keadaan sebenarnya pada Simpang Jukteng Wetan. Validasi dan kalibrasi dapat dilakukan dengan mengubah beberapa parameter dalam *software* VISSIM. Pada penelitian kali ini validasi dan kalibrasi dilakukan dengan mengubah beberapa parameter pada bagian *driving behavior* serta memecah *vehicle input*, kedua hal tersebut dilakukan untuk membantu volume kendaraan dan panjang antrean yang dihasilkan oleh simulasi sehingga mendekati kondisi eksistingnya. Perubahan parameter *driving behavior* pada proses kalibrasi pemodelan simpang di VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Perubahan Parameter *Driving Behavior*

Parameter	Sebelum Kalibrasi	Setelah Kalibrasi
<i>Average standstill distance</i>	2,0	0,3
<i>Additive part of safety distance</i>	2,0	0,3
<i>Multiplicative part of safety distance</i>	3,0	1,0
<i>Observed vehicle</i>	3,0	5,0
<i>Min. headway</i>	0,5	0,3
<i>Safety distance reduction factor</i>	0,6	0,3
<i>Desired position at free flow</i>	<i>Middle of lane</i>	<i>Any</i>
<i>Overtake on same lane</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
<i>Distance standing</i>	0,2	0,3
<i>Distance driving</i>	1,0	0,5

Tampilan simulasi pemodelan pada VISSIM sebelum dan setelah dikalibrasi dapat dilihat pada Gambar 5.30 dan Gambar 5.31 berikut.



Gambar 5.30 Simulasi Pemodelan Sebelum kalibrasi



Gambar 5.31 Simulasi Pemodelan Setelah Kalibrasi

Dapat dilihat dari Gambar 5.30 dan Gambar 5.31 bahwa perbedaan antara simulasi sebelum kalibrasi dan setelah kalibrasi terlihat dari jarak antar kendaraan yang lebih rapat sehingga simulasi dapat mempresentasikan kondisi eksisting Simpang Jukteng Wetan. Tampilan model Simpang Jukteng Wetan setelah dilakukan kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 5.32 berikut.



Gambar 5.32 Model Simpang Jukteng Wetan pada Simulasi VISSIM

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi sudah valid, maka dilakukan pengujian dengan metode GEH untuk validasi volume dengan syarat nilai $GEH < 5\%$ dan MAPE untuk validasi panjang antrean dengan syarat nilai $MAPE < 50\%$. Perbandingan hasil *run* VISSIM dengan kondisi eksisting dapat dilihat pada Tabel 5.15 dan Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.15 Hasil Uji GEH VISSIM dengan Kondisi Eksisting

Pendekat	Volume Kendaraan (kend/jam)			Uji GEH	Keterangan
	Hasil Survei	Hasil Simulasi VISSIM	Selisih		
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	3900	3751	149	2,41	Hasil pemodelan diterima
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	3632	3591	41	0,68	Hasil pemodelan diterima
Jalan Parangtritis (Selatan)	1888	1824	64	1,49	Hasil pemodelan diterima
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	3398	3208	190	3,31	Hasil pemodelan diterima

Tabel 5.16 Hasil Uji MAPE VISSIM dengan Kondisi Eksisting

Pendekat	Panjang Antrean (m)			Uji MAPE (%)	Keterangan
	Hasil Survei	Hasil Simulasi VISSIM	Selisih		
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	114,43	99,07	15,36	1,00	Hasil simulasi sangat akurat
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	93,25	87,00	87	2,95	Hasil simulasi sangat akurat
Jalan Parangtritis (Selatan)	65,81	50,89	14,92	18,93	Hasil simulasi baik
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	70,29	72,37	2,08	11,02	Hasil simulasi baik

Berdasarkan hasil diatas dapat diketahui bahwa hasil simulasi VISSIM sudah dapat dikatakan valid terhadap kondisi eksisting Simpang Jukteng Wetan. Nilai GEH pada setiap lengan $< 5\%$ dan nilai MAPE pada setiap lengan $< 20\%$ sehingga hasil simulasi sudah valid dan dapat digunakan untuk mensimulasikan alternatif solusi untuk meningkatkan kinerja Simpang Jukteng Wetan.

Setelah pemodelan menggunakan VISSIM telah valid maka dilakukan evaluasi terhadap hasil pemodelannya. Evaluasi dilakukan untuk mengetahui kinerja simpang berdasarkan hasil simulasi. Evaluasi dilakukan terhadap panjang antrean dan tundaan. Panjang antrean didapat dari nilai *queue length* yang didapat dari *queue counter* yang terpasang pada masing-masing lengan simpang. Sedangkan tundaan didapat dari nilai *queue delay* pada VISSIM di setiap lengan simpang. Hasil evaluasi kinerja Simpang Jukteng Wetan berdasarkan simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Evaluasi Kinerja Simpang Berdasarkan Simulasi VISSIM

Parameter	Jalan Brigjen Katamso (Utara)	Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	Jalan Parangtritis (Selatan)	Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)
Panjang antrean (m)	99,08	87,00	50,89	72,37
Tundaan (det/kend)	70,08	65,81	65,42	37,92
Tingkat pelayanan	F	F	F	D
Tundaan simpang (det/kend)	80,10			
Tingkat pelayanan	F			

Berdasarkan Tabel 5.13 dan Tabel 5.17 dapat dilihat terdapat perbedaan antara hasil analisis kinerja berdasarkan MKJI 1997 dengan simulasi menggunakan *software* VISSIM. Maka dari itu perlu dilakukan perbandingan antara kedua hasil evaluasi kinerja tersebut dengan kondisi eksisting Simpang Jukteng Wetan. Salah satu perilaku lalu lintas yang dapat dibandingkan antara kondisi eksisting dengan kedua metode analisis yang telah dilakukan adalah panjang antrean. Perbandingan panjang antrean antara kondisi eksisting dengan analisis MKJI 1997 dan simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Perbandingan Panjang Antrean

Pendekat	Hasil Survei (m)	Hasil MKJI 1997 (m)	Hasil VISSIM (m)	Persentase Hasil MKJI 1997 (%)	Persentase Hasil VISSIM (%)
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	114,43	1032,08	99,07	801,93	1,00
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	93,25	857,58	87,00	819,66	2,95
Jalan Parangtritis (Selatan)	65,81	691,66	50,89	951,00	18,93
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	70,29	647,45	72,37	821,11	11,02

Dilihat dari Tabel 5.18, selisih panjang antrean antara kondisi eksisting dengan hasil analisis kinerja berdasarkan MKJI 1997 paling besar adalah sebesar 951,00%, sedangkan selisih panjang antrean antara kondisi eksisting dengan hasil simulasi VISSIM paling besar adalah sebesar 18,93%. Sesuai dengan teori pengujian MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), persentase selisih dengan nilai lebih dari 50% tidak dapat dikatakan akurat. Maka dari itu hasil evaluasi kinerja berdasarkan simulasi VISSIM lebih akurat dibandingkan dengan evaluasi kinerja berdasarkan MKJI 1997. Hasil simulasi menggunakan VISSIM relatif lebih akurat dibandingkan MKJI 1997 karena menggunakan parameter perilaku pengendara pada simulasi sehingga mendapatkan hasil panjang antrean yang lebih akurat dibandingkan analisis kinerja menggunakan MKJI 1997.

Perhitungan panjang antrean dan tundaan berdasarkan analisis MKJI 1997 menunjukkan hasil yang sangat jauh dibandingkan kenyataannya di lapangan, hal tersebut dapat terjadi karena beberapa hal berikut.

1. Analisis MKJI 1997 tidak menggunakan parameter perilaku pengendara dalam perhitungan, dimana pada keadaan di lapangan banyak pengendara berhenti tidak beraturan dan berhenti pada lajur belok kiri langsung.
2. Pada jam puncak di lapangan, beberapa kendaraan berhenti melebihi batas atau marka jalan sehingga lebar efektif yang digunakan lebih besar dibandingkan lebar efektif pada analisis MKJI 1997.

Kondisi sebenarnya kendaraan berhenti di lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.33 berikut.



Gambar 5.33 Kondisi Kendaraan Berhenti di Lapangan

5.4 Alternatif Solusi

Alternatif solusi merupakan sebuah cara untuk meningkatkan kinerja pada Simpang Jukteng Wetan. Alternatif solusi dilakukan dengan menghitung derajat kejenuhan berdasarkan MKJI 1997 yang kemudian di simulasikan dengan *software* VISSIM. Alternatif solusi dapat berupa merubah waktu siklus, waktu hijau, *amber* dan *all red*, geometri simpang, melakukan manajemen lalu lintas, dan lainnya. Beberapa alternatif solusi pada penelitian kali ini dapat dilihat sebagai berikut.

5.4.1 Alternatif Solusi I

Alternatif solusi pertama pada penelitian kali ini adalah mengubah waktu siklus menjadi waktu siklus hasil perhitungan berdasarkan MKJI 1997 dengan waktu *amber* dan *all red* mengikuti eksistingnya yaitu 3 detik untuk *amber* dan 4 detik untuk *all red* sehingga waktu hilang per siklus (LTI) didapat sebesar 28 detik. Alternatif ini digunakan untuk mendapatkan nilai derajat kejenuhan pada setiap lengan sama atau mendekati sehingga kinerja pada setiap lengan setara. Perhitungan waktu siklus berdasarkan MKJI dapat dilihat sebagai berikut.

1. Menghitung rasio arus simpang dan rasio fase

Perhitungan rasio arus dapat dilihat sebagai berikut.

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} \text{FR} &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{735,30}{2047,08} \\ &= 0,36 \end{aligned}$$

$$\text{FRcrit} = 0,36$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} \text{FR} &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{701,60}{2287,91} \\ &= 0,31 \end{aligned}$$

$$\text{FRcrit} = 0,31$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned} \text{FR} &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{405,00}{1583,78} \\ &= 0,25 \end{aligned}$$

$$\text{FRcrit} = 0,25$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned} \text{FR} &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{590,90}{2047,08} \\ &= 0,29 \end{aligned}$$

$$\text{FRcrit} = 0,29$$

Nilai rasio arus simpang didapat dengan menjumlahkan seluruh nilai rasio arus pada setiap lengan. Perhitungan rasio arus simpang dapat dilihat pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} \text{IFR} &= \sum(\text{FRcrit}) \\ &= 0,36 + 0,31 + 0,25 + 0,29 \\ &= 1,21 \end{aligned}$$

Perhitungan rasio fase dapat dilihat pada perhitungan berikut.

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FRcrit}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,36}{1,21} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,36/1,21 \\ &= 0,30 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FRcrit}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,31}{1,21} \end{aligned}$$

$$= 0,25$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FRcrit}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,25}{1,21} \end{aligned}$$

$$= 0,21$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FRcrit}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,29}{1,21} \end{aligned}$$

$$= 0,24$$

2. Menghitung waktu siklus

Perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} C_{ua} &= \frac{(1,5 \times \text{LTI} + 5)}{(1 - \text{IFR})} \\ &= \frac{(1,5 \times 28 + 5)}{(1 - 1,21)} \\ &= 224 \text{ detik} \end{aligned}$$

Perhitungan waktu hijau untuk setiap lengan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (224 - 28) \times 0,30 \\ &= 58 \text{ detik} \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (224 - 28) \times 0,25 \\ &= 50 \text{ detik} \end{aligned}$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (224 - 28) \times 0,21 \\ &= 41 \text{ detik} \end{aligned}$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (224 - 28) \times 0,24 \\ &= 47 \text{ detik} \end{aligned}$$

Waktu siklus yang disesuaikan didapat dengan menjumlahkan seluruh waktu hijau dengan waktu hilang total per siklus. Perhitungan waktu siklus yang disesuaikan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

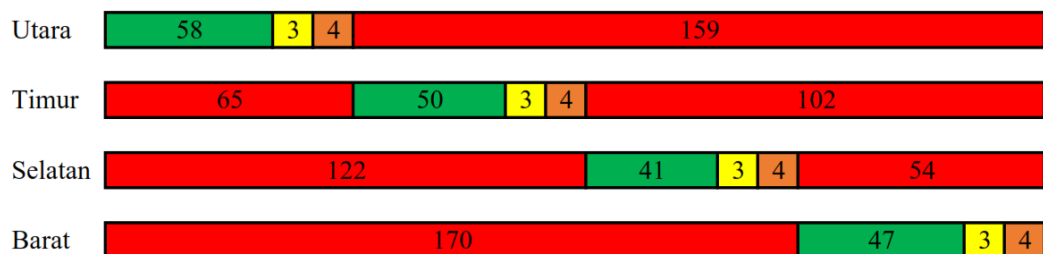
$$\begin{aligned} c &= \sum g + LTI \\ &= (58 + 50 + 41 + 47) + 28 \\ &= 224 \text{ detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan MKJI 1997 didapat waktu siklus sebesar 224 detik dengan waktu hijau pada lengan Utara menjadi 58 detik, lengan Timur menjadi 50 detik, lengan Selatan menjadi 41 detik, dan lengan Barat menjadi 47 detik. Waktu siklus pada penelitian kali ini memiliki selisih sebesar 89

detik dengan waktu siklus eksisting pada Simpang Jukteng Wetan. Hasil perhitungan waktu siklus dan diagram waktu siklus pada alternatif solusi pertama dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan Gambar 5.30 berikut.

Tabel 5.19 Waktu Siklus Alternatif Solusi I

Lengan	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	<i>Amber</i>	<i>All Red</i>	<i>Intergreen</i>	
Utara	58	3	4	7	224
Timur	50	3	4	7	224
Selatan	41	3	4	7	224
Barat	47	3	4	7	224



Keterangan:

- = Waktu hijau (det)
- = Waktu merah (det)
- = Waktu kuning / *amber* (det)
- = Waktu merah semua / *all red* (det)

Gambar 5.30 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi I

Berubahnya waktu siklus mengakibatkan kapasitas pada alternatif pertama Simpang Jukteng Wetan. Perubahan kapasitas simpang berpengaruh kepada derajat kejenuhan kepada simpang tersebut, sehingga diperlukan analisis kembali menggunakan MKJI 1997 untuk menghitung kapasitas dan derajat kejenuhan untuk alternatif pertama Simpang Jukteng Wetan. Perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk alternatif solusi I dapat dilihat pada perhitungan berikut.

1. Kapasitas (C)
 - a. Lengan Utara

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

$$= 2047,08 \times \left(\frac{58}{224}\right)$$

$$= 531,63 \text{ smp/jam}$$

b. Lengan Timur

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

$$= 2287,91 \times \left(\frac{50}{224}\right)$$

$$= 507,26 \text{ smp/jam}$$

c. Lengan Selatan

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

$$= 1583,78 \times \left(\frac{41}{224}\right)$$

$$= 292,82 \text{ smp/jam}$$

d. Lengan Barat

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

$$= 2047,08 \times \left(\frac{47}{224}\right)$$

$$= 427,22 \text{ smp/jam}$$

2. Derajat kejenuhan (DS)

a. Lengan Utara

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

$$= \frac{735,30}{531,63}$$

$$= 1,38$$

b. Lengan Timur

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

$$= \frac{701,60}{507,26}$$

$$= 1,38$$

c. Lengan Selatan

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

$$= \frac{405,00}{292,82}$$

$$= 1,38$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{590,90}{427,22} \\ &= 1,38 \end{aligned}$$

Rekap hasil perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk alternatif solusi I dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Alternatif Solusi I

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	531,63	1,38
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	507,26	1,38
Jalan Parangtritis (Selatan)	292,82	1,38
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	427,22	1,38

Setelah mendapatkan waktu siklus hasil perhitungan berdasarkan MKJI 1997, kemudian dilakukan simulasi pemodelan dengan menggunakan *software* VISSIM untuk mendapatkan kinerja Simpang Jukteng Wetan berdasarkan data dari alternatif solusi I. *Running* simulasi pada VISSIM dilakukan sebanyak 5 kali yang kemudian dirata-rata untuk mendapatkan hasil akhir dari simulasi pemodelan pada VISSIM. Hasil simulasi pemodelan alternatif pertama menggunakan *software* VISSIM adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean (*queue length*) alternatif solusi I hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.21 Panjang Antrean Alternatif Solusi I

Pendekat	Panjang Antrean (m)					
	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Jalan Brigjen Katamsa (Utara)	205,30	223,30	194,49	178,55	173,18	194,97
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	153,31	176,61	148,52	159,85	180,10	163,68
Jalan Parangtritis (Selatan)	154,53	140,72	150,71	164,45	155,07	153,10
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	169,84	174,09	191,01	179,09	173,69	177,54

Berdasarkan Tabel 5.21 didapat panjang antrean pada lengan Utara sebesar 194,97 m, lengan Timur sebesar 163,68 m, lengan Selatan sebesar 153,10 m, dan lengan Barat sebesar 177,54 m.

2. Tundaan

Tundaan (*delay*) alternatif solusi I hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5.22 Tundaan Alternatif Solusi I

Pendekat	Tundaan (det/kend)					
	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Jalan Brigjen Katamsa (Utara)	150,72	176,56	148,93	135,61	129,92	148,35
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	114,82	120,74	106,25	109,49	122,15	114,69
Jalan Parangtritis (Selatan)	258,08	221,10	231,84	249,12	233,37	238,70
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	118,21	119,01	139,50	117,72	130,10	124,91

Berdasarkan Tabel 5.22 didapat tundaan pada lengan Utara sebesar 148,35 det/kend, lengan Timur sebesar 114,69 det/kend, lengan Selatan sebesar 238,70 det/kend, dan lengan Barat sebesar 124,91 det/kend.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan (*level of service*) untuk Simpang Jukteng Wetan dengan menggunakan alternatif solusi I hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Tingkat Pelayanan Alternatif Solusi I

Pendekat	Volume (kend)	Panjang Antrean (m)	Tundaan (det/kend)	Tundaan simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	3469	194,97	148,35	195,56	F
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	3454	163,68	114,69		
Jalan Parangtritis (Selatan)	1570	153,10	238,70		
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	2816	177,54	124,91		

Berdasarkan Tabel 5.23 didapat tingkat pelayanan pada alternatif solusi I adalah F. Dapat disimpulkan bahwa alternatif solusi I tidak mengalami kenaikan tingkat pelayanan dibandingkan dengan kondisi eksisting Simpang Jukteng Wetan. Meskipun nilai derajat kejenuhan pada alternatif solusi I lebih rendah dari kondisi eksisting, tetapi nilai tundaan hasil simulasi VISSIM lebih tinggi dibandingkan kondisi eksistingnya.

5.4.2 Alternatif Solusi II

Alternatif solusi kedua pada penelitian kali ini adalah mengubah waktu siklus sesuai perhitungan menggunakan MKJI 1997 dengan menggunakan batasan yang disarankan pada MKJI 1997 untuk simpang bersinyal dengan pengaturan empat fase yaitu waktu siklus 80 – 130 detik. Pada alternatif kedua ini digunakan waktu siklus sebesar 130 detik dengan waktu *amber* dan *all red* mengikuti eksistingnya yaitu 3 detik untuk *amber* dan 4 detik untuk *all red* sehingga waktu hilang per siklus (LTI) didapat sebesar 28 detik. Perhitungan waktu hijau pada alternatif solusi kedua dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

1. Menghitung waktu hijau

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (130 - 28) \times 0,30 \\ &= 30 \text{ detik} \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (130 - 28) \times 0,25 \\ &= 26 \text{ detik} \end{aligned}$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (130 - 28) \times 0,21 \\ &= 22 \text{ detik} \end{aligned}$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (130 - 28) \times 0,24 \\ &= 24 \text{ detik} \end{aligned}$$

Pada alternatif kedua kali ini menggunakan waktu siklus sebesar 130 detik, berdasarkan perhitungan menggunakan MKJI 1997 didapat waktu hijau pada lengan Utara sebesar 30 detik, lengan Timur sebesar 26 detik, lengan Selatan sebesar 22 detik, dan lengan Barat sebesar 24 detik. Hasil perhitungan waktu siklus dan diagram waktu siklus pada alternatif solusi kedua dapat dilihat pada Tabel 5.24 dan Gambar 5.31 berikut.

Tabel 5.24 Waktu Siklus Alternatif Solusi II

Lengan	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	<i>Amber</i>	<i>All Red</i>	<i>Intergreen</i>	
Utara	30	3	4	7	130
Timur	26	3	4	7	130
Selatan	22	3	4	7	130
Barat	24	3	4	7	130



Keterangan:

- = Waktu hijau (det)
- = Waktu merah (det)
- = Waktu kuning / *amber* (det)
- = Waktu merah semua / *all red* (det)

Gambar 5.31 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi II

Perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk alternatif solusi II dapat dilihat pada perhitungan berikut.

1. Kapasitas (C)

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 2047,08 \times \left(\frac{30}{130} \right) \\
 &= 476,71 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 2287,91 \times \left(\frac{26}{130} \right) \\
 &= 454,86 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 1583,78 \times \left(\frac{22}{130} \right) \\
 &= 262,57 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 2047,08 \times \left(\frac{24}{130} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 383,09 \text{ smp/jam}$$

2. Derajat kejenuhan (DS)

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} \text{DS} &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{735,30}{476,71} \\ &= 1,54 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} \text{DS} &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{701,60}{454,86} \\ &= 1,54 \end{aligned}$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned} \text{DS} &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{405,00}{262,57} \\ &= 1,54 \end{aligned}$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned} \text{DS} &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{590,90}{383,09} \\ &= 1,54 \end{aligned}$$

Rekap hasil perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk alternatif solusi II dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5.25 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Alternatif Solusi II

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	476,71	1,54
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	454,86	1,54

**Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan
Alternatif Solusi II**

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Parangtritis (Selatan)	262,57	1,54
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	383,09	1,54

Hasil simulasi pemodelan alternatif pertama menggunakan *software* VISSIM adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean (*queue length*) alternatif solusi II hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut.

Tabel 5.26 Panjang Antrean Alternatif Solusi II

Pendekat	Panjang Antrean (m)					
	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	64,93	89,06	73,87	67,11	43,07	67,61
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	52,08	69,26	53,06	44,21	74,19	58,56
Jalan Parangtritis (Selatan)	39,09	71,81	43,86	55,63	50,95	52,27
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	139,93	142,32	183,28	148,93	153,71	153,63

Berdasarkan Tabel 5.26 didapat panjang antrean pada lengan Utara sebesar 67,61 m, lengan Timur sebesar 58,56 m, lengan Selatan sebesar 52,27 m, dan lengan Barat sebesar 153,63 m.

2. Tundaan

Tundaan (*delay*) alternatif solusi II hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.27 berikut.

Tabel 5.27 Tundaan Alternatif Solusi II

Pendekat	Tundaan (det/kend)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	47,28	61,23	54,11	50,27	33,79	49,34
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	44,92	54,39	45,50	39,10	58,76	48,53
Jalan Parangtritis (Selatan)	51,49	89,64	57,93	69,41	68,17	67,33
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	72,53	74,55	91,55	72,78	83,22	78,93

Berdasarkan Tabel 5.27 didapat tundaan pada lengan Utara sebesar 49,34 det/kend, lengan Timur sebesar 48,53 det/kend, lengan Selatan sebesar 67,33 det/kend, dan lengan Barat sebesar 78,93 det/kend.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan (*level of service*) untuk Simpang Jukteng Wetan dengan menggunakan alternatif solusi II hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5.28 Tingkat Pelayanan Alternatif Solusi II

Pendekat	Volume (kend)	Panjang Antrean (m)	Tundaan (det/kend)	Tundaan simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	3788	67,61	49,34	78,89	F
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	3648	58,56	48,53		
Jalan Parangtritis (Selatan)	1824	52,27	67,33		
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	3052	153,63	78,93		

Berdasarkan Tabel 5.28 didapat tingkat pelayanan pada alternatif solusi II adalah F. Sama seperti alternatif solusi I, bahwa alternatif solusi II tidak mengalami kenaikan tingkat pelayanan dibandingkan dengan kondisi eksisting Simpang

Jokteng Wetan. Meskipun nilai derajat kejenuhan dan tundaan pada alternatif solusi II lebih rendah dari kondisi eksisting.

5.4.3 Alternatif Solusi III

Alternatif solusi ketiga pada penelitian kali ini adalah menghilangkan LTOR (*Left Turn On Red*) pada Simpang Jokteng Wetan. Waktu siklus yang digunakan merupakan waktu siklus hasil perhitungan MKJI 1997 dengan waktu *amber* dan *all red* mengikuti eksistingnya yaitu 3 detik untuk *amber* dan 4 detik untuk *all red* sehingga waktu hilang per siklus (LTI) didapat sebesar 28 detik. Pada alternatif ketiga ini terdapat perbedaan pada arus lalu lintas dan lebar pendekat efektif pada perhitungan MKJI 1997. Arus lalu lintas digunakan pada alternatif ketiga ini merupakan semua arus yang melewati pendekat, dimana berbeda dengan arus menggunakan LTOR yang tidak memasukkan arus kendaraan yang berbelok kiri pada masing-masing pendekat simpang. Lebar efektif yang digunakan merupakan $\min(W_{masuk}, W_{keluar})$, pada alternatif ketiga ini digunakan lebar masuk pendekat sebagai lebar efektif pada perhitungan MKJI 1997. Perhitungan kapasitas simpang pada alternatif ketiga dapat dilihat pada perhitungan berikut.

1. Menghitung arus jenuh

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times W_e \\ &= 780 \times 6,7 \\ &= 5226 \text{ smp/jam hijau} \\ S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\ &= 5226 \times 0,83 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \\ &= 3777,36 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times W_e \\ &= 780 \times 6,6 \\ &= 5148 \text{ smp/jam hijau} \\ S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\ &= 5148 \times 0,83 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \\ &= 3724,32 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 780 \times We \\
 &= 780 \times 4,5 \\
 &= 3510 \text{ smp/jam hijau} \\
 S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\
 &= 3510 \times 0,83 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,05 \times 1,00 \\
 &= 2702,20 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 780 \times We \\
 &= 780 \times 6,0 \\
 &= 4680 \text{ smp/jam hijau} \\
 S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\
 &= 4680 \times 0,83 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \\
 &= 3359,92 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung rasio arus simpang dan rasio fase

Perhitungan rasio arus dapat dilihat sebagai berikut.

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned}
 FR &= \frac{Q}{S} \\
 &= \frac{1220,50}{3777,36} \\
 &= 0,32
 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,32$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned}
 FR &= \frac{Q}{S} \\
 &= \frac{1154,50}{3724,32} \\
 &= 0,31
 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,31$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned}
 FR &= \frac{Q}{S} \\
 &= \frac{600,70}{2702,20}
 \end{aligned}$$

$$= 0,22$$

$$\text{FRcrit} = 0,22$$

d. Lengan Barat

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

$$= \frac{1049,50}{3359,92}$$

$$= 0,31$$

$$\text{FRcrit} = 0,31$$

Nilai rasio arus simpang didapat dengan menjumlahkan seluruh nilai rasio arus pada setiap lengan. Perhitungan rasio arus simpang dapat dilihat pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} \text{IFR} &= \sum(\text{FRcrit}) \\ &= 0,32 + 0,31 + 0,22 + 0,31 \\ &= 1,17 \end{aligned}$$

Perhitungan rasio fase dapat dilihat pada perhitungan berikut.

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FRcrit}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,32}{1,17} \\ &= 0,28 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FRcrit}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,31}{1,17} \\ &= 0,27 \end{aligned}$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FRcrit}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,22}{1,17} \\ &= 0,19 \end{aligned}$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned}
 PR &= \frac{FR_{crit}}{IFR} \\
 &= \frac{0,31}{1,17} \\
 &= 0,27
 \end{aligned}$$

3. Menghitung waktu siklus

Perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 C_{ua} &= \frac{(1,5 \times LTI + 5)}{(1 - IFR)} \\
 &= \frac{(1,5 \times 28 + 5)}{(1 - 1,17)} \\
 &= 281 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Perhitungan waktu hijau untuk setiap lengan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned}
 g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\
 &= (281 - 28) \times 0,28 \\
 &= 70 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned}
 g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\
 &= (281 - 28) \times 0,27 \\
 &= 67 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned}
 g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\
 &= (281 - 28) \times 0,19 \\
 &= 48 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned}
 g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\
 &= (281 - 28) \times 0,27 \\
 &= 68 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

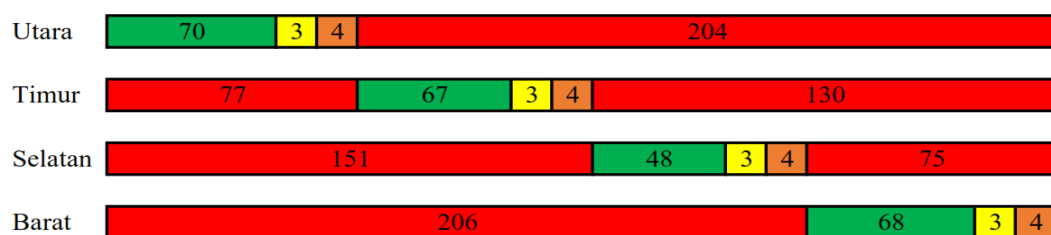
Waktu siklus yang disesuaikan didapat dengan menjumlahkan seluruh waktu hijau dengan waktu hilang total per siklus. Perhitungan waktu siklus yang disesuaikan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}
 c &= \sum g + LTI \\
 &= (70 + 67 + 48 + 68) + 28 \\
 &= 281 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Alternatif solusi III didapat waktu siklus sebesar 281 detik dengan waktu hijau pada lengan Utara menjadi 70 detik, lengan Timur menjadi 67 detik, lengan Selatan menjadi 48 detik, dan lengan Barat menjadi 68 detik. Waktu siklus pada alternatif ini memiliki selisih sebesar 146 detik dengan waktu siklus eksisting. Hasil perhitungan waktu siklus dan diagram waktu siklus pada alternatif solusi ketiga dapat dilihat pada Tabel 5.29 dan Gambar 5.31 berikut.

Tabel 5.29 Waktu Siklus Alternatif Solusi III

Lengan	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	<i>Amber</i>	<i>All Red</i>	<i>Intergreen</i>	
Utara	70	3	4	7	281
Timur	67	3	4	7	281
Selatan	48	3	4	7	281
Barat	68	3	4	7	281



Keterangan:

- = Waktu hijau (det)
- = Waktu merah (det)
- = Waktu kuning / *amber* (det)
- = Waktu merah semua / *all red* (det)

Gambar 5.32 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi III

Perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk alternatif solusi III dapat dilihat pada perhitungan berikut.

1. Kapasitas (C)

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 3777,36 \times \left(\frac{70}{281} \right) \\ &= 941,02 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 3724,32 \times \left(\frac{67}{281} \right) \\ &= 890,13 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 2702,20 \times \left(\frac{48}{281} \right) \\ &= 463,15 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 3359,92 \times \left(\frac{68}{281} \right) \\ &= 809,18 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

2. Derajat kejenuhan (DS)

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{1220,50}{941,02} \\ &= 1,30 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{1154,50}{890,13} \end{aligned}$$

$$= 1,30$$

c. Lengan Selatan

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{600,70}{463,15} \\ &= 1,30 \end{aligned}$$

d. Lengan Barat

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{1049,50}{809,18} \\ &= 1,30 \end{aligned}$$

Rekap hasil perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk alternatif solusi III dapat dilihat pada Tabel 5.30 berikut.

**Tabel 5.30 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan
Alternatif Solusi III**

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	941,02	1,30
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	890,13	1,30
Jalan Parangtritis (Selatan)	463,15	1,30
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	809,18	1,30

Hasil simulasi pemodelan alternatif pertama menggunakan *software* VISSIM adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean (*queue length*) alternatif solusi III hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut.

Tabel 5.31 Panjang Antrean Alternatif Solusi III

Pendekat	Panjang Antrean (m)					
	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	247,26	255,44	251,78	245,19	243,94	248,72
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	269,01	278,33	250,46	243,11	271,29	262,44
Jalan Parangtritis (Selatan)	186,79	178,98	187,21	181,58	181,17	183,15
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	229,43	235,03	225,33	227,37	221,90	227,81

Berdasarkan Tabel 5.31 didapat panjang antrean pada lengan Utara sebesar 248,72 m, lengan Timur sebesar 262,44 m, lengan Selatan sebesar 183,15 m, dan lengan Barat sebesar 227,81 m.

2. Tundaan

Tundaan (*delay*) alternatif solusi III hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.32 berikut.

Tabel 5.32 Tundaan Alternatif Solusi III

Pendekat	Tundaan (det/kend)					
	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	321,46	313,35	309,24	299,78	304,60	309,69
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	353,34	343,63	318,80	338,77	351,44	341,20
Jalan Parangtritis (Selatan)	435,93	424,45	453,11	429,70	418,17	432,27
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	306,59	323,28	299,03	302,72	304,31	307,19

Berdasarkan Tabel 5.32 didapat tundaan pada lengan Utara sebesar 309,69 det/kend, lengan Timur sebesar 341,20 det/kend, lengan Selatan sebesar 432,27 det/kend, dan lengan Barat sebesar 307,19 det/kend.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan (*level of service*) untuk Simpang Jukteng Wetan dengan menggunakan alternatif solusi III hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.33 berikut.

Tabel 5.33 Tingkat Pelayanan Alternatif Solusi III

Pendekat	Volume (kend)	Panjang Antrean (m)	Tundaan (det/kend)	Tundaan simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	3620	248,72	309,69	457,20	F
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	2252	262,44	341,20		
Jalan Parangtritis (Selatan)	1561	183,15	432,27		
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	2216	227,81	307,19		

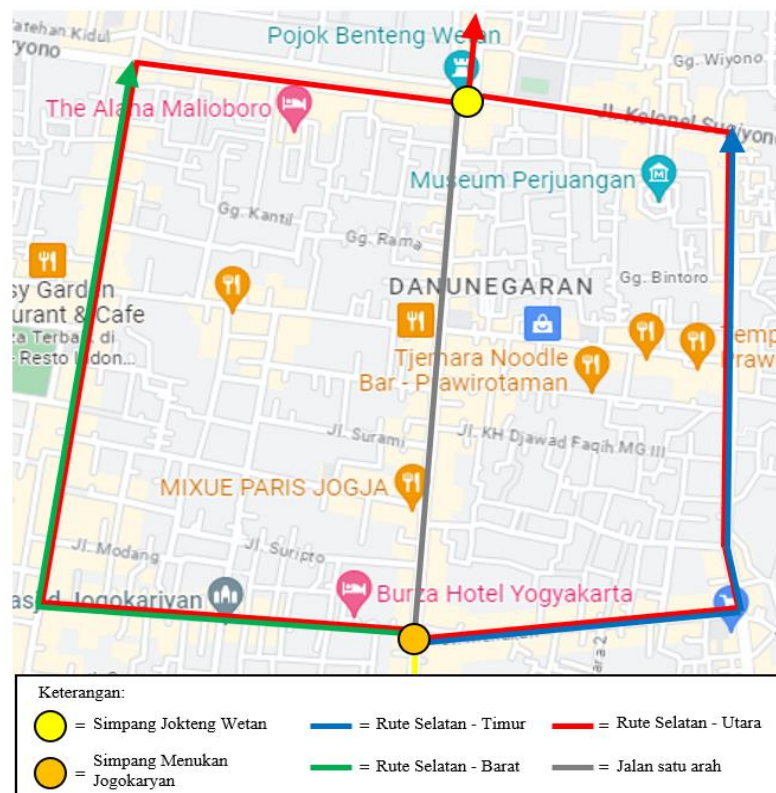
Berdasarkan Tabel 5.33 didapat tingkat pelayanan pada alternatif solusi III adalah F. Sama seperti alternatif solusi I dan II, bahwa alternatif solusi III tidak mengalami kenaikan tingkat pelayanan dibandingkan dengan kondisi eksisting Simpang Jukteng Wetan. Meskipun nilai derajat kejenuhan lebih rendah dari kondisi eksistingnya, tetapi nilai tundaan hasil simulasi VISSIM lebih tinggi dibandingkan kondisi eksistingnya.

5.4.4 Alternatif Solusi IV

Alternatif keempat pada penelitian kali ini adalah mengubah lengan Selatan Simpang Jukteng Wetan menjadi satu arah dan memperlebar jalur pada ketiga lengan lainnya sebesar 2,5 meter. Dilakukan perubahan pada lengan Selatan menjadi satu arah adalah untuk mengurangi pelebaran yang diperlukan dan untuk menurunkan nilai derajat kejenuhan hingga mencapai angka $\pm 0,75$ pada masing-

masing lengan serta menaikkan kinerja Simpang Jukteng Wetan. Lengan Selatan Simpang Jukteng Wetan pada alternatif kelima ini diubah menjadi satu arah keluar simpang, untuk kendaraan yang ingin menuju kearah Utara, Barat, dan Timur dapat memutar pada simpang empat bersinyal Menukan Jogokaryan yaitu simpang empat bersinyal sebelum Simpang Jukteng Wetan.

Rute dari Selatan menuju Timur dapat dilalui dengan mengambil Jalan Menukan atau belok kanan dari Simpang Menukan Jogokaryan menuju Jalan Sisingsamangaraja dan bertemu di Jalan Kolonel Sugiyono. Rute dari Selatan Menuju Barat dapat dilalui dengan mengambil Jalan Jogokaryan atau belok kiri dari Simpang Menukan Jogokaryan menuju Jalan DI Panjaitan dan bertemu di Jalan Mayjend Sutoyo. Rute dari Selatan menuju Utara dapat mengikuti rute dari Selatan ke Timur maupun rute dari Selatan ke Barat yang dimana dapat bertemu pada Simpang Jukteng Wetan. Ilustrasi rute untuk berputar dari Selatan menuju Utara, Barat, dan Timur dapat dilihat pada Gambar 5.33 berikut.



Gambar 5.33 Rute Dari Selatan Menuju Utara, Timur, dan Barat

(Sumber: Google Maps, 2023)

Pelebaran jalur dilakukan pada lengan Utara, lengan Timur, dan lengan Barat Simpang Jukteng Wetan sebesar 2,5 m. Lebar efektif pada lengan Utara menjadi 5,9 m, lengan Timur menjadi 6,3 m, dan lengan Barat menjadi 5,9 m. Perubahan lebar jalur untuk alternatif solusi IV dapat dilihat pada Tabel 5.34 berikut.

Tabel 5.34 Perubahan Lebar Jalur Alternatif Solusi IV

Lengan	Median	LTOR	W_A (m)	W_{MASUK} (m)	W_{LTOR} (m)	W_{KELUAR} (m)	W_e (m)
Jl. Brigjen Katamso (Utara)	Ya	Ya	9,2	5,9	3,3	8,8	5,9
Jl. Kolonel Sugiyono (Timur)	Ya	Ya	9,1	6,3	2,8	8,5	6,3
Jl. Mayjend Sutoyo (Barat)	Ya	Ya	8,5	5,9	2,6	8,7	5,9

Waktu siklus yang digunakan merupakan waktu siklus hasil perhitungan MKJI 1997 dengan waktu *amber* dan *all red* mengikuti eksistingnya yaitu 3 detik untuk *amber* dan 4 detik untuk *all red* sehingga waktu hilang per siklus (LTI) didapat sebesar 21 detik. Perhitungan waktu siklus untuk alternatif keempat dapat dilihat pada perhitungan berikut.

1. Menghitung arus jenuh

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 780 \times W_e \\
 &= 780 \times 5,9 \\
 &= 4602 \text{ smp/jam hijau} \\
 S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\
 &= 4602 \times 0,83 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \\
 &= 3552,28 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 780 \times W_e \\
 &= 780 \times 6,3 \\
 &= 4914 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\
 &= 4914 \times 0,83 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \\
 &= 3793,12 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

c. Lengan Barat

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 780 \times We \\
 &= 780 \times 5,9
 \end{aligned}$$

$$= 4602 \text{ smp/jam hijau}$$

$$\begin{aligned}
 S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\
 &= 4602 \times 0,83 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \\
 &= 3552,28 \text{ smp/jam hijau}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung rasio arus simpang dan rasio fase

Perhitungan rasio arus dapat dilihat sebagai berikut.

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned}
 FR &= \frac{Q}{S} \\
 &= \frac{735,30}{3552,28} \\
 &= 0,21
 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,21$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned}
 FR &= \frac{Q}{S} \\
 &= \frac{701,60}{3793,12} \\
 &= 0,18
 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,18$$

c. Lengan Barat

$$\begin{aligned}
 FR &= \frac{Q}{S} \\
 &= \frac{590,90}{3552,28} \\
 &= 0,17
 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,17$$

Nilai rasio arus simpang didapat dengan menjumlahkan seluruh nilai rasio arus pada setiap lengan. Perhitungan rasio arus simpang dapat dilihat pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} \text{IFR} &= \sum(\text{FRcrit}) \\ &= 0,21 + 0,18 + 0,17 \\ &= 0,56 \end{aligned}$$

Perhitungan rasio fase dapat dilihat pada perhitungan berikut.

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FRcrit}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,21}{0,56} \\ &= 0,37 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FRcrit}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,18}{0,56} \\ &= 0,33 \end{aligned}$$

c. Lengan Barat

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FRcrit}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,17}{0,56} \\ &= 0,30 \end{aligned}$$

3. Menghitung waktu siklus

Perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} C_{ua} &= \frac{(1,5 \times \text{LTI} + 5)}{(1 - \text{IFR})} \\ &= \frac{(1,5 \times 21 + 5)}{(1 - 0,56)} \\ &= 83 \text{ detik} \end{aligned}$$

Perhitungan waktu hijau untuk setiap lengan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (83 - 21) \times 0,37 \\ &= 23 \text{ detik} \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (83 - 21) \times 0,33 \\ &= 21 \text{ detik} \end{aligned}$$

c. Lengan Barat

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (83 - 21) \times 0,30 \\ &= 19 \text{ detik} \end{aligned}$$

Waktu siklus yang disesuaikan didapat dengan menjumlahkan seluruh waktu hijau dengan waktu hilang total per siklus. Perhitungan waktu siklus yang disesuaikan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} c &= \sum g + LTI \\ &= (23 + 21 + 19) + 21 \\ &= 84 \text{ detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan MKJI 1997 didapat waktu siklus sebesar 84 detik dengan waktu hijau pada lengan Utara menjadi 23 detik, lengan Timur menjadi 21 detik, dan lengan Barat menjadi 19 detik. Waktu siklus pada alternatif kali ini memiliki selisih sebesar 51 detik dengan waktu siklus eksisting pada Simpang Jukteng Wetan. Hasil perhitungan waktu siklus dan diagram waktu siklus pada alternatif solusi kelima dapat dilihat pada Tabel 5.35 dan Gambar 5.34 berikut.

Tabel 5.35 Waktu Siklus Alternatif Solusi IV

Lengan	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	Amber	All Red	Intergreen	
Utara	23	3	4	7	84
Timur	21	3	4	7	84
Barat	19	3	4	7	84



Keterangan:

- = Waktu hijau (det)
- = Waktu merah (det)
- = Waktu kuning / *amber* (det)
- = Waktu merah semua / *all red* (det)

Gambar 5.34 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi IV

Perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk alternatif solusi IV dapat dilihat pada perhitungan berikut.

1. Kapasitas (C)

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 3552,28 \times \left(\frac{23}{84}\right) \\
 &= 972,65 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 3793,12 \times \left(\frac{21}{84}\right) \\
 &= 948,28 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

c. Lengan Barat

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

$$= 3552,28 \times \left(\frac{19}{84}\right)$$

$$= 803,49 \text{ smp/jam}$$

2. Derajat kejenuhan (DS)

a. Lengan Utara

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

$$= \frac{735,30}{972,65}$$

$$= 0,76$$

b. Lengan Timur

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

$$= \frac{701,60}{948,28}$$

$$= 0,74$$

c. Lengan Barat

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

$$= \frac{590,90}{803,49}$$

$$= 0,74$$

Rekap hasil perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk alternatif solusi IV dapat dilihat pada Tabel 5.36 berikut.

**Tabel 5.36 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan
Alternatif Solusi IV**

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	972,65	0,76
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	948,28	0,74
Jalan Parangtritis (Selatan)	803,49	0,74

Hasil simulasi pemodelan alternatif pertama menggunakan *software* VISSIM adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean (*queue length*) alternatif solusi IV hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.37 berikut

Tabel 5.37 Panjang Antrean Alternatif Solusi IV

Pendekat	Panjang Antrean (m)					
	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	14,19	15,43	15,05	14,48	14,75	14,78
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	13,55	12,71	12,98	12,76	13,03	13,01
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	14,55	14,12	15,84	13,83	15,23	14,71

Berdasarkan Tabel 5.37 didapat panjang antrean pada lengan Utara sebesar 14,78 m, lengan Timur sebesar 13,01 m, dan lengan Barat sebesar 14,71 m.

2. Tundaan

Tundaan (*delay*) alternatif solusi IV hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.38 berikut.

Tabel 5.38 Tundaan Alternatif Solusi IV

Pendekat	Tundaan (det/kend)					
	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	11,06	11,36	11,70	11,32	11,64	11,42
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	11,96	11,81	11,59	11,70	11,39	11,69
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	7,72	7,72	8,10	7,76	7,87	7,84

Berdasarkan Tabel 5.38 didapat tundaan pada lengan Utara sebesar 11,06 det/kend, lengan Timur sebesar 11,69 det/kend, dan lengan Barat sebesar 7.84 det/kend.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan (*level of service*) untuk Simpang Jukteng Wetan dengan menggunakan alternatif solusi IV hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.39 berikut.

Tabel 5.39 Tingkat Pelayanan Alternatif Solusi IV

Pendekat	Volume (kend)	Panjang Antrean (m)	Tundaan (det/kend)	Tundaan simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	3109	14,78	11,42	10,79	B
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	3139	13,01	11,69		
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	2816	14,71	7,84		

Berdasarkan Tabel 5.39 didapat tingkat pelayanan pada alternatif solusi IV adalah B. Alternatif solusi IV memiliki tujuan untuk mendapatkan nilai derajat kejenuhan $\pm 0,75$. Berdasarkan Tabel 5.41 telah didapat derajat kejenuhan untuk alternatif solusi IV pada lengan Utara sebesar 0,76, lengan Timur sebesar 0,74, dan lengan Barat sebesar 0,74. Alternatif solusi IV merupakan salah satu alternatif untuk mendapatkan nilai derajat kejenuhan $\pm 0,75$, tetapi pada alternatif ini terlalu sulit untuk direalisasikan di lapangan dengan adanya pelebaran jalur sebesar 2,5 m yang sudah tidak memungkinkan untuk dilaksanakan di lokasi penelitian. Untuk penerapan sistem satu arah pada lengan selatan diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap jalan maupun simpang yang terdampak akibat penerapan sistem ini.

5.4.5 Alternatif Solusi V

Alternatif kelima pada penelitian kali ini sama seperti alternatif solusi IV, yaitu melakukan pelebaran jalur dan mengubah sistem pada lengan Selatan menjadi satu arah. Perbedaan antara alternatif solusi V dengan alternatif solusi IV merupakan pelebaran jalur yang dilakukan, pada alternatif solusi IV sebesar 2,5 m

per jalur sedangkan pada alternatif solusi V pelebaran yang dilakukan sebesar 1 m per jalur. Pelebaran yang dilakukan lebih kecil agar alternatif solusi V lebih memungkinkan untuk direalisasikan di lapangan.

Pelebaran jalur dilakukan pada lengan Utara, lengan Timur, dan lengan Barat Simpang Jukteng Wetan sebesar 1 m. Lebar efektif pada lengan Utara menjadi 4,4 m, lengan Timur menjadi 4,8 m, dan lengan Barat menjadi 4,4 m. Perubahan lebar jalur untuk alternatif solusi IV dapat dilihat pada Tabel 5.40 berikut.

Tabel 5.40 Perubahan Lebar Jalur Alternatif Solusi V

Lengan	Median	LTOR	W_A (m)	W_{MASUK} (m)	W_{LTOR} (m)	W_{KELUAR} (m)	W_e (m)
Jl. Brigjen Katamso (Utara)	Ya	Ya	7,7	4,4	3,3	8,5	4,4
Jl. Kolonel Sugiyono (Timur)	Ya	Ya	7,6	4,8	2,8	6,5	4,8
Jl. Mayjend Sutoyo (Barat)	Ya	Ya	7	4,4	2,6	7,2	4,4

Waktu siklus yang digunakan merupakan waktu siklus hasil perhitungan MKJI 1997 dengan waktu *amber* dan *all red* mengikuti eksistingnya yaitu 3 detik untuk *amber* dan 4 detik untuk *all red* sehingga waktu hilang per siklus (LTI) didapat sebesar 21 detik. Perhitungan waktu siklus untuk alternatif keempat dapat dilihat pada perhitungan berikut.

1. Menghitung arus jenuh

a. Lengan Utara

$$S_0 = 780 \times W_e$$

$$= 780 \times 4,4$$

$$= 3432 \text{ smp/jam hijau}$$

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

$$= 3432 \times 0,83 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00$$

$$= 2649,16 \text{ smp/jam hijau}$$

b. Lengan Timur

$$S_0 = 780 \times We$$

$$= 780 \times 4,8$$

$$= 3744 \text{ smp/jam hijau}$$

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

$$= 3744 \times 0,83 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00$$

$$= 2889,99 \text{ smp/jam hijau}$$

c. Lengan Barat

$$S_0 = 780 \times We$$

$$= 780 \times 4,4$$

$$= 3432 \text{ smp/jam hijau}$$

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

$$= 3432 \times 0,83 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00$$

$$= 2649,16 \text{ smp/jam hijau}$$

2. Menghitung rasio arus simpang dan rasio fase

Perhitungan rasio arus dapat dilihat sebagai berikut.

a. Lengan Utara

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

$$= \frac{735,30}{2649,16}$$

$$= 0,28$$

$$FR_{crit} = 0,28$$

b. Lengan Timur

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

$$= \frac{701,60}{2889,99}$$

$$= 0,24$$

$$FR_{crit} = 0,24$$

c. Lengan Barat

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

$$= \frac{590,90}{2649,16}$$

$$= 0,22$$

$$\text{FRcrit} = 0,22$$

Nilai rasio arus simpang didapat dengan menjumlahkan seluruh nilai rasio arus pada setiap lengan. Perhitungan rasio arus simpang dapat dilihat pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} \text{IFR} &= \sum(\text{FRcrit}) \\ &= 0,28 + 0,24 + 0,22 \\ &= 0,74 \end{aligned}$$

Perhitungan rasio fase dapat dilihat pada perhitungan berikut.

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FRcrit}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,28}{0,74} \\ &= 0,37 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FRcrit}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,24}{0,74} \\ &= 0,33 \end{aligned}$$

c. Lengan Barat

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FRcrit}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,22}{0,71} \\ &= 0,30 \end{aligned}$$

3. Menghitung waktu siklus

Perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Cua} &= \frac{(1,5 \times \text{LTI} + 5)}{(1 - \text{IFR})} \\ &= \frac{(1,5 \times 21 + 5)}{(1 - 0,74)} \end{aligned}$$

$$= 143 \text{ detik}$$

Perhitungan waktu hijau untuk setiap lengan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (143 - 21) \times 0,37 \\ &= 46 \text{ detik} \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (143 - 21) \times 0,33 \\ &= 40 \text{ detik} \end{aligned}$$

c. Lengan Barat

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (143 - 21) \times 0,30 \\ &= 37 \text{ detik} \end{aligned}$$

Waktu siklus yang disesuaikan didapat dengan menjumlahkan seluruh waktu hijau dengan waktu hilang total per siklus. Perhitungan waktu siklus yang disesuaikan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

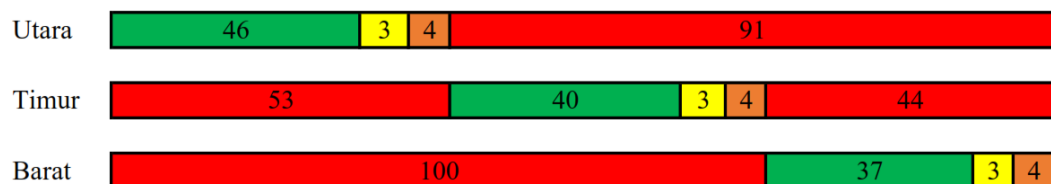
$$\begin{aligned} c &= \sum g + LTI \\ &= (46 + 40 + 37) + 21 \\ &= 144 \text{ detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan MKJI 1997 didapat waktu siklus sebesar 84 detik dengan waktu hijau pada lengan Utara menjadi 46 detik, lengan Timur menjadi 40 detik, dan lengan Barat menjadi 37 detik. Waktu siklus pada alternatif kali ini memiliki selisih sebesar 8 detik dengan waktu siklus eksisting pada Simpang Jukteng Wetan. Hasil perhitungan waktu siklus dan

diagram waktu siklus pada alternatif solusi kelima dapat dilihat pada Tabel 5.40 dan Gambar 5.35 berikut.

Tabel 5.41 Waktu Siklus Alternatif Solusi V

Lengan	Waktu Nyala (Detik)				Waktu Siklus (Detik)
	Hijau	<i>Amber</i>	<i>All Red</i>	<i>Intergreen</i>	
Utara	46	3	4	7	144
Timur	40	3	4	7	144
Barat	37	3	4	7	144



Keterangan:

- = Waktu hijau (det)
- = Waktu merah (det)
- = Waktu kuning / *amber* (det)
- = Waktu merah semua / *all red* (det)

Gambar 5.35 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi V

Perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk alternatif solusi V dapat dilihat pada perhitungan berikut.

1. Kapasitas (C)

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 2649,16 \times \left(\frac{46}{144} \right) \\
 &= 846,26 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 2889,99 \times \left(\frac{40}{144} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 802,78 \text{ smp/jam}$$

c. Lengan Barat

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 2649,16 \times \left(\frac{37}{144}\right) \\ &= 680,69 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

2. Derajat kejenuhan (DS)

a. Lengan Utara

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{735,30}{846,26} \\ &= 0,87 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{701,60}{802,78} \\ &= 0,87 \end{aligned}$$

c. Lengan Barat

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{590,90}{680,69} \\ &= 0,87 \end{aligned}$$

Rekap hasil perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk alternatif solusi V dapat dilihat pada Tabel 5.42 berikut.

**Tabel 5.42 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan
Alternatif Solusi V**

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	846,26	0,87

**Lanjutan Tabel 5.42 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan
Alternatif Solusi V**

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	802,78	0,87
Jalan Parangtritis (Selatan)	680,69	0,87

Hasil simulasi pemodelan alternatif pertama menggunakan *software* VISSIM adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean (*queue length*) alternatif solusi V hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.43 berikut.

Tabel 5.43 Panjang Antrean Alternatif Solusi V

Pendekat	Panjang Antrean (m)					
	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	25,04	27,11	26,64	24,75	25,59	25,83
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	22,34	23,35	22,23	20,83	22,44	22,24
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	23,32	28,87	25,88	28,95	43,49	30,10

Berdasarkan Tabel 5.43 didapat panjang antrean pada lengan Utara sebesar 25,83 m, lengan Timur sebesar 22,24 m, dan lengan Barat sebesar 30,10 m.

2. Tundaan

Tundaan (*delay*) alternatif solusi V hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.44 berikut.

Tabel 5.44 Tundaan Alternatif Solusi V

Pendekat	Tundaan (det/kend)					
	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	21,73	22,84	22,82	21,72	22,59	22,34
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	22,68	23,13	21,97	21,26	22,02	22,21
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	16,61	19,34	17,34	20,65	29,27	20,64

Berdasarkan Tabel 5.44 didapat tundaan pada lengan Utara sebesar 22,34 det/kend, lengan Timur sebesar 22,21 det/kend, dan lengan Barat sebesar 20,64 det/kend.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan (*level of service*) untuk Simpang Jukteng Wetan dengan menggunakan alternatif solusi V hasil simulasi VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.45 berikut.

Tabel 5.45 Tingkat Pelayanan Alternatif Solusi V

Pendekat	Volume (kend)	Panjang Antrean (m)	Tundaan (det/kend)	Tundaan simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	3802	25,83	22,34	21,80	C
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	3683	22,24	22,21		
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	3392	30,10	20,64		

Berdasarkan Tabel 5.45 didapat tingkat pelayanan pada alternatif solusi V adalah C dengan tundaan simpang sebesar 21,80 det/kend. Seperti alternatif solusi

IV untuk penerapan sistem menjadi satu arah diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap jalan maupun simpang yang terdampak dari perubahan sistem ini. Pelebaran jalur sebesar 1 m pada lengan Utara, Timur, dan Barat masih memungkinkan untuk dilakukan di lokasi penelitian.

5.5 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi pemodelan menggunakan *software* VISSIM, didapat beberapa alternatif solusi dengan hasil yang berbeda. Alternatif solusi I menggunakan waktu siklus berdasarkan perhitungan MKJI 1997, didapatkan waktu siklus sebesar 224 detik. Alternatif solusi II menggunakan solusi yang mirip seperti alternatif solusi I tetapi terdapat perbedaan yaitu pada alternatif solusi II menggunakan waktu siklus sesuai batasan yang disarankan pada MKJI 1997, waktu siklus yang digunakan pada alternatif solusi II adalah sebesar 130 detik. Alternatif solusi III dilakukan perubahan dengan menghilangkan sistem LTOR pada semua lengan di Simpang Jukteng Wetan dan menggunakan waktu siklus berdasarkan perhitungan MKJI 1997, didapat waktu siklus untuk alternatif solusi III sebesar 281 detik. Alternatif solusi IV menggunakan solusi berupa pelebaran jalur pada lengan Utara, Timur, dan Barat sebesar 2,5 m serta mengubah sistem pada lengan selatan menjadi satu arah keluar simpang dan waktu siklus yang digunakan merupakan hasil perhitungan berdasarkan MKJI 1997, didapat waktu siklus untuk alternatif solusi IV sebesar 84 detik dengan pengaturan 3 fase. Alternatif solusi V menggunakan solusi berupa pelebaran jalur pada lengan Utara, Timur, dan Barat sebesar 1 m serta mengubah sistem pada lengan selatan menjadi satu arah keluar simpang dengan waktu siklus hasil perhitungan berdasarkan MKJI 1997 sebesar 144 detik dengan pengaturan 3 fase. Perbandingan kinerja simpang setiap alternatif untuk Simpang Jukteng Wetan dapat dilihat dibawah ini.

1. Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan rasio antara arus lalu lintas dengan kapasitas pada suatu lengan. Derajat kejenuhan didapatkan dengan melakukan analisis kinerja menggunakan MKJI 1997. Perbandingan derajat kejenuhan setiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.46 berikut.

Tabel 5.46 Perbandingan Derajat Kejenuhan Setiap Alternatif

Pendekat	Derajat Kejenuhan					
	Eksisting	Alternatif I	Alternatif II	Alternatif III	Alternatif IV	Alternatif V
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	1,62	1,38	1,54	1,30	0,76	0,87
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	1,59	1,38	1,54	1,30	0,74	0,87
Jalan Parangtritis (Selatan)	1,50	1,38	1,54	1,30	0	0
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	1,39	1,38	1,54	1,30	0,74	0,87

Berdasarkan Tabel 5.46 dapat diketahui perbedaan nilai derajat kejenuhan setiap alternatif solusi untuk Simpang Jukteng Wetan. Nilai derajat kejenuhan paling rendah didapatkan pada alternatif solusi IV dengan nilai 0,74, sedangkan nilai derajat kejenuhan tertinggi didapatkan pada alternatif solusi II dengan nilai derajat kejenuhan 1,54. Alternatif solusi II memiliki nilai derajat kejenuhan yang tinggi diakibatkan kapasitasnya lebih rendah dibandingkan alternatif solusi yang lainnya dan nilai kapasitas yang rendah tersebut diakibatkan karena kecilnya rasio waktu hijau terhadap waktu siklus dibandingkan dengan alternatif solusi yang lainnya. Sebaliknya, alternatif solusi V memiliki nilai derajat kejenuhan yang lebih rendah karena nilai kapasitasnya yang lebih tinggi, hal tersebut terjadi karena terdapat pelebaran jalur yang digunakan serta perubahan fase dari empat fase menjadi tiga fase.

Hal ini juga terjadi pada salah satu penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Purnama (2022), dimana derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada alternatif solusi dengan nilai rasio waktu hijau terhadap waktu siklus yang lebih kecil. Pada penelitian tersebut, alternatif solusi 4 pada lengan Utara memiliki nilai derajat kejenuhan yang paling tinggi yaitu 0,95 dengan nilai rasio waktu hijau terhadap waktu siklusnya sebesar 0,25, sedangkan nilai

derajat kejenuhan tertinggi didapat pada alternatif solusi 3 dengan nilai tertinggi 0,67 dan nilai rasio waktu hijau terhadap waktu siklus sebesar 0,35 pada lengan Utara. Sehingga dapat disimpulkan selain dari arus jenuh simpang, nilai rasio waktu hijau terhadap waktu siklus juga berpengaruh terhadap nilai derajat kejenuhan suatu simpang karena nilai rasio waktu hijau terhadap waktu siklus memengaruhi nilai kapasitas pada lengan tersebut.

2. Panjang Antrean

Panjang antrean merupakan ukuran panjang dari suatu antrean pada saat lampu sinyal berwarna merah. Pada simulasi VISSIM diambil panjang antrean rata-rata untuk mengetahui kinerja simpangnya. Perbandingan panjang antrean setiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.47 berikut.

Tabel 5.47 Perbandingan Panjang Antrean Setiap Alternatif

Pendekat	Panjang Antrean (m)					
	Eksisting	Alternatif I	Alternatif II	Alternatif III	Alternatif IV	Alternatif V
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	114,43	148,35	49,337	309,687	14,78	25,83
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	93,25	114,69	48,534	341,196	13,01	22,24
Jalan Parangtritis (Selatan)	65,81	238,70	67,330	432,271	0	0
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	70,29	124,91	78,927	307,185	14,71	30,10

Berdasarkan Tabel 5.46 dapat diketahui bahwa setiap alternatif memiliki panjang antrean yang berbeda. Panjang antrean tertinggi didapatkan pada alternatif solusi III dengan panjang antrean tertinggi sebesar 307,185 m, sedangkan panjang antrean terendah didapat pada alternatif solusi IV dengan panjang antrean tertinggi sebesar 14,78 m. Berdasarkan hipotesa penulis, nilai panjang antrean berpengaruh terhadap waktu merah digunakan, semakin besar waktu siklus suatu simpang maka waktu merah yang terjadi akan

semakin lama pula sehingga antrean kendaraan dapat terjadi lebih panjang, begitu pula sebaliknya. Selain itu lebar efektif tiap lengan juga memengaruhi panjang antrean yang terjadi pada lengan tersebut, seperti pada alternatif solusi IV dan alternatif solusi V yang melakukan pelebaran jalur pada setiap lengannya.

Pada penelitian yang dilakukan Purnama (2022), hal serupa terjadi pada panjang antrean hasil simulasi VISSIM yang dilakukannya. Pada alternatif solusi 4 memiliki panjang antrean terendah diantara alternatif solusi lain dengan pengaturan empat fase, hal tersebut dikarenakan waktu siklus yang digunakan lebih kecil sehingga waktu merah setiap lengannya lebih kecil. Sementara pada alternatif solusi 3 pada penelitian tersebut menggunakan waktu siklus yang lebih besar dibandingkan alternatif solusi 4 tetapi memiliki nilai panjang antrean yang lebih kecil, hal tersebut dapat terjadi karena perbedaan fase yang digunakan, pada alternatif solusi 3 menggunakan pengaturan 5 fase dengan lengan Utara dan lengan Selatan memiliki dua fase sehingga waktu merah untuk kendaraan yang lurus lebih kecil sehingga panjang antrean dapat berkurang.

3. Tundaan Simpang

Tundaan lalu lintas merupakan waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk menunggu akibat interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan. Pada simulasi VISSIM diambil tundaan rata-rata untuk mengetahui kinerja simpangnya. Perbandingan tundaan setiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.48 berikut.

Tabel 5.48 Perbandingan Tundaan Setiap Alternatif

Pendekat	Tundaan (det/kend)					
	Eksisting	Alternatif I	Alternatif II	Alternatif III	Alternatif IV	Alternatif V
Jalan Brigjen Katamso (Utara)	70,08	148,35	49,34	309,69	14,78	22,34
Jalan Kolonel Sugiyono (Timur)	65,81	114,69	48,53	341,20	13,01	22,21

Lanjutan Tabel 5.48 Perbandingan Tundaan Setiap Alternatif

Pendekat	Tundaan (det/kend)					
	Eksisting	Alternatif I	Alternatif II	Alternatif III	Alternatif IV	Alternatif V
Jalan Parangtritis (Selatan)	65,42	238,70	67,33	432,27	0	0
Jalan Mayjend Sutoyo (Barat)	37,92	124,91	78,93	307,19	14,71	20,64
Tundaan Simpang	80,10	195,56	78,89	340,37	10,79	21,80

Berdasarkan Tabel 5.48 didapat tundaan tertinggi terjadi pada alternatif solusi III dengan tundaan simpang sebesar 340,37 det/kend, sedangkan tundaan terendah didapat pada alternatif solusi IV dengan tundaan simpang sebesar 10,79 det/kend. Sama seperti panjang antrean, waktu siklus, pengaturan fase, dan lebar jalur memengaruhi nilai dari tundaan, semakin besar waktu siklusnya maka semakin lama waktu merah pada lengan tersebut sehingga panjang antrean akan semakin panjang dan kemungkinan kendaraan terkenda waktu merah dua kali akan semakin besar. Semakin lebar jalan pada suatu lengan maka kapasitas pada lengan tersebut akan semakin tinggi sehingga tundaan yang terjadi pada lengan tersebut akan semakin rendah. Hal ini juga terjadi pada penelitian oleh Purnama (2022), dimana semakin panjang antrean kendaraan yang terjadi maka semakin besar nilai tundaannya.

4. Tingkat Pelayanan

Pada kondisi eksisting, Simpang Jukteng Wetan memiliki tingkat pelayanan F yang didapat dari nilai tundaan simpangnya sebesar 80,10 det/kend. Beberapa tingkat pelayanan pada alternatif solusi tidak mengalami perubahan yang lebih baik. Perbandingan tingkat pelayanan setiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.49 berikut.

Tabel 5.49 Perbandingan Tingkat Pelayanan Setiap Alternatif

Tingkat Pelayanan					
Eksisting	Alternatif I	Alternatif II	Alternatif III	Alternatif IV	Alternatif V
F	F	F	F	B	C

Berdasarkan Tabel 5.49 dapat diketahui tingkat pelayanan pada setiap alternatif solusi, pada alternatif solusi I didapatkan tingkat pelayanan F, alternatif solusi II didapatkan tingkat pelayanan F, alternatif solusi III didapatkan tingkat pelayanan F, alternatif solusi IV didapatkan tingkat pelayanan B, dan pada alternatif solusi V didapatkan tingkat pelayanan C. Peningkatan pelayanan terjadi pada alternatif solusi IV dan alternatif solusi V, dimana pada kedua alternatif tersebut dilakukan pelebaran jalur sehingga tundaan yang terjadi pada kedua alternatif tersebut lebih kecil dibandingkan alternatif solusi lainnya. Pada alternatif solusi II memiliki tingkat pelayanan yang sama dengan kondisi eksistingnya, tetapi memiliki nilai tundaan simpang hasil simulasi VISSIM yang lebih kecil sehingga dapat dikatakan bahwa alternatif solusi II lebih baik dibandingkan eksistingnya. Berdasarkan PM no.96 Tahun 2015 Simpang Jukteng Wetan sekurang-kurangnya memiliki tingkat pelayanan C, sehingga dari semua alternatif yang telah dilakukan, alternatif yang memenuhi minimal tingkat pelayanan pada Simpang Jukteng Wetan merupakan alternatif solusi IV dengan tingkat pelayanan B dan alternatif solusi V yang memiliki tingkat pelayanan C.

Berdasarkan kinerja simpang setiap alternatif solusi didapat hasil yang berbeda. Alternatif solusi IV mengalami kenaikan kinerja baik pada panjang antrean, tundaan, dan tingkat pelayanannya, tetapi pelebaran jalur yang dilakukan pada alternatif solusi IV terlalu besar yaitu sebesar 2,5 m per jalur sehingga lebih sulit untuk direalisasikan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa alternatif solusi V merupakan alternatif solusi terbaik karena membutuhkan pelebaran jalur yang lebih kecil dibandingkan alternatif solusi IV yaitu sebesar 1 m per jalur sehingga lebih

dapat direalisasikan di lokasi penelitian serta alternatif solusi V memiliki kenaikan kinerja simpang yang signifikan ditandai pada tingkat pelayanannya menjadi C.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Wikrama (2011), melakukan peningkatan kinerja Simpang Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak dengan alternatif merubah waktu siklus, melakukan pelebaran geometrik simpang, dan menghilangkan pergerakan arus dari arah selatan, semua alternatif tersebut menunjukkan hasil tingkat pelayanan C-F dari tingkat pelayanan eksisting E-F. Bawangun (2015), melakukan peningkatan kinerja simpang tak bersinyal untuk Jalan W.R. Supratman dan Jalan B.W. Lopian dengan alternatif terbaik yaitu melakukan manajemen lalu lintas berupa pelarangan belok kanan pada jalan minor serta melakukan pelebaran jalan utama dan jalan minor, hasil alternatif tersebut menunjukkan peningkatan dari nilai derajat kejenuhan menjadi 0,666 yang sebelumnya pada kondisi eksisting simpang tersebut memiliki nilai derajat kejenuhan sebesar 1,036. Pada penelitian oleh Hidayat, dkk (2020), melakukan peningkatan kinerja Simpang Tiga Purin Kendal dengan alternatif pelebaran jalan dan mengatur manajemen lalu lintas berupa perubahan jalan dari dua arah menjadi satu arah serta melarang kendaraan berat melintas pada salah satu lengan simpang, hasil dari alternatif ini menunjukkan peningkatan pelayanan pada simpang tersebut menjadi C dari kondisi eksisting simpang tersebut yang memiliki tingkat pelayanan D. Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu tersebut dapat disimpulkan bahwa melakukan pelebaran jalan serta mengatur manajemen lalu lintas pada simpang seperti mengubah sistem dua arah menjadi satu arah dapat menaikkan kinerja simpang, maka dari itu alternatif solusi V pada penelitian kali ini dapat dijadikan sebagai alternatif solusi terbaik untuk meningkatkan kinerja Simpang Jukteng Wetan. Dampak akibat penerapan sistem satu arah dari alternatif solusi V terhadap sistem jaringan jalan disekitarnya perlu diperhatikan, maka dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap dampak yang diakibatkan penerapan sistem satu arah pada penelitian ini.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari analisis data dan pembahasan adalah sebagai berikut.

1. Hasil analisis kinerja eksisting Simpang Jukteng Wetan berdasarkan MKJI 1997 didapat hasil sebagai berikut.
 - a. Jalan Brigjen Katamso (lengan Utara) memiliki derajat kejenuhan sebesar 1,62, Jalan Kolonel Sugiyono (lengan Timur) memiliki derajat kejenuhan sebesar 1,59, Jalan Parangtritis (lengan Selatan) memiliki derajat kejenuhan sebesar 1,50, dan Jalan Mayjend Sutoyo (lengan Barat) memiliki derajat kejenuhan sebesar 1,39.
 - b. Jalan Brigjen Katamso (lengan Utara) didapat panjang antrean sebesar 1032,08 m dengan tundaan 1191,35 det/smp, Jalan Kolonel Sugiyono (lengan Timur) didapat panjang antrean sebesar 857,58 m dengan tundaan 1148,37 det/smp, Jalan Parangtritis (lengan Selatan) didapat panjang antrean sebesar 691,66 m dengan tundaan 990,05 det/smp, dan Jalan Mayjend Sutoyo (lengan Barat) didapat panjang antrean sebesar 647,45 m dengan tundaan 787,53 det/smp.
 - c. Tundaan simpang didapat sebesar 1044,29 det/smp dengan tingkat pelayanan F.
2. Alternatif solusi V merupakan alternatif solusi terbaik menggunakan simulasi pemodelan VISSIM. Dengan memperlebar jalur pada lengan Utara, Timur, dan Barat sebesar 1 m dan mengubah lengan Selatan menjadi satu arah. Menggunakan waktu siklus sebesar 144 detik dengan *amber* 3 detik dan *all red* 4 detik. Didapat kinerja simpang alternatif solusi V sebagai berikut.
 - a. Jalan Brigjen Katamso (lengan Utara) memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,87, Jalan Kolonel Sugiyono (lengan Timur) memiliki derajat kejenuhan

sebesar 0,87, dan Jalan Mayjend Sutoyo (lengan Barat) memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,87.

- b. Jalan Brigjen Katamso (lengan Utara) didapat panjang antrean sebesar 25,83 m dengan tundaan 22,34 det/kend, Jalan Kolonel Sugiyono (lengan Timur) didapat panjang antrean sebesar 22,24 m dengan tundaan 22,21 det/smp, dan Jalan Mayjend Sutoyo (lengan Barat) didapat panjang antrean sebesar 30,10 m dengan tundaan 20,64 det/kend.
- c. Tundaan simpang didapat sebesar 21,80 det/kend dengan tingkat pelayanan C.

6.2 Saran

Berikut ini beberapa saran berdasarkan hasil penelitian yang dapat dilakukan untuk menjadi bahan evaluasi maupun referensi bagi penelitian yang akan datang.

1. Untuk instansi terkait dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai referensi untuk meningkatkan kinerja Simpang Jukteng Wetan.
2. Diperlukan evaluasi dampak akibat penerapan sistem menjadi satu arah pada Jalan Parangtritis atau lengan Selatan Simpang Jukteng Wetan.
3. Untuk penelitian yang akan datang dapat dilakukan beberapa alternatif solusi lain untuk meningkatkan kinerja pada Simpang Jukteng Wetan, seperti pengaturan manajemen lalu lintas atau koordinasi simpang bersinyal antara Simpang Jukteng Wetan dengan simpang bersinyal disekitarnya serta dapat dilakukan penelitian terkait *Traffic Demand Management* pada Simpang Jukteng Wetan.
4. Jika akan dilakukan penelitian selanjutnya dapat menggunakan pedoman terbaru untuk melakukan analisis perhitungan agar dapat lebih sesuai dengan kondisi pada saat penelitian dilaksanakan. Dapat menggunakan metode pengujian lainnya seperti uji perbedaan relatif, uji T, dan lain sebagainya untuk validasi pemodelan VISSIM.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, M. dan Septiana, D. 2021. Analisis kinerja Simpang Bersinyal Jalan A. Yani – Jalan Baco Kabupaten Tabalong. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan*. Vol. 10 No. 2: 82 – 87.
- Badan Pusat Statistik. Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Kendaraan di Provinsi DI Yogyakarta (Unit),2021. 17 Oktober 2022. https://www.bps.go.id/indikator/indikator/view_data_pub/3400/api_pub/V2w4dFkwdFNLNU5mSE95Und2UDRMQT09/da_10/1.
- Bawangun, V., Sendow, T.K., dan Elisabeth, L. 2015. Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal untuk Simpang Jalan W.R. Supratman dan Jalan B.W. Lopian Di Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 3 No. 6: 422-434.
- Bintang, M.K. 2021. Kinerja Ruas Jalan Bhayangkara Setelah Penerapan Sistem Satu Arah Di Kawasan Malioboro Kota Yogyakarta. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Bluman, A.G. 2009. *Elementary Statistics: A step by Step Approach*. New York. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta. 2022. *Laporan Akhir Survey Updating Kinerja Lalu Lintas Tahun 2022*. Yogyakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Halim, H., Mustari, I., dan Zakariah, A. 2019. Analisis Kinerja Operasional Ruas Jalan Satu Arah dengan Menggunakan Mikrosimulasi Vissim (Studi Kasus : Jalan Masjid Raya di Kota Makassar). *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*. Vol. 3 No. 2: 99-108.
- Harisatyawan, I. dan Permadi, W. 2003. Analisis Tingkat Pelayanan Lalu-Lintas Pada Persimpangan Jukteng Kulon-Gading-Jukteng Wetan Yogyakarta. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hasanuddin, H.A. dkk. 2021. Analisis Kapasitas dan Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Abdullah Dg. Sirua. *Jurnal Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung pandang JACEE 2021*. Vol. 1 No. 1: 72-77.

- Hidayat, D.W. dkk. 2020. Peningkatan Kinerja Simpang Tiga Bersinyal Studi Kasus Simpang Tiga Purin Kendal. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*. Vol. 7 No. 2: 36-45. Tegal.
- Hobbs, F.D. 1995. *Perencanaan Dan Teknik Lalu Lintas*. Terjemahan oleh Suprpto TM dan Waldijono. 2022. Yogyakarta.
- Roess, R.P., Prassas, E.S., dan McShane, W.R. 2019. *Traffic Engineering*. New York.
- Romadhona, P.J., Ikhsan, T.N., dan Prasetyo, D. dkk. 2019. *Aplikasi Permodelan Lalu Lintas: PTV VISSIM 9.0 Modelling Basic Using Microscopic Traffic Flow Simulation*. Yogyakarta.
- Purnama, B.A. 2022. Evaluasi dan Peningkatan Kinerja Simpang Bersinyal Deggung Sleman. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Suryaningsih, O.F., Hermansyah, dan Kurniati, E . 2020. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi kasus Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa Besar). *Jurnal INERSIA*. Vol. XVI No. 1: 74-84.
- Taylor, M. dan Yount, W. 1996. *Understanding Traffic System Averbury Technical*. Sydney.
- Widyawan, S dan Rukman. 2019. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal untuk Meningkatkan Keselamatan pada Simpang Depok Kota Depok. *Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi*. Vol. 2 No. 1: 30-38 . Makassar.
- Wikrama, J. 2011. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. Vol. 15 No. 1: 58-71.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Survei Volume Lalu Lintas (Senin)

Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS															
Lokasi		: Tungkak													
Lengan		: Utara													
Tanggal		: Senin, 20 Maret 2023													
Waktu	LT (Belok Kiri) (kend/jam)					ST (Lurus) (kend/jam)					RT (Belok Kanan) (kend/jam)				
	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total
06.00 - 06.15	139	11	1	4	151	58	8	1	1	67	14	8	0	2	22
06.15 - 06.30	168	25	1	4	194	113	12	0	2	125	28	8	1	2	37
06.30 - 06.45	260	38	1	4	299	166	15	0	2	181	61	10	0	1	71
06.45 - 07.00	347	42	1	5	390	225	38	0	0	263	63	11	0	0	74
07.00 - 07.15	268	41	1	5	310	204	43	0	0	247	45	13	0	0	58
07.15 - 07.30	263	41	3	3	307	219	34	0	2	253	52	8	0	0	60
07.30 - 07.45	245	35	4	3	284	217	33	0	2	250	60	17	0	0	77
07.45 - 08.00	285	38	2	4	325	271	39	0	0	310	65	14	0	1	79
16.00 - 16.15	330	50	3	3	383	323	42	1	2	366	104	32	2	0	138
16.15 - 16.30	349	45	2	2	396	380	49	0	2	429	106	33	0	0	139
16.30 - 16.45	337	51	2	4	390	392	53	2	4	447	109	31	1	1	141
16.45 - 17.00	351	50	7	1	408	403	51	0	2	454	111	34	1	0	146
17.00 - 17.15	336	49	1	3	386	382	50	1	0	433	101	31	0	0	132
17.15 - 17.30	286	54	1	2	341	336	40	0	0	376	80	21	0	0	101
17.30 - 17.45	252	35	2	2	289	387	55	0	1	442	112	21	0	0	133
17.45 - 18.00	226	48	3	2	277	280	35	0	3	315	98	27	1	0	126

Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS															
Lokasi		: Tungkak													
Lengan		: Timur													
Tanggal		: Senin, 20 Maret 2023													
Waktu	LT (Belok Kiri) (kend/jam)					ST (Lurus) (kend/jam)					RT (Belok Kanan) (kend/jam)				
	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total
06.00 - 06.15	79	14	1	2	94	79	9	2	0	90	182	23	2	1	207
06.15 - 06.30	96	7	0	0	103	134	14	0	2	148	212	53	2	2	267
06.30 - 06.45	166	17	0	3	183	206	21	0	6	227	260	72	6	1	338
06.45 - 07.00	251	21	2	1	274	266	34	1	3	301	302	36	3	1	341
07.00 - 07.15	170	34	0	3	204	256	40	1	0	297	260	48	2	1	310
07.15 - 07.30	164	19	0	2	183	263	30	1	1	294	293	61	0	3	354
07.30 - 07.45	209	16	1	2	226	226	35	0	2	261	256	36	0	5	292
07.45 - 08.00	147	61	1	0	209	237	32	1	1	270	268	45	5	0	318
16.00 - 16.15	258	36	2	2	296	265	54	5	0	324	101	33	3	3	137
16.15 - 16.30	341	44	1	2	386	306	57	3	0	366	110	24	2	2	136
16.30 - 16.45	356	47	2	2	405	328	53	1	1	382	124	26	0	7	150
16.45 - 17.00	342	42	0	1	384	315	58	4	1	377	121	31	1	0	153
17.00 - 17.15	326	43	0	0	369	307	60	4	2	371	128	24	1	3	153
17.15 - 17.30	272	30	0	2	302	222	39	1	1	262	129	45	2	2	176
17.30 - 17.45	213	30	2	1	245	364	43	6	0	413	114	40	2	2	156
17.45 - 18.00	221	32	0	6	253	233	44	0	0	277	130	37	2	2	169

Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS															
Lokasi		: Tungkak													
Lengan		: Selatan													
Tanggal		: Senin, 20 Maret 2023													
Waktu	LT (Belok Kiri) (kend/jam)					ST (Lurus) (kend/jam)					RT (Belok Kanan) (kend/jam)				
	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total
06.00 - 06.15	40	3	0	2	43	165	27	0	5	192	34	4	1	3	39
06.15 - 06.30	45	3	1	1	49	146	38	0	4	184	48	4	0	1	52
06.30 - 06.45	56	5	2	1	63	189	65	1	2	255	73	4	0	1	77
06.45 - 07.00	68	7	1	2	76	123	82	2	3	207	87	5	0	2	92
07.00 - 07.15	72	8	1	1	81	113	95	1	5	209	93	7	1	3	101
07.15 - 07.30	81	6	2	2	89	162	103	3	2	268	116	4	2	4	122
07.30 - 07.45	75	5	3	4	83	175	89	2	3	266	105	3	2	3	110
07.45 - 08.00	68	2	2	2	72	189	76	3	2	268	94	2	1	3	97
16.00 - 16.15	121	6	0	2	127	145	30	2	2	177	59	15	0	0	74
16.15 - 16.30	161	11	2	0	174	129	40	2	3	171	92	14	0	1	106
16.30 - 16.45	170	10	0	1	180	139	40	1	1	180	94	15	0	2	109
16.45 - 17.00	183	13	2	1	198	131	41	2	2	174	102	16	0	1	118
17.00 - 17.15	176	10	1	0	187	138	42	1	2	181	97	12	0	1	109
17.15 - 17.30	154	8	3	1	165	121	53	3	1	177	69	13	0	2	82
17.30 - 17.45	127	9	2	0	138	123	54	2	1	179	87	10	0	2	97
17.45 - 18.00	138	11	1	0	150	139	57	1	2	197	95	9	0	1	104

Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Senin)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS															
Lokasi		: Tungkak													
Lengan		: Barat													
Tanggal		: Senin, 20 Maret 2023													
Waktu	LT (Belok Kiri) (kend/jam)					ST (Lurus) (kend/jam)					RT (Belok Kanan) (kend/jam)				
	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total
06.00 - 06.15	119	24	0	3	143	81	10	3	5	94	2	4	2	5	8
06.15 - 06.30	244	47	0	4	291	175	27	0	2	202	23	1	3	0	27
06.30 - 06.45	294	69	1	5	364	227	32	4	3	263	45	4	1	1	50
06.45 - 07.00	296	45	0	2	341	318	43	1	2	362	72	10	1	1	83
07.00 - 07.15	328	54	0	0	382	243	46	3	1	292	50	11	1	0	62
07.15 - 07.30	378	66	3	0	447	295	36	4	2	335	49	8	1	1	58
07.30 - 07.45	315	37	0	3	352	373	34	4	2	411	52	3	0	1	55
07.45 - 08.00	384	48	2	2	434	320	38	4	3	362	59	12	2	0	73
16.00 - 16.15	291	58	1	0	350	211	50	1	3	262	79	18	1	1	98
16.15 - 16.30	335	40	3	2	378	297	51	5	2	353	75	18	2	0	95
16.30 - 16.45	346	47	0	1	393	316	41	2	1	359	78	21	0	2	99
16.45 - 17.00	337	44	2	0	383	325	52	3	0	380	79	15	1	1	95
17.00 - 17.15	361	44	1	2	406	323	42	4	3	369	73	13	2	0	88
17.15 - 17.30	325	38	3	1	366	242	38	1	0	281	58	16	0	0	74
17.30 - 17.45	214	33	1	3	248	227	42	2	3	271	47	12	1	1	60
17.45 - 18.00	114	32	2	1	148	204	36	1	1	241	44	11	0	0	55

Lampiran 2 Formulir Survei Volume Lalu Lintas (Sabtu)

Volume Lalu Lintas Lengan Utara (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS															
Lokasi		: Jokteng Wetan													
Lengan		: Utara													
Tanggal		: 18 Maret 2023													
Waktu	LT (Belok Kiri) (kend/jam)					ST (Lurus) (kend/jam)					RT (Belok Kanan) (kend/jam)				
	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total
06.00 - 06.15	111	13	3	10	127	78	11		5	89	16	3	1	3	20
06.15 - 06.30	114	13	6	1	133	96	23	1	4	120	26	5	1	1	32
06.30 - 06.45	171	20	1	16	192	103	18	0	12	121	29	9	0	7	38
06.45 - 07.00	144	16	3	3	163	129	2	0	1	131	33	5	0	4	38
07.00 - 07.15	140	19	2	4	161	138	25	2	1	165	23	5	0	3	28
07.15 - 07.30	218	21	3	15	242	204	30	3	2	237	43	8	0	1	51
07.30 - 07.45	238	29	2	19	269	181	30	0	5	211	40	11	0	0	51
07.45 - 08.00	234	26	3	7	263	240	34	3	16	277	57	8	0	1	65
16.00 - 16.15	277	50	1	4	328	290	62	1	10	353	96	24	0	0	120
16.15 - 16.30	279	62	4	1	345	283	52	0	9	335	109	25	0	4	134
16.30 - 16.45	274	52	1	10	327	336	60	3	2	399	115	36	2	1	153
16.45 - 17.00	256	52	2	2	310	271	57	1	4	329	101	25	1	0	127
17.00 - 17.15	264	46	2	3	312	295	59	0	6	354	111	33	0	4	144
17.15 - 17.30	187	37	2	2	226	227	66	2	3	295	132	12	0	0	144
17.30 - 17.45	147	42	2	3	191	176	64	3	3	243	46	9	1	0	56
17.45 - 18.00	147	49	3	3	199	182	54	4	0	240	57	19	0	0	76

Volume Lalu Lintas Lengan Timur (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS															
Lokasi		: Jokteng Wetan													
Lengan		: Timur													
Tanggal		: 18 Maret 2023													
Waktu	LT (Belok Kiri) (kend/jam)					ST (Lurus) (kend/jam)					RT (Belok Kanan) (kend/jam)				
	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total
06.00 - 06.15	78	8	15	18	101	60	9	1	10	70	3	1	1	0	5
06.15 - 06.30	124	19	0	7	143	131	20	4	8	155	3	1	0	1	4
06.30 - 06.45	151	25	0	12	176	127	9	1	6	137	2	1	0	4	3
06.45 - 07.00	162	29	0	10	191	123	17	2	4	142	19	5	1	5	25
07.00 - 07.15	180	21	0	6	201	147	22	3	4	172	29	2	0	4	31
07.15 - 07.30	212	39	0	9	251	197	32	1	2	230	45	9	1	3	55
07.30 - 07.45	322	43	5	9	370	266	31	8	8	305	68	13	3	2	84
07.45 - 08.00	211	26	3	7	240	304	52	4	11	360	42	6	0	2	48
16.00 - 16.15	215	47	1	8	263	274	61	5	0	340	84	6	1	3	91
16.15 - 16.30	173	47	2	2	222	210	43	5	1	258	83	19	1	2	103
16.30 - 16.45	207	64	3	3	274	143	39	6	0	188	38	9	1	4	48
16.45 - 17.00	206	69	1	2	276	212	28	7	3	247	77	17	0	3	94
17.00 - 17.15	144	37	0	1	181	245	48	1	1	294	79	14	1	0	94
17.15 - 17.30	150	48	1	0	199	250	57	9	1	316	62	14	1	0	77
17.30 - 17.45	107	51	1	0	159	104	51	11	1	166	22	14	1	0	37
17.45 - 18.00	87	64	0	0	151	151	40	8	8	199	43	22	4	0	69

Volume Lalu Lintas Lengan Selatan (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS															
Lokasi		: Jokteng Wetan													
Lengan		: Selatan													
Tanggal		: 18 Maret 2023													
Waktu	LT (Belok Kiri) (kend/jam)					ST (Lurus) (kend/jam)					RT (Belok Kanan) (kend/jam)				
	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total
06.00 - 06.15	29	4	1	4	34	114	33	3	14	150	28	1	0	0	29
06.15 - 06.30	22	0	1	14	23	126	28	1	10	155	35	4	1	2	40
06.30 - 06.45	25	2	1	9	28	134	97	2	8	233	41	2	1	3	44
06.45 - 07.00	18	3	0	12	21	133	94	2	11	229	48	3	2	4	53
07.00 - 07.15	26	2	2	11	30	146	109	2	16	257	51	4	1	3	56
07.15 - 07.30	31	1	1	13	33	144	116	3	9	263	63	2	2	1	67
07.30 - 07.45	23	2	1	15	26	159	121	2	7	282	67	3	1	3	71
07.45 - 08.00	28	2	1	13	31	177	126	3	6	306	71	2	2	4	75
16.00 - 16.15	64	20	1	3	85	122	34	2	1	158	45	8	0	0	53
16.15 - 16.30	102	15	0	1	117	133	41	3	0	177	52	11	1	2	64
16.30 - 16.45	116	13	2	1	131	151	43	2	2	196	64	13	1	1	78
16.45 - 17.00	123	14	1	2	138	171	62	2	1	235	71	12	2	1	85
17.00 - 17.15	131	12	2	3	145	152	74	3	2	229	78	17	1	2	96
17.15 - 17.30	146	14	3	1	163	174	83	2	1	259	84	16	2	1	102
17.30 - 17.45	154	15	2	1	171	216	88	3	2	307	91	21	2	1	114
17.45 - 18.00	167	13	2	1	182	223	87	1	1	311	97	19	1	2	117

Volume Lalu Lintas Lengan Barat (Sabtu)

FORMULIR SURVEI VOLUME LALU LINTAS															
Lokasi		: Jokteng Wetan													
Lengan		: Barat													
Tanggal		: 18 Maret 2023													
Waktu	LT (Belok Kiri) (kend/jam)					ST (Lurus) (kend/jam)					RT (Belok Kanan) (kend/jam)				
	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total	MC	LV	HV	UM	Total
06.00 - 06.15	70	16	5	9	91	65	9	1	11	75	19	3	1	0	23
06.15 - 06.30	135	18	0	5	153	125	16	5	7	146	22	4	1	0	27
06.30 - 06.45	172	27	0	12	199	156	12	1	5	169	37	3	2	6	42
06.45 - 07.00	174	27	0	6	201	147	14	2	9	163	38	4	2	6	44
07.00 - 07.15	167	17	0	4	184	176	24	3	6	203	33	4	0	3	37
07.15 - 07.30	203	39	0	8	242	256	34	0	4	290	56	11	1	2	68
07.30 - 07.45	285	44	1	7	330	333	36	4	17	373	52	6	2	1	60
07.45 - 08.00	308	34	4	6	346	379	53	2	3	434	97	11	1	2	109
16.00 - 16.15	212	56	1	3	269	275	55	5	2	335	109	11	0	0	120
16.15 - 16.30	204	47	3	0	254	309	62	5	1	376	107	23	0	0	130
16.30 - 16.45	218	63	0	2	281	211	42	6	0	259	52	9	1	3	62
16.45 - 17.00	229	68	1	1	298	272	62	6	2	340	89	20	0	2	109
17.00 - 17.15	183	39	0	2	222	238	42	0	0	280	77	15	1	0	93
17.15 - 17.30	164	46	1	0	211	219	53	6	1	278	72	18	0	0	90
17.30 - 17.45	103	54	0	0	157	118	45	12	1	175	30	14	1	0	45
17.45 - 18.00	77	58	0	0	135	137	45	5	1	187	42	19	4	0	65

Lampiran 3 Formulir Survei *Driving Behavior* (Senin)

Formulir *Driving Behavior* Pagi Lengan Utara-Timur (Senin)

FORMULIR SURVEI DRIVING BEHAVIOR														
Lokasi : <i>Simpang Jukung Neton</i> Lengan : <i>Utara Timur</i> Tanggal : <i>20-03-2023, Senin</i> Sesi : <i>Pagi</i>														
No.	BERGERAK				BERHENTI				No.	LV/HV				
	MC	LV/HV		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)	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)
1	100	80	220		64	80	180		1					
2	110	65	310		62	71	170		2					
3	120	75	210		73	65	98		3					
4	95	85	180		57	78	98		4					
5									5					
6									6					
7									7					
8									8					
9									9					
10	120	90	220	98	54	62	118		10				118	73
11	110	85	230		65	71	107		11				85	85
12	95	80	300		42	54	15		12				15	76
13	120	95	250		68	52	95		13				95	88
14									14					
15									15					
16									16					
17									17					
18									18					
19									19					
20									20					
21									21					
22									22					
23									23					
24									24					
25									25					
26									26					
27									27					
28									28					
29									29					
30									30					
Rata-rata									Rata-rata					

Formulir *Driving Behavior* Pagi Lengan Selatan-Barat (Senin)

FORMULIR SURVEI DRIVING BEHAVIOR											
Lokasi : <i>Jalur Widas</i>											
Lengan : <i>Sel-Barat</i>											
Tanggal : <i>Senin, 20 Nov 2023</i>											
Sesi : <i>Pagi</i>											
No.	BERGERAK				BERHENTI				LV/HV		
	MC		LV/HV		MC		LV/HV		Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	Lateral (cm)
	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	No.	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)
1	200	100	1000		40	30	600		1		
2	200	100	600		120	30	300		2		
3	200	150	600		0		200		3		
4	200	150	400	100	40	50	150		4		
5					0	100	150		5		
6									6		
7									7		
8									8		
9									9		
10									10		
11									11		
12									12		
13									13		
14	150	100	300	150	30	100	300		14		
15	200	150	500	200	90	150	70		15		
16	300	100			0	150	300		16		
17					30	50	300		17		
18					0	50	100		18		
19									19		
20									20		
21									21		
22									22		
23									23		
24									24		
25									25		
26									26		
27									27		
28									28		
29									29		
30									30		
Rata-rata										Rata-rata	

Formulir *Driving Behavior* Sore Lengan Utara-Timur (Senin)

FORMULIR SURVEI DRIVING BEHAVIOR													
Lokasi : <i>Jombang Weitan</i>													
Lengan : <i>U-T</i>													
Tanggal : <i>20-03-2023</i>													
Sesi : <i>Sore</i>													
No.	BERGERAK			LVHV			No.	BERHENTI			LVHV		
	MC	MC	MC	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	Lateral (cm)		Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	Lateral (cm)	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	
1							1						
2							2						
3							3						
4							4						
5							5						
6							6						
7							7						
8							8						
9							9						
10							10						
11							11						
12							12						
13							13						
14							14						
15							15						
16							16						
17							17						
18							18						
19							19						
20							20						
21							21						
22							22						
23							23						
24							24						
25							25						
26							26						
27							27						
28							28						
29							29						
30							30						
Rata-rata							Rata-rata						

Lampiran 4 Formulir Survei *Driving Behavior* (Sabtu)Formulir *Driving Behavior* Pagi Lengan Utara-Timur (Sabtu)

FORMULIR SURVEI DRIVING BEHAVIOR											
Lokasi : Simpang Jombang Wilton											
Lengan : Utara-Timur											
Tanggal : Sabtu, 18-03-2023											
Sesi : Pagi											
No.	BERGERAK				No.	BERHENTI					
	MC		LV/HV			MC		LV/HV			
	Depan Belakng (cm)	Lateral (cm)	Depan Belakng (cm)	Lateral (cm)		Depan Belakng (cm)	Lateral (cm)	Depan Belakng (cm)	Lateral (cm)		
1	120	60	300	80	1	65	62	193	70		
2	190	60	300		2	70	65	120	100		
3	80	70	220		3	40	60	80	96		
4					4						
5	100	50	110	100	5	40	62	80	90		
6	80	70	200	90	6	65	20	60	86		
7	120	100	210	90	7	50	40	100	92		
8					8				60		
9					9						
10					10						
11					11						
12					12						
13					13						
14					14						
15					15						
16					16						
17					17						
18					18						
19					19						
20					20						
21					21						
22					22						
23					23						
24					24						
25					25						
26					26						
27					27						
28					28						
29					29						
30					30						
Rata-rata					Rata-rata						

Formulir *Driving Behavior* Pagi Lengan Selatan-Barat (Sabtu)

FORMULIR SURVEI DRIVING BEHAVIOR													
Lokasi : <u>Sumbing Wetan</u>													
Lengan : <u>Barat - Selatan</u>													
Tanggal : <u>18/03/2023</u>													
Sesi : <u>Pagi</u>													
No.	BERGERAK				BERHENTI				LV/HV				
	MC		LV/HV		MC		LV/HV		Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)	No.	Depan Belakang (cm)	Lateral (cm)
1	25	100			20	70	200		1		20	70	200
2	30	110	150				100		2			100	100
3	50		300			150			3			150	
4	100		500	60	50				4		50		150
5	40	80	200	70	100				5		100	50	80
6		40	100			130			6		130	50	250
7	50	40			20	40			7		20	40	300
8			300	100	20	40			8		20	40	150
9			150	250	20	40			9		20	40	
10			450 200		30	50			10		30	50	
11					20	90			11		20	90	
12									12				
13									13				
14	20	50	400		30	50			14		30	50	300
15	20	100	300		30	60			15		30	60	250
16	20	100	500		30	40			16		30	40	150
17	20	100	700		20	150			17		20	150	150
18			150 300	100	30	100			18		30	100	200
19			000		20	100			19		20	100	200
20									20				
21									21				
22									22				
23									23				
24									24				
25									25				
26									26				
27									27				
28									28				
29									29				
30									30				
Rata-rata										Rata-rata			

Formulir *Driving Behavior* Sore Lengan Utara-Timur (Sabtu)

FORMULIR SURVEI DRIVING BEHAVIOR												
Lokasi : <i>Simpang Sukseng Witan</i>												
Lengan : <i>Utara - Timur</i>												
Tanggal : <i>Sabtu, 18-03-2023</i>												
Sesi : <i>Sore</i>												
No.	BERGERAK				LV/HV				BERHENTI			
	MC		LV/HV		MC		LV/HV		MC		LV/HV	
	Depan Bolakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Bolakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Bolakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Bolakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Bolakang (cm)	Lateral (cm)	Depan Bolakang (cm)	Lateral (cm)
1	110	80	115	90	40	62	60	80	38	63	80	63
2	60	70	130	120	34	56	32	52	36	42	33	65
3	75	60	150	70								
4												
5												
6	80	60	120	110	60	46	94	64	5	54	81	78
7	75	80	220	90	6	42	74	54	12	35	62	50
8	70	100	130	130								
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
Rata-rata												

Lampiran 5 Formulir Survei Panjang Antrian (Senin)

Formulir Panjang Antrian Pagi Lengan Utara (Senin)

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi : Simpang Jukteng Wetan			
Lengan : Utara			
Tanggal : Senin, 20 Maret 2023			
Sesi : Pagi			
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
06.00	18	07.10	34
06.02	15	07.12	42
06.04	20	07.14	38
06.08	16	07.15	47
06.10	21	07.17	54
06.12	18	07.19	48
06.14	19	07.21	37
06.16	15	07.23	58
06.18	18	07.25	65
06.20	16	07.27	57
06.22	22	07.29	61
06.24	20	07.30	42
06.26	24	07.32	46
06.28	23	07.33	58
06.30	22	07.35	54
06.32	18	07.37	34
06.34	32	07.39	31
06.36	34	07.41	62
06.38	46	07.42	57
06.40	52	07.44	65
06.42	53	07.46	73
06.44	56	07.48	71
06.46	64	07.50	68
06.48	66	07.51	72
06.50	72	07.53	63
06.52	73	07.54	62
06.53	73	07.55	71
06.55	36	07.57	61
06.57	56	07.58	58
06.59	44	08.00	62
07.01	46	08.01	34
07.03	34		
07.05	35		
07.06	42		
07.08	31		

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi : Simpang Jombang Wetan			
Lengan : Utara			
Tanggal : 20-03-2023			
Sesi : Sore			
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
16.30	160	17.50	40
16.32	96	17.53	70
16.34	140	17.55	40
16.37	150	17.57	80
16.39	185	18.00	80
16.41	120		
16.44	150		
16.46	120		
16.48	110		
16.50	100		
16.53	80		
16.55	70		
16.57	85		
17.00	70		
17.02	70		
17.04	90		
17.07	80		
17.09	75		
17.11	75		
17.13	50		
17.16	50		
17.18	70		
17.20	70		
17.23	80		
17.25	90		
17.27	60		
17.30	55		
17.32	60		
17.34	50		
17.37	75		
17.39	60		
17.41	70		
17.43	55		
17.46	90		
17.48	75		

Formulir Panjang Antrian Pagi Lengan Timur (Senin)

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi : JOGJENGG WETAN			
Lengan : TIMUR			
Tanggal : 20/03/2023			
Sesi : Pagi			
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
6.02	31	7.10	53
6.04	28	7.12	55
6.06	18	7.14	42
6.08	33,5	7.16	41
6.10	26	7.18	39
6.12	20	7.20	56
6.14	25	7.22	52
6.16	32	7.24	41
6.18	26	7.26	59
6.20	33,5	7.28	38
6.22	28	7.30	56
6.24	22	7.32	40
6.26	30	7.34	35
6.28	36	7.36	33,5
6.30	30	7.38	40
6.32	32	7.40	37
6.34	28	7.42	38
6.36	29	7.44	35
6.38	30	7.46	33,5
6.40	34	7.48	51
6.42	41	7.50	38
6.44	46	7.52	42
6.46	55	7.54	40
6.48	41	7.56	39
6.50	39	7.58	42
6.52	35	8.00	37
6.53	38	8.02	41
6.54	44		
6.56	38		
6.58	36		
7.00	41		
7.02	26		
7.04	43		
7.06	39		
7.08	33,5		

Formulir Panjang Antrian Sore Lengan Timur (Senin)

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi : Jogjoneg utara			
Lengan : Timur			
Tanggal : 20/03/2023			
Sesi : Sore			
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
3.59	80	5.49	40
4.02	95	5.47	39
4.05	100	5.50	40
4.08	90	5.53	45
4.11	120	5.56	37
4.14	110	5.59	39
4.17	70	6.02	40
4.20	85	6.05	70
4.23	85	6.08	65
4.26	170		
4.29	100		
4.32	90		
4.35	90		
4.38	100		
4.41	80		
4.44	85		
4.47	90		
4.50	90		
4.53	100		
4.56	110		
4.59	115		
5.02	110		
5.05	120		
5.08	50		
5.11	80		
5.14	85		
5.17	70		
5.20	80		
5.23	75		
5.26	80		
5.29	45		
5.32	70		
5.35	45		
5.38	39		
5.41	37		

Formulir Panjang Antrian Pagi Lengan Selatan (Senin)

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi : Lampu merah Jukteng			
Lengan : Selatan			
Tanggal : 20 Maret 2023			
Sesi : Pagi			
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
06.01	22	07.01	39
06.03	24	07.03	31
06.05	27	07.05	36
06.07	16	07.07	45
06.08	25	07.09	51
06.09	23	07.11	46
06.11	31	07.13	53
06.13	36	07.15	55
06.15	32	07.17	51
06.17	28	07.19	49
06.19	25	07.21	43
06.21	21	07.23	49
06.23	42	07.25	45
06.25	45	07.27	52
06.27	38	07.29	46
06.29	43	07.31	41
06.31	48	07.33	36
06.33	37	07.35	38
06.35	43	07.37	37
06.37	46	07.39	62
06.39	42	07.41	56
06.41	38	07.43	58
06.43	40	07.45	32
06.45	46	07.47	15
06.47	49	07.49	39
06.49	33	07.51	37
06.51	37	07.53	32
06.53	38	07.55	29
06.55	43	07.57	31
06.57	45	07.59	29
06.59	32	08.01	28

Formulir Panjang Antrian Pagi Lengan Barat (Senin)

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi : SILWANGI JOKTENG WETAN			
Lengan : Barat			
Tanggal : 20/03/2023			
Sesi : Pagi (06.00 - 08.00)			
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
06.08	8	07.14	60
06.09	9	07.16	35
06.11	4.5	07.17	15
06.13	15	07.19	56
06.15	30,1	07.21	65
06.17	40 42	07.23	62
06.19	26	07.25	45
06.21	12	07.27	35
06.23	10	07.29	60
06.25	42	07.31	50
06.27	41	07.33	60
06.29	60	07.35	55
06.31	30	07.37	20
06.33	22	07.39	55
06.35	22	07.41	65
06.36	55	07.43	53
06.38	62	07.45	25
06.40	65	07.46	63
06.42	72	07.48	65
06.44	48	07.50	75
06.46	45	07.51	40
06.48	51	07.53	45
06.50	60	07.55	30
06.52	55	07.57	60
06.54	60	07.59	35
06.56	51	08.00	52
06.58	55		
06.59	56		
07.01	53		
07.03	51		
07.05	60		
07.06	60		
07.08	65		
07.10	60		
07.12	52		

Formulir Panjang Antrian Sore Lengan Barat (Senin)

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi		: SIMPANG JORONG WETAN	
Lengan		: BARAT	
Tanggal		: 20 / 03 / 2022	
Sesi		: SORE (16.00 - 18.00)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
16.08	ACA ASUTANSI (100)	17.17	66
16.10	70	17.19	53
16.12	69	17.21	60
16.14	ACA ASUTANSI (100)	17.23	61
16.16	100	17.25	32
16.18	103	17.27	48
16.20	98	17.29	84
16.22	105	17.31	62
16.24	70	17.33	55
16.26	50	17.35	50
16.28	52	17.37	52
16.30	105	17.39	66
16.32	54	17.42	115
16.34	49	17.44	105
16.36	54	17.46	49
16.38	70	17.48	95
16.40	100	17.51	94
16.42	105	17.53	64
16.44	45	17.55	70
16.46	56	17.57	59
16.48	54	17.59	33
16.50	49		
16.52	70		
16.54	55		
16.56	64		
16.58	72		
17.00	50		
17.02	65		
17.04	75		
17.06	48		
17.08	60		
17.10	70		
17.12	65		
17.14	100		
17.15	56		

Lampiran 6 Formulir Survei Panjang Antrian (Sabtu)

Formulir Panjang Antrian Pagi Lengan Utara (Sabtu)

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi : Joleeng			
Lengan : Utara			
Tanggal : 18/03/2023.			
Sesi : pagi			
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
06.54	19	07.58	47
06.56	27	08.00	40
06.58	28	08.01	40
06 07.00	28 30	08.04	38
07.02	15	08.06	30
07.04	28	08.08	30
07.06	20	08.09	45
07.07	30	08.11	30
07.09	20	08.13	37
07.11	15	08.14	40
07.13	28 38	08.16	25
07.15	20	08.18	40
07.16	21	08.20	50
07.18	25	08.22	40
07.20	30	08.23	35
07.22	35	08.25	45
07.24	40	08.27	55
07.26	30 30	08.29	40
07.27	45	08.31	25
07.29	52		
07.31	25		
07.33	20		
07.35	20		
07.37	25		
07.38	28		
07.40	30		
07.42	45		
07.44	35		
07.46	20		
07.48	20		
07.50	40		
07.51	35		
07.53	40		
07.54	30		
07.56	50		

Formulir Panjang Antrian Sore Lengan Utara (Sabtu)

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi : JOKTENG WETAN			
Lengan : UTARA			
Tanggal : 18-05-2023			
Sesi : SORE			
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
16.16	70	17.36	68
16.18	70	17.38	76
16.20	100	17.41	65
16.22	75	17.43	52
16.25	60	17.45	45
16.27	96	17.48	48
16.30	107	17.50	42
16.32	100	17.52	56
16.34	85	17.55	47
16.36	119	17.57	36
16.39	86	17.59	48
16.41	108	18.02	
16.43	83		
16.45	66		
16.48	74		
16.50	60		
16.53	76		
16.55	97		
16.57	97		
17.00	106		
17.02	98		
17.04	74		
17.07	72		
17.09	78		
17.11	76		
17.13	61		
17.15	60		
17.18	71		
17.20	62		
17.22	65		
17.25	76		
17.27	56		
17.30	58		
17.32	73		
17.34	70		

Formulir Panjang Antrian Pagi Lengan Timur (Sabtu)

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi : JOGJEMA WETAN			
Lengan : TIMUR			
Tanggal : 18/03/2023			
Sesi : PAKI			
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
6.53	32	8.03	43
6.55	23.7	8.05	31
6.57	4.8	8.07	41
6.59	15	8.09	40
7.01	14	8.11	38.5
7.03	34	8.13	35
7.05	32	8.15	37
7.07	21	8.17	40
7.09	34	8.19	35
7.11	30	8.21	39
7.13	33.5	8.23	36
7.15	35	8.25	45
7.17	22	8.27	33.5
7.19	37	8.29	41
7.21	33.5	8.31	43
7.23	35	8.33	45
7.25	16		
7.27	29		
7.29	30		
7.30	38		
7.32	36		
7.34	31		
7.36	28		
7.38	41		
7.41	33.5		
7.43	27		
7.45	33.5		
7.47	47		
7.49	37		
7.51	33.5		
7.53	45		
7.55	38		
7.57	36		
7.59	30		
8.01	32		

Formulir Panjang Antrian Sore Lengan Timur (Sabtu)

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi : <u>DEKAT TENG WETAN</u>			
Lengan : <u>TIMUR</u>			
Tanggal : <u>18/03/2023</u>			
Sesi : <u>SORE 16.00 - 18.00</u>			
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
16.02	155	17.33	80
16.05	140	17.35	85
16.08	165	17.37	90
16.11	150	17.39	80
16.14	170	17.41	70
16.17	165	17.43	90
16.20	181	17.45	85
16.22	160	17.47	80
16.25	175	17.49	80
16.28	155	17.51	80
16.31	160	17.53	100
16.34	165	17.55	85
16.37	190	17.57	80
16.40	210	17.59	85
16.43	230	18.01	90
16.46	220	18.03	80
16.49	120	18.05	85
16.52	120		
16.55	160		
16.58	170		
17.01	160		
17.04	140		
17.07	120		
17.09	135		
17.11	120		
17.13	125		
17.15	110		
17.17	100		
17.19	100		
17.21	95		
17.23	80		
17.25	95		
17.27	95		
17.29	80		
17.31	85		

Formulir Panjang Antrian Pagi Lengan Selatan (Sabtu)

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi : Jangteny wahn			
Lengan : Selatan			
Tanggal : 10-03-2023			
Sesi : 1			
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
06.58	26	07.59	45
06.55	21	07.56	29
06.57	32	07.58	41
06.59	36	08.00 07.59	49
07.00	43	08.01	33
07.01	48	08.03	36
07.03	42	08.05	53
07.05	39	08.06	29
07.07	41	08.08	43
07.09	52	08.10	55
07.11	30	08.12	38
07.12	50	08.14	49
07.14	45	08.15	59
07.16	22	08.17	57
07.17	28	08.19	32
07.19	10	08.21	39
07.19	46	08.23	19
07.21	49	08.24	45
07.23	30	08.26	28
07.25	33	08.28	32
07.27	43	08.30	41
07.29	16		
07.31	39		
07.32	36		
07.34	49		
07.36	38		
07.37	33		
07.39	44		
07.41	52		
07.43	50		
07.45	43		
07.47	52		
07.49	46		
07.51	59		
07.53	58		

Formulir Panjang Antrian Sore Lengan Selatan (Sabtu)

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi : Jarkeng Wetan			
Lengan : Selatan			
Tanggal : 18-03-2023			
Sesi : Pagi Sore			
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
16.13	80	17.38	153
16.17	254	17.40	259
16.20	142	17.43	251
16.23	142	17.45	257
16.27	145	17.47	151
16.29	158	17.49	146
16.31	180	17.51	160
16.34	252	17.53	232
16.36	179	17.55	148
16.38	248	17.59	255
16.40	165	18.01	192
16.42	146		153
16.45	110		
16.47	132		
16.49	177		
16.52	195		
16.54	182		
16.56	244		
16.59	241		
17.01	185		
17.03	160		
17.05	250		
17.08	245		
17.10	257		
17.12	248		
17.15	258		
17.17	251		
17.19	165		
17.22	148		
17.24	162		
17.26	254		
17.29	151		
17.31	183		
17.33	257		
17.36	248		

Formulir Panjang Antrian Pagi Lengan Barat (Sabtu)

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi	Jukung Watun		
Lengan	Barat		
Tanggal	18 Maret 2023		
Sesi	Pagi		
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
06.52	35 35	08.02	31
07.00	34 34	08.03	52
07.02	45 15	08.05	40
07.04	21 21	08.07	41
07.06	08 8	08.09	27
07.08	45 75	08.11	40
07.10	21 21	08.13	45
07.11	45 15	08.15	35
07.13	15	08.16	53
07.15	32	08.18	20
07.17	33	08.20	35
07.18	42	08.21	34
07.20	35	08.23	41
07.22	20	08.25	26
07.24	38	08.27	31
07.26	40	08.29	28
07.27	22	08.30	36
07.29	26		
07.31	21		
07.33	15		
07.34	43		
07.36	53		
07.38	57		
07.40	40		
07.42	35		
07.43	33		
07.45	41		
07.47	45		
07.49	36		
07.51	35		
07.53	36		
07.54	45		
07.56	48		
07.58	40		
08.00	23		

Formulir Panjang Antrian Sore Lengan Barat (Sabtu)

FORMULIR SURVEI PANJANG ANTRIAN			
Lokasi	: Jukteng Wetan		
Lengan	: Barat		
Tanggal	: 18 Maret 2023		
Sesi	: Sore		
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
16.21	73	16.41	46
16.23	68	16.43	40
16.25	70	16.45	60
16.27	73	16.47	50
16.29	80	16.49	48
16.32	70	16.51	43
16.34	63	17.54	40
16.36	55	17.56	51
16.38	50	17.58	43
16.40	45	18.02	27
16.43	53		
16.46	20		
16.48	62		
16.51	100		
16.53	54		
16.55	50		
16.57	61		
16.59	48		
17.02	45		
17.04	45		
17.07	51		
17.09	54		
17.11	43		
17.13	40		
17.15	43		
17.17	50		
17.20	52		
17.22	48		
17.24	45		
17.26	35		
17.29	30		
17.31	50		
17.34	80		
17.36	53		
17.38	45		