

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KINERJA SIMPANG 4 APILL JLAGRAN
LOR AKIBAT PENGARUH PEDESTRIANISASI DI
KAWASAN MALIOBORO
(*PERFORMANCE EVALUATION OF THE JLAGRAN
LOR 4 SIGNALIZED INTERSECTION DUE TO THE
IMPACT OF THE PEDESTRIANIZATION ON THE
MALIOBORO AREA*)**

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



**Muhammad Bintang Satria Sambujo
20511326**

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

2025

TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA SIMPANG 4 APILL JLAGRAN LOR AKIBAT PENGARUH PEDESTRIANISASI DI KAWASAN MALIOBORO (*PERFORMANCE EVALUATION OF THE JLAGRAN LOR 4 SIGNALIZED INTERSECTION DUE TO THE IMPACT OF THE PEDESTRIANIZATION ON THE MALIOBORO AREA*)

Disusun oleh

Muhammad Bintang Satria Sambujo
20511326

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



Diuji pada tanggal 20 Februari 2025

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

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

Penguji 1

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

Penguji 2

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

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Yonalia Muntali S.T., M.T., Ph.D. (Eng). IPM
NIK: 095110101

25/2/2025

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, Februari 2025

Yang membuat pernyataan



Muhammad Bintang Satria Sambujo
(20511326)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk Ibu Dewi, Om Wisnu, Tante Aisyah, serta keluarga besar Mbah Karsono. Semua ini karena doa, serta dukungan yang diberikan sehingga penulis bisa melangkah sejauh ini.

وَلَقَدْ آتَيْنَا لُقْمَانَ الْحِكْمَةَ أَنْ اشْكُرْ لِلَّهِ وَمَنْ يَشْكُرْ فَإِنَّمَا يَشْكُرُ لِنَفْسِهِ وَمَنْ كَفَرَ فَإِنَّ
اللَّهَ غَنِيٌّ حَمِيدٌ

"Dan sungguh, telah Kami berikan hikmah kepada Lukman, yaitu, "Bersyukurlah kepada Allah! Dan barangsiapa bersyukur (kepada Allah), maka sesungguhnya dia bersyukur untuk dirinya sendiri; dan barangsiapa tidak bersyukur (kufur), maka sesungguhnya Allah Mahakaya, Maha Terpuji." (Luqman Ayat 12)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat serta hidayah yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang memiliki judul Evaluasi Kinerja Simpang 4 Apil Jlagran Lor Akibat Pengaruh Pedestrianisasi di Kawasan Malioboro. Tugas ini merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi srata satu prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Alhamdulillah setelah melalui berbagai macam hambatan, akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan berbagai macam saran kritik, serta koreksi dari beberapa pihak. Berkaitan dengan itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-sebesarnya kepada :

1. Bapak Prayogo Afang Prayitno S.T., M.Sc. selaku dosen Pembimbing tugas Akhir yang telah memberi nasihat, bimbingan, serta dorongan kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.
2. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen penguji sidang tugas akhir penulis
3. Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji sidang tugas akhir penulis
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, ST., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM. selaku ketua Jurusan Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Bang Kenken yang membantu mengajarkan dan memberi pengarahan pada penulis.
6. Ismoyo, Dzubiyan, Wisnu, Sadanu, Algifari, Faisal, Yudha, dan Aminah yang membantu dalam pengambilan data dan penulisan Naskah TA ini.

Akhir dari pengantar ini semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pihak yang membacanya.

Wassalamualikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, Februari 2025

Muhammad Bintang Satria Sambujo
(20511326)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal	5
2.2 Evaluasi Penerapan Pedestrianisasi	6
2.3 Peningkatan Kinerja Simpang APILL	7
2.4 Pemodelan Simpang Menggunakan Vissim	8
2.5 Perbandingan Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya	10
BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Persimpangan Jalan	15
3.2 Jenis Persimpangan	16
3.3 Simpang APILL	18
3.4 Tingkat Pelayanan	32

3.5 PTV VISSIM	34
3.6 Pedestrianisasi	37
BAB IV METODE PENELITIAN	38
4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	38
4.2 Data Penelitian	39
4.3 Metode Pengambilan Data	40
4.4 Alat Penelitian	42
4.5 Metode Penelitian	43
4.6 Tahap Penelitian	45
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	49
5.1 Data Hasil Survei	49
5.1.1 Data Geometri Simpang	49
5.1.2 Data Volume Eksisting Lalu Lintas	50
5.1.3 Data Persinyalan Lalu Lintas	52
5.1.4 Data Kecepatan Kendaraan	53
5.1.5 Data Panjang Antrean	53
5.1.6 Data <i>Driving Behaviour</i>	54
5.1.7 Data Volume Bki ke Jalan Malioboro	55
5.2 Data Sekunder	56
5.3 Analisis Simpang Eksisting Berdasarkan PKJI 2023	56
5.3.1 Perhitungan Volume Lalu Lintas	56
5.3.2 Jumlah Arus Kendaraan	59
5.3.3 Data Lebar Efektif Lengan	61
5.3.4 Perhitungan Arus Jenuh Dasar	61
5.3.5 Penentuan Faktor Koreksi	61
5.3.6 Perhitungan Nilai Arus Jenuh	65
5.3.7 Waktu Siklus Eksisting	66
5.3.8 Waktu Hijau	66
5.3.9 Perhitungan Kapasitas	67
5.3.10 Perhitungan Derajat Kejenuhan	67
5.3.11 Perhitungan Panjang Antrean	68

5.3.12 Perhitungan Rasio Kendaraan Terhenti	71
5.3.13 Tundaan	73
5.3.14 Penentuan Tingkat Pelayanan	76
5.4 Pemodelan VISSIM Eksisting Simpang 4 APILL Jlagran Lor	77
5.4.1 Hasil Pemodelan sebelum kalibrasi (<i>Default</i>)	77
5.4.2 Hasil pemodelan setelah dilakukan kalibrasi	79
5.4.3 Perbandingan antara sebelum dan sesudah dilakukannya kalibrasi	82
5.5 Perbandingan Analisis Eksisting PKJI 2023 dengan PTV VISSIM	83
5.6 Analisis Simpang Pasca Pedestrianisasi Malioboro	84
5.5.1 Perhitungan Volume Lalu Lintas	85
5.5.2 Jumlah Arus Kendaraan Pasca Pedestrianisasi	87
5.5.3 Perhitungan Nilai Arus Jenuh Pasca Pedestrianisasi	89
5.5.4 Waktu Siklus Eksisting	89
5.5.5 Waktu Hijau	89
5.5.6 Rekap Penilaian Kinerja Pasca Pedestrianisasi	89
5.5.7 Penentuan Tingkat Pelayanan	91
5.5.8 Rekapitulasi Pemodelan VISSIM Pasca Pedestrianisasi	91
5.7 Alternatif Solusi	92
5.7.1 Perubahan Waktu Siklus dari 114 Detik Menjadi 71 Detik	92
5.7.2 Penambahan B_{KIJT} pada Lengan Timur	93
5.7.3 Penambahan B_{KIJT} pada Lengan Timur dan Penyesuaian Waktu Siklus	95
5.7.4 B_{KIJT} di Lengan Timur, Penyesuaian Waktu Siklus, Pengoptimalan F_{HS}	97
5.8 Pembahasan Kinerja Simpang APILL Jlagran Lor	98
5.8.1 Perbandingan Antar Nilai Derajat Kejenuhan	98
5.8.2 Perbandingan Antar Nilai Panjang Antrean	99
5.8.3 Perbandingan Nilai Tundaan	100
5.8.4 Perbandingan Kinerja Simpang	100
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	103
6.1 Kesimpulan	103
6.2 Saran	104
DAFTAR PUSTAKA	105

LAMPIRAN	108
LAMPIRAN 1	109
LAMPIRAN 2	133

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya	11
Tabel 3. 1 Tipe Pendekat	19
Tabel 3. 2 Angka Ekuivalensi Mobil Penumpang pada Simpang Bersinyal	22
Tabel 3. 3 Faktor Koreksi Ukuran Kota	23
Tabel 3. 4 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping	23
Tabel 3. 5 Waktu Siklus yang Layak	27
Tabel 3. 6 Tingkat Pelayanan Pada Simpang	33
Tabel 3. 7 Ketentuan Nilai Error Rumus Statistik GEH	36
Tabel 5. 1 Data Geometri Simpang	49
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Data Volume Lalu Lintas Simpang Jlagran Lor	51
Tabel 5. 3 Data Sinyal Simpang Jlagran Lor	52
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Data Rata-rata Kecepatan Kendaraan	53
Tabel 5. 5 Data Panjang Antrean	53
Tabel 5. 6 Data Driving Behaviour Lengan Timur	54
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Data Volume Bki ke Jalan Malioboro	55
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Simpang 4 APILL Jlagran LOR	58
Tabel 5. 9 Rekap Perhitungan Arus dan Rasio Belok Eksisting	60
Tabel 5. 10 Tabel Rekapitulasi Kinerja Eksisting Simpang Jlagran Lor	76
Tabel 5. 11 Nilai Perubahan Driving Behaviour Setelah Kalibrasi	79
Tabel 5. 12 Perbandingan VISSIM sebelum dan Sesudah Kalibrasi	82
Tabel 5. 13 Perbandingan Hasil Antara PKJI 2023 dan PTV VISSIM	84
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Simpang 4 Pasca Pedestrianisasi	85
Tabel 5. 15 Rekap Perhitungan Arus dan Rasio Belok Pasca Pedestrianisasi	88
Tabel 5. 16 Rekap Perhitungan Nilai Arus Jenuh Setiap Lengan	89
Tabel 5. 17 Rekap Penilaian Pasca Pedestrianisasi	90
Tabel 5. 18 Rekapitulasi Pemodelan VISSIM Pasca Pedestrianisasi	91
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Fase APILL Alternatif 1 Sebelum dan Sesudah	92
Tabel 5. 20 Rekapitulasi Hasil Pemodelan VISSIM Waktu Siklus 71 Detik	93

Tabel 5. 21 Rekapitulasi Fase APILL Alternatif 2	94
Tabel 5. 22 Rekapitulasi Hasil VISSIM Alternatif 2	95
Tabel 5. 23 Rekapitulasi Fase APILL Alternatif 3	95
Tabel 5. 24 Rekapitulasi Hasil VISSIM Alternatif 3	96
Tabel 5. 25 Rekap Perhitungan Kapasitas pada Setiap Lengan	97
Tabel 5. 26 Nilai D_j Setelah Pengoptimalan Hambatan Samping	98
Tabel 5. 27 Perbandingan Kinerja Simpang 4 APILL Jlagran Lor	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Suasana Lalu Lintas Simpang Empat Jl.Jlagran	3
Gambar 3. 1 Grafik BSH Pemilihan Jenis Persimpangan	16
Gambar 3. 2 Jenis Persimpangan Jalan Sebidang	17
Gambar 3. 3 Jenis Persimpangan Jalan Tak Sebidang	18
Gambar 3. 4 Jenis Manuver Kendaraan pada Simpang	18
Gambar 3. 5 Lebar Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas	20
Gambar 3. 6 Faktor Penyesuaian Kelandaian	24
Gambar 3. 7 Faktor Penyesuaian Parkir	25
Gambar 3. 8 Faktor Penyelesaian Belok Kanan	25
Gambar 3. 9 Faktor Penyesuaian Belok Kiri	26
Gambar 3. 10 Penentuan Jumlah Antrean Rata-rata	30
Gambar 3. 11 Penentuan Rasio Kendaraan Henti	31
Gambar 4. 1 Lokasi Simpang Penelitian	38
Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian	46
Gambar 5. 1 Denah Geometri Simpang Jlagran Lor	50
Gambar 5. 2 Distribusi Kendaraan Simpang 4 APILL Jlagran Lor (kend/jam)	51
Gambar 5. 3 Diagram Fase Pagi dan Siang Simpang Jlagran Lor	52
Gambar 5. 4 Diagram Fase Sore Simpang Jlagran Lor	52
Gambar 5. 5 Arah Fase Simpang Jlagran Lor	53
Gambar 5. 6 Grafik Volume Simpang 4 Jlagran Lor Sesi Pagi (smp/jam)	58
Gambar 5. 7 Grafik Volume Simpang 4 Jlagran Lor Sesi Siang (smp/jam)	59
Gambar 5. 8 Grafik Volume Simpang 4 Jlagran Lor Sesi Sore (smp/jam)	59
Gambar 5. 9 Faktor Kelandaian Setiap Lengan	63
Gambar 5. 10 Pemodelan VISSIM Kondisi Eksisting Sebelum Kalibrasi	83
Gambar 5. 11 Pemodelan VISSIM Kondisi Eksisting Setelah Kalibrasi	83
Gambar 5. 12 Grafik Volume Pasca Pedestrianisasi Sesi Pagi (smp/jam)	86
Gambar 5. 13 Grafik Volume Pasca Pedestrianisasi Sesi Siang (smp/jam)	86
Gambar 5. 14 Grafik Volume Pasca Pedestrianisasi Sesi Sore (smp/jam)	87

Gambar 5. 15 Diagram Fase Alternatif 1	92
Gambar 5. 16 Skema dari Arus BKijT	93
Gambar 5. 17 Geometri Setelah Diberlakukannya B_{KiJT}	94
Gambar 5. 18 Diagram Sinyal Alternatif 2 B_{KiJT}	94
Gambar 5. 19 Diagram Fase Alternatif 3	95
Gambar 5. 20 Skema Fase BKiJT	96
Gambar 5. 21 Geometri Setelah Diberlakukan B_{KiJT}	96
Gambar 5. 22 Diagram Perbandingan Antar Nilai Derajat Kejenuhan	99
Gambar 5. 23 Diagram Perbandingan Panjang Antrean	99
Gambar 5. 24 Perbandingan Nilai Tundaan Simpang	100

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Formulir survei volume lalu lintas	110
Lampiran 1. 2 Formulir survei panjang antrean	126
Lampiran 1. 3 Formulir survei driving behavior	127
Lampiran 1. 4 Formulir survey kecepatan	130
Lampiran 2. 1 Gambar Dokumentasi Survey	134

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

APILL	= Alat pemberi isyarat lalu lintas
A_H	= Angka henti
B_{KIJT}	= Belok kiri jalan terus
C	= Kapasitas
C_0	= Kapasitas dasar
D_j	= Derajat kejenuhan
EMP	= Ekuivalensi mobil penumpang
F_{BKA}	= Faktor koreksi belok kanan
F_{BKI}	= Faktor koreksi belok kiri
F_{HS}	= Faktor hambatan samping
F_{LP}	= Faktor koreksi lebar pendekat rata-rata
F_M	= Faktor koreksi tipe median pada jalan mayor
F_{Rmi}	= Faktor koreksi rasio arus jalan minor
F_{RSU}	= Faktor koreksi tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan rasio kendaraan tidak bermotor
F_{UK}	= Faktor ukuran kota
F_P	= Faktor Parkir
F_G	= Faktor kelandaian
GEH	= Geoffery E. Havers (Validasi dengan persamaan GEH)
J	= Arus jenuh
J_0	= Arus jenuh dasar
k	= Waktu jenuh
km	= Kilometer
KS	= Kendaraan sedang
KTB	= Kendaraan tak bermotor
Le	= Lebar efektif pendekat
LOS	= <i>Level of service</i>
m	= Meter

MP	= Mobil penumpang
N_{KH}	= Jumlah rata-rata kendaraan berhenti
N_L	= Jumlah lajur dalam arah yang digunakan
N_q	= Jumlah rata-rata antrean kendaraan
N_{q1}	= Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
N_{q2}	= Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan berhenti dalam selama fase merah
P_A	= panjang antrean
PKJI 2023	= Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia
PTV-VISSIM	= <i>Planung Transportasi Verkher-Verkher in Stadten Simulations Model</i>)
q	= arus
R_{KH}	= Rasio kendaraan terhenti
$R_{q/J}$	= Rasio kejenuhan
s	= Waktu siklus
SM	= Sepeda motor
SMP	= Satuan mobil penumpang
T	= Tundaan
T_G	= Tundaan geometri
T_{LL}	= Tundaan lalu lintas
T_{LLma}	= Tundaan lalu lintas jalan mayor
T_{LLmi}	= Tundaan lalu lintas jalan minor
W_{AH}	= Waktu antar hijau
W_{HH}	= Waktu hijau hilang total
W_K	= Waktu isyarat kuning
W_M	= Waktu isyarat merah semua
W_{MS}	= Waktu isyarat merah semua

ABSTRAK

Menurut Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 2 Tahun 2024 tentang sumbu filosofi Yogyakarta, Malioboro sebagai kawasan pedestrian penuh, yang akan menghilangkan kendaraan bermotor dari jalan tersebut. Salah satu simpang yang diperkirakan akan mengalami kemacetan akibat pedestrianisasi di Jl. Malioboro adalah simpang 4 APILL Jl. Jlagran Lor, karena adanya pengalihan volume kendaraan yang sebelumnya menuju Malioboro, kini harus melewati Jl. Jlagran Lor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja kondisi eksisting dan mencari alternatif solusi pasca pedestrianisasi di simpang tersebut.

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder, yang kemudian dianalisis menggunakan PKJI 2023 dan dimodelkan dengan VISSIM hingga valid. Hasil perhitungan berdasarkan PKJI 2023 dibandingkan dengan pemodelan VISSIM untuk mencari alternatif solusi peningkatan kinerja simpang.

Berdasarkan PKJI 2023, didapatkan nilai derajat kejenuhan 0,983 di Utara, 0,492 di Timur, dan 0,995 di Barat. Tundaan simpang eksisting adalah sebesar 145,489 det/smp. Tundaan simpang berdasarkan VISSIM adalah sebesar 52,802 detik/kendaraan. Panjang antrean berdasarkan VISSIM adalah 151,986 m di Utara, 101,319 m di Timur, 204,484 m di Selatan. Sedangkan, nilai derajat kejenuhan pasca pedestrianisasi terjadi peningkatan di lengan timur menjadi 1,021. tundaan simpang pasca pedestrianisasi adalah sebesar 172,014 det/smp, tundaan simpang VISSIM adalah sebesar 98,445 detik/kendaraan. Panjang antrean berdasarkan VISSIM di Utara 505,394 m di Timur, dan 200,632 m di Selatan. Alternatif solusi yang digunakan adalah penyesuaian waktu siklus dari 114 detik menjadi 71 detik, pemberlakuan BKIJT di lengan timur, dan pengoptimalan hambatan samping. Nilai derajat kejenuhan mengalami penurunan drastis di lengan Timur menjadi 0,484. Nilai dari panjang antrean mengalami penurunan terutama pada lengan timur menjadi 444,837 m. simpang ini memiliki perubahan nilai tundaan menjadi 50,106 detik/kendaraan, sehingga didapatkan Tingkat pelayanan terbaru yaitu E.

Kata kunci: PKJI 2023, VISSIM, panjang antrean, tundaan, dan tingkat pelayanan

ABSTRACT

According to the Special Region of Yogyakarta Governor Regulation No. 2 of 2024 regarding the philosophical axis of Yogyakarta, Malioboro will become a fully pedestrian area, eliminating motor vehicles from the street. One intersection predicted to experience congestion due to pedestrianization on Jl. Malioboro is the 4-way intersection at APILL Jl. Jlagran Lor; as vehicle volume previously heading towards Malioboro will now have to go through Jl. Jlagran Lor. This study aims to analyze the performance of the existing conditions and find alternative solutions after pedestrianization at the intersection.

This research uses primary and secondary data, which are then analyzed using PKJI 2023 and modeled with VISSIM until validated. The results of the PKJI 2023 calculations are compared with VISSIM modeling to find alternative solutions for improving the intersection's performance.

Based on PKJI 2023, the degree of saturation is 0.983 at the North, 0.492 at the East, and 0.995 at the West. The existing intersection delay is 145.489 sec/vehicle. The delay based on VISSIM is 52.802 sec/vehicle. The queue length based on VISSIM is 151.986 m at the North, 101.319 m at the East, and 204.484 m at the South. After pedestrianization, the degree of saturation increases at the East leg to 1.021. The intersection delay is 172.014 sec/vehicle, and the delay based on VISSIM is 98.445 sec/vehicle. The queue length based on VISSIM is 505.394 m at the North, 444.837 m at the East, and 200.632 m at the South. The alternative solutions used include adjusting the cycle time from 114 seconds to 71 seconds, implementing BKIJT at the East leg, and optimizing side friction. The degree of saturation drastically decreases at the East leg to 0.484. The queue length particularly decreases at the East leg to 444.837 m. The delay at the intersection is reduced to 50.106 sec/vehicle, resulting in a new level of service rating of E.

Keywords: PKJI 2023, VISSIM, queue length, delay, and level of service.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan infrastruktur yang dibangun untuk mempermudah seseorang dalam melakukan aktivitasnya dari satu titik ke titik lainnya. Selain itu, jalan juga merupakan tempat bagi kendaraan baik bermotor dan tidak bermotor berlalu lintas sehari-hari. Setiap tahun jumlah volume kendaraan terus mengalami kenaikan dikarenakan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat. Akibat dari hal tersebut, jalan yang berfungsi sebagai akses transportasi untuk berlalu lintas telah mengalami penurunan kinerja ruas jalan. Penurunan kinerja ruas jalan ini biasanya akan menyebabkan kemacetan. Kemacetan sendiri merupakan keadaan di mana volume lalu lintas melebihi kapasitas jalan yang telah ditentukan. Hal ini menyebabkan kecepatan kendaraan di ruas jalan tersebut mendekati 0 km/jam, yang pada gilirannya menghasilkan antrean pada kendaraan.

Kota Yogyakarta merupakan kota dengan banyak kawasan pariwisata yang setiap tahunnya banyak menarik minat turis domestik maupun mancanegara. Kondisi ini menarik minat banyak orang untuk berkunjung atau menetap dalam waktu lama. Dengan pertumbuhan populasi yang pesat di Daerah Istimewa Yogyakarta, ditambah dengan arus urbanisasi yang semakin meningkat dari daerah lain ke Yogyakarta, kebutuhan akan layanan transportasi juga meningkat, disertai dengan lonjakan jumlah kendaraan pribadi.

Salah satu tempat wisata yang terkenal di Yogyakarta adalah Malioboro. Menurut Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 2 Tahun 2024 terdapat empat jalan sumbu filosofi di Kota Yogyakarta. Keempat jalan tersebut meliputi Jalan Pangurakan, Jalan Margoutomo, Jalan Malioboro, dan Jalan Margomulyo. Sumbu filosofi sendiri adalah kekayaan budaya yang telah ditetapkan sebagai warisan dunia oleh *United Nation Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO)* dengan nama *The Cosmological Axis Of Yogyakarta And Its Historic Landmarks*. Pembangunan Malioboro terus mengalami perkembangan

sembari tetap menjaga konsep aslinya. Pembangunan Malioboro dikatakan cukup baik dikarenakan tidak adanya hotel maupun bangunan tinggi yang berdampak pada sumbu filosofi. Tempat ini menjadi pusat kehidupan masyarakat Yogyakarta. Berbagai lokasi penting, seperti Kantor Gubernur DIY, Gedung DPRD DIY, Pasar Induk Beringharjo, Teras Malioboro, serta Istana Presiden Gedung Agung, juga terletak di kawasan ini. Untuk menjaga nilai penting dari properti yang ada pada Malioboro, terutama dari ancaman lingkungan seperti polusi, air, udara, dan tanah, Pemda DIY berencana akan menjadikan Kawasan Malioboro menjadi kawasan pedestrian atau pejalan kaki penuh secara bertahap. DPRD-DIY (2023) menyatakan Tujuan dari penataan kawasan tersebut adalah untuk menciptakan identitas Malioboro yang lebih baik, sehingga pengunjung merasa lebih nyaman dan aman saat berada di Kawasan Malioboro. Selain itu, dengan penataan area pejalan kaki di Malioboro yang dikemas secara *content*, hal ini diharapkan dapat meningkatkan daya tarik bagi pengunjung untuk datang ke kawasan tersebut.

Berdasarkan data pada Badan Pusat Statistik Provinsi D.I.Y (2023), Yogyakarta memiliki jumlah kendaraan sebanyak 575.855 kendaraan di tahun 2022. Hal ini mengalami peningkatan dari tahun 2021 dari yang berjumlah 561.363 sebesar 2,58% (Badan Pusat Statistik D.I.Yogyakarta 2023). Berdasarkan data tersebut dapat dikatakan telah terjadi pertumbuhan jumlah kendaraan. Bertambahnya jumlah kendaraan tersebut dapat membuat penurunan kinerja pada ruas jalan atau simpang, sehingga dapat menimbulkan kemacetan di Kota Yogyakarta.

Kemacetan banyak terjadi pada simpang baik itu simpang bersinyal ataupun tidak bersinyal. Salah satu simpang yang diperkirakan mengalami kemacetan panjang akibat adanya pedestrianisasi di Jl.Malioboro adalah simpang 4 APILL Jl. Jlagran Lor. Simpang ini menjadi titik pertemuan antara Jalan Tentara Rakyat Mataram, Jalan Jlagran Lor, Jalan Letjen Suprpto, dan Jalan Pembela Tanah Air. Simpang ini perlu dilakukan penelitian dikarenakan akan adanya perkiraan penambahan volume kendaraan di simpang jlagran, akibat adanya pengalihan volume kendaraan dari yang sebelumnya dapat berbelok kearah Jalan Malioboro, menjadi harus menuju Jalan Jlagran Lor Terlebih dahulu. Kondisi kepadatan pada simpang dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Suasana Lalu Lintas Simpang Empat Jl.Jlagran

Untuk mengetahui kinerja simpang tersebut, maka akan dilakukan pengambilan data dengan menghitung jumlah volume kendaraan di Simpang Jlagran dan Jalan Malioboro, serta melakukan evaluasi dan mencari solusi peningkatan kinerja pada simpang tersebut. Alternatif solusi ini diharapkan mampu menjadi solusi permasalahan-permasalahan yang timbul pada simpang empat Jalan Jlagran.

1.2 Rumusan masalah

Berikut merupakan rumusan masalah yang didapat dari uraian latar belakang diatas.

1. Bagaimana kinerja Simpang 4 APILL Jlagran LOR pada kondisi eksisting berdasarkan PKJI 2023?
2. Bagaimana pengaruh penerapan pedestrianisasi di Kawasan Malioboro terhadap kinerja Simpang 4 APILL Jlagran Lor
3. bagaimana alternatif atau solusi terbaik untuk meningkatkan kinerja pada simpang berdasarkan simulasi *software* VISSIM?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis kinerja Simpang Jlagran berdasarkan PKJI 2023.
2. Mengetahui kinerja Simpang Jlagran setelah adanya pedestrianisasi di Jalan Malioboro

3. Mengusulkan solusi terbaik untuk meningkatkan kinerja Simpang Jlagran berdasarkan kondisi pasca pedestrianisasi Jalan Malioboro menggunakan VISSIM.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberi pengetahuan kepada pembaca terkait analisis dan evaluasi simpang berdasarkan peraturan terbaru PKJI 2023
2. Mengetahui Solusi untuk meningkatkan Kinerja Simpang Jalan Jlagran setelah adanya pedestrianisasi di Jalan Malioboro.
3. Memberi bahan pertimbangan kepada Pemerintah Daerah Yogyakarta serta Instansi terkait apakah perlu untuk memperbaiki kinerja simpang Jalan Jlagran

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dari penelitian simpang Jalan Jlagran adalah sebagai berikut

1. Simpang yang dievaluasi adalah Simpang 4 APILL Jalan Jlagran Lor.
2. Simpang 4 Teteg Malioboro hanya dihitung jumlah kendaraan yang mengarah ke Malioboro, tetapi tidak dilakukan evaluasi.
3. Jenis kendaraan yang disurvei adalah SM (Sepeda Motor), MP (Mobil Penumpang), KS (Kendaraan Sedang).
4. Survei dilakukan pada jam sibuk di pagi, siang, dan sore hari.
5. Analisis kinerja simpang dilakukan dengan pedoman PKJI 2023.
6. Pemodelan simpang dilakukan dengan bantuan *software* VISSIM.
7. Penelitian tidak mempertimbangkan aktivitas kendaraan pada simpang 3 ruas jalan Jlagran Lor-Jlagran.
8. Volume kendaraan menuju Malioboro dianggap membebani Simpang Jlagran Lor pada kondisi pasca pedestrianisasi.
9. Jenis kendaraan TB dan BB dimasukkan ke dalam KS dikarenakan tidak ada TB dan BB di jalan perkotaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal

Pehan dkk. (2020) melakukan analisis kinerja simpang bersinyal pada ruas Simpang Jlagran Lor, Yogyakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat pelayanan pada Simpang Jlagran Lor, Yogyakarta pada masa sekarang dalam melayani arus kendaraan. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada simpang bersinyal Jlagran Lor Yogyakarta antara pukul 16.00 – 17.00 WIB, nilai kapasitas untuk pendekat utara adalah 1088 skr/jam dengan derajat kejenuhan 0,6; pendekat selatan memiliki kapasitas 928 skr/jam dan derajat kejenuhan 1,6; pendekat barat menunjukkan kapasitas 781 skr/jam dengan derajat kejenuhan 1,8; sementara pendekat timur memiliki kapasitas 981 skr/jam dan derajat kejenuhan 1,2. Derajat kejenuhan ini sudah melebihi batas standar PKJI 2014 yang sebesar 0,75. Oleh karena itu, rekayasa geometri yang telah diterapkan sebagai alternatif bertujuan untuk menurunkan derajat kejenuhan agar sesuai dengan rekomendasi PKJI 2014.

Fazahudiya dan Irawan (2024) melakukan evaluasi kinerja simpang bersinyal pada Simpang Empat Gedong Tengen Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta. Simpang ini perlu dievaluasi karena merupakan kawasan padat penduduk dengan mobilitas yang cukup tinggi dikarenakan berada di kawasan ekonomi dan pariwisata. Untuk analisis simpang menggunakan metode PKJI 2023 untuk menghitung kapasitas persimpangan, derajat kejenuhan, peluang antrian. Untuk mengetahui tingkat pelayanan jalan menggunakan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 96 Tahun 2015. Berdasarkan hasil evaluasi pada tahun 2023 didapatkan derajat kejenuhan (D_j) 1,152 untuk lengan utara; 0,694 untuk lengan timur; 1,516 untuk lengan barat. tundaan (T_i) 132,740 det/smp untuk lengan utara; 56,537 det/smp untuk lengan timur; 254,545 untuk lengan barat. Berdasarkan tabel tingkat pelayanan, maka didapatkan tingkat pelayanan tiap simpang F.

Lailiyah dkk. (2024) melakukan evaluasi kinerja simpang tak bersinyal pada pertigaan jalan Irian Jaya (mayor) – Jalan Raya Mojowarno (minor) – Jalan Ngoro Jombang (mayor), Kabupaten Jombang. Simpang ini perlu dievaluasi karena memiliki tundaan yang tinggi yaitu 136,7 det/smp. analisis simpang menggunakan metode PKJI 2023 untuk menghitung kapasitas persimpangan, derajat kejenuhan, peluang antrian. Tingkat pelayanan jalan atau kinerja pada simpang digunakan Peraturan Menteri No. 96 tahun 2015. Berdasar dari evaluasi kinerja simpang bersinyal ini didapatkan nilai arus lalu lintas (Q) rata-rata simpang sebesar 582,667 skr/jam. Kapasitas (C) rata-rata simpang sebesar 615,742 skr/jam, derajat kejenuhan (D_j) rata-rata simpang sebesar 0,94, serta tundaan simpang (D) rata-rata sebesar 100,075 det/smp. Dengan tundaan tersebut maka didapatkan tingkat pelayanan (LOS) adalah F (≥ 60) atau buruk. Setelah dilakukan beberapa analisa pada simpang, dengan berbagai pilihan alternatif I, II hingga III, maka didapatkan alternatif paling efektif yaitu alternatif III. Pada alternatif III diperoleh nilai arus lalu lintas (Q) rata-rata simpang sebesar 408,800 skr/jam. Kapasitas (C) rata-rata simpang sebesar 1098,105 smp/det. derajat kejenuhan (D_j) rata-rata simpang sebesar 0,45. Tundaan simpang (D) rata-rata sebesar 18,385 det/smp. Dengan tundaan tersebut maka didapatkan tingkat pelayanan (*Level of Services*) adalah C (15,1-25) sedang.

2.2 Evaluasi Penerapan Pedestrianisasi

Bintang (2024) melakukan analisis terkait uji coba penerapan integrasi antarmoda angkutan umum melibatkan penerapan *contra flow bus way* (CFBW) dan penerapan semi-pedestrianisasi di Kawasan Malioboro. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisis efektivitas penerapan antarmoda angkutan umum dan pedestrianisasi di Kawasan Malioboro serta membandingkan antara sebelum dan sesudah CFBW. Analisis menggunakan metode PKJI 2023 dan pemodelan PTV VISSIM. Hasil analisis penerapan CFBW ini menyebabkan peningkatan nilai derajat kejenuhan dan penurunan nilai kecepatan rata-rata. Penerapan CFBW menyebabkan penurunan tingkat pelayanan dari A menjadi B di simpang 3 Gandekan. Kombinasi penerapan CFBW dan pedestrianisasi juga

menyebabkan penurunan tingkat pelayanan simpang 3Gandekan dari kategori A menjadi C. Secara keseluruhan, penerapan dari CFBW, baik dengan maupun tanpa pedestrianisasi, dinyatakan efektif dalam mengelola lalu lintas.

2.3 Peningkatan Kinerja Simpang APILL

Indriawan dan Chasanah (2019) melakukan penelitian terkait kinerja simpang bersinyal Simpang Jlagran yang menghubungkan antara jalan Letjen Suprpto, jalan Jlagran, dan jalan Pembela Tanah Air. Simpang ini perlu dianalisis karena dari hasil pengamatan sering terjadi kemacetan karena kepadatan arus lalu lintas terutama di jam sibuk. Analisis kinerja simpang bersinyal Jlagran dalam kondisi eksisting menunjukkan hasil yang kurang memuaskan. Kapasitas maksimum ada pada lengan Utara sebesar 725,45 smp/jam, dengan derajat kejenuhan tertinggi dari 4 lengan 1,44 pada lengan Barat. Jumlah kendaraan henti tertinggi tercatat 155 smp/jam pada lengan Utara, sementara tundaan simpang tertinggi adalah 891 dtk/smp pada lengan Barat. Untuk meningkatkan kinerja simpang bersinyal Jlagran, terdapat empat alternatif Solusi yang diberikan. Alternatif terbaik adalah Alternatif III, yang melibatkan perencanaan pelebaran geometrik jalan, perubahan fase, dan pengaturan siklus lampu lalu lintas mengacu pada MKJI 1997. Dengan penerapan solusi ini, lengan Barat diubah menjadi satu arah, mengurangi derajat kejenuhan tertinggi menjadi 0,59 dan tundaan rata-rata tertinggi menjadi 34 dtk/smp. Prediksi derajat kejenuhan tertinggi dalam lima tahun mendatang adalah 0,8 dengan tundaan rata-rata tertinggi 38 dtk/smp

Hidayat dkk. (2020) melakukan penelitian terkait peningkatan kinerja simpang tiga bersinyal Purin Kendal. Pada simpang ini terdapat Kawasan pendidikan dan pemukiman yang terletak di persimpangan. Simpang ini menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Pada simpang ini didapatkan nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,90 untuk setiap pendekat barat, timur maupun selatan. Simpang ini memiliki Tingkat pelayanan (D) dengan tundaan simpang rata-rata yaitu 34,27 det/smp. Untuk meningkatkan kinerja simpang maka bisa digunakan beberapa alternatif seperti pengubahan arus lalu lintas dari 2 arah 1jalur menjadi 1 arah 1 jalur dan pelebaran geometri jalan pada simpang tersebut. Simulasi

peningkatan kapasitas dengan perubahan kebijakan arus lalu lintas dari 2 arah 1 jalur menjadi 1 arah 1 jalur menghasilkan tundaan 17,39 det/smp dengan tingkat pelayanan C, sedangkan untuk pelebaran geometri menghasilkan tundaan 24,58 det/smp dengan Tingkat pelayanan C.

Purnama dkk. (2023) melakukan Evaluasi dan peningkatan kinerja pada Simpang bersinyal Deggung, Sleman. Simpang Deggung merupakan pertemuan antara Jalan Magelang, Jalan KRT Pringgodingrat, dan Jalan Gito Gati. Simpang ini perlu dievaluasi karena seringnya terjadi kemacetan pada ruas simpang tersebut. Simpang ini dianalisis menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, dan *Highway Capacity Manual*. Setelah dianalisis, alternatif solusi dilakukan dengan pemodelan dengan *software* Vissim. Berdasarkan MKJI, didapatkan nilai derajat kejenuhan (D_s) untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 0,92; jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 0,56; Jalan Gito gati (timur) sebesar 1,01; dan jalan Magelang (Selatan) sebesar 0,95. Tundaan Simpang Deggung didapatkan sebesar 90,88 det/smp pada kondisi eksisting dengan tingkat pelayanan F. berdasarkan pemodelan Vissim, maka didapatkan alternatif solusi dengan penggunaan 5 fase dengan kendaraan dari utara dan selatan yang lurus dan belok kiri memiliki waktu hijau bersamaan, dengan waktu siklus yang digunakan sebesar 153 detik. Hasil dari alternatif ini didapat nilai (D_s) untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 0,67; Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 0,68; Jalan Gito Gati (timur) sebesar 0,69 dan Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,73. Tingkat pelayanan mengalami peningkatan dari yang sebelumnya F menjadi E dengan tundaan simpang sebesar 58,83 detik/kend.

2.4 Pemodelan Simpang Menggunakan Vissim

Nurvirka (2022) melakukan analisis pada simpang empat bersinyal jlagraan yang lebar pendekat pada setiap setiap lengannya memiliki lebar yang berbeda. Simpang ini melakukan perubahan sistem satu arah pada ruas Jalan Letjend Suprpto (selatan) dan Jalan Jlagran Lor. Sistem satu arah ini diberlakukan dengan tujuan untuk mengurangi kemacetan yang ada pada simpang. Analisis simpang ini menggunakan metode MKJI 1997 dan disimulasikan menggunakan aplikasi PTV

VISSIM. Nilai kapasitas di lengan utara adalah sebesar 2830 smp/jam, lengan timur 5974 smp/jam, dan lengan barat 790 smp/jam. Tundaan yang ada di lengan utara adalah 22,961 det/smp, lengan timur 23,155 det/smp serta lengan barat adalah 43,453 det/smp. Simpang ini memiliki nilai tundaan rata-rata sebesar 24,50 det/smp, sehingga memiliki tingkat pelayanan pada simpang C. Salah satu alternatif solusi yang ada untuk meningkatkan kinerja Simpang Jlagran adalah dengan melakukan perbaikan pada geometri simpang serta penyesuaian durasi waktu siklus pada simpang.

Ahmad dkk. (2023) melakukan penelitian terkait peningkatan simpang tiga bersinyal di Jl.Sam Ratulangi - Jl. Babe Palar, Kota Manado. Simpang ini merupakan simpang dengan tingkat kemacetan tinggi karena berdekatan dengan beberapa fasilitas umum seperti SPBU, hotel, serta pertokoan. Analisis simpang menggunakan metode PKJI 2014 dan disimulasikan dengan aplikasi PTV VISSIM. Tingkat pelayanan (*Level Of Service*) pada simpang tiga bersinyal adalah F (sangat buruk) untuk semua lengan berdasarkan PKJI 2014. Tingkat Pelayanan (*Level Of Service*) saat disimulasikan di PTV VISSIM adalah E untuk lengan pikat menuju lenso, D untuk lengan pikat menuju babe palar, B untuk lengan babe palar menuju lenso, C untuk lengan babe palar menuju pikat, A untuk lengan lenso menuju pikat dan D untuk lengan lenso menuju babe palar. Ada tiga skenario alternatif berdasar PTV VISSIM yaitu : penyesuaian waktu isyarat menghasilkan tingkat pelayanan D pada setiap lengan, pelebaran jalan menghasilkan Tingkat pelayanan E pada lengan Micon dan D untuk lengan Lenso serta Babe Palar, *Slip Lane* menghasilkan tingkat pelayanan C pada semua lengan.

Prima dkk. (2023) melakukan analisis kinerja simpang bersinyal menggunakan PTV Vissim di simpang empat Gunung Sabeulah, Tasikmalaya. Simpang ini memiliki permasalahan lalu lintas seperti meningkatnya volume kendaraan serta tingginya hambatan samping pada sekitar ruas jalan. Metode penelitian pada simpang ini menggunakan cara observasi dan mengacu pada Metode Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Data yang didapatkan disimulasikan menggunakan software PTV Vissim. Berdasarkan hasil pemodelan PTV Vissim didapatkan nilai panjang antrian (*Qlen*) sebesar 18,78 meter, nilai tundaan (*VehDelay*) sebesar 30,82

detik/kendaraan dan tingkat pelayanan C (sedang). Untuk meningkatkan kinerja pada simpang ini direncanakan alternatif yang paling efisien yaitu mengatur ulang waktu siklus dari yang sebelumnya 77 detik dikurangi menjadi 62 detik. Hasil evaluasi alternatif ini didapatkan nilai Panjang antrian rata-rata (QLen) sepanjang 15,68 m, tundaan rata-rata sebesar 23,30 detik/kend, dan tingkat pelayanan (*Level Of Service*) C.

2.5 Perbandingan Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan Tabel 2.1 dibawah didapat kesimpulan bahwa persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terdapat pada metode pengambilan data secara langsung dengan dilakukannya survei di Lokasi, PKJI 2023 yang menjadi acuan dalam melakukan analisis kinerja pada simpang, serta menggunakan program VISSIM untuk melakukan simulasi pada simpang. Sedangkan perbedaannya adalah masih ada beberapa jurnal yang menggunakan MKJI 1997 dan PKJI 2014 dalam menjadi acuan dalam melakukan analisis kinerja pada simpang.

Tabel 2. 1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Penulis	Judul Penelitian	Lokasi	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan
Pehan dkk. (2023)	Analisis Simpang Bersinyal Menggunakan Metode Pkji 2014 (Simpang Jlagran Lor, Yogyakarta)	Simpang Jlargan Lor, Yogyakarta.	MKJI 1997	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengambilan data primer dilakukan dengan survei langsung 2. Lokasi penelitian sama 3. Terdapat jam puncak pada simpang. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis mengacu pada PKJI 2014 2. Survei belum terpengaruh oleh pedestrianisasi 3. Tidak melakukan pemodelan VISSIM
Fazahudiya dan Irawan (2024)	Evaluasi Panjang Antrian Simpang Bersinyal Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023	Simpang Empat Bersinyal Gedong Tengen, DIY.	PKJI 2023	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengambilan data primer dilakukan dengan survei langsung 2. Lokasi penelitian sama 3. Perhitungan analisis mengacu pada PKJI 2023 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak melakukan pemodelan dengan <i>software</i> Vissim 2. Survei belum terpengaruh pedestrianisasi
Lailiyah dkk. (2024)	Evaluasi Simpang Tiga Bersinyal Menggunakan Pkji 2023 Pada Jalan Irian Jaya – Raya Mojowarno – Ngoro Jombang Kabupaten Jombang	Ruas Jalan Irian Jaya-Raya Mojowarno-Ngoro Jombang, Kabupaten Jombang	PKJI 2023	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengambilan data primer dilakukan dengan survei langsung 2. Perhitungan analisis mengacu pada PKJI 2023 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak melakukan pemodelan dengan <i>software</i> Vissim 2. Lokasi penelitian

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Penulis	Judul Penelitian	Lokasi	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan
Bintang (2024)	Studi Efektivitas Penerapan Contra Flow Busway dan Pedestrianisasi di Kawasan Malioboro Kota Yogyakarta	Jalan Malioboro, Jalan Pasar Kembang, Jalan Margo Mulyo, Simpang 4 Teteg Malioboro, Simpang 3 Gandekan, dan beberapa ruas Jalan di Kawasan Malioboro	PKJI 2023 dan VISSIM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adanya pedestrianisasi di Kawasan Malioboro 2. Perhitungan analisis mengacu pada PKJI 2023 3. Pemodelan Menggunakan <i>software</i> VISSIM 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi simpang penelitian
Indriawan dan Chasanah (2019)	Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal (Studi Kasus Simpang Jalan Letjen Suprpto – Jalan Jlagran – Jalan Pembela Tahan Air, Yogyakarta)	Simpang Jlagran Lor, Yogyakarta	MKJI 1997	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengambilan data primer dilakukan dengan survei langsung 2. Lokasi simpang sama 3. Terdapat jam puncak pada simpang 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis mengacu pada MKJI 1997 2. Tidak melakukan pemodelan dengan <i>software</i> VISSIM. 3. Belum terdapat pedestrianisasi

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Penulis	Judul Penelitian	Lokasi	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan
Hidayat dkk. (2020)	Peningkatan Kinerja Simpang Tiga Bersinyal Studi Kasus Simpang Tiga Purin Kendal	Ruas Simpang Tiga Purwokerto Indah (Purin)	MKJI 1997	1. Pengambilan data primer dilakukan dengan survei langsung	1. Analisis mengacu pada MKJI 1997 2. Tidak melakukan pemodelan dengan software VISSIM. 3. Lokasi penelitian
Purnama dkk. (2023)	Evaluasi Dan Peningkatan Kinerja Simpang Bersinyal Deggung Sleman	Ruas Simpang Bersinyal Deggung, Kabupaten Sleman	MKJI 1997	1. Pengambilan data primer dilakukan dengan survei langsung 2. Pemodelan menggunakan <i>software</i> Vissim	1. Analisis mengacu pada MKJI 1997 2. Lokasi penelitian
Nurvirka (2022)	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Jlagran Terhadap Perubahan Sistem Lalu Lintas Satu Arah Dengan Pemodelan PTV VISSIM	Simpang Jlagran Lor	MKJI 1997 dan VISSIM	1. Pengambilan data primer dilakukan dengan survei langsung 2. Lokasi penelitian 3. Pemodelan menggunakan <i>software</i> Vissim	1. Analisis mengacu pada MKJI 1997 2. Tidak terpengaruh oleh pedestrianisasi

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Penulis	Judul Penelitian	Lokasi	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan
Ahmad dkk. (2023)	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode PKJI Dan Metode PTV VISSIM (Studi Kasus: Jl. Sam Ratulangi – Jl. Babe Palar, Kota Manado)	Ruas Jalan Sam Ratulangi - Jl. Babe Palar, Kota Manado	PKJI 2014 dan VISSIM	1. Pengambilan data primer dilakukan dengan survei langsung 1. Pemodelan menggunakan <i>software</i> Vissim	1. Analisis mengacu pada PKJI 2014 1. Lokasi penelitian
Prima dkk. (2023)	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Ptv Vissim (Studi Kasus Simpang Gunung Sabeulah Kota Tasikmalaya)	Ruas Jalan Simpang Gunung Sabeulah, Kota Tasikmalaya	MKJI 1997 dan VISSIM	2. Pengambilan data primer dilakukan dengan survei langsung 3. Pemodelan menggunakan <i>software</i> Vissim	2. Analisis mengacu pada MKJI 1997 3. Lokasi penelitian

Sumber : Pehan dkk. (2023), Fazahudiya dan Irawan (2024), Lailiyah dkk. (2024), Bintang (2024), Indriawan dan Chasanah (2019), Hidayat dkk. (2020), Purnama dkk. (2023), Nurvirka dkk. (2022), Ahmad dkk. (2023), Prima dkk. (2023)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan Jalan

Persimpangan merupakan salah satu aspek yang sering ditemui saat berlalu lintas, karena persimpangan sendiri adalah daerah di mana dua ruas atau lebih bertemu atau bersilangan baik sejajar atau tidak sejajar dan menjadi bagian dari sistem jaringan jalan. Persimpangan memiliki peran untuk menentukan kapasitas serta waktu perjalanan dalam jaringan jalan. Persimpangan perlu diatur agar bisa terhindar maupun mengurangi resiko akibat dari konflik dari suatu persimpangan, kemacetan, dan permasalahan lain. Agar bisa terhindar atau mengurangi permasalahan dari hal diatas perlu dilakukan manajemen lalu lintas untuk mengatur simpang. Beberapa masalah yang terkait dengan persimpangan adalah sebagai berikut :

1. Volume serta kapasitas yang mempengaruhi hambatan pada simpang,
2. Desain dari geometri jalan dan jarak pandang bebas,
3. Kecelakaan serta keselamatan,
4. Parkir, akses, serta pembangunan,
5. Pejalan kaki,
6. Jarak antar simpang dan lain sebagainya.

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), bahwa persimpangan adalah titik pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan, yang dapat berupa simpang, simpang APILL, bundaran, atau simpang tidak sebidang. Tujuan utama dalam persimpangan adalah untuk mengurangi resiko konflik antar pengguna jalan, memberi kenyamanan seta memberi kemudahan pergerakan maksimal kendaraan. Simpang harus didesain berdasarkan peraturan yang berlaku dengan mempertimbangkan keselamatan, efisiensi, biaya operasional, kecepatan, dan biaya operasional.

3.2 Jenis Persimpangan

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) pemilihan jenis persimpangan baru (Simpang, simpang susun, bundaran, simpang APILL) harus berdasarkan analisis biaya siklus hidup (BSH, *life cycle costs*). Grafik BSH dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Grafik BSH Pemilihan Jenis Persimpangan

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Tujuan dari pemilihan jenis simpang baru berdasar dari analisis biaya siklus hidup (BSH, *life cycle costs*) adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi resiko terjadinya kecelakaan dan masalah lainnya yang disebabkan oleh titik-titik konflik pada simpang.
2. Mengontrol kapasitas di simpang agar berjalan secara maksimal.
3. Mengurangi nilai dari tundaan.

Persimpangan dibagi menjadi 2 (dua), yaitu :

1. Persimpangan sebidang

Persimpangan sebidang merupakan Dimana ruas jalan bertemu dengan suatu bidang yang posisinya sama. Ada beberapa jenis persimpangan yang biasanya digunakan dalam mendesain persimpangan di ruas jalan, antara lain persimpangan yang berbentuk huruf y, huruf t, persimpangan dengan empat kaki,

dan persimpangan dengan berkaki banyak. Menurut dari jenis fasilitas, persimpangan dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

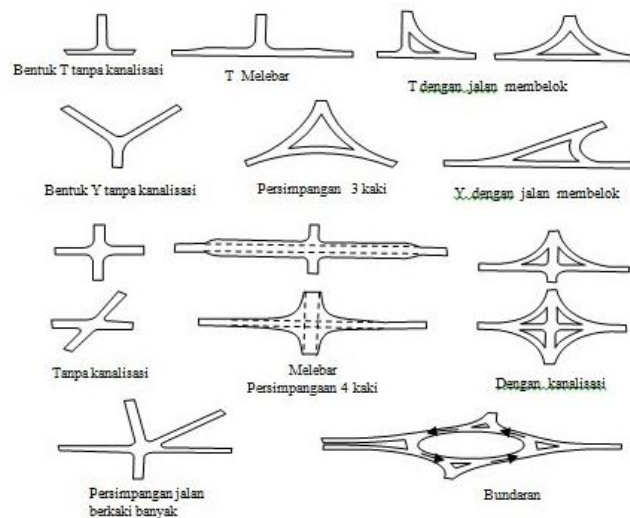
a. Simpang tidak bersinyal

Simpang tidak bersinyal adalah pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan sebidang yang tidak diatur oleh Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)

b. Simpang APILL/Bersinyal

Simpang apil adalah pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan sebidang yang diatur oleh alat APILL untuk pengaturan lalu lintasnya.

Jenis persimpangan sebidang dibagi pada Gambar 3.2.

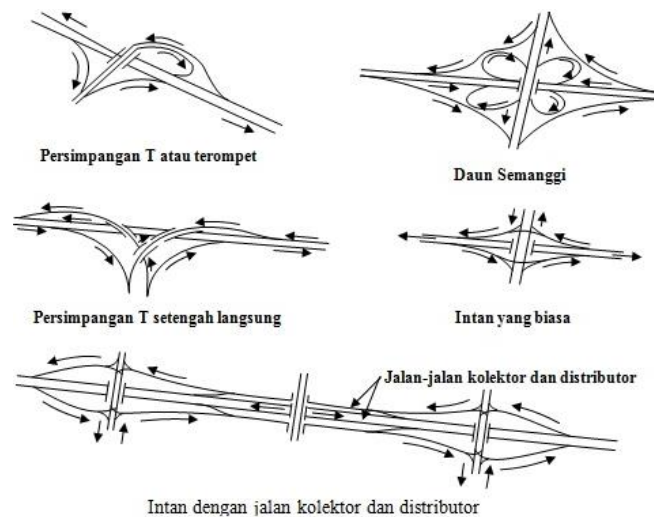


Gambar 3. 2 Jenis Persimpangan Jalan Sebidang

(Sumber: Morlok, 1991)

2. Persimpangan tak sebidang

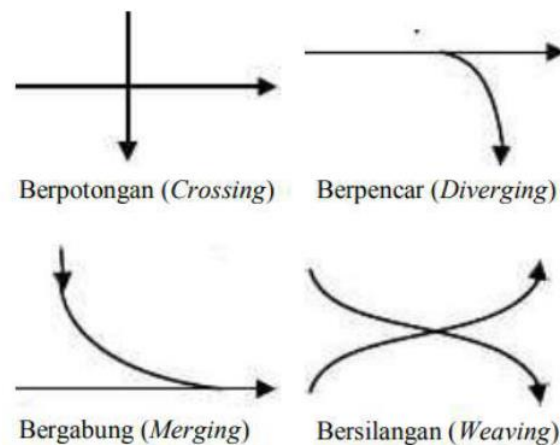
Persimpangan tak sebidang adalah persimpangan pada suatu ruas jalan dengan ruas jalan lain yang tidak saling bertemu di satu bidang yang sama serta mempunyai perbedaan tinggi di antara keduanya. Contoh dari dari simpang tidak sebidang ini adalah jalan layang. Berikut merupakan Gambar 3.3 dari simpang tidak bersinyal



Gambar 3. 3 Jenis Persimpangan Jalan Tak Sebidang

(Sumber: Morlok, 1991)

Perilaku kendaraan yang menghasilkan pergerakan pada arus lalu lintas di persimpangan sering menyebabkan adanya konflik antara pengemudi kendaraan sehingga berisiko terjadinya tabrakan. Manuver dari kendaraan sendiri dibagi menjadi 4 jenis pada Gambar 3.4, yaitu :



Gambar 3. 4 Jenis Manuver Kendaraan pada Simpang

(Sumber: Morlok, 1991)

3.3 Simpang APILL

Menurut direktorat Jenderal Bina Marga (2023), simpang APILL adalah pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang yang dilengkapi APILL untuk pengaturan lalu lintasnya. Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) sendiri adalah

alat yang digunakan untuk mengatur lalu lintas simpang dengan cara meminimalkan konflik, baik konflik primer maupun konflik sekunder dengan memisahkan waktu berjalannya arus. APILL di persimpangan berguna untuk membagi kapasitas secara merata ke berbagai pendekat dengan mengalokasikan waktu hijau pada setiap pendekat jalan. Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) menyatakan alasan simpang APILL digunakan dengan tujuan untuk mempertahankan kapasitas persimpangan pada jam puncak serta untuk mengurangi risiko kecelakaan akibat tabrakan antar kendaraan dari arah berlawanan.

3.3.1 Tipe Pendekat

Tipe pendekat pada setiap simpang dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Tipe Pendekat

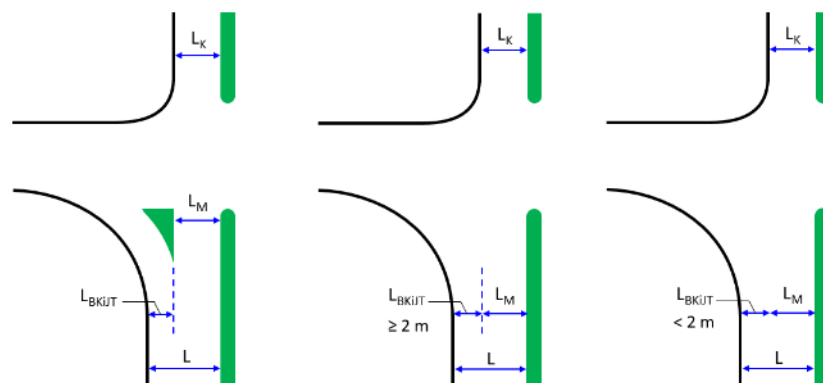
Tipe Pendekat	Keterangan	Contoh Pola-pola Pendekatan		
Terlindung (Tipe P)	Arus berangkat tidak konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang-3
		Jalan dua arah, belok kanan dibatasi		
		Jalan dua arah, fase untuk masing-masing arah terpisah		
Terlawan (Tipe O)	Arus berangkat konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan			
		Jalan dua arah, arus berangkat dari arah yang berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak dibatasi.		

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.3.2 Lebar Pendekat Efektif

Penentuan lebar pendekat efektif (L_E) didasarkan pada beberapa parameter, yaitu lebar ruas pendekat awal (L), lebar masuk (L_M), dan lebar keluar (L_K). Terdapat beberapa kondisi yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan lebar masuk (L_M), yaitu:

1. Untuk pendekat yang dilengkapi dengan pulau lalu lintas, arus belok kiri memiliki lajur tersendiri. Dalam hal ini, lebar masuk (L_M) adalah jarak antara tepi pulau lalu lintas dan median, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5 (kiri).
2. Pada pendekat tanpa pulau lalu lintas, arus belok kiri dapat membentuk lajur sendiri atau bergabung dengan arus lurus, tergantung pada ketersediaan ruang untuk kendaraan yang belok kiri. Jika lebar belok kiri jalan terus (L_{BKJT}) lebih dari 2 meter, maka arus belok kiri dapat membuat antrian tersendiri, sehingga $L_M = L - L_{BKJT}$ (Gambar 5.5 tengah). Sebaliknya, jika L_{BKJT} kurang dari 2 meter, arus belok kiri akan menyatu dengan arus lalu lintas yang lurus (Gambar 5.5 kanan).



Gambar 3. 5 Lebar Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Lebar efektif (L_E) bisa dihitung dengan ketentuan berikut ini:

1. Jika $L_{BKJT} \geq 2$ m atau L_{BKJT} merupakan lajur eksklusif, maka arus kendaraan belok kiri jalan terus (B_{KJT}) dapat mendahului antrian kendaraan yang lurus dan belok kanan selama sinyal merah. Dalam kondisi ini, lebar pendekat efektif (L_E) ditentukan sebagai berikut:

- a. Hapus arus B_{KijT} (q_{BKijT}) dari perhitungan, sehingga arus yang dianalisis menjadi $q = q_{LRS} + q_{BKa}$. Selanjutnya, tentukan lebar efektif dengan cara sebagai berikut:

$$LE = \text{Min} \left\{ \frac{L - LBKijT}{L_M} \right\} \quad (3.1)$$

- b. Periksa L_K (hanya untuk pendekat tipe P). Jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa})$, maka lebar efektif (L_E) ditetapkan sebagai L_K . Selanjutnya, analisis penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini hanya mengacu pada bagian arus lalu lintas yang lurus, yaitu q_{LRS} .
2. Jika $L_{BKijT} < 2$ m, maka arus kendaraan belok kiri jalan terus (B_{KijT}) dianggap tidak dapat mendahului antrian kendaraan lain saat sinyal merah. Dalam situasi ini, lebar pendekat efektif (L_E) ditentukan sebagai berikut:
 - a. Tambahkan q_{BKijT} pada perhitungan setelahnya.

$$LE = \text{Min} \left\{ \frac{L_M + LBKijT}{L \times (1 + RBKijT) - LBKijT} \right\} \quad (3.2)$$

- b. Periksa L_K (hanya untuk pendekat tipe P). Jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa} - R_{BKijT})$, maka lebar efektif (L_E) sama dengan L_K . Selanjutnya, analisis penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya berdasarkan arus lalu lintas yang lurus.
- 3.3.3 Satuan Mobil Penumpang

Menurut direktorat Jenderal Bina Marga (2023), satuan mobil penumpang (SMP) adalah satuan untuk arus lalu lintas dimana arus berbagai kendaraan yang berbeda telah diubah menjadi arus mobil penumpang dengan menggunakan nilai ekuivalen mobil penumpang. Sedangkan ekuivalensi mobil penumpang (EMP) merupakan faktor konversi untuk berbagai jenis kendaraan seperti bus besar, truk besar, dan sepeda motor yang dibandingkan dengan mobil penumpang sehubungan dengan dampaknya terhadap kapasitas jalan. untuk mobil penumpang serta juga kendaraan ringan lainnya yang mirip memiliki nilai EMP 1. Nilai EMP dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Angka Ekuivalensi Mobil Penumpang pada Simpang Bersinyal

Jenis Kendaraan	EMP Untuk Tipe Pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Mobil Penumpang (MP)	1,0	1,0
Kendaraan Sedang (KS)	1,3	1,3
Sepeda Motor (SM)	0,15	0,4

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.3.4 Arus Jenuh

Menurut direktorat Jenderal Bina Marga (2023), Arus jenuh (J) adalah besarnya arus lalu lintas keberangkatan antrean dari dalam suatu pendekat selama kondisi yang ada dan dinyatakan dalam satuan smp/jam. Arus jenuh dinyatakan dengan Persamaan 3.3.

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \quad (3.3)$$

dengan:

J = arus jenuh (smp/jam-hijau),

J_0 = arus jenuh dasar (smp/jam-hijau),

F_{HS} = faktor koreksi akibat hambatan samping lingkungan jalan,

F_{UK} = faktor koreksi akibat ukuran kota,

F_G = faktor koreksi akibat kelandaian memanjang pendekat,

F_P = faktor koreksi akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama,

F_{BK_i} = faktor koreksi akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri, dan

F_{BK_a} = faktor koreksi akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan

menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) untuk pendekat terlindung arus jenuh dasar ditentukan dengan fungsi lebar efektif (Le). Berikut merupakan persamaan 3.4 dari (J_0) .

$$J_0 = 600 \times L_e \quad (3.4)$$

dengan:

J_0 = arus jenuh dasar (smp/jam),

L_e = lebar efektif pendekat (meter).

Untuk menentukan faktor koreksi ukuran kota (F_{UK}) dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3. 3 Faktor Koreksi Ukuran Kota

Ukuran Kota	Populasi penduduk, juta jiwa	Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{UK})
Sangat kecil	< 0,1	0,82
Kecil	0,1-0,5	0,83
Sedang	0,5 – 1,0	0,94
Besar	1,0 – 3,0	1,00
Sangat Besar	> 3,0	1,05

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Untuk mencari faktor penyesuaian hambatan samping (F_{HS}) dapat dilihat pada Tabel 3.4. Untuk mencari faktor penyesuaian kelandaian (F_G) dapat dicari dari Gambar 3.6.

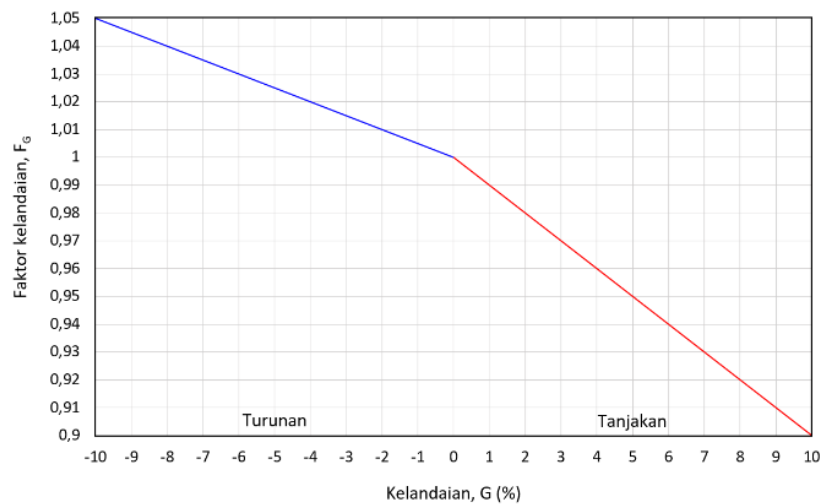
Tabel 3. 4 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Lingkungan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0	0,05	0,10	0,15	0,2	> 0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
		Terlindung	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	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
	Redah	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

Lanjutan Tabel 3.4 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Lingkungan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0	0,05	0,10	0,15	0,2	> 0,25
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
	Redah	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)	T/S/R	Terlawan	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,0	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

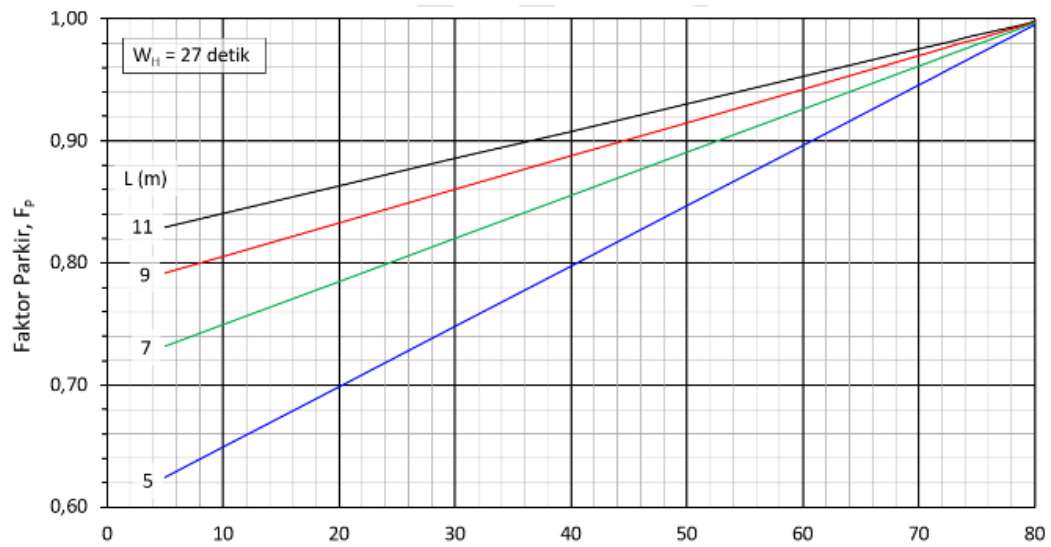
Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)



Gambar 3. 6 Faktor Penyesuaian Kelandaian

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Menurut direktorat Jenderal Bina Marga (2023), Faktor penyesuaian parkir (F_P) adalah jarak dari garis henti ke kendaraan yang parkir pertama dan lebar *approach*. F_P dapat dilihat pada Gambar 3.7.



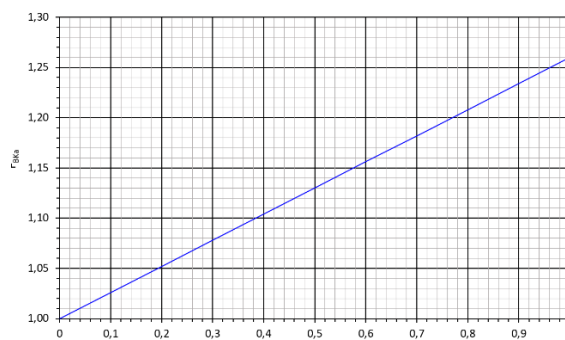
Gambar 3. 7 Faktor Penyesuaian Parkir

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Untuk mencari faktor penyesuaian belok kanan (FBKa) perlu diketahui rasio kendaraan yang belok kanan (RBKa). Untuk mendapatkan nilai dari FBKa dapat menggunakan Persamaan 3.6 dan Gambar 3.8.

$$R_{BKA} = \frac{q_{BKA}}{q_{Total}} \quad (3.5)$$

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26 \quad (3.6)$$



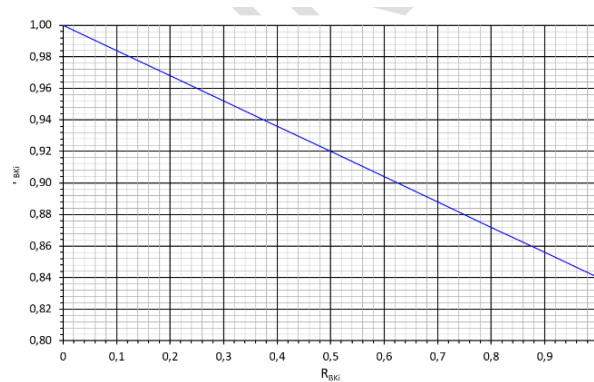
Gambar 3. 8 Faktor Penyelesaian Belok Kanan

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Untuk mencari faktor penyesuaian belok kiri (FBKi) perlu diketahui rasio kendaraan yang belok kiri (RBKi). Untuk mendapatkan nilai dari FBKi dapat menggunakan Persamaan 3.8 dan Gambar 3.9.

$$R_{BKi} = \frac{q_{BKi}}{q_{Total}} \quad (3.7)$$

$$F_{BKi} = 1,0 - R_{BKi} \times 0,16 \quad (3.8)$$



Gambar 3. 9 Faktor Penyesuaian Belok Kiri

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.3.5 Rasio Arus

Menurut direktorat Jenderal Bina Marga (2023), dalam menganalisis rasio arus terhadap arus jenuh ($R_{q/J}$), perlu memperhatikan beerbagai hal sebagai berikut, yaitu :

1. Jika harus memisahkan arus BKiJT dari analisis, maka hanya arus lurus dan belok kanan saja yang dihitung sebagai nilai q .
2. Jika Laju Ekuivalensi (LE) sama dengan Laju Kendaraan (LK), maka hanya arus lurus yang akan masuk dalam perhitungan nilai q .
3. Apabila pendekat mempunyai dua fase, yaitu fase kesatu untuk arus terlawan (O) dan fase kedua untuk arus terlindung (P), maka arus gabungan dihitung dengan pembobotan seperti dalam proses perhitungan arus jenuh.

$$R_{q/j} = \frac{q}{j} \quad (3.9)$$

3.3.6 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Menurut direktorat Jenderal Bina Marga (2023), menyatakan definisi mengenai waktu siklus dan lingkupnya adalah , waktu siklus (*Cycle Time*) adalah waktu selama satu urutan lengkap dari fase sebuah sinyal lalu lintas di mana

satuannya dalam detik. Kemudian fase (*phase*) yaitu adalah satu tahapan sinyal dalam periode waktu tertentu di mana satu atau lebih pergerakan lalu lintas diberikan kesempatan untuk bergerak. Waktu siklus optimal (*optimum cycle time*, C_o) adalah waktu siklus yang memberikan nilai minimum untuk parameter kinerja yang dipilih seperti tundaan, panjang antrean dan juga jumlah stop per detik. Waktu hilang (*lost time*, l) adalah periode waktu yang secara efektif.

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian dapat dicari dengan Persamaan 3.11.

$$s = \frac{(1,5 \times W_{HH} + 5)}{(1 - \frac{\sum Rq}{J_{kritis}})} \quad (3.10)$$

dengan:

- s = waktu siklus (detik),
- W_{HH} = jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik),
- $R_{q/J}$ = rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh (q/J)

2. Waktu hijau

Waktu Hijau (W_H) dapat dicari dengan Persamaan 3.11.

$$W_H = (s - W_{HH}) \times \frac{\frac{Rq}{J_{kritis}}}{\sum (Rq/J_{kritis})i} \quad (3.11)$$

dengan:

- W_{Hi} = waktu hijau pada fase i (detik),
- i = indeks untuk fase ke i

Waktu siklus layak dapat dilihat pada Tabel 3.5 untuk tiap pengaturan fase.

Tabel 3. 5 Waktu Siklus yang Layak

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

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.3.7 Kapasitas Simpang Apill

Menurut direktorat Jenderal Bina Marga (2023), Kapasitas simpang APILL merupakan kemampuan suatu persimpangan untuk menampung jumlah maksimum arus lalu lintas dalam satu satuan waktu. Kapasitas ini biasanya diukur dalam satuan smp/jam hijau. Berikut Persamaan 3.12 untuk mencari nilai kapasitas.

$$C = J \times \frac{W_H}{s} \quad (3.12)$$

dengan:

C = kapasitas simpang APILL (smp/jam),

J = arus jenuh (smp/jam),

W_H = total waktu hijau dalam satu siklus (detik),

s = waktu siklus (detik)

3.3.8 Derajat Kejenuhan

Menurut direktorat Jenderal Bina Marga (2023), Derajat kejenuhan (D_J) yaitu rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat.

$$D_J = \frac{q}{C} \quad (3.13)$$

dengan:

D_J = derajat kejenuhan,

C = kapasitas segmen jalan (smp/jam), dan

q = volume lalu lintas (smp/jam), pada analisis kapasitas terdiri dari dua jenis, yaitu $q_{eksisting}$ hasil perhitungan lalu lintas dan q_{JP} adalah hasil prediksi atau hasil perancangan.

3.3.9 Panjang Antrian

Menurut direktorat Jenderal Bina Marga (2023), Panjang antrian adalah Panjang antrian kendaraan yang mengantri di sepanjang pendekat, dalam meter. Dalam melakukan perhitungan, hasil perhitungan derajat kejenuhan (D_J) digunakan untuk menghitung jumlah smp sisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}). Jumlah rata-rata antrean dari kendaraan (smp) dapat dihitung dengan cara menambahkan jumlah smp sisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) dengan jumlah smp yang datang serta

terhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2}). Berikut meruakan perhitungan analisisnya.

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \quad (3.14)$$

untuk $DJ < 0,5$

$$N_{q1} = 0 \quad (3.15)$$

untuk $DJ > 0,5$

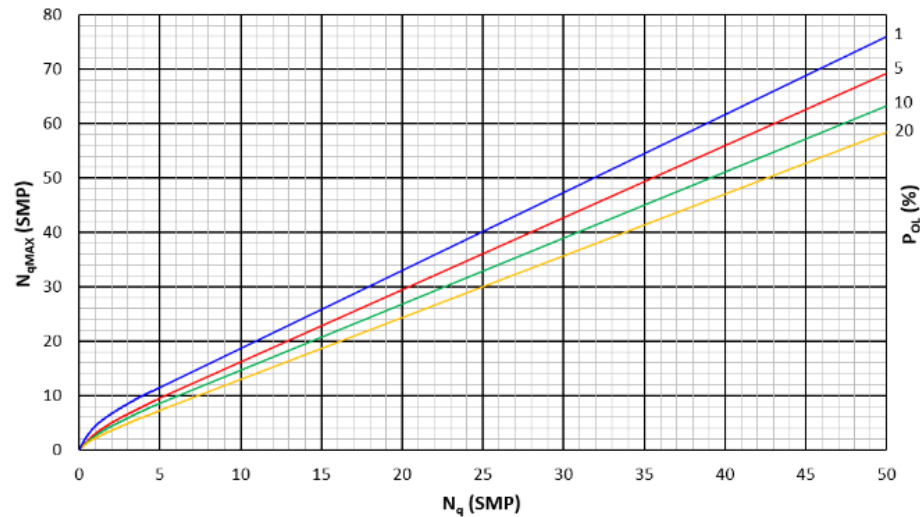
$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{s}} \right\} \quad (3.16)$$

$$N_{q2} = s \times \frac{(1-R_H)}{(1-R_H \times D_J)} \times \frac{q}{3600} \quad (3.17)$$

Nilai dari Panjang antrean (P_A) dapat diperoleh dari mengalikan jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q) menggunakan satuan smp, dengam luas rata-rata menggunakan satuan smp, yang diasumsikan memiliki nilai 20 m^2 , kemudian nilai tersebut dibagi dengan lebar masuk (m).

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M} \quad (3.18)$$

Nilai dari N_{QMAX} diperoleh dari menghubungkan nilai N_{QTotal} dengan *Probabilitas overloading* Pol (%). Nilai dari Pol disarankan adalah 5-10%. Berikut merupakan Gambar 3.10 untuk mencari nilai dari N_{QMAX} .



Gambar 3. 10 Penentuan Jumlah Antrean Rata-rata

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.3.10 Rasio Kendaraan Henti

Menurut direktorat Jenderal Bina Marga (2023), R_{KH} merupakan rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu Simpang APILL terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut. Persamaan 3.19 dari R_{KH} adalah.

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600 \quad (3.19)$$

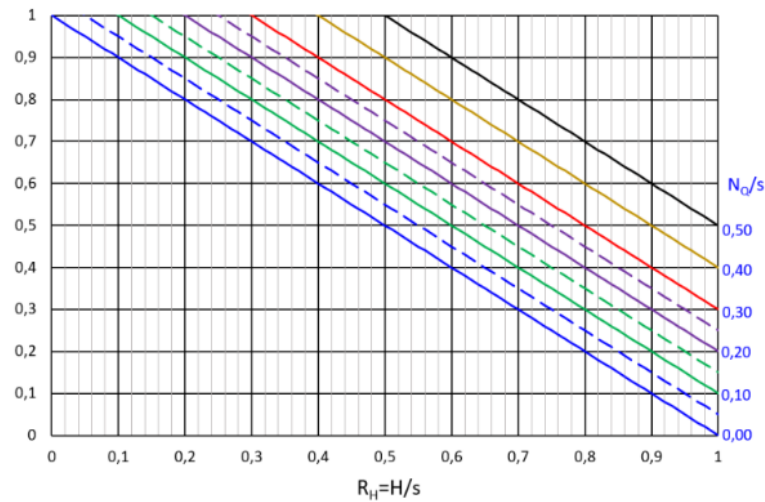
Dengan :

N_q = jumlah rata-rata antrean kendaraan (smp) pada awal isyarat hijau,

s = waktu siklus (detik),

q = arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau (smp/jam).

Penentuan nilai Rasio Kendaraan Henti (R_{KH}) dapat menggunakan Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Penentuan Rasio Kendaraan Henti

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Jumlah rata-rata kendaraan henti (N_{KH}) adalah jumlah total rata-rata kendaraan berhenti yang termasuk berhenti berulang pada antrean sebelum melintasi simpang APILL. Berikut merupakan Persamaan 3.20 untuk N_{KH} .

$$N_{KH} = q \times R_{KH} \quad (3.20)$$

Berikut merupakan persamaan 3.21 dari rasio rata-rata kendaraan berhenti untuk seluruh simpang APILL atau angka henti seluruh simpang APILL ($R_{KH \text{ Total}}$).

$$R_{KH} = \frac{\sum N_{KH}}{q_{Total}} \quad (3.21)$$

3.3.11 Tundaan

Menurut direktorat Jenderal Bina Marga (2023), tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu Simpang APILL apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa Simpang APILL. Tundaan dibagi menjadi dua yaitu tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometri (T_G).

1. Tundaan lalu lintas (T_{LL})

Menurut direktorat Jenderal Bina Marga (2023), Tundaan lalu lintas (T_{LL}) merupakan waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui

suatu persimpangan apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa persimpangan yang disebabkan oleh interaksi antara gerakan arus lalu lintas yang berlawanan di persimpangan. Persamaan 3.22 dari Tundaan lalu lintas adalah :

$$T_{LL} = S \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_f)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C} \quad (3.22)$$

2. tundaan geometri (T_G)

Menurut direktorat Jenderal Bina Marga (2023), tundaan geometri (T_G) merupakan waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu persimpangan apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa persimpangan yang disebabkan oleh perlambatan dan atau percepatan arus lalu lintas yang membelok di persimpangan. Persamaan 3.23 dari Tundaan geometri adalah :

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (3.23)$$

dengan:

P_B = porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat.

3. Tundaan rata-rata (T_i)

Merupakan penjumlahan dari tundaan lalu lintas dan tundaan geometri. Persamaannya sendiri ada pada Persamaan 3.24.

$$T_i = T_{LLi} + T_{Gi} \quad (3.24)$$

Tundaan rata-rata pada seluruh simpang APILL dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.25.

$$T_i = \frac{\sum(q \times T)}{q_{total}} \quad (3.25)$$

3.4 Tingkat Pelayanan

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015, Pengetian dari tingkat pelayanan merupakan ukuran kuantitatif dan

kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional lalu lintas. Tingkat layanan pada simpang dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Tingkat Pelayanan Pada Simping

No.	Tingkat Pelayanan	Kriteria
1	A	Tundaan kurang dari 5 detik per kendaraan
2	B	Tundaan lebih dari 5 detik sampai 15 detik per kendaraan
3	C	Tundaan lebih dari 15 detik sampai 25 detik per kendaraan
4	D	Tundaan lebih dari 25 detik sampai 40 detik per kendaraan
5	E	Tundaan lebih dari 40 detik sampai 60 detik per kendaraan
6	F	Tundaan lebih dari 60 detik per kendaraan

Sumber: Republik Indonesia (2015)

Tingkat pelayanan pada simpang juga dapat ditentukan berdasar dari fungsi jalan yang dihubungkan oleh simpang tersebut. Berikut merupakan klasifikasi Tingkat pelayanan pada simpang menurut dari Peraturan Menteri Perhubungan no 96 tahun 2015 berdasar dari fungsi jalan yang dihubungkan.

1. Tingkat pelayanan pada sistem jaringan jalan primer bedasar dari 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 pada sistem jaringan jalan sekunder bedasar dari 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

3.5 PTV VISSIM

Menurut PTV-AG, Pengertian dari PTV VISSIM (*Verkehr in Städten Simulations Mode*) merupakan perangkat lunak simulasi lalu lintas aliran mikroskopis multimoda yang menjadi solusi untuk menganalisis operasi kendaraan pribadi dan angkutan umum dalam berbagai skenario, termasuk permasalahan seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas, dan lain-lain. PTV atau *Planung Transport Verkehr AG* adalah Perusahaan pengembang software VISSIM yang berasal dari Karlsruhe, Jerman.

PTV VISSIM dapat digunakan untuk mensimulasikan perilaku dari kendaraan, pejalan kaki, pengguna jalan lainnya di jalan raya, jalan perkotaan, simpang, dan berbagai lingkungan transportasi lainnya. *Software* ini memungkinkan untuk menganalisis serta mempelajari interaksi antar berbagai elemen lalu lintas seperti sinyal lalu lintas, perubahan jalur, penyeberangan pejalan kaki, parkir, dan lain sebagainya.

PTV VISSIM juga dapat membantu pengguna dalam melakukan simulasi untuk menguji serta membandingkan berbagai jenis skenario lalu lintas, melakukan evaluasi kinerja pada ruas jalan serta simpang, merancang rancangan sinyal lalu lintas yang lebih efisien, menganalisis kepadatan lalu lintas, untuk mengidentifikasi kebutuhan tambahan infrastruktur, serta mengoptimalkan aliran lalu lintas pada suatu area. PTV VISSIM memiliki beberapa kegunaan dalam pemodelan, antara lain sebagai berikut.

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 pada bus BRT, Trem, LRT, dan MRT
 - b. Analisa peningkatan operasi publik transportasi tertentu.
 - c. Menguji serta mengoptimalkan secara standar waktu bersinyal transportasi publik menurut dari prioritas perencanaan.

3. Simulasi pejalan kaki.

- a. Model pejalan kaki pada lingkungan multimodal.
- b. Perencanaan evakuasi pada bangunan dan acara khusus.

4. Motorway simulasi

- a. Simulasi pada manajemen lalu lintas aktif serta sistem transportasi cerdas.
- b. Menguji serta menganalisis strategi zona kerja.

Untuk pemodelan simpang bersinyal menggunakan perangkat lunak VISSIM, dapat memanfaatkan *signal controller* untuk mengelola alur lalu lintas sesuai dengan kondisi aktual di lapangan dan mengatur *cycle time* dengan menyesuaikan waktu siklus dari VISSIM dengan waktu siklus yang diperoleh dari survei. Sementara itu, dalam pemodelan simpang tak bersinyal, dengan VISSIM dapat menggunakan seperti *conflict area*, *priority rules*, dan *stop signs*.

3.5.1 Kalibrasi dan Validasi *Software* PTV VISSIM

Kalibrasi dalam perangkat lunak PTV VISSIM adalah langkah untuk menyesuaikan parameter model agar mencerminkan kondisi lalu lintas yang sesungguhnya dengan akurat. Proses ini melibatkan penyesuaian berdasarkan observasi perilaku pengemudi di lokasi yang relevan. Biasanya, metode yang digunakan adalah *trial and error*, dengan mengacu pada penelitian terdahulu terkait kalibrasi dan validasi di PTV VISSIM. Sementara itu, validasi pada PTV VISSIM merupakan proses untuk memverifikasi hasil kalibrasi dengan membandingkan data survei aktual dengan hasil simulasi yang dihasilkan oleh model.

Dalam PTV VISSIM, proses validasi dapat dilakukan dengan memperhatikan volume arus lalu lintas yang teramati. Salah satu metode yang sering digunakan adalah rumus *Chi-squared*, yang dikenal sebagai rumus GEH (*Geoffrey E. Havers*), yang telah dimodifikasi oleh Gustavsson pada tahun 2007. Rumus GEH menggabungkan perbedaan nilai relatif dan mutlak, serupa dengan uji T. Rumus GEH dapat ditemukan dalam Persamaan 3.26.

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

Dengan :

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

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

GEH mempunyai ketentuan sendiri dari nilai *error*, ketentuan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3. 7 Ketentuan Nilai Error Rumus Statistik GEH

GEH < 5,0	Diterima
$5,0 \leq GEH \leq 10,0$	Peringatan : kemungkinan ada model <i>error</i>
GEH > 10,0	Tidak diterima

Sumber: Gustavsson (2007) dalam Romadhona (2019)

Untuk melaksanakan validasi eksternal, salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan menerapkan kriteria pengujian *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. Validasi eksternal bertujuan untuk memastikan bahwa parameter kinerja pada jalan dan simpang, seperti kecepatan kendaraan dan panjang antrian, terukur dengan akurat. MAPE dapat dihitung dengan merujuk pada Persamaan 3.27.

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

Dengan :

n = jumlah data;

A_i = data lapangan, dan

F_i = data hasil simulasi

Semakin rendah nilai MAPE, semakin tinggi tingkat akurasi model simulasi terhadap kondisi yang ada. Berikut adalah rentang nilai MAPE yang digunakan untuk mengevaluasi keakuratan hasil pengujian:

1. Nilai MAPE di bawah 10%: Menunjukkan bahwa hasil simulasi sangat akurat.
2. Nilai MAPE antara 10% dan 20%: Mengindikasikan bahwa hasil simulasi tergolong baik.
3. Nilai MAPE antara 20% dan 50%: Menunjukkan bahwa hasil simulasi dianggap memadai atau cukup baik.
4. Nilai MAPE di atas 50%: Menandakan bahwa hasil simulasi tidak akurat.

Setelah proses kalibrasi dan validasi selesai, langkah berikutnya adalah melakukan simulasi untuk mengevaluasi berbagai alternatif solusi terkait rekayasa transportasi yang direncanakan.

3.6 Pedestrianisasi

Dharmawan (2004) menyatakan bahwa kata pedestrian berasal dari Bahasa latin, yaitu *pedestres-pedestris* yang memiliki arti sebagai orang yang berjalan kaki. Spiro Kostov (1992) dalam Dharmawan (2004) menyebutkan jalur pedestrian pertama kali diperkenalkan sekitar tahun 6000 SM di Khirokita, Cyprus. Jalur ini berupa jalan yang terbuat dari gamping dengan permukaannya di tinggikan dari tanah. Pada jarak tertentu, dibuat ramp untuk menghubungkan jalan tersebut ke kelompok hunian pada kedua sisinya.

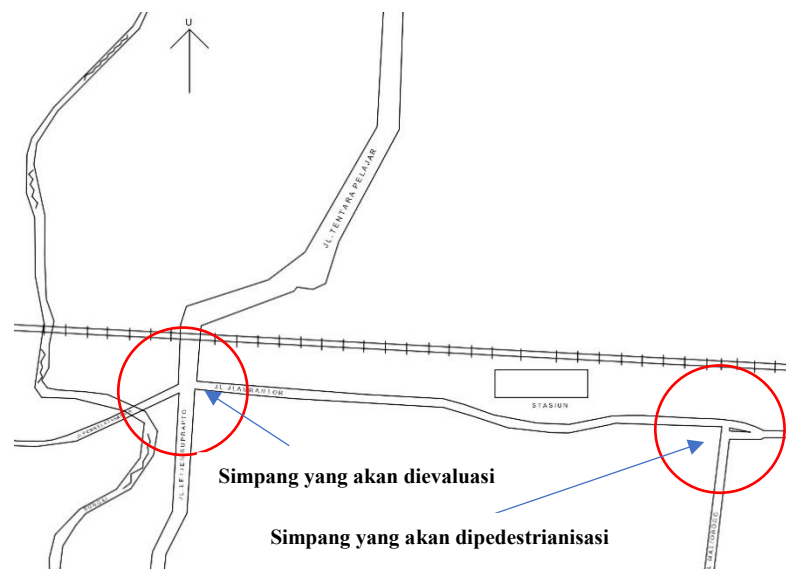
Pedestrian dapat diartikan sebagai aktivitas pergerakan, sirkulasi, atau perpindahan orang dari satu lokasi sebagai titik asal (*origin*) menuju lokasi lain sebagai tujuan (*destination*) dengan cara berjalan kaki. Jalur pedestrian menjadi area yang menarik untuk berbagai aktivitas sosial, pengembangan mental, dan kebutuhan spiritual, seperti bernostalgia, pertemuan spontan, rekreasi, hingga interaksi sosial seperti bertegur sapa dan lain sebagainya. Dengan demikian, jalur pedestrian adalah ruang atau jalur khusus yang diperuntukkan bagi pejalan kaki. Jalur pedestrian berfungsi untuk mendorong aktivitas sehat, mengurangi polusi udara, mengurangi potensi tindak kriminal, menjadi sarana yang efektif untuk promosi, serta menarik untuk berbagai kegiatan sosial, sekaligus mendukung pengembangan mental dan spiritual.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi kondisi lalu lintas pada simpang 4 APILL Jlagran Lor Yogyakarta. Simpang 4 Teteg Malioboro juga perlu dilakukan survei dikarenakan volume kendaraan menuju Malioboro akan membebani Simpang Jlagran Lor setelah adanya pedestrianisasi. Lokasi Simpang Jlagran Lor dipilih karena adanya penerapan pedestrianisasi di Malioboro dan sering mengalami antrean panjang, baik saat lampu merah menyala maupun setelahnya. Untuk melihat lokasi simpang tersebut, dapat merujuk pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1 Lokasi Simpang Penelitian

Simpang Empat Jlagran Lor yogyakarta Menghubungkan jalan:

Utara	: Jalan Tentara Rakyat Mataram
Selatan	: Jalan Letjen Suprpto
Timur	: Jalan Jlagran Lor

Barat : Jalan Pembela Tanah Air

Berdasarkan data Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta (2024), menyatakan bahwa jam Puncak ruas Jalan Sim pang 4 APILL Jlagran Lor terdapat pada pukul 06.30-07.30 pada pagi hari dan 15.00-16.00 pada sore hari. Dengan demikian survei Pengumpulan data dilakukan pada jam-jam sibuk, meliputi, pagi hari antara pukul 06.00-08.00, serta sore hari antara pukul 14.30 hingga 16.30 WIB, dihari senin untuk hari kerja, dan sabtu untuk hari libur.

4.2 Data Penelitian

Penelitian ini memerlukan dua jenis data: data primer serta data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui survei langsung pada lokasi penelitian, sementara data sekunder diperoleh dari instansi yang terkait, referensi literatur, serta sumber penelitian lainnya. Berikut adalah rincian data yang diperlukan:

1. Data primer

a. Volume lalu lintas

Informasi mengenai jumlah kendaraan yang melewati simpang. dikategorikan menjadi empat jenis: kendaraan sedang (KS), Mobil Penumpang (MP), sepeda motor (SM) dan kendaraan tak bermotor (KTB).

b. Waktu siklus

Data mengenai durasi waktu hijau, waktu kuning, waktu merah semua.

c. Panjang antrean

Ukuran antrean kendaraan yang terbentuk saat lampu merah menyala pada simpang.

d. Perilaku pengendara

Pengukuran jarak antar kendaraan yang berhenti pada lampu merah, mencakup jarak depan ke belakang serta jarak samping antar kendaraan.

e. Geometri pendekat simpang

Pengukuran geometri simpang yang sedang diteliti.

f. Kecepatan kendaraan

Data mengenai kecepatan rata-rata kendaraan untuk mendukung analisis lalu lintas.

2. Data Sekunder

Dalam analisis ini, data sekunder yang diperlukan mencakup:

a. Informasi jam puncak

Data mengenai waktu-waktu dengan tingkat kepadatan lalu lintas tertinggi.

b. Jumlah penduduk kota Yogyakarta

Statistik tentang total populasi di Kota Yogyakarta yang relevan untuk analisis.

4.3 Metode Pengambilan Data

Berikut merupakan metode yang akan digunakan.

1. Data dari volume lalu lintas

Volume lalu lintas diukur dengan menghitung jumlah kendaraan yang berada di simpang pada suatu waktu tertentu. Perhitungan ini dapat dilakukan dengan menganalisis rekaman dari kamera yang telah dipasang sebelumnya. Alasan kamera digunakan karena membantu mengurangi kemungkinan kesalahan manusia dalam penghitungan kendaraan secara langsung di lokasi. Data mengenai volume lalu lintas ini penting untuk mengevaluasi kinerja simpang serta untuk memodelkan simpang menggunakan perangkat lunak VISSIM.

2. Waktu siklus simpang

Waktu siklus simpang diukur dengan melakukan observasi langsung di lokasi penelitian. Pencatatan dilakukan terhadap durasi lampu hijau, kuning, dan merah dalam satu siklus. Data mengenai waktu siklus ini diperlukan untuk analisis kinerja berdasarkan PKJI 2023 serta untuk pemodelan simpang menggunakan perangkat lunak VISSIM.

3. Data dari panjang antrean

Data mengenai panjang antrean diperoleh melalui observasi langsung di lokasi penelitian. Pengukuran dilakukan dengan mencatat jarak antara garis berhenti di simpang dan kendaraan yang paling belakang saat lampu sinyal berwarna hijau menyala. Selama periode survei, data ini dikumpulkan secara berkala, kemudian dihitung rata-ratanya untuk menentukan panjang antrean. Informasi ini

diperlukan untuk proses pemodelan simpang menggunakan perangkat lunak VISSIM

4. *Driving behavior*

Data mengenai perilaku pengendara diketahui dengan mengukur jarak antar kendaraan yang berhenti di simpang saat lampu merah menyala. Pengukuran meliputi jarak antara kendaraan bagian depan dan belakang, serta jarak samping antar kendaraan, menggunakan alat ukur. Data yang diambil dari setidaknya 30 sampel kendaraan. Berdasarkan Bluman (2009), ukuran sampel minimal 30 dianggap memadai untuk menerapkan *central limit theorem*, yang memastikan bahwa distribusi sampel akan memiliki karakteristik distribusi normal. Rata-rata dari data yang diperoleh akan digunakan untuk menentukan parameter perilaku pengendara. Informasi ini penting untuk pemodelan simpang dalam perangkat lunak VISSIM. Survei perilaku pengendara dibagi menjadi dua kategori:

a. Perilaku saat berhenti

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur saat kendaraan berhenti, khususnya saat lampu merah menyala. Data dikumpulkan dengan mengukur jarak antar kendaraan yang berhenti di simpang.

b. Perilaku saat bergerak

Untuk survei ini, penanda ditempatkan setiap 1 meter sepanjang 50 meter terakhir sebelum panjang antrean. Jarak antar kendaraan kemudian diamati berdasarkan penanda tersebut untuk mendapatkan data mengenai perilaku pengendara saat bergerak.

5. Geometri pada simpang

Data geometri simpang didapatkan dengan mengukur lebar jalan pada setiap lengan simpang yang diteliti. Informasi ini kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak VISSIM untuk keperluan pemodelan simpang. Selain itu, data geometri juga penting untuk analisis kinerja simpang bersinyal.

6. Data kecepatan kendaraan

Data kecepatan mencakup informasi mengenai kecepatan kendaraan yang dikategorikan sebagai sepeda motor (SM), mobil penumpang (MP), dan kendaraan sedang (KS) pada setiap jalan yang mendekati Simpang Jlagran Lor. Informasi kecepatan kendaraan ini digunakan dalam perangkat lunak VISSIM untuk memodelkan aliran lalu lintas di simpang tersebut.

7. Data lain yang diperlukan

Data tambahan meliputi informasi mengenai jumlah penduduk, faktor hambatan samping, dan faktor parkir, yang diperoleh dari berbagai sumber dan metode. Data jumlah penduduk dikumpulkan dari Badan Pusat Statistik D.I. Yogyakarta. Sementara itu, data mengenai faktor hambatan samping diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan, termasuk observasi terhadap berhentinya angkutan umum di sekitar area pendekat, pejalan kaki yang melintas di sekitar simpang, serta aktivitas kendaraan yang masuk dan keluar dari jalan sekitar. Data mengenai kendaraan yang diparkir dikumpulkan dengan cara mengukur jarak antara kendaraan pertama yang terparkir dan garis henti di pendekat simpang melalui observasi langsung di lokasi.

4.4 Alat Penelitian

Beberapa alat yang digunakan pada pengambilan data dan analisis kali ini adalah sebagai berikut

1. Kamera, digunakan untuk merekam jumlah kendaraan yang melintas di setiap simpang.
2. Formulir Penelitian dan Alat Tulis, ntuk mencatat data lalu lintas di lokasi simpang.
3. *Meassure Wheel*, untuk mengukur dimensi geometris dari simpang.
4. *Stopwatch* atau *Smartphone*, untuk memantau dan mencatat waktu yang diperlukan.
5. Perangkat Lunak VISSIM, digunakan untuk membuat model dan analisis koordinasi simpang

4.5 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, metode analisis yang digunakan meliputi :

1. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023 (PKJI 2023)

PKJI 2023 digunakan untuk mengevaluasi kinerja simpang pada kondisi eksisting dan setelah adanya pedestrianisasi di lokasi penelitian. Analisis ini mencakup penilaian derajat kejenuhan (D_J), panjang antrean (P_A), dan tundaan (T) untuk mengukur efisiensi dan kapasitas simpang.

- a. Derajat kejenuhan (D_J)

Derajat kejenuhan adalah ukuran rasio antara arus lalu lintas yang ada dengan kapasitas simpang. Derajat Kejenuhan dihitung dengan membagi volume lalu lintas (q) dengan kapasitas maksimum simpang (C).

- b. Panjang antrean (P_A)

Panjang antrean mengacu pada jarak antrean kendaraan yang terbentuk ketika lampu merah menyala di sebuah simpang. Panjang antrean (P_A) dihitung dengan mengalikan jumlah rata-rata kendaraan di awal isyarat hijau (N_q) dengan luas area rata-rata yang diperlukan oleh setiap satuan mobil penumpang (SMP), yang diperkirakan sekitar 20 m^2 . Hasil perkalian tersebut kemudian dibagi dengan lebar jalur masuk (m)

- c. Tundaan (T)

Tundaan adalah waktu tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu simpang, yang disebabkan oleh antrean kendaraan atau durasi fase lampu hijau yang terlalu singkat. Tundaan terbagi menjadi dua jenis: tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometri (T_G). Tundaan lalu lintas timbul dari interaksi lalu lintas yang bertentangan di simpang, sementara tundaan geometri disebabkan oleh desain simpang, seperti perlambatan saat berbelok atau penundaan akibat lampu merah.

2. Pedoman penggunaan *software* VISSIM

VISSIM (*Verkehr Stadten – SIMulationsmodell*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mikrosimulasi aliran lalu lintas. *Software* ini memungkinkan pemodelan aliran lalu lintas, yang berguna dalam berbagai rekayasa transportasi, seperti evaluasi kinerja simpang dan koordinasi simpang.

Untuk memodelkan lalu lintas di simpang menggunakan VISSIM, beberapa data yang diperlukan meliputi volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, geometri simpang, waktu siklus pada simpang, dan perilaku pengemudi (*driving behavior*). Pada analisis ini, VISSIM digunakan untuk memodelkan simpang setelah adanya Pedestrianisasi, dan mencari Solusi terbaik untuk meningkatkan pelayanan simpang akibat dari adanya pedestrianisasi. Berikut merupakan langkah-langkah dalam menganalisis data penelitian menggunakan VISSIM.

- a. Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis dengan menggunakan perangkat Microsoft Excel untuk menentukan volume jam puncak serta kecepatan perjalanan kendaraan.
- b. Data sekunder yang mencakup peta lokasi survei di kedua persimpangan serta informasi mengenai jumlah penduduk di Kota Yogyakarta.
- c. Setelah memperoleh data tentang volume jam puncak dan kecepatan kendaraan, langkah berikutnya adalah melakukan pemodelan lalu lintas menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM.
- d. Pemodelan jaringan jalan, input jumlah kendaraan, penentuan komposisi kendaraan, dan pembuatan rute perjalanan dalam perangkat lunak PTV VISSIM dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari survei.
- e. Menyesuaikan perilaku pengemudi (*driving behavior*) dalam opsi yang dipilih sesuai dengan kondisi nyata yang ditemukan di lapangan.
- f. Melakukan kalibrasi dan validasi data. Dalam pemodelan hal ini sangat penting untuk memastikan kesesuaian antara model simulasi dan kondisi nyata di lapangan. Proses kalibrasi dilakukan dengan mengubah nilai beberapa komponen pada parameter perilaku pengemudi (*driving behavior*). Setelah kalibrasi selesai, tahap validasi dilakukan untuk memverifikasi akurasi dari kalibrasi tersebut. Setelah pemodelan dinyatakan valid, *output* yang dihasilkan meliputi volume, kecepatan, tundaan, dan panjang antrean.
- g. Membandingkan derajat kejenuhan dan kecepatan pada kondisi sebelum dan setelah penerapan lampu lalu lintas di simpang Jlagran.
- h. Kesimpulan yang diperoleh mencakup perbandingan kinerja Simpang Jlagran berdasarkan Tingkat Pelayanan (*Level of Service/LOS*) sesuai dengan

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 mengenai Penyelenggaraan Manajemen Lalu Lintas.

4.6 Tahap Penelitian

Berikut merupakan beberapa tahapan dari penelitian, yaitu :

1. Persiapan

Pada tahap ini, dilakukan observasi awal di lokasi penelitian serta persiapan alat dan personel yang akan terlibat dalam survei. Tujuan dari fase ini adalah untuk mengenalkan surveyor dengan kondisi lapangan serta memahami tugas yang akan mereka laksanakan.

2. Pelaksanaan

Pada tahap ini, dilakukan pengambilan data primer secara langsung di lapangan. Data yang dikumpulkan meliputi informasi tentang geometri simpang, volume lalu lintas, dan data penting lainnya. Surveyor berada di lokasi untuk merekam arus lalu lintas pada jam-jam sibuk di setiap simpang dan mencatat data yang diperlukan.

3. Analisis data

tahap berikutnya adalah menganalisis data yang diperoleh. Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023) untuk menilai kinerja simpang bersinyal. Hasil analisis ini akan mengungkapkan derajat kejenuhan (D_j), panjang antrean (P_A), dan tundaan (T), yang kemudian digunakan untuk menentukan tingkat pelayanan dari simpang bersinyal yang diteliti.

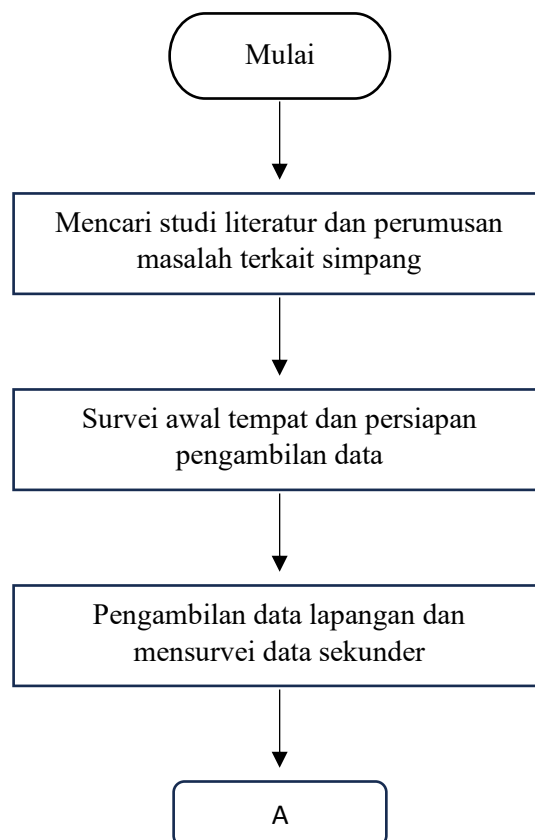
4. Pemodelan data simpang

Pada tahap ini, data yang telah dikumpulkan dimasukkan ke dalam software VISSIM untuk melakukan pemodelan simpang. Proses ini mencakup kalibrasi dan validasi model untuk memastikan hasil yang akurat. Jika nilai GEH selama kalibrasi dan validasi berada di bawah 5, maka model dianggap valid dan dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya.

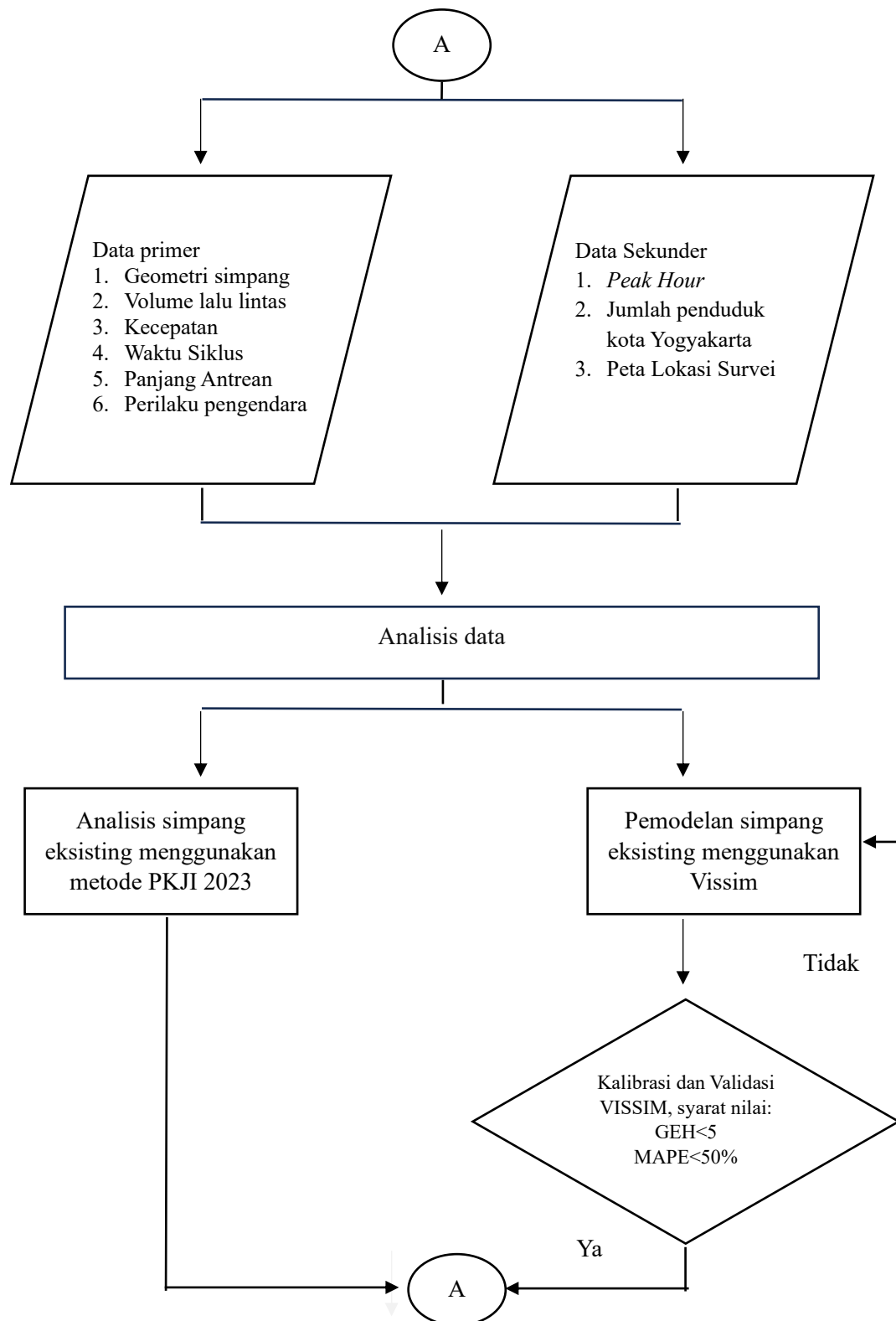
5. Menentukan alternatif solusi

Pada tahap ini, simulasi dilakukan untuk mengevaluasi berbagai alternatif solusi untuk simpang yang sedang diteliti. Penggunaan metode PKJI 2023 membantu dalam menentukan waktu sinyal yang optimal, sementara software VISSIM digunakan untuk memodelkan dan menganalisis hasil simulasi dari berbagai opsi solusi yang telah dirancang.

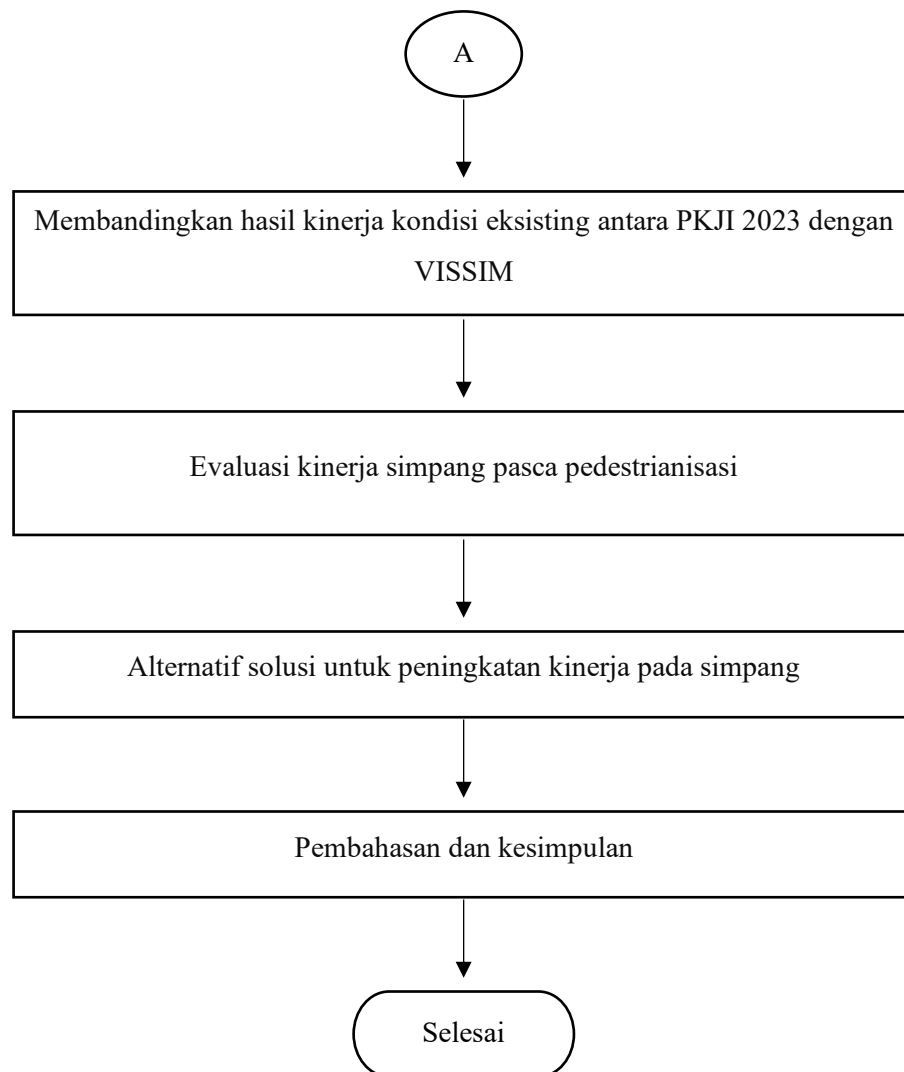
Berikut adalah bagan alir penelitian telah dilakukan.



Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Hasil Survei

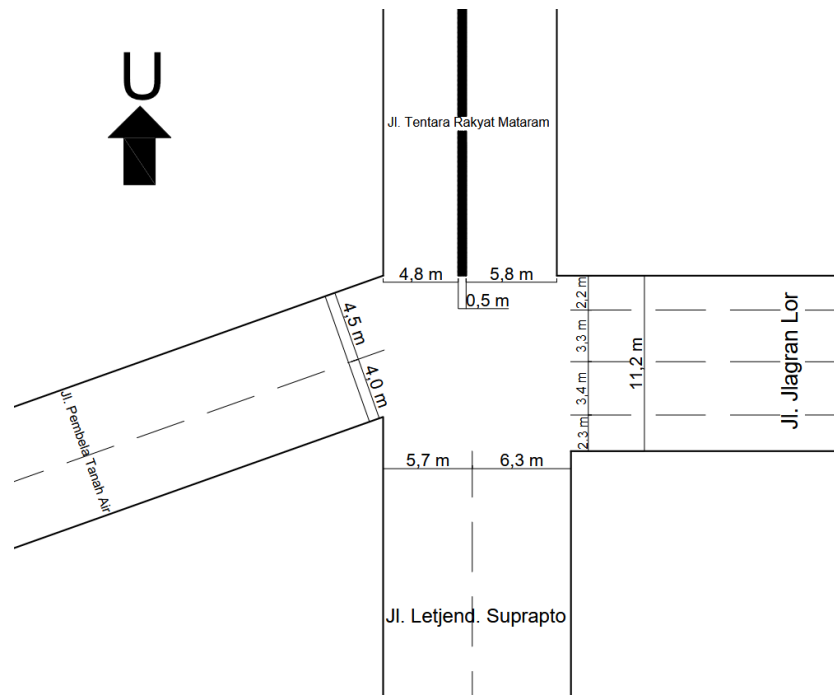
Data primer adalah data yang didapat dari pengamatan langsung di lapangan. Data ini meliputi dari data geometri simpang, volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, panjang antrian, serta perilaku pengemudi (*driving behaviour*). Berikut merupakan data yang diperoleh.

5.1.1 Data Geometri Simpang

Data ini diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan dengan melakukan pengukuran pada simpang. Berdasarkan hasil pengamatan, Simpang Jlagran Lor memiliki data geometri yang dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Data Geometri Simpang

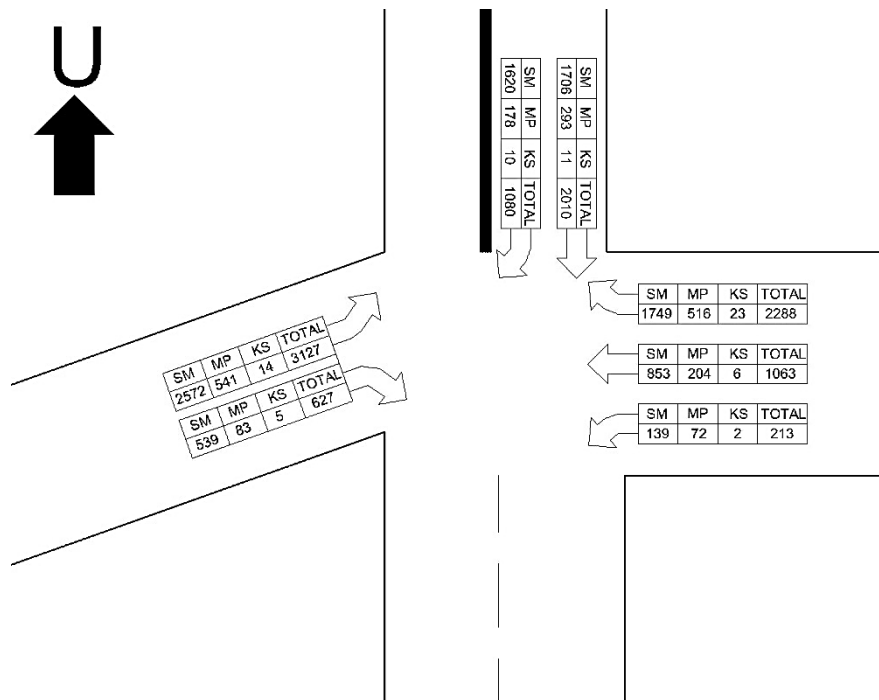
	Utara	Timur	Selatan	Barat
Tipe jalan	4/2-T	2/1	2/1	2/2-TT
Tipe Lingkungan Jalan	Komersial	Komersial	Komersial	Komersial
Status Jalan	Jalan kota	Jalan kota	Jalan kota	Jalan kota
median	ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
LTOR	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
Lebar Pendekat W_A (m)	5,8	11,2	-	4,50
Lebar pendekat masuk (m)	5,8	11,2	-	4,50
Lebar pendekat keluar (m)	4,8	-	12	4,00



Gambar 5. 1 Denah Geometri Simpang Jlagran Lor

5.1.2 Data Volume Eksisting Lalu Lintas

Data volume lalu lintas didapat melalui pengamatan langsung di lokasi. Proses pengamatan dilakukan menggunakan kamera yang merekam lalu lintas untuk mendapatkan data volume kendaraan di simpang. Pengamatan ini dilakukan selama 6 jam setiap harinya, mencakup satu hari kerja serta satu hari libur. Pelaksanaan survei diadakan pada hari sabtu, 16 November 2024 dan Senin, 18 November 2024. Survei dilaksanakan dalam tiga sesi, yaitu sesi pagi pada pukul 06.00-08.00 WIB, sesi siang pada pukul 11.00-13.00 WIB, dan sesi sore pada pukul 14.30-16.30 WIB. Pengamatan volume lalu lintas meliputi kendaraan sepeda motor (SM), mobil penumpang (MP), dan kendaraan sedang (KS). Berikut merupakan rekapitulasi data volume lalu lintas simpang 4 APILL Jlagran Lor. Data yang didapat menggunakan satuan kendaraan per jam (kend/jam).



Gambar 5. 2 Distribusi Kendaraan Simpang 4 APILL Jlagran Lor (kend/jam)

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Data Volume Lalu Lintas Simpang Jlagran Lor

Sesi	Waktu (WIB)	Volume Lalu Lintas (kend/jam)					
		Sabtu			Senin		
		SM	MP	KS	SM	MP	KS
Pagi	06.00-07.00	6.621	1.450	89	8.707	1.788	37
	06.15-07.15	6.849	1.526	98	8.943	1.828	46
	06.30-07.30	6.809	1.597	105	9.178	1.887	71
	06.45-07.45	6.784	1.619	103	8.997	1.813	68
	07.00-08.00	6.622	1.662	97	9.092	1.785	67
Siang	11.00-12.00	3.723	2.132	84	5.279	1.807	76
	11.15-12.15	3.581	2.085	92	5.435	1.876	91
	11.30-12.30	3.760	2.112	104	5.504	1.932	105
	11.45-12.45	3.767	2.056	100	5.511	1.939	98
	12.00-13.00	3.598	1.944	95	5.483	1.953	100
Sore	14.30-15.30	4.780	2.153	85	6.588	1.849	42
	14.45-15.45	4.780	2.153	85	6.737	1.893	47
	15.00-16.00	4.863	2.204	95	6.668	1.965	57
	15.15-16.15	4.986	2.220	96	6.717	2.043	60
	15.30-16.30	4.998	2.188	87	6.621	2.064	57

5.1.3 Data Persinyalan Lalu Lintas

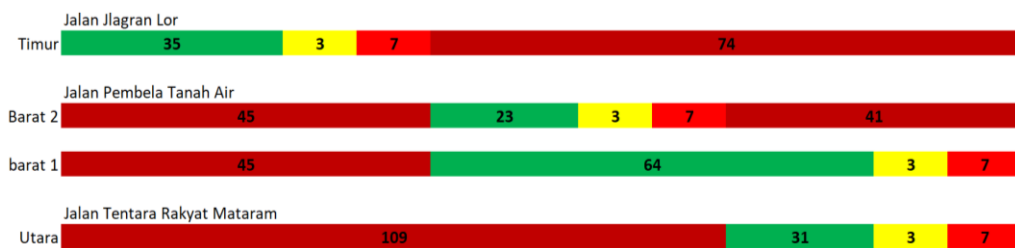
Simpang Jlagran memiliki 3 fase lalu lintas, fase ini dapat dilihat pada tabel 5.4 dan gambar 5.3 dan 5.4 dibawah ini.

Tabel 5. 3 Data Sinyal Simpang Jlagran Lor

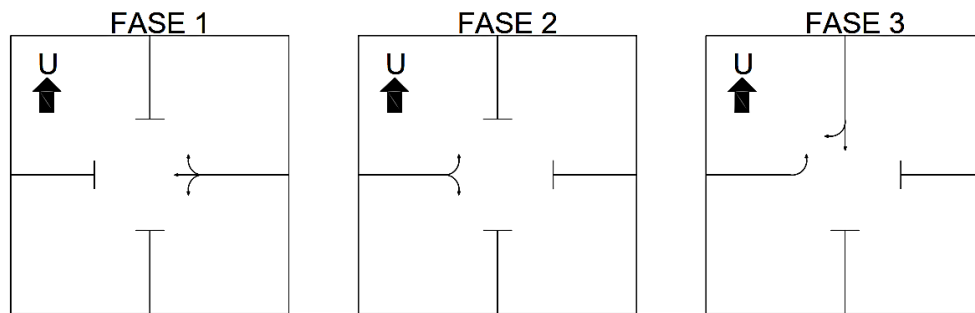
Pendekat	Fase	Data Sinyal Simpang Jlagran Lor (detik)							
		Pagi/Siang			Waktu Siklus	Sore			Waktu Siklus
		WH	WK	WMS		WH	WK	WMS	
Timur	1	38	2	5	114	35	3	7	119
Barat 2	2	24	2	5		23	3	7	
Barat 1	3	38	2	5		41	3	7	
Utara		31	2	5		31	3	7	



Gambar 5. 3 Diagram Fase Pagi dan Siang Simpang Jlagran Lor



Gambar 5. 4 Diagram Fase Sore Simpang Jlagran Lor



Gambar 5. 5 Arah Fase Simbang Jlagran Lor

5.1.4 Data Kecepatan Kendaraan

Data kecepatan kendaraan diperoleh dengan mengamati waktu tempuh sepeda motor (sm), mobil penumpang (mp), atau kendaraan sedang (ks) saat melintasi masing-masing lengan jalan dengan panjang segmen yang diamati sejauh 20 meter. Berikut Tabel 5.5 yang merupakan rekapitulasi data rata-rata kecepatan pada simpang 4 APILL Jlagran Lor.

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Data Rata-rata Kecepatan Kendaraan

Lengan Simbang	SM (km/jam)	MP (km/jam)	KS (km/jam)
Jl. Jlagran Lor	17,44	15,50	12,14
Jl. Pembela Tanah Air	27,58	26,99	27,01
Jl. Tentara Rakyat Mataram	24,82	23,72	22,26

5.1.5 Data Panjang Antrean

Data dari panjang antrian dan tundaan didapat dari pengamatan pada lokasi penelitian. Berikut merupakan hasil pengamatan panjang antrean dapat dilihat dari Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5. 5 Data Panjang Antrean

No	Lengan Simbang	Panjang Antrean
1	Jl. Jlagran Lor	95
2	Jl. Pembela Tanah Air	180
3	Jl. Tentara Rakyat Mataram	111

5.1.6 Data *Driving Behaviour*

Data dari *driving behaviour* didapat dari pengamatan pada lokasi penelitian. Berikut merupakan hasil pengamatan *driving behaviour* dapat dilihat di Tabel 5.7 berikut

Tabel 5. 6 Data *Driving Behaviour* Lengan Timur

Lengan Simpang	Berhenti		Bergerak	
	Depan Belakang (m)	Lateral/Kanan Kiri (m)	Depan Belakang (m)	Lateral/Kanan Kiri (m)
Timur	0,4	0,5	0,5	0,5
	0,3	0,5	1	1
	0,9	0,4	1,5	1,1
	0,6	0,6	0,7	0,4
	0,8	0,3	0,4	0,3
	0,3	0,2	0,6	0,6
	0,3	0,5	0,8	0,7
Timur	0,4	0,5	0,6	0,5
	0,3	0,8	0,8	0,6
	1	0,6	0,4	0,7
	0,6	0,5	0,5	0,8
	0,8	0,3	0,5	1,2
	0,4	0,4	0,4	0,6
	0,2	0,7	1,4	0,5
	0,3	0,5	0,6	0,7
	0,5	0,4	0,4	0,5
	0,6	0,5	0,3	0,4
	0,3	0,3	0,2	0,5
	0,2	0,2	0,9	0,7
	0,7	0,4	1,3	0,4

5.1.7 Data Volume Bki ke Jalan Malioboro

Data volume didapatkan dari pengamatan pada simpang Malioboro. Proses pengamatan pada simpang ini didapatkan menggunakan kamera yang digunakan untuk mendapatkan data volume kendaraan. Pengamatan ini memiliki waktu yang sama sesuai dengan waktu simpang Jlagran lor, karena volume ini nantinya akan mempengaruhi atau membebani jumlah volume kendaraan di simpang Jlagran Lor pada lengan timur yang berbelok ke arah selatan dikarenakan adanya pedestrianisasi di Kawasan Malioboro. Berikut merupakan rekapitulasi volume di belok kiri yang mengarah ke Jalan Malioboro pada Tabel 5.7.

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Data Volume Bki ke Jalan Malioboro

Sesi	Waktu (WIB)	Volume Lalu Lintas (kend/jam)					
		Sabtu			Senin		
		SM	MP	KS	SM	MP	KS
Pagi	06.00-07.00	1447	461	43	2034	618	32
	06.15-07.15	1556	534	38	2130	657	39
	06.30-07.30	1650	583	37	1936	667	38
	06.45-07.45	1727	662	43	1815	648	36
	07.00-08.00	1631	703	43	1678	628	38
Siang	11.00-12.00	1208	921	47	1499	802	42
	11.15-12.15	1189	939	45	1545	886	47
	11.30-12.30	1170	917	37	1509	842	45
	11.45-12.45	1186	910	33	1447	858	45
	12.00-13.00	1206	862	29	1383	857	46
Sore	14.30-15.30	1062	868	33	1585	767	35
	14.45-15.45	1170	913	39	1699	818	35
	15.00-16.00	1183	914	43	1746	839	41
	15.15-16.15	1233	931	40	1703	882	41
	15.30-16.30	1135	905	33	1579	868	42

5.2 Data Sekunder

Penelitian ini dilakukan di simpang 4 APILL Jlagran Lor yang menghubungkan Jl. Jlagran Lor, Jl. Pembela Tanah Air, Jl. Tentara Rakyat Mataram, dan Jl. Letjend Suprpto. Data jumlah penduduk Kota Yogyakarta berdasarkan dari Badan Pusat Statistik Daerah Istimewa Yogyakarta 2024 adalah sebanyak 4.179.333 jiwa.

5.3 Analisis Simpang Eksisting Berdasarkan PKJI 2023

Analisis kinerja simpang eksisting berdasarkan PKJI 2023 bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas, derajat kejenuhan, serta karakteristik/perilaku lalu lintas, termasuk tundaan serta peluang antrean. Langkah-langkah perhitungan kinerja simpang dilakukan dengan sebagai berikut.

5.3.1 Perhitungan Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas pada simpang 4 APILL Jlagran Lor pada satuan kendaraan/jam, dapat dilihat pada Tabel 5.2. Untuk mencari nilai jam puncak, perlu dilakukan konversi dari satuan kend/jam menjadi smp/jam. Perhitungan nilai ekuivalensi mobil penumpang (EMP) agar dapat menjadi smp/jam dapat menggunakan nilai dari Tabel 3.2. Berikut merupakan hasil perhitungan volume (smp/jam).

1. Jalan Jlagran Lor (sisi Timur)

a. Sepeda Motor (SM), emp = 0,15

$$\text{Belok kiri} = 139 \times 0,15 = 20,85 \quad \text{smp/jam}$$

$$\text{Lurus} = 853 \times 0,15 = 127,95 \quad \text{smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan} = 1749 \times 0,15 = 262,35 \quad \text{smp/jam}$$

b. Mobil Penumpang (MP), emp = 1

$$\text{Belok kiri} = 72 \times 1 = 72 \quad \text{smp/jam}$$

$$\text{Lurus} = 204 \times 1 = 204 \quad \text{smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan} = 516 \times 1 = 516 \quad \text{smp/jam}$$

c. Kendaraan Sedang (KS), emp = 1,3

$$\text{Belok kiri} = 2 \times 1,3 = 2,6 \quad \text{smp/jam}$$

$$\text{Lurus} = 6 \times 1,3 = 7,8 \quad \text{smp/jam}$$

$$\text{Belok kanan} = 23 \times 1,3 = 29,9 \quad \text{smp/jam}$$

2. Jalan Pembela Tanah Air 1 (BKI sisi Barat)

- a. Sepeda Motor (SM), emp = 0,15
 Belok kiri = $1750 \times 0,15 = 262,50$ smp/jam
- b. Mobil Penumpang (MP), emp = 1
 Belok kiri = $308 \times 1 = 308$ smp/jam
- c. Kendaraan Sedang (KS), emp = 1,3
 Belok kiri = $9 \times 1,3 = 11,7$ smp/jam

3. Jalan Pembela Tanah Air 2 (BKI dan BKA sisi Barat)

- a. Sepeda Motor (SM), emp = 0,15
 Belok kiri = $822 \times 0,15 = 123,30$ smp/jam
 Belok kanan = $539 \times 0,15 = 80,85$ smp/jam
- b. Mobil Penumpang (MP), emp = 1
 Belok kiri = $233 \times 1 = 233$ smp/jam
 Belok kanan = $83 \times 1 = 83$ smp/jam
- c. Kendaraan Sedang (KS), emp = 1,3
 Belok kiri = $5 \times 1,3 = 6,5$ smp/jam
 Belok kanan = $5 \times 1,3 = 6,5$ smp/jam

4. Jalan Tentara Rakyat Mataram (sisi Utara)

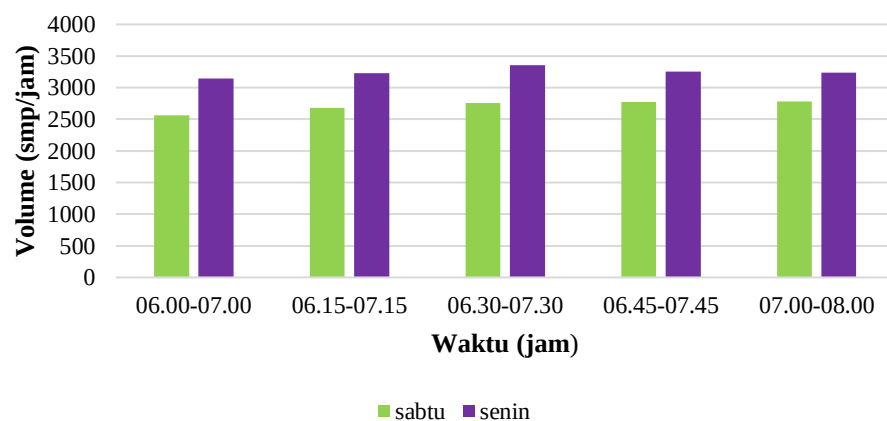
- a. Sepeda Motor (SM), emp = 0,15
 Lurus = $1706 \times 0,15 = 255,90$ smp/jam
 Belok kanan = $1620 \times 0,15 = 243,00$ smp/jam
- b. Mobil Penumpang (MP), emp = 1
 Lurus = $293 \times 1 = 293$ smp/jam
 Belok kanan = $178 \times 1 = 178$ smp/jam
- c. Kendaraan Sedang (KS), emp = 1,3
 Lurus = $11 \times 1,3 = 14,3$ smp/jam
 Belok kanan = $10 \times 1,3 = 13,0$ smp/jam

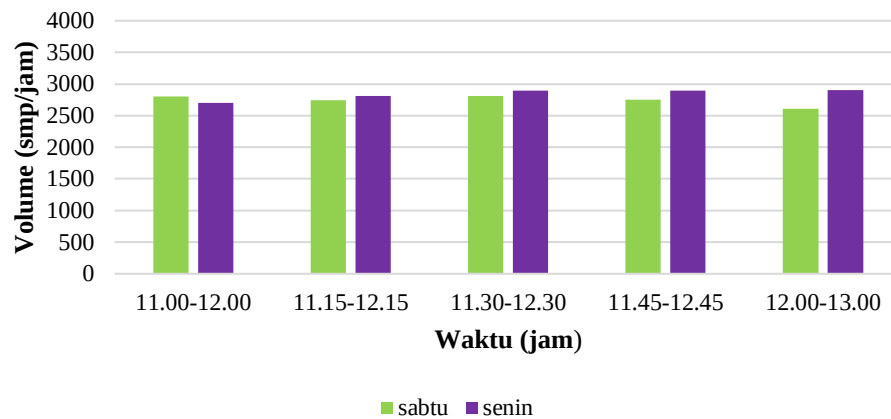
Total volume kendaraan = $1243,45 + 582,20 + 533,15 + 997,20 = 3356,00$ smp/jam.

Berikut merupakan rekapitulasi volume kendaraan smp/jam pada hari Sabtu 16 November 2024, dan hari Senin 18 November 2024.

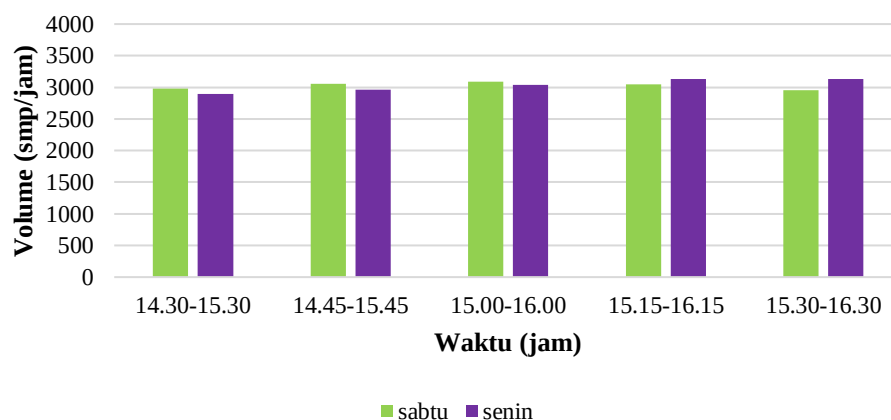
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Simpang 4 APILL Jlagran LOR

Waktu	Jumlah Volume Lalu Lintas (smp/jam)	
	Sabtu	Senin
06.00-07.00	2.559	3142
06.15-07.15	2.681	3229
06.30-07.30	2.755	3356
06.45-07.45	2.771	3251
07.00-08.00	2.781	3236
11.00-12.00	2.800	2698
11.15-12.15	2.742	2810
11.30-12.30	2.811	2894
11.45-12.45	2.751	2893
12.00-13.00	2.607	2905
14.30-15.30	2.981	2892
14.45-15.45	3.057	2965
15.00-16.00	3.093	3039
15.15-16.15	3.051	3129
15.30-16.30	2.955	3131

**Gambar 5. 6 Grafik Volume Simpang 4 Jlagran Lor Sesi Pagi (smp/jam)**



Gambar 5. 7 Grafik Volume Simbang 4 Jlagran Lor Sesi Siang (smp/jam)



Gambar 5. 8 Grafik Volume Simbang 4 Jlagran Lor Sesi Sore (smp/jam)

Hasil rekapitulasi volume lalu lintas, menunjukkan bahwa jam puncak terjadi pada hari senin, dengan jam puncak berada pada berada pada waktu 06.30-07.30, di mana volume kendaraan mencapai 3.356 smp/jam.

5.3.2 Jumlah Arus Kendaraan

Berdasarkan data yang ada, berikut merupakan jumlah arus kendaraan tiap lengan pada Simbang 4 APILL Jlagran Lor adalah sebagai berikut.

1. Lengan Timur = 1243,45 smp/jam
2. Lengan Barat 1 (BKI) = 582,20 smp jam
3. Lengan Barat 2 (BKA dan BKI) = 533,15 smp/jam
4. Lengan Utara = 977,20 smp/jam

Tabel 5. 9 Rekap Perhitungan Arus dan Rasio Belok Eksisting

Komposisi Lalu Lintas		MP		KS		SM		Kend Bermotor Total MV		Rasio Belok	KTB (Kend/Jam)
Arus Lalu Lintas	Arah	Mobil Penumpang (MP)		Kendaraan Sedang (KS)		Sepeda Motor (SM)					
Pendekat		Kend/Jam	emp	Kend/Jam	emp	Kend/Jam	emp	Kend/Jam	smp/jam		
			1		1,3		0,15				
			smp/jam		smp/jam		smp/jam				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jl.Tentara rakyat mataram (C)	Bki	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lurus	293	293	11	14,3	1706	255,90	2010	563,20		
	Bka	178	178	10	13,0	1620	243,00	1808	434,00	0,44	
	Total	471	471	21	27,3	3326	498,90	3818	997,20		
Jl.Jlagran lor (A)	Bki	72	72	2	2,6	139	20,85	213	95,45	0,08	6
	Lurus	204	204	6	7,8	853	127,95	1063	339,75		
	Bka	516	516	23	29,9	1749	262,35	2288	808,25	0,65	
	Total	792	792	31	40,3	2741	411,15	3564	1243,45		
Jl.Pembela Tanah Air BKA BKI (B)	Bki	233	233	5	6,5	822	123,30	1060	362,80	0,68	3
	Lurus	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Bka	83	83	5	6,5	539	80,85	627	170,35	0,32	
	Total	316	316	10	13,0	1361	204,15	1687	533,15		
Jl.Pembela Tanah Air BKI (B1)	Bki	308	308	9	11,7	1750	262,50	2067	582,20	1,00	4
	Lurus	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Bka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	308	308	9	11,7	1750	262,50	2067	582,20		
Total	Bki	613	613	16	21	2711	407	3340	1040	0,31	13
	Lurus	497	497	17	22	2559	384	3073	903		
	Bka	777	777	38	49	3908	586	4723	1413	0,42	
	Total	1887	1887	71	92,3	9178	1376,70	11136	3356,00	0,73	
									Rasio RKTb KTB/KB		0,0012

5.3.3 Data Lebar Efektif Lengan

Berikut merupakan data lebar efektif pada setiap lengan pada simpang.

1. Lengan Timur = 11,2 m
2. Lengan Barat 1(BKI) = 2,25 m
3. Lengan Barat 2 (BKA dan BKI) = 4,50 m
4. Lengan Utara = 5,80 m

5.3.4 Perhitungan Arus Jenuh Dasar

Berikut merupakan perhitungan arus jenuh dasar dengan menggunakan Persamaan 3.4. adalah sebagai berikut.

1. Lengan Timur

$$J_0 = 600 \times L_e$$

$$J_0 = 600 \times 11,20$$

$$J_0 = 6.720$$

2. Lengan Barat 1 (BKl)

$$J_0 = 600 \times L_e$$

$$J_0 = 600 \times 2,25$$

$$J_0 = 1.350$$

3. Lengan Barat 2 (BKA dan BKl)

$$J_0 = 600 \times L_e$$

$$J_0 = 600 \times 4,50$$

$$J_0 = 2700$$

4. Lengan Utara

$$J_0 = 600 \times L_e$$

$$J_0 = 600 \times 5,80$$

$$J_0 = 3.480$$

5.3.5 Penentuan Faktor Koreksi

Dalam perhitungan arus jenuh, diperlukan penentuan nilai faktor koreksi yang mencakup faktor koreksi ukuran kota (F_{UK}), faktor hambatan samping (F_{HS}), Faktor gradien (F_G), faktor parkir (F_P), faktor belok kanan (F_{BKa}), dan faktor belok kiri (F_{BKl}). Berikut adalah rincian proses perhitungan arus jenuh pada Simpang 4 APILL Jlagran Lor.

1. Faktor Hambatan Samping (F_{HS})

a. Lengan Timur

Berdasarkan data dari Survei Updating Kinerja Lalu Lintas 2024 DISHUB DIY 2024, Jalan Jlagran Lor termasuk lingkungan komersial dengan kondisi wilayah pertokoan dan pemukiman. Jika diamati maka termasuk ke dalam hambatan samping tinggi. Berdasarkan tabel 3.4, dengan tak rasio kendaraan bermotor sebesar 0,00, maka didapatkan nilai Faktor Hambatan Samping (F_{HS}) sebesar 0,93.

b. Lengan Barat

Berdasarkan data dari Survei Updating Kinerja Lalu Lintas 2024 DISHUB DIY 2024, Jalan Pembela Tanah Air termasuk lingkungan komersial dengan kondisi wilayah pertokoan dan pemukiman. Jika diamati maka termasuk ke dalam hambatan samping tinggi. Berdasarkan Tabel 3.4, dengan tak rasio kendaraan bermotor sebesar 0,00, maka didapatkan nilai Faktor Hambatan Samping (F_{HS}) sebesar 0,93.

c. Lengan utara

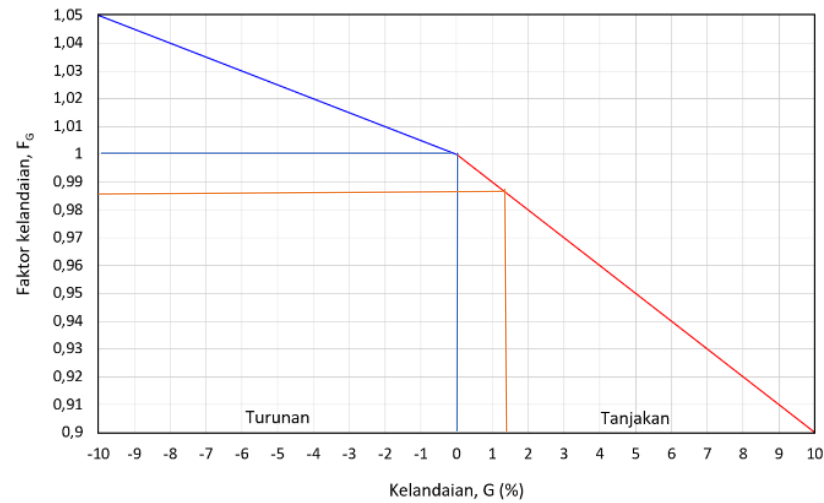
Berdasarkan data dari Survei Updating Kinerja Lalu Lintas 2024 DISHUB DIY 2024, Jalan Tentara Rakyat Mataram termasuk lingkungan komersial dengan kondisi wilayah pertokoan, pemukiman, perkantoran, pendidikan. Jika diamati maka termasuk ke dalam hambatan samping tinggi. Berdasarkan Tabel 3.4, dengan tak rasio kendaraan bermotor sebesar 0,00, maka didapatkan nilai Faktor Hambatan Samping (F_{HS}) sebesar 0,93.

2. Faktor Ukuran Kota (F_{UK})

Berdasarkan data jumlah penduduk Kota D. I. Yogyakarta yang diperoleh dari badan pusat Statistik. Pada tahun 2024 didapatkan jumlah penduduk sebanyak 4.179.333 jiwa. Berdasarkan Tabel 3.3 maka didapatkan nilai Faktor Koreksi Ukuran Kota sebesar 1,05.

3. Faktor Kelandaian (F_G)

Berdasarkan hasil pengukuran dengan bantuan *software Google Earth*, didapatkan kemiringan atau *slope* sebesar 0% untuk Jalan Jlagran Lor, 1,40% untuk Jalan Tentara Rakyat Mataram, dan 0% untuk Jalan Pembela Tanah Air.



Gambar 5. 9 Faktor Kelandaian Setiap Lengan

Berdasarkan Gambar 5.8 nilai faktor kelandaian untuk lengan timur dan barat adalah 1. Sedangkan untuk lengan Utara adalah 0,986.

4. Faktor Parkir (F_p)

Berdasarkan dari pengamatan secara langsung di lokasi penelitian, tidak terdapat kendaraan yang terparkir di sepanjang lengan, baik itu lengan timur, barat, dan utara. Oleh karena itu, didapat nilai faktor koreksi parkir Simpang 4 APILL Jlagran Lor pada setiap lengan adalah 1.

5. Faktor Koreksi Belok Kiri (F_{BKi})

Untuk mencari nilai rasio arus belok kiri (R_{BKi}) dapat menggunakan Persamaan 3.5 dan untuk mencari nilai faktor koreksi belok kiri (F_{BKi}) dapat menggunakan Persamaan 3.6. Berikut merupakan perhitungan faktor koreksi belok kiri.

a. Lengan Timur

$$R_{BKi} = \frac{q_{BKi}}{q_{Total}}$$

$$R_{BKi} = \frac{95,45}{1243,45}$$

$$R_{BKi} = 0,08$$

$$F_{BKi} = 1,0 - R_{BKi} \times 0,16$$

$$F_{BKi} = 1,0 - 0,08 \times 0,16$$

$$F_{BKi} = 0,988$$

b. Lengan Barat 1 (BK_i)

$$R_{BK_i} = \frac{q_{BK_i}}{q_{Total}}$$

$$R_{BK_i} = \frac{608,20}{608,20}$$

$$R_{BK_i} = 1,00$$

$$F_{BK_i} = 1,0 - R_{BK_i} \times 0,16$$

$$F_{BK_i} = 1,0 - 1,00 \times 0,16$$

$$F_{BK_i} = 0,840$$

c. Lengan Barat 2 (BK_i dan BK_a)

$$R_{BK_i} = \frac{q_{BK_i}}{q_{Total}}$$

$$R_{BK_i} = \frac{362,80}{533,15}$$

$$R_{BK_i} = 0,68$$

$$F_{BK_i} = 1,0 - R_{BK_i} \times 0,16$$

$$F_{BK_i} = 1,0 - 0,68 \times 0,16$$

$$F_{BK_i} = 0,891$$

d. Lengan Utara

$$R_{BK_i} = \frac{q_{BK_i}}{q_{Total}}$$

$$R_{BK_i} = \frac{0,00}{1049,20}$$

$$R_{BK_i} = 0,00$$

$$F_{BK_i} = 1,0 - R_{BK_i} \times 0,16$$

$$F_{BK_i} = 1,0 - 0,00 \times 0,16$$

$$F_{BK_i} = 1,0$$

6. Faktor Koreksi Belok Kanan (F_{BK_a})

a. Lengan timur

$$R_{BKA} = \frac{q_{BKA}}{q_{Total}}$$

$$R_{BKA} = \frac{808,25}{1243,45}$$

$$R_{BKA} = 0,65$$

$$F_{BK_a} = 1,0 + R_{BK_a} \times 0,26$$

$$F_{BK_a} = 1,0 + 0,65 \times 0,26$$

$$F_{BKa} = 1,169$$

b. Lengan Barat 1 (BK_i)

$$R_{BKA} = \frac{q_{BKA}}{q_{Total}}$$

$$R_{BKA} = \frac{0,00}{608,20}$$

$$R_{BKA} = 0,00$$

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26$$

$$F_{BKa} = 1,0 + 0,00 \times 0,26$$

$$F_{BKa} = 1,0$$

c. Lengan Barat 2 (BK_i dan BK_a)

$$R_{BKA} = \frac{q_{BKA}}{q_{Total}}$$

$$R_{BKA} = \frac{170,35}{533,15}$$

$$R_{BKA} = 0,32$$

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26$$

$$F_{BKa} = 1,0 + 0,32 \times 0,26$$

$$F_{BKa} = 1,083$$

d. Lengan Utara

$$R_{BKA} = \frac{q_{BKA}}{q_{Total}}$$

$$R_{BKA} = \frac{434,00}{997,20}$$

$$R_{BKA} = 0,44$$

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26$$

$$F_{BKa} = 1,0 + 0,44 \times 0,26$$

$$F_{BKa} = 1,113$$

5.3.6 Perhitungan Nilai Arus Jenuh

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar serta faktor-faktor koreksi yang telah dianalisis di atas, maka nilai arus jenuh pada setiap lengan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.3, berikut merupakan perhitungan nilai arus jenuh.

1. Lengan Timur

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a}$$

$$J = 6.720 \times 0,93 \times 1,05 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,988 \times 1,169$$

$$J = 7.577 \text{ smp/jam}$$

2. Lengan Barat 1 (BK_i)

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a}$$

$$J = 1.350 \times 0,93 \times 1,05 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,840 \times 1,000$$

$$J = 1.107 \text{ smp/jam}$$

3. Lengan Barat 2 (BK_i dan BK_a)

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a}$$

$$J = 2.700 \times 0,93 \times 1,05 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,891 \times 1,083$$

$$J = 2.545 \text{ smp/jam}$$

4. Lengan Utara

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a}$$

$$J = 3.480 \times 0,93 \times 1,05 \times 0,986 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,113$$

$$J = 3.730 \text{ smp/jam}$$

5.3.7 Waktu Siklus Eksisting

Berdasarkan pengamatan secara langsung, didapatkan bahwa waktu siklus simpang 4 APILL Jlagran Lor adalah 114 detik, dengan waktu kuning (W_k) sebesar 2 detik, dan W_{MS} sebesar 5 detik untuk setiap lengannya.

5.3.8 Waktu Hijau

Berdasarkan pengamatan secara langsung, didapatkan nilai W_H setiap fasenya adalah sebagai berikut.

1. Fase 1

$$W_H \text{ Timur} = 38 \text{ detik}$$

2. Fase 2

$$W_H \text{ Barat 2 (BK}_i \text{ dan BK}_a \text{)} = 24 \text{ detik}$$

3. Fase 3

$$W_H \text{ Barat 1 (BK}_i \text{)} = 38 \text{ detik}$$

$$W_H \text{ Utara} = 31 \text{ detik}$$

5.3.9 Perhitungan Kapasitas

Perhitungan nilai dari kapasitas dapat dicari menggunakan Persamaan 3.12. Berikut merupakan perhitungan kapasitas Simpang 4 APILL Jlagran Lor sebagai berikut.

1. Lengan Timur

$$C = J \times \frac{W_H}{s}$$

$$C = 7.577 \times \frac{38}{114}$$

$$C = 2.526 \text{ smp/jam}$$

2. Lengan Barat 1 (BK_i)

$$C = J \times \frac{W_H}{s}$$

$$C = 1.107 \times \frac{38}{114}$$

$$C = 369 \text{ smp/jam}$$

3. Lengan Barat 2 (BK_i dan BK_a)

$$C = J \times \frac{W_H}{s}$$

$$C = 2.545 \times \frac{24}{114}$$

$$C = 536 \text{ smp/jam}$$

4. Lengan Utara

$$C = J \times \frac{W_H}{s}$$

$$C = 3.730 \times \frac{31}{114}$$

$$C = 1.014 \text{ smp/jam}$$

5.3.10 Perhitungan Derajat Kejenuhan

Untuk mencari nilai derajat kejenuhan (D_J) dapat menggunakan persamaan 3.13. Berikut merupakan perhitungan Derajat Kejenuhan Simpang 4 APILL Jlagran Lor sebagai berikut.

1. Lengan Timur

$$D_J = \frac{q}{c}$$

$$D_J = \frac{1.243,45}{2.526}$$

$$D_J = 0,492$$

2. Lengan Barat 1 (BK_i)

$$\begin{aligned} D_J &= \frac{q}{c} \\ D_J &= \frac{582,20}{369} \\ D_J &= 1,577 \end{aligned}$$

3. Lengan Barat 2 (BK_i dan BK_a)

$$\begin{aligned} D_J &= \frac{q}{c} \\ D_J &= \frac{533,15}{536} \\ D_J &= 1,054 \end{aligned}$$

4. Lengan Utara

$$\begin{aligned} D_J &= \frac{q}{c} \\ D_J &= \frac{997,20}{1.014} \\ D_J &= 0,983 \end{aligned}$$

5.3.11 Perhitungan Panjang Antrean

Dalam mencari panjang antrean, dapat menggunakan perhitungan Persamaan 3.14. Berikut merupakan perhitungan Panjang antrean Simpang 4 APILL Jlagran Lor sebagai berikut.

1. Lengan Timur

Pada lengan timur memiliki derajat kejenuhan (D_J) 0,492 dengan nilai $D_J < 0,5$, sehingga nilai jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) adalah 0.

Nilai dari jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan terhenti dalam antrean selama fase Merah (N_{q2}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.17.

$$\begin{aligned} N_{q2} &= s \times \frac{(1-R_H)}{(1-R_H \times D_J)} \times \frac{q}{3600} \\ N_{q2} &= 114 \times \frac{(1-\frac{38}{114})}{(1-\frac{38}{114} \times 0,492)} \times \frac{1243,45}{3600} \\ N_{q2} &= 98 \text{ smp} \end{aligned}$$

Untuk mencari jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q) dapat menggunakan persamaan 3.14.

$$N_q = N_{q1} + N_{q2}$$

$$N_q = 0,00 + 98$$

$$N_q = 98,3 = 99 \text{ smp (dibulatkan)}$$

Untuk mencari nilai dari panjang antrean (PA) dapat menggunakan Persamaan 3.18.

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M}$$

$$P_A = 99 \times \frac{20}{11,20}$$

$$P_A = 176,786 \text{ m}$$

2. Lengan Barat 1 (BK_i)

Pada lengan barat BK_i memiliki derajat kejenuhan (D_J) 1,024 dengan nilai $D_J > 0,5$, sehingga nilai jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.16.

$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{s}} \right\}$$

$$N_{q1} = 0,25 \times 114 \times \left\{ (1,577 - 1) + \sqrt{(1,577 - 1)^2 \frac{8 \times (1,577 - 0,5)}{114}} \right\}$$

$$N_{q1} = 39,68 \text{ smp}$$

Nilai dari jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan terhenti dalam antrean selama fase Merah (N_{q2}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.17.

$$N_{q2} = s \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_J)} \times \frac{q}{3600}$$

$$N_{q2} = 114 \times \frac{(1 - \frac{38}{114})}{(1 - \frac{38}{114} \times 1,577)} \times \frac{582,20}{3600}$$

$$N_{q2} = 101 \text{ smp}$$

Untuk mencari jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q) dapat menggunakan Persamaan 3.14.

$$N_q = N_{q1} + N_{q2}$$

$$N_q = 39,68 + 101,04$$

$$N_q = 140,72 \text{ smp}$$

Untuk mencari nilai dari panjang antrean (PA) dapat menggunakan Persamaan 3.18.

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M}$$

$$P_A = 141 \times \frac{20}{2,25}$$

$$P_A = 1208,889 \text{ m}$$

3. Lengan Barat 2 (BK_i dan BK_a)

Pada lengan barat BK_i dan BK_a memiliki derajat kejenuhan (D_J) 1,054 dengan nilai $D_J > 0,5$, sehingga nilai jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.16.

$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{s}} \right\}$$

$$N_{q1} = 0,25 \times 114 \times \left\{ (0,995 - 1) + \sqrt{(0,995 - 1)^2 \frac{8 \times (0,995 - 0,5)}{114}} \right\}$$

$$N_{q1} = 5,18 \text{ smp}$$

Nilai dari jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan berhenti dalam antrean selama fase Merah (N_{q2}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.17.

$$N_{q2} = s \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_J)} \times \frac{q}{3600}$$

$$N_{q2} = 114 \times \frac{(1 - \frac{24}{114})}{(1 - \frac{24}{114} \times 0,995)} \times \frac{533,15}{3600}$$

$$N_{q2} = 110 \text{ smp}$$

Untuk mencari jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q) dapat menggunakan Persamaan 3.14.

$$N_q = N_{q1} + N_{q2}$$

$$N_q = 5,18 + 110$$

$$N_q = 115 \text{ smp (dibulatkan)}$$

Untuk mencari nilai dari panjang antrean (P_A) dapat menggunakan Persamaan 3.18.

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M}$$

$$P_A = 117 \times \frac{20}{2,13}$$

$$P_A = 511,111 \text{ m}$$

4. Lengan Utara

Pada lengan memiliki derajat kejenuhan (D_J) 0,983 dengan nilai $D_J > 0,5$, sehingga nilai jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.16.

$$\begin{aligned} N_{q1} &= 0,25 \times s \times \left\{ (D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{s}} \right\} \\ N_{q1} &= 0,25 \times 114 \times \left\{ (0,983 - 1) + \sqrt{(0,983 - 1)^2 \frac{8 \times (0,983 - 0,5)}{114}} \right\} \\ N_{q1} &= 4,79 \text{ smp} \end{aligned}$$

Nilai dari jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan berhenti dalam antrean selama fase Merah (N_{q2}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.17.

$$\begin{aligned} N_{q2} &= s \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_J)} \times \frac{q}{3600} \\ N_{q2} &= 114 \times \frac{(1 - \frac{31}{114})}{(1 - \frac{31}{114} \times 0,983)} \times \frac{997,20}{3600} \\ N_{q2} &= 102,28 \text{ smp} \end{aligned}$$

Untuk mencari jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q) dapat menggunakan Persamaan 3.14.

$$\begin{aligned} N_q &= N_{q1} + N_{q2} \\ N_q &= 4,79 + 102,28 \\ N_q &= 107,07 \text{ smp} = 108 \text{ smp (dibulatkan)} \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai dari panjang antrean (PA) dapat menggunakan Persamaan 3.18.

$$\begin{aligned} P_A &= N_q \times \frac{20}{L_M} \\ P_A &= 108 \times \frac{20}{2,13} \\ P_A &= 372,414 \text{ m} \end{aligned}$$

5.3.12 Perhitungan Rasio Kendaraan Terhenti

1. Lengan Timur

Nilai rasio kendaraan henti (R_{KH}) dapat dihitung menggunakan rumus yang dinyatakan pada Persamaan 3.19. Perhitungan R_{KH} adalah sebagai berikut:

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600$$

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{99}{1243,45 \times 114} \times 3600$$

$$R_{KH} = 2,263$$

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) dapat dihitung menggunakan rumus yang ada dalam Persamaan 3.20. Berikut merupakan perhitungan jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}).

$$N_{KH} = q \times R_{KH}$$

$$N_{KH} = 1243,45 \times 2,263$$

$$N_{KH} = 2.814 \text{ smp/jam}$$

2. Lengan Barat 1 (BK_i)

Nilai rasio kendaraan henti (R_{KH}) dapat dihitung menggunakan rumus yang dinyatakan pada Persamaan 3.19. Perhitungan R_{KH} adalah sebagai berikut:

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600$$

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{136}{582,20 \times 114} \times 3600$$

$$R_{KH} = 6,639$$

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) dapat dihitung menggunakan rumus yang ada dalam Persamaan 3.20. Berikut merupakan perhitungan jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}).

$$N_{KH} = q \times R_{KH}$$

$$N_{KH} = 582,20 \times 6,639$$

$$N_{KH} = 3.865 \text{ smp/jam}$$

3. Lengan Barat 2 (BK_i dan BK_a)

Nilai rasio kendaraan henti (R_{KH}) dapat dihitung menggunakan rumus yang dinyatakan pada Persamaan 3.19. Perhitungan R_{KH} adalah sebagai berikut:

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600$$

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{115}{533,15 \times 114} \times 3600$$

$$R_{KH} = 6,130$$

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) dapat dihitung menggunakan rumus yang ada dalam Persamaan 3.20. Berikut merupakan perhitungan jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}).

$$\begin{aligned}
N_{KH} &= q \times R_{KH} \\
N_{KH} &= 533,15 \times 6,130 \\
N_{KH} &= 3.268 \text{ smp/jam}
\end{aligned}$$

4. Lengan Utara

Nilai rasio kendaraan henti (R_{KH}) dapat dihitung menggunakan rumus yang dinyatakan pada Persamaan 3.19. Perhitungan R_{KH} adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
R_{KH} &= 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600 \\
R_{KH} &= 0,9 \times \frac{108}{997,20 \times 114} \times 3600 \\
R_{KH} &= 3,078
\end{aligned}$$

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) dapat dihitung menggunakan rumus yang ada dalam Persamaan 3.20. Berikut merupakan perhitungan jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}).

$$\begin{aligned}
N_{KH} &= q \times R_{KH} \\
N_{KH} &= 997,20 \times 3,078 \\
N_{KH} &= 3.069 \text{ smp/jam}
\end{aligned}$$

Rasio rata-rata kendaraan berhenti untuk seluruh simpang APILL, atau disebut sebagai angka henti seluruh simpang APILL ($R_{KH \text{ Total}}$), dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.21. Untuk perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
R_{KH} &= \frac{\sum N_{KH}}{q_{Total}} \\
R_{KH} &= \frac{2.814 + 3.865 + 3.268 + 3.069}{3356} \\
R_{KH} &= 3,879 \text{ smp/jam}
\end{aligned}$$

5.3.13 Tundaan

1. Lengan Timur

Perhitungan tundaan lalu lintas pada setiap lengan pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.22. berikut merupakan perhitungan tundaan lalu lintas tiap pendekat (T_{LL}).

$$\begin{aligned}
T_{LL} &= S \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_f)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C} \\
T_{LL} &= 114 \times \frac{0,5 \times (1 - \frac{38}{114})^2}{(1 - \frac{38}{114} \times 0,492)} + \frac{0 \times 3600}{2526}
\end{aligned}$$

$$T_{LL} = 60,614 \text{ det/smp}$$

Perhitungan tundaan geometri pada setiap lengan pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23. berikut merupakan perhitungan tundaan geometri simpang (T_G).

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4)$$

$$T_G = (1 - 2,263) \times 0,73 \times 6 + (2,263 \times 4)$$

$$T_G = 3,513 \text{ det/smp}$$

Perhitungan tundaan rata-rata pada setiap lengan pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24. berikut merupakan perhitungan tundaan rata-rata (T_i) untuk suatu lengan pendekat.

$$T_i = T_{LL} + T_G$$

$$T_i = 60,614 + 3,513$$

$$T_i = 64,127 \text{ det/smp}$$

2. Lengan Barat 1 (BK_i)

Perhitungan tundaan lalu lintas pada setiap lengan pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.22. berikut merupakan perhitungan tundaan lalu lintas tiap pendekat (T_{LL}).

$$T_{LL} = S \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_f)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C}$$

$$T_{LL} = 114 \times \frac{0,5 \times (1 - \frac{38}{114})^2}{(1 - \frac{38}{114} \times 1,577)} + \frac{34,68 \times 3600}{369}$$

$$T_{LL} = 445,029 \text{ det/smp}$$

Perhitungan tundaan geometri pada setiap lengan pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23. berikut merupakan perhitungan tundaan geometri simpang (T_G).

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4)$$

$$T_G = (1 - 6,639) \times 0,73 \times 6 + (6,639 \times 4)$$

$$T_G = 1,825 \text{ det/smp}$$

Perhitungan tundaan rata-rata pada setiap lengan pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24. berikut merupakan perhitungan tundaan rata-rata (T_i) untuk suatu lengan pendekat.

$$T_i = T_{LL} + T_G$$

$$T_i = 445,029 + 1,825$$

$$T_i = 446,855 \text{ det/smp}$$

3. Lengan Barat 2 (BK_i dan BK_a)

Perhitungan tundaan lalu lintas pada setiap lengan pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.22. berikut merupakan perhitungan tundaan lalu lintas tiap pendekat (T_{LL}).

$$T_{LL} = S \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_f)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C}$$

$$T_{LL} = 114 \times \frac{0,5 \times (1 - \frac{24}{114})^2}{(1 - \frac{24}{114} \times 0,995)} + \frac{0 \times 3600}{536}$$

$$T_{LL} = 103,707 \text{ det/smp}$$

Perhitungan tundaan geometri pada setiap lengan pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23. berikut merupakan perhitungan tundaan geometri simpang (T_G).

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4)$$

$$T_G = (1 - 6,130) \times 0,73 \times 6 + (6,130 \times 4)$$

$$T_G = 2,021 \text{ det/smp}$$

Perhitungan tundaan rata-rata pada setiap lengan pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24. berikut merupakan perhitungan tundaan rata-rata (T_i) untuk suatu lengan pendekat.

$$T_i = T_{LL} + T_G$$

$$T_i = 103,707 + 2,021$$

$$T_i = 105,728 \text{ det/smp}$$

4. Lengan Utara

Perhitungan tundaan lalu lintas pada setiap lengan pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.22. berikut merupakan perhitungan tundaan lalu lintas tiap pendekat (T_{LL}).

$$T_{LL} = S \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_f)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C}$$

$$T_{LL} = 114 \times \frac{0,5 \times (1 - \frac{31}{114})^2}{(1 - \frac{31}{114} \times 0,983)} + \frac{0 \times 3600}{1014}$$

$$T_{LL} = 89,053 \text{ det/smp}$$

Perhitungan tundaan geometri pada setiap lengan pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23. berikut merupakan perhitungan tundaan geometri simpang (T_G).

$$\begin{aligned} T_G &= (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \\ T_G &= (1 - 3,078) \times 0,73 \times 6 + (3,078 \times 4) \\ T_G &= 3,199 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Perhitungan tundaan rata-rata pada setiap lengan pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24. berikut merupakan perhitungan tundaan rata-rata (T_i) untuk suatu lengan pendekat.

$$\begin{aligned} T_i &= T_{LL} + T_G \\ T_i &= 89,053 + 3,199 \\ T_i &= 92,252 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Perhitungan tundaan rata-rata untuk seluruh setiap lengan pada simpang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.25.

$$\begin{aligned} T_i &= \frac{\sum(q \times T)}{q_{total}} \\ T_i &= \frac{488260,056}{3356} \\ T_i &= 145,489 \text{ detik/smp} \end{aligned}$$

5.3.14 Penentuan Tingkat Pelayanan

Berikut merupakan tabel rekapitulasi kinerja eksisting pada Tabel 5.10

Tabel 5. 10 Tabel Rekapitulasi Kinerja Eksisting Simpang Jlagran Lor

Parameter		PKJI 2023
Tundaan Perlengan (det/smp)	Utara	92,252
	Timur	64,127
	Barat 1 (B_{Ki})	446,855
	Barat 2 (B_{Ki} dan B_{Ka})	105,729
Tundaan Simpang (det/smp)		145,489
Tingkat Pelayanan Simpang		F

Berdasarkan hasil perhitungan eksisting simpang, didapatkan nilai tundaan (T_i) masing-masing lengan adalah 64,127 det/smp untuk lengan timur; 446,855

det/smp untuk lengan barat 1 (BK_i); 105, 728 det/smp untuk lengan barat 2 (BK_i dan BK_a); serta 92, 252 untuk lengan utara. untuk tundaan rata-rata simpang adalah sebesar 145,489 detik/smp. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015, maka didapatkan tingkat pelayanan pada Simpang 4 APILL Jlagran Lor adalah F. Jalan di Simpang 4 APILL Jlagran Lor adalah termasuk jalan kolektor sekunder. Sehingga Tingkat pelayanan simpang tersebut belum memenuhi syarat yang berlaku yaitu sekurang-kurangnya C.

5.4 Pemodelan VISSIM Eksisting Simpang 4 APILL Jlagran Lor

Berdasarkan dari data primer yang sudah didapat, dan analisis sesuai dengan metode PKJI 2023 Pada Simpang 4 APILL Jlagran Lor, maka selanjutnya dilakukan pemodelan menggunakan *software* PTV VISSIM. Pemodelan dilakukan dengan tujuan untuk mempresentasikan keadaan yang ada di lokasi penelitian. Hasil dari pemodelan yang didapat ini biasanya dapat berupa volume, Panjang antrean, kecepatan, serta tundaan pada simpang. Hasil pemodelan ini nantinya dapat diuji validasinya dengan rumus GEH dan MAPE. Apabila hasil dari *default* tidak memenuhi syarat, maka perlu dilakukannya kalibrasi.

5.4.1 Hasil Pemodelan sebelum kalibrasi (*Default*)

Berikut merupakan perhitungan hasil pemodelan VISSIM sebelum dilakukannya kalibrasi (*default*).

1. Perhitungan Volume Kendaraan

a. Lengan utara (Jl. Tentara Pelajar)

$$\begin{aligned} \text{GEH} &= \sqrt{\frac{(q_{\text{simulated}} - q_{\text{observed}})^2}{0,5 \times (q_{\text{simulated}} + q_{\text{observed}})}} \\ &= \sqrt{\frac{(1.051 - 3.818)^2}{0,5 \times (1.051 + 3.818)}} \\ &= 56,080 \end{aligned}$$

b. Lengan timur (Jl. Jlagran Lor)

$$\begin{aligned} \text{GEH} &= \sqrt{\frac{(q_{\text{simulated}} - q_{\text{observed}})^2}{0,5 \times (q_{\text{simulated}} + q_{\text{observed}})}} \\ &= \sqrt{\frac{(837 - 3.564)^2}{0,5 \times (837 + 3.564)}} \end{aligned}$$

$$= 58,133$$

c. Lengan Barat (Jl. Pembela Tanah Air)

$$\begin{aligned} \text{GEH} &= \sqrt{\frac{(q_{\text{simulated}} - q_{\text{observed}})^2}{0,5 \times (q_{\text{simulated}} - q_{\text{observed}})}} \\ &= \sqrt{\frac{(1.539 - 3.754)^2}{0,5 \times (1.539 - 3.754)}} \\ &= 43,056 \end{aligned}$$

Nilai GEH untuk semua lengan lebih dari 5, maka dikatakan tidak memenuhi syarat

2. Perhitungan Kecepatan

a. Lengan utara (Jl. Tentara Pelajar)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{24,09 - 20,10}{24,09} \right| \times 100\% \\ &= 17\% \end{aligned}$$

b. Lengan timur (Jl. Jlagran Lor)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{16,05 - 14,63}{16,05} \right| \times 100\% \\ &= 9\% \end{aligned}$$

c. Lengan Barat (Jl. Pembela Tanah Air)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{27,29 - 34,62}{27,29} \right| \times 100\% \\ &= 27\% \end{aligned}$$

Nilai MAPE untuk semua lengan kurang dari 50%, maka dikatakan memenuhi syarat.

3. Perhitungan Panjang Antrean

a. Lengan utara (Jl. Tentara Pelajar)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{111 - 260,809}{111} \right| \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 135\%$$

b. Lengan timur (Jl. Jlagran Lor)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{95 - 505,209}{95} \right| \times 100\% \\ &= 432\% \end{aligned}$$

c. Lengan Barat (Jl. Pembela Tanah Air)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{180 - 391,135}{180} \right| \times 100\% \\ &= 117\% \end{aligned}$$

Nilai MAPE untuk semua lengan lebih dari 50%, maka dikatakan belum memenuhi syarat.

5.4.2 Hasil pemodelan setelah dilakukan kalibrasi

Untuk mendapatkan hasil kalibrasi yang sesuai dengan nilai GEH dan MAPE, maka diperlukan mengganti nilai-nilai komponen dari *driving behaviour*. Adapun perubahan yang dilakukan pada *driving behaviour* dapat dilihat di Tabel 5.11.

Tabel 5. 11 Nilai Perubahan *Driving Behaviour* Setelah Kalibrasi

Parameter Yang Diubah		Nilai	
		Sebelum	Sesudah
Car Following	<i>Average Standstill Distance (m)</i>	2	0,2
	<i>Additive Part of Safety Distance</i>	2	0,2
	<i>Multiplicative Part of Safety Distance</i>	3	0,2
	<i>Look ahead distance (m)</i>	<i>minimum</i>	0
		<i>maximum</i>	250
		<i>observed vehicles</i>	4
	<i>Look back distance (m)</i>	<i>minimum</i>	0
		<i>maximum</i>	150
Lane Change	<i>Waiting time before diffusion (s)</i>	60	80
	<i>Minimum headway (front/rear) (m)</i>	0,5	0,2
	<i>Safety distance reduction factor</i>	0,6	0,3

Lanjutan Tabel 5.11 Nilai Perubahan *Driving Behaviour* Setelah Kalibrasi

Parameter Yang Diubah		Nilai	
		Sebelum	Sesudah
<i>Lateral</i>	<i>Desired position at free flow</i>	<i>Middle of Lane</i>	<i>Any</i>
	<i>Minimum distance standing (m)</i>	0,2	0,25
	<i>minimum distance driving (m)</i>	1	0,4
	<i>Overtake on same lane</i>	<i>None</i>	<i>On left On right</i>
<i>Signal Controller</i>	<i>Behaviour at Red/Amber Signal</i>	<i>Stop (same as red)</i>	<i>Go (same as green)</i>

Berikut merupakan perhitungan uji GEH dan MAPE pemodelan VISSIM pasca dilakukannya kalibrasi.

1. Perhitungan Volume Kendaraan

a. Lengan utara (Jl. Tentara Pelajar)

$$\begin{aligned}
 \text{GEH} &= \sqrt{\frac{(q_{\text{simulated}} - q_{\text{observed}})^2}{0,5 \times (q_{\text{simulated}} - q_{\text{observed}})}} \\
 &= \sqrt{\frac{(3.635 - 3.818)^2}{0,5 \times (3.635 - 3.818)}} \\
 &= 2,998
 \end{aligned}$$

b. Lengan timur (Jl. Jlagran Lor)

$$\begin{aligned}
 \text{GEH} &= \sqrt{\frac{(q_{\text{simulated}} - q_{\text{observed}})^2}{0,5 \times (q_{\text{simulated}} - q_{\text{observed}})}} \\
 &= \sqrt{\frac{(3.363 - 3.564)^2}{0,5 \times (3.363 - 3.564)}} \\
 &= 3,415
 \end{aligned}$$

c. Lengan Barat (Jl. Pembela Tanah Air)

$$\begin{aligned}
 \text{GEH} &= \sqrt{\frac{(q_{\text{simulated}} - q_{\text{observed}})^2}{0,5 \times (q_{\text{simulated}} - q_{\text{observed}})}} \\
 &= \sqrt{\frac{(3.704 - 3.754)^2}{0,5 \times (3.704 - 3.754)}} \\
 &= 0,819
 \end{aligned}$$

Nilai GEH untuk semua lengan lebih dari 5, maka dikatakan tidak memenuhi syarat

2. Perhitungan Kecepatan

a. Lengan utara (Jl. Tentara Pelajar)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{24,09 - 19,61}{24,09} \right| \times 100\% \\ &= 19\% \end{aligned}$$

b. Lengan timur (Jl. Jlagran Lor)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{16,05 - 13,16}{16,05} \right| \times 100\% \\ &= 18\% \end{aligned}$$

c. Lengan Barat (Jl. Pembela Tanah Air)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{27,29 - 34,19}{27,29} \right| \times 100\% \\ &= 25\% \end{aligned}$$

Nilai MAPE untuk semua lengan kurang dari 50%, maka dikatakan memenuhi syarat.

3. Perhitungan Panjang Antrean

a. Lengan utara (Jl. Tentara Pelajar)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{111 - 151,986}{111} \right| \times 100\% \\ &= 37\% \end{aligned}$$

b. Lengan timur (Jl. Jlagran Lor)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{95 - 101,319}{95} \right| \times 100\% \\ &= 7\% \end{aligned}$$

c. Lengan Barat (Jl. Pembela Tanah Air)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{180 - 204,484}{180} \right| \times 100\% \\ &= 14\% \end{aligned}$$

Nilai MAPE untuk semua lengan kurang dari 50%, maka dikatakan memenuhi syarat.

5.4.3 Perbandingan antara sebelum dan sesudah dilakukannya kalibrasi

Berikut merupakan hasil perbandingan antara sebelum serta sesudah kalibrasi yang dapat dilihat pada Tabel 5.12

Tabel 5. 12 Perbandingan VISSIM sebelum dan Sesudah Kalibrasi

Parameter	Kondisi	Pendekat Lengan		
		Utara	Timur	Barat
Volume (Kend/jam)	Eksisting	3.818	3.564	3.754
	Sebelum	1.051 (Tidak Aman)	837 (Tidak Aman)	1.539 (Tidak Aman)
	Sesudah	3.635 (Aman)	3.363 (Aman)	3.704 (Aman)
	Nilai GEH	3,00	3,42	0,82
Kecepatan (km/jam)	Eksisting	24,09	16,05	27,29
	Sebelum	20,10 (Aman)	14,63 (Aman)	34,62 (Aman)
	Sesudah	19,61 (Aman)	13,16 (Aman)	34,19 (Aman)
	Nilai MAPE	19%	18%	25%
Panjang Antrean (m)	Eksisting	111	95	180
	Sebelum	260,809 (Tidak Aman)	505,209 (Tidak Aman)	391,135 (Tidak Aman)
	Sesudah	151,986 (Aman)	101,319 (Aman)	204,484 (Aman)
	Nilai MAPE	37%	7%	14%



Gambar 5. 10 Pemodelan VISSIM Kondisi Eksisting Sebelum Kalibrasi



Gambar 5. 11 Pemodelan VISSIM Kondisi Eksisting Setelah Kalibrasi

5.5 Perbandingan Analisis Eksisting PKJI 2023 dengan PTV VISSIM

Hasil analisis eksisting PKJI 2023 dan VISSIM memiliki beberapa perbedaan. Perbedaan hasil analisis PKJI 2023 dan VISSIM dapat dilihat di Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5. 13 Perbandingan Hasil Antara PKJI 2023 dan PTV VISSIM

No	Parameter	Satuan	PKJI 2023			VISSIM		
			U	T	B	U	T	B
1	Derajat Kejenuhan	-	0,98	0,49	1,67	0,94	0,46	1,56
2	Panjang Antrean	%	111	95	180	151,97	101,32	204,48
3	Tundaan	det/smp	92,25	64,13	446,86	71,61	72,72	16,254
3	Tundaan Simpang	det/smp	162,468			52,802		
4	Tingkat Pelayanan	-	F			E		

Berdasarkan Tabel 5.12 tersebut, terdapat beberapa perbedaan parameter yaitu pada panjang antrean, tundaan dan tundaan simpang. Pada nilai panjang antrean, terdapat perbedaan yaitu nilai Panjang antrean di VISSIM lebih besar dibandingkan dengan PKJI 2023. Selain itu, nilai tundaan dengan metode PKJI 2023 memiliki hasil lebih besar ketimbang VISSIM. Ini bisa terjadi karena PKJI 2023 berbasis perhitungan matematis dan dengan metode standar Indonesia. Sedangkan VISSIM berbasis simulasi lalu lintas yang lebih kompleks dan memerlukan analisis secara visual serta perilaku kendaraan (*driving behaviour*) di lapangan.

5.6 Analisis Simpang Pasca Pedestrianisasi Malioboro

Setelah nantinya diberlakukan pedestrianisasi di Kawasan Malioboro/ melarang kendaraan bermotor untuk melewati Kawasan Malioboro, Jumlah volume kendaraan di Kawasan Malioboro nanti bisa diasumsikan akan membebani Simpang Jlagran Lor terutama lengan timur (Jalan Jlagran Lor) yang berbelok ke arah selatan. Setelah adanya pembebanan tersebut nantinya diperkirakan akan meningkatkan nilai panjang antrean, serta tundaan pada Simpang Jlagran Lor.

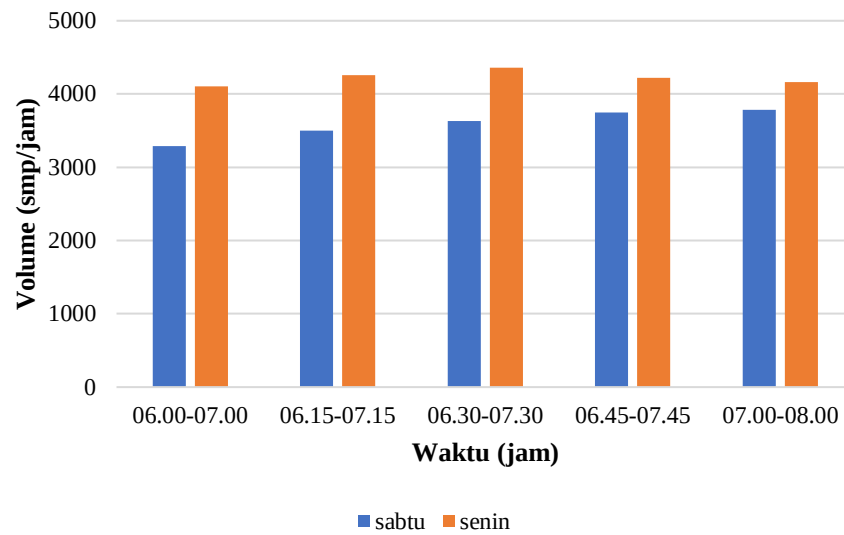
Analisis kinerja simpang pasca pedestrianisasi berdasarkan PKJI 2023 bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas, derajat kejenuhan, serta karakteristik/perilaku lalu lintas, termasuk tundaan serta peluang antrean. Langkah langkah perhitungan kinerja simpang dilakukan dengan sebagai berikut.

5.5.1 Perhitungan Volume Lalu Lintas

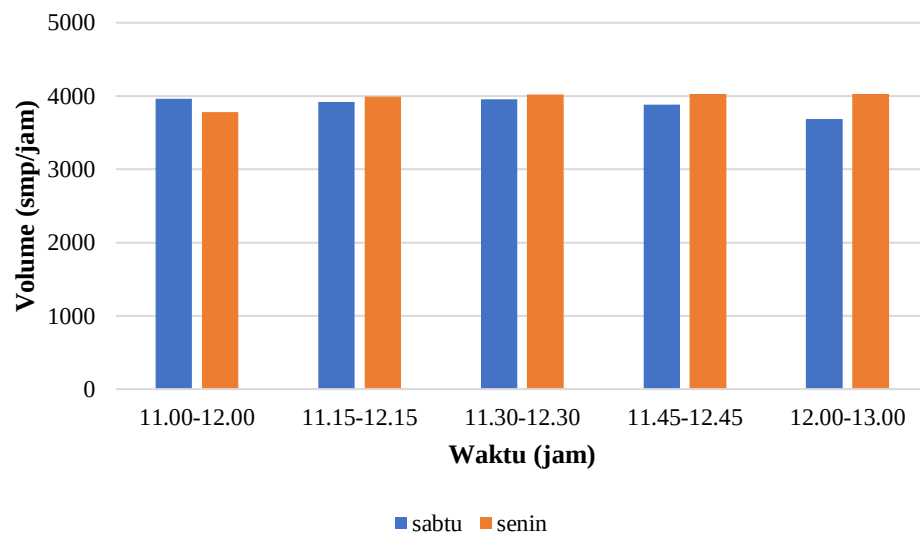
Perhitungan nilai ekuivalensi mobil penumpang (EMP) agar dapat menjadi smp/jam dapat menggunakan nilai dari Tabel 3.2. Berikut merupakan Tabel 5.14 yang merupakan hasil perhitungan volume (smp/jam) setelah adanya pedestrianisasi pada Simpang 4 APILL Jlagran Lor.

Tabel 5. 14 Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Simpang 4 Pasca Pedestrianisasi

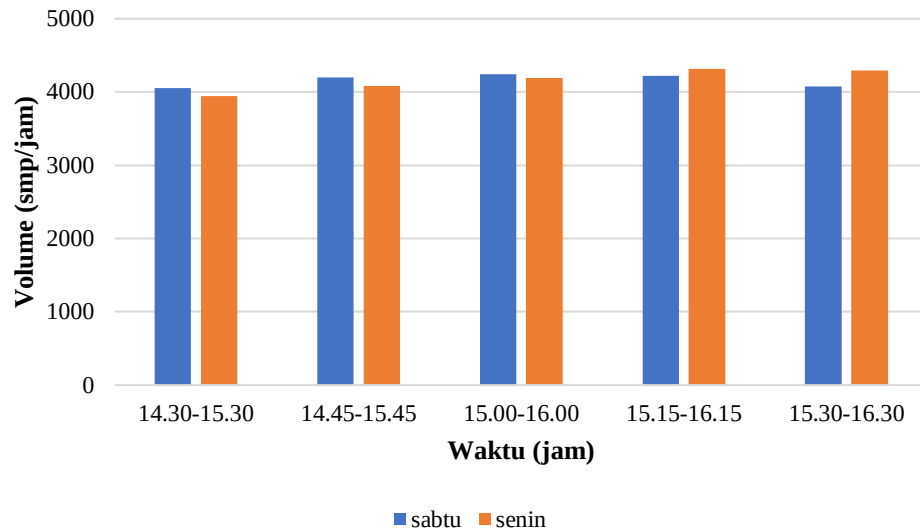
Waktu	Jumlah Volume Lalu Lintas (smp/jam)	
	Sabtu	Senin
06.00-07.00	3292,80	4106,85
06.15-07.15	3497,55	4256,45
06.30-07.30	3633,45	4362,80
06.45-07.45	3747,45	4218,00
07.00-08.00	3784,95	4165,00
11.00-12.00	3962,95	3779,10
11.15-12.15	3917,60	3988,40
11.30-12.30	3951,80	4020,95
11.45-12.45	3881,85	4026,60
12.00-13.00	3687,80	4029,70
14.30-15.30	4050,70	3942,05
14.45-15.45	4196,15	4083,00
15.00-16.00	4240,05	4193,50
15.15-16.15	4218,75	4319,30
15.30-16.30	4073,40	4290,70



Gambar 5. 12 Grafik Volume Simpang Pasca Pedestrianisasi Sesi Pagi (smp/jam)



Gambar 5. 13 Grafik Volume Simpang Pasca Pedestrianisasi Sesi Siang (smp/jam)



Gambar 5. 14 Grafik Volume Simpang Pasca Pedestrianisasi Sesi Sore (smp/jam)

Hasil rekapitulasi volume lalu lintas pasca pedestrianisasi, menunjukkan bahwa jam puncak terjadi juga pada hari senin, dengan jam puncak berada pada berada pada waktu 06.30-07.30, di mana volume kendaraan mencapai 4362,80 smp/jam

5.5.2 Jumlah Arus Kendaraan Pasca Pedestrianisasi

Berdasarkan data yang ada, berikut merupakan jumlah arus kendaraan tiap lengan pada Simpang 4 APILL Jlagran Lor pasca pedestrianisasi.

1. Lengan Timur = 2.250,25 smp/jam
2. Lengan Barat 1 (BKI) = 582,20 smp/jam
3. Lengan Barat 2 (BKA dan BKI) = 533,15 smp/jam
4. Lengan Utara = 997,20 smp/jam

Tabel 5. 15 Rekap Perhitungan Arus dan Rasio Belok Pasca Pedestrianisasi

Komposisi Lalu Lintas		MP		KS		SM		Kend Bermotor Total MV		Rasio Belok	KTB (Kend/Jam)
Arus Lalu Lintas	Arah	Mobil Penumpang (MP)		Kendaraan Sedang (KS)		Sepeda Motor (SM)		Kend/Jam	smp/jam		
Pendekat		Kend/Jam	emp	Kend/Jam	emp	Kend/Jam	emp				
			1		1,3		0,15				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jl.Tentara rakyat mataram (C)	Bki	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lurus	293	293	11	14,3	1706	255,90	2010	563,20		
	Bka	178	178	10	13,0	1620	243,00	1808	434,00	0,44	
	Total	471	471	21	27,3	3326	498,90	3818	997,20		
Jl.Jlagran lor (A)	Bki	739	739	40	52,0	2075	311,25	2854	1102,25	0,49	34
	Lurus	204	204	6	7,8	853	127,95	1063	339,75		
	Bka	516	516	23	29,9	1749	262,35	2288	808,25	0,36	
	Total	1459	1459	69	89,7	4677	701,55	6205	2250,25		
Jl.Pembela Tanah Air BKA BKI (B2)	Bki	233	233	5	6,5	822	123,30	1060	362,80	0,68	3
	Lurus	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Bka	83	83	5	6,5	539	80,85	627	170,35	0,32	
	Total	316	316	10	13,0	1361	204,15	1687	533,15		
Jl.Pembela Tanah Air BKI (B1)	Bki	308	308	9	11,7	1750	262,50	2067	582,20	1,00	4
	Lurus	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Bka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	308	308	9	11,7	1750	262,50	2067	582,20		
Total	Bki	1280	1280	54	70	4647	697	5981	2047	0,47	41
	Lurus	497	497	17	22	2559	384	3073	903		
	Bka	777	777	38	49	3908	586	4723	1413	0,32	
	Total	2554	2554	109	141,7	11114	1667,10	13777	4362,80	0,79	
									Rasio RKTb KTB/KB		0,0030

5.5.3 Perhitungan Nilai Arus Jenuh Pasca Pedestrianisasi

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar serta faktor-faktor koreksi yang dianalisis, maka nilai arus jenuh pada setiap lengan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.3. berikut merupakan Tabel 5.16 Rekap hasil perhitungan nilai arus jenuh.

Tabel 5. 16 Rekap Perhitungan Nilai Arus Jenuh Setiap Lengan

	Lengan Timur	Lengan Barat 1	Lengan Barat 2	Lengan Utara
Arus Jenuh Dasar (J_0) (smp/jam)	6.720	1.350	2.700	3.480
Faktor Hambatan Samping (F_{HS})	0,93	0,93	0,93	0,93
Faktor Ukuran Kota (F_{UK})	1,05	1,05	1,05	1,05
Faktor Gradien (F_G)	1,00	1,00	1,00	0,98
faktor Parkir (F_P)	1,00	1,00	1,00	1,00
faktor Belok Kiri (F_{BK_i})	0,922	0,840	0,891	1,000
faktor Belok Kanan (F_{BK_a})	1,093	1,000	1,083	1,113
Arus Jenuh (J) (smp/jam)	6.613	1.107	2.545	3.730

5.5.4 Waktu Siklus Eksisting

Berdasarkan pengamatan secara langsung, didapatkan bahwa waktu siklus simpang 4 APILL Jlagran Lor adalah 114 detik, dengan waktu kuning (W_k) sebesar 2 detik, dan WMS sebesar 5 detik untuk setiap lengannya pada pagi dan siang hari.

5.5.5 Waktu Hijau

Berdasarkan pengamatan secara langsung, didapatkan nilai WH setiap fasenya adalah sebagai berikut.

WH Timur = 38 detik

WH Barat 1 (BK_i) = 38 detik

WH Barat 2 (BK_i dan BK_a) = 24 detik

WH Utara = 31 detik

5.5.6 Rekap Penilaian Kinerja Pasca Pedestrianisasi

Berdasarkan perhitungan kinerja pada setiap lengan pasca pedestrianisasi, terjadi perubahan nilai tundaan (T_i) pada Simpang 4 APILL Jlagran Lor. Berikut

merupakan Tabel 5.17 yang merupakan rekap hasil perhitungan kinerja pasca pedestrianisasi.

Tabel 5. 17 Rekap Penilaian Pasca Pedestrianisasi

	Lengan Timur	Lengan Barat 1	Lengan Barat 2	Lengan Utara
Kapasitas (C) (smp/jam)	1.614	369	536	1.014
Derajat Kejenuhan (D_j)	1,021	1,577	0,995	0,983
Jumlah Rata-Rata Antrean Kendaraan yang Tersisa dari Fase Hijau Sebelumnya (N_{q1}) (smp)	24,56	34,68	5,18	4,79
Jumlah Rata-Rata Antrean Kendaraan yang Datang dan Terhenti dalam antrean Selama Fase Merah (N_{q2}) (smp)	70	101	110	102
Jumlah Rata-Rata Antrean Kendaraan (N_q) (smp)	95	136	115	108
Jumlah Rata-Rata Antrean Kendaraan Maksimum (N_{qMAX}) (smp)	95	136	115	108
Panjang Antrean (P_A) (m)	231,707	1208,889	511,111	372,414
Rasio Kendaraan Henti (R_{KH})	1,200	6,639	6,130	3,078
Jumlah Rata-Rata Kendaraan Berhenti (N_{KH}) (smp/jam)	2.700	3.865	3.268	3.069
Tundaan Lalu Lintas (T_{LLi}) (det/smp)	149,449	445,029	103,707	89,053
Tundaan Geometri (T_G) (det/smp)	3,848	0,001	0,110	2,424
Tundaan (T_i) (det/smp)	153,297	444,754	103,817	91,479
Tundaan Rata-rata simpang (T_i) (det/smp)	172,713			

5.5.7 Penentuan Tingkat Pelayanan

Berdasarkan hasil perhitungan pasca pedestrianisasi simpang, didapatkan nilai tundaan (T_i) masing-masing lengan adalah 90,672 det/smp untuk lengan timur; 444,754 det/smp untuk lengan barat 1 (BK_i); 103, 817 det/smp untuk lengan barat 2 (BK_i dan BK_a); serta 91, 478 untuk lengan utara. untuk tundaan rata-rata simpang adalah sebesar 139,713 detik/smp. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015, maka didapatkan tingkat pelayanan pada Simpang 4 APILL Jlagran Lor adalah F. Jalan di Simpang 4 APILL Jlagran Lor adalah termasuk jalan kolektor sekunder. Sehingga Tingkat pelayanan simpang tersebut belum memenuhi syarat yang berlaku yaitu sekurang-kurangnya C.

5.5.8 Rekapitulasi Pemodelan VISSIM Pasca Pedestrianisasi

Berikut merupakan Tabel 5.18 rekapitulasi hasil pemodelan VISSIM Pasca Pedestrianisasi

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Pemodelan VISSIM Pasca Pedestrianisasi

Parameter	Lengan Simpang					
	Sebelum Pedestrianisasi			Sesudah Pedestrianisasi		
	Utara	Timur	Barat	Utara	Timur	Barat
Volume Lalu Lintas (smp/jam)	3.635	3.363	3.704	3.650	2.849	3.701
Kecepatan (m/s)	19,61	13,16	34,19	19,54	12,93	34,41
Panjang Antrian (m)	151,99	101,32	204,49	144,86	505,39	200,63
Tundaan (detik/kend)	71,61	72,72	16,25	66,55	246,31	16,07
Tundaan Simpang (detik/kend)	52,80			98,445		
Tingkat Pelayanan	E			F		

5.7 Alternatif Solusi

5.7.1 Perubahan Waktu Siklus dari 114 Detik Menjadi 71 Detik

Alternatif Solusi nomor satu adalah perubahan waktu siklus dari yang sebelumnya 114 detik, menjadi 71 detik yang didapatkan dari *trial and error*. Perubahan/penyesuaian waktu siklus dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan Tabel 5.19 berikut



Gambar 5. 15 Diagram Fase Alternatif 1

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Fase APILL Alternatif 1 Sebelum dan Sesudah

Pendekat	Fase	Data Sinyal Simpang Jlagran Lor (detik)							
		Sebelum			Waktu Siklus	Sesudah			Waktu Siklus
		WH	WK	WMS		WH	WK	WMS	
Timur	1	38	2	5	114	23	2	3	71
Barat 2	2	24	2	5		15	2	3	
Barat 1	3	38	2	5		23	2	3	
Utara		31	2	5		18	2	3	

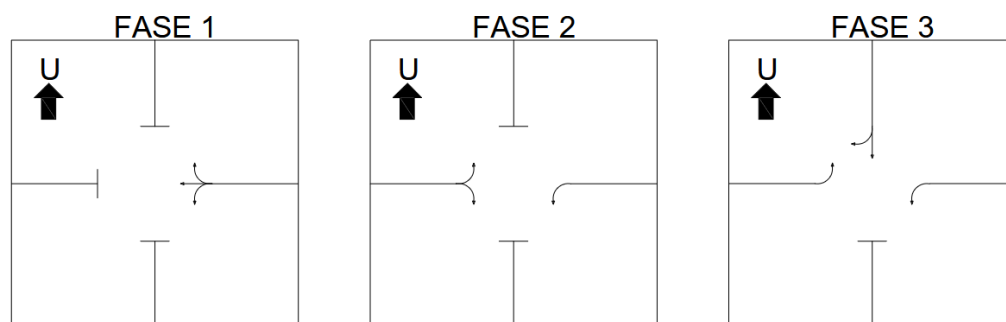
Alternatif ini memiliki nilai jumlah arus kendaraan yang sama dengan perhitungan pasca pedestrianisasi. Berikut merupakan rekapitulasi pemodelan VISSIM pada tabel 5.20.

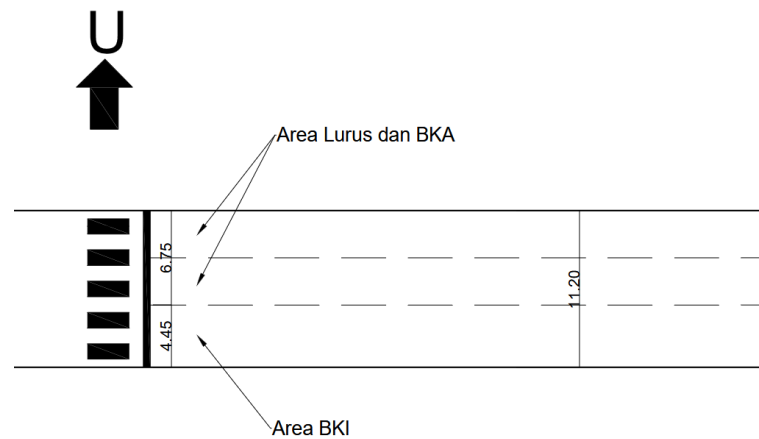
Tabel 5. 20 Rekapitulasi Hasil Pemodelan VISSIM Waktu Siklus 71 Detik

Parameter	Lengan Simping		
	Utara	Timur	Barat
Volume Lalu Lintas (kend/jam)	3.659	2.974	3.719
Kecepatan (m/s)	20,10	14,63	34,62
Panjang Antrean (m)	122,06	505,55	135,86
Tundaan (detik/kend)	58,80	232,32	11,46
Tundaan Simping (detik/kend)	91,641		
Tingkat Pelayanan	F		

5.7.2 Penambahan B_{KIJT} pada Lengan Timur

Alternatif solusi yang kedua adalah penambahan B_{KIJT} dengan waktu siklus yang sama yaitu 114 detik. Akibat dari diberlakukannya B_{KIJT} , arus lengan timur belok kiri hilang atau tidak dihitung. Skema dari Belok Kiri Jalan Terus (B_{KIJT}) dapat dilihat pada gambar 5.16 dan 5.17

**Gambar 5. 16 Skema dari Arus B_{KIJT}**



Gambar 5. 17 Geometri Setelah Diberlakukannya B_{KIJT}

Tabel 5. 21 Rekapitulasi Fase APILL Alternatif 2

Pendekat	Fase	Data Sinyal Simpang Jlagran Lor (detik)		
		Pagi/Siang/Malam		
		WH	WK	WMS
Timur	1	38	2	5
Barat 2	2	24	2	5
Barat 1	3	38	2	5
Utara		31	2	5



Gambar 5. 18 Diagram Sinyal Alternatif 2 B_{KIJT}

3.4

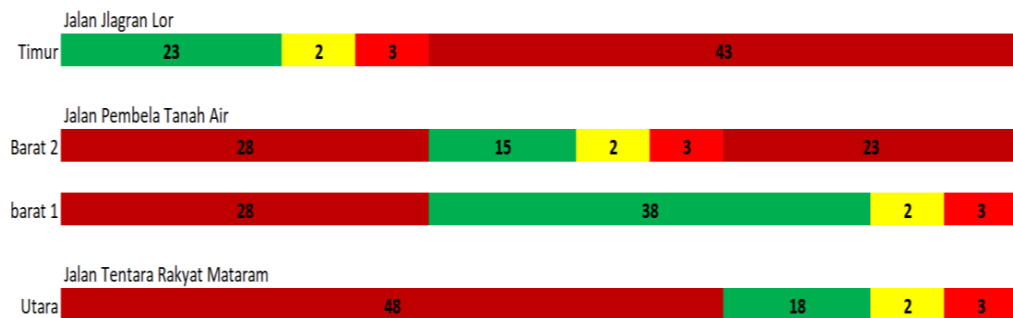
Berikut merupakan hasil pemodelan VISSIM Akibat dari diberlakukannya B_{KIJT} pada tabel 5.22

Tabel 5. 22 Rekapitulasi Hasil VISSIM Alternatif 2

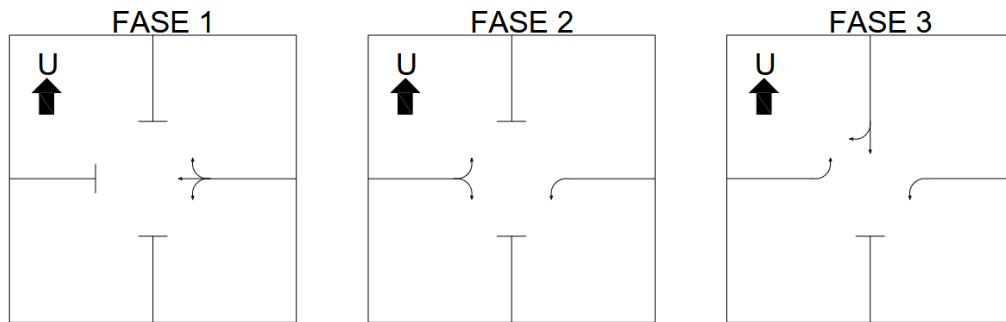
Parameter	Lengan Simpang		
	Utara	Timur	Barat
Volume Lalu Lintas (kend/jam)	3.635	5.284	3.703
Kecepatan (m/s)	19,60	20,49	34,37
Panjang Antrean (m)	148,862	459,862	198,996
Tundaan (detik/kend)	69,029	75,235	15,878
Tundaan Simpang (detik/kend)	56,034		
Tingkat Pelayanan	E		

5.7.3 Penambahan B_{KIJT} pada Lengan Timur dan Penyesuaian Waktu Siklus

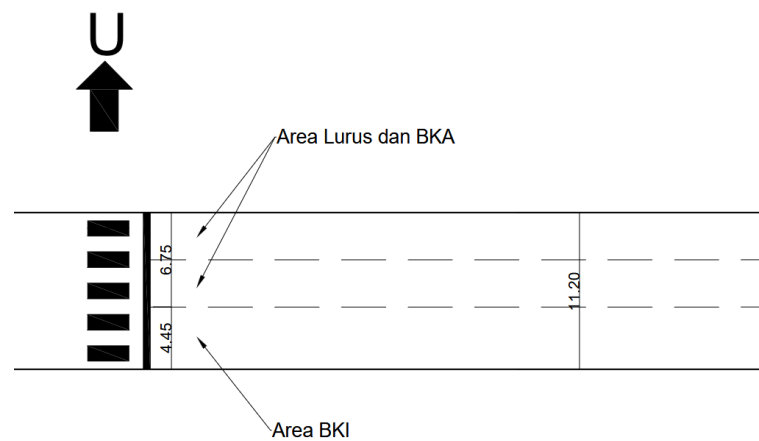
Alternatif solusi yang ketiga adalah penambahan B_{KIJT} dengan waktu siklus yang telah disesuaikan yaitu 71 detik. Akibat dari diberlakukannya B_{KIJT} , arus lengan timur belok kiri hilang atau tidak dihitung. Perubahan/penyesuaian fase dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut.

**Gambar 5. 19 Diagram Fase Alternatif 3****Tabel 5. 23 Rekapitulasi Fase APILL Alternatif 3**

Pendekat	Fase	Data Sinyal Simpang Jlagran Lor (detik)		
		Pagi/Siang/Malam		
		WH	WK	WMS
Timur	1	23	2	3
Barat 2	2	15	2	3
Barat 1	3	23	2	3
Utara		18	2	3



Gambar 5. 20 Skema Fase BKiJT



Gambar 5. 21 Geometri Setelah Diberlakukan BKiJT

Berikut merupakan hasil pemodelan VISSIM Akibat dari diberlakukannya BKiJT pada tabel 5.22

Tabel 5. 24 Rekapitulasi Hasil VISSIM Alternatif 3

Parameter	Lengan Simping		
	Utara	Timur	Barat
Volume Lalu Lintas (kend/jam)	3.654	5.425	3.719
Kecepatan (m/s)	19,36	20,31	33,21
Panjang Antrean (m)	130,281	444,837	138,120
Tundaan (detik/kend)	62,292	68,645	11,645
Tundaan Simping (detik/kend)	50,106		
Tingkat Pelayanan	E		

5.7.4 B_{KIJT} di Lengan Timur, Penyesuaian Waktu Siklus, dan Pengoptimalan F_{HS}

Alternatif solusi yang keempat adalah penambahan B_{KIJT} , waktu siklus yang telah disesuaikan yaitu 71 detik, serta pengoptimalan Faktor Hambatan Samping (F_{HS}). Berdasarkan hambatan samping pada simpang, dapat diketahui bahwa Simpang 4 APILL Jlagran Lor memiliki tingkat hambatan samping tinggi dengan tipe lingkungan komersial. Oleh karena itu, diberlakukan penurunan atau pengoptimalan hambatan samping dengan mereduksi beberapa faktor yaitu:

1. Pejalan kaki,
2. Kendaraan berhenti,
3. Kendaraan masuk dan keluar sisi jalan,
4. Kendaraan lambat.

Pengurangan ini dapat berupa seperti penambahan rambu lalu lintas dilarang berhenti, membuat trotoar khusus untuk aktivitas pejalan kaki, dan menambah tempat khusus naik turunnya penumpang angkutan. Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan terjadi penurunan tingkat hambatan samping yang sebelumnya tinggi menjadi sedang. Berikut merupakan tabel 5.23 rekap perhitungan kapasitas pada setiap lengan.

Tabel 5. 25 Rekap Perhitungan Kapasitas pada Setiap Lengan

	Lengan Timur	Lengan Barat	Lengan Utara
Arus Jenuh Dasar (J_0) (smp/jam)	6.720	2.700	3.480
Faktor Hambatan Samping (F_{HS})	0,94	0,94	0,94
Faktor Ukuran Kota (F_{UK})	1,05	1,05	1,05
Faktor Gradien (F_G)	1,00	1,00	0,98
faktor Parkir (F_P)	1,00	1,00	1,00
faktor Belok Kiri (F_{BKl})	0,922	0,891	1,000
faktor Belok Kanan (F_{BKk})	1,093	1,083	1,113
Arus Jenuh (J_0) (smp/jam)	6.613	2.545	3.730
Kapasitas (C) (smp/jam)	2.374	549	966

Berdasarkan nilai kapasitas yang didapatkan pada setiap lengan, maka didapatkan nilai derajat kejenuhan yang dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5. 26 Nilai Dj Setelah Pengoptimalan Hambatan Samping

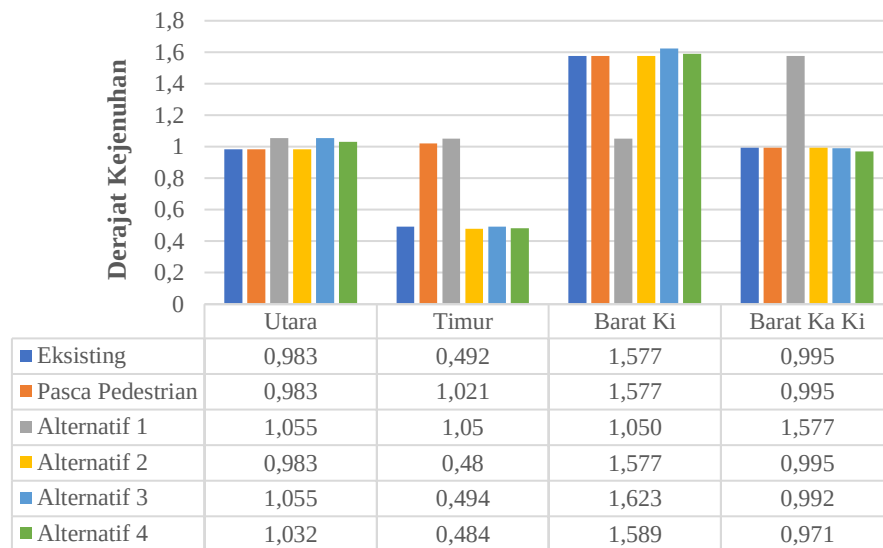
	Lengan Timur	Lengan Barat	Lengan Utara
Kapasitas (C) (smp/jam)	2.374	549	966
Volume (smp/jam)	1968	529	956
Derajat Kejenuhan	0,484	0,971	1,032

5.8 Pembahasan Kinerja Smpang APILL Jlagran Lor

Berdasar Analisis menggunakan PKJI 2023 dan pemodelan VISSIM menunjukkan adanya perbedaan hasil. Evaluasi kinerja berdasarkan PKJI 2023 mencakup derajat kejenuhan, panjang antrean, serta tundaan pada simpang. Sementara itu, hasil dari pemodelan VISSIM meliputi panjang antrean dan tundaan. Analisis menggunakan PKJI 2023 dan simulasi dengan VISSIM dilakukan sebanyak empat kali dengan kondisi yang berbeda, yaitu kondisi eksisting, pasca pedestrianisasi alternatif 1, dan alternatif 2. Perbandingan hasil dari masing-masing kondisi adalah sebagai berikut.

5.8.1 Perbandingan Antar Nilai Derajat Kejenuhan

Terdapat perbedaan dari nilai derajat kejenuhan kondisi eksisting, pasca pedestrianisasi, alternatif 1, alternatif 2, alternatif 3, dan alternatif 4. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada gambar diagram 5.23.

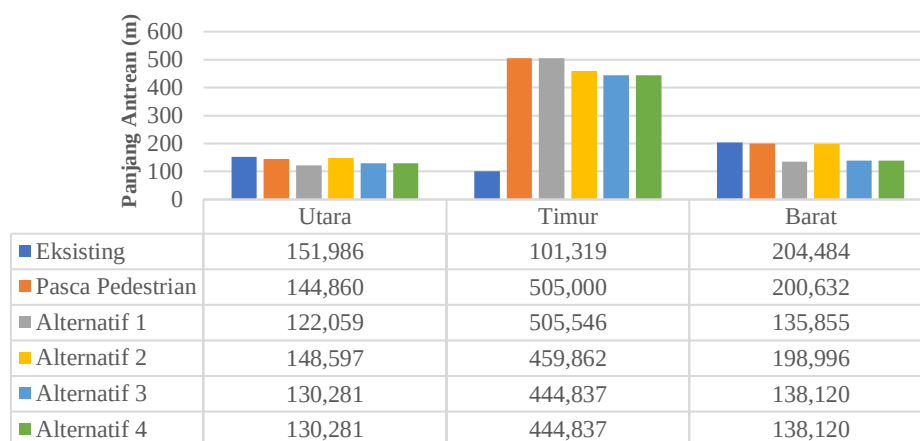


Gambar 5. 22 Diagram Perbandingan Antar Nilai Derajat Kejenuhan

Berdasarkan gambar 5.23, alternatif 3 memiliki penurunan derajat kejenuhan terutama di lengan timur.

5.8.2 Perbandingan Antar Nilai Panjang Antrean

Terdapat beberapa perbedaan panjang antrean antara pemodelan VISSIM pada kondisi eksisting, pasca pedestrianisasi, alternatif 1, alternatif 2, alternatif 3 serta alternatif 4. Berikut merupakan perbedaan panjang antrian dari masing-masing kondisi pada gambar 5.24

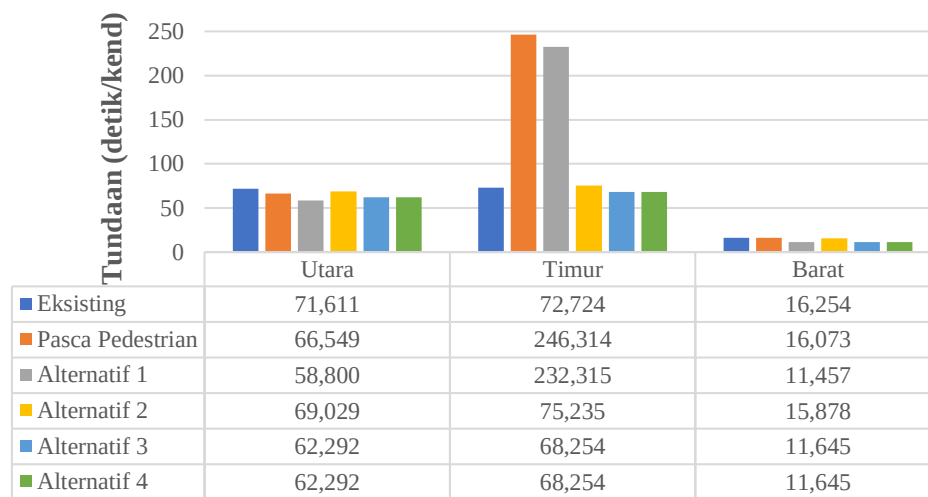


Gambar 5. 23 Diagram Perbandingan Panjang Antrean

Pada gambar 5.24 terdapat perbedaan nilai panjang antrean yang lumayan cukup jauh antara satu kondisi dengan kondisi lain, terutama pada kondisi pasca pedestrianisasi dan alternatif 4.

5.8.3 Perbandingan Nilai Tundaan

Terdapat beberapa perbedaan tundaan pemodelan VISSIM pada kondisi eksisting, pasca pedestrianisasi, alternatif 1, alternatif 2, alternatif 3 serta alternatif 4. Berikut merupakan perbedaan tundaan dari masing-masing kondisi pada gambar 5.25



Gambar 5. 24 Perbandingan Nilai Tundaan Simpang

Berdasarkan gambar 5.25 didapatkan hasil perbedaan VISSIM yang cukup jauh pada kondisi eksisting. Tundaan alternatif terendah ada pada alternatif 4

5.8.4 Perbandingan Kinerja Simpang

Berikut merupakan nilai perbandingan antara kondisi eksisting, pasca pedestrianisasi, alternatif 1, dan alternatif 2, alternatif 3, dan alternatif 4 berdasarkan dari pemodelan VISSIM yang dapat dilihat pada tabel 5.27.

Tabel 5. 27 Perbandingan Kinerja Simpang 4 APILL Jlagran Lor

Parameter	Lengan	Eksisting		Pasca Pedestrianisasi		Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
		PKJI 2023	VISSIM	PKJI 2023	VISSIM	VISSIM	VISSIM	VISSIM	VISSIM
Volume Lalu Lintas	U	3.818	3.638	3.818	3.650	3.659	3.635	3.658	3.658
	T	3.564	3.336	6.205	2.849	2.974	5.284	5.425	5.425
	B	3.754	3.782	3.754	3.701	3.719	3.703	3.719	3.719
Derajat Kejenuhan	U	0,983	0,937	0,983	0,942	1,011	0,937	1,055	1,032
	T	0,492	0,465	1,021	0,470	0,504	0,802	0,494	0,484
	B	0,995	0,984	0,995	0,984	1,042	0,984	0,992	0,971
Panjang Antrean (m)	U	372,41	151,986	372,41	144,86	122,05	148,60	130,281	130,281
	T	176,79	101,319	231,71	505,00	505,55	459,86	444,837	444,837
	B	511,11	204,484	511,11	200,63	135,86	199,00	138,120	138,120
Tundaan Perlengan	U	92,25	71,611	91,48	66,549	58,800	69,029	62,292	62,292
	T	64,13	72,724	153,29	246,31 4	232,315	75,23	68,254	68,254
	B	105,73	16,254	103,82	16,073	11,457	15,88	11,645	11,645
Tundaan Simpang (det/smp)		145,49	52,802	172,014	98,445	91,641	56,03	50,106	50,106
Tingkat Pelayanan Simpang		F	E	F	F	F	E	E	E

Pada penelitian Nurvirka (2022), solusi yang direkomendasikan untuk memperbaiki kinerja simpang eksisting adalah pelebaran geometri jalan pada lengan utara dan barat. Solusi ini kurang relevan untuk saat ini dikarenakan akan memakan hak pejalan kaki dan harus menggusur pemukiman warga. Selain itu, perlu adanya waktu lebih untuk pembangunan, terutama pada lengan barat yang mana memiliki geometri jalan terkecil dan terdapat jembatan di ruas jalannya. Berdasarkan dari ketiga alternatif tersebut, dapat dikatakan bahwa alternatif 4 yaitu memberlakukan belok kiri jalan terus (B_{KIJT}), penyesuaian waktu siklus menjadi 71 detik, dan pengoptimalan hambatan samping adalah solusi terbaik yang dapat dilakukan. Solusi ini menurunkan nilai derajat kejenuhan yang sebelumnya berada di angka 1,021 menjadi 0,484 pada lengan timur. Berdasarkan VISSIM nilai Panjang antrean mengalami penurunan yaitu pada lengan utara pasca pedestrianisasi yang sebelumnya 144,860 m turun menjadi 130,281 m, lengan timur pasca pedestrianisasi yang sebelumnya 505,546 m turun menjadi 444,837 m, lengan barat pasca pedestrianisasi yang sebelumnya 200,632 m turun menjadi 138,120 m. Nilai tundaan simpang juga mengalami penurunan dari yang sebelumnya 98,445 detik/kendaraan menjadi 50,106 detik/kendaraan. Turun sebesar 48,339 detik/smp atau sebesar 49%. Berdasarkan PM no.96 Tahun 2015 maka tingkat pelayanan dapat dikatakan naik dari yang sebelumnya F pada pasca pedestrianisasi menjadi E.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari Simpang 4 APILL Jlagran Lor, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Berdasarkan Analisis kinerja Simpang 4 APILL Jlagran Lor dalam kondisi eksisting didapat derajat kejenuhan berdasarkan PKJI 2023 sebesar 0,983 untuk lengan Utara, 0,492 untuk lengan Timur, dan 0,995 untuk lengan Barat. Berdasarkan Pemodelan VISSIM, didapat nilai panjang antrean yakni 151,986 m di lengan Utara, 101,319 m di lengan Timur, dan 204,488 m di lengan Barat. Berdasarkan PKJI 2023, didapat tundaan simpang 145,489 det/smp. Sementara itu berdasarkan VISSIM didapatkan nilai tundaan sebesar 52,802 det/kend. Oleh karena itu, didapatkan tingkat pelayanan simpang eksisting adalah E.
2. Berdasarkan analisis kinerja Simpang 4 APILL Jlagran Lor pasca pedestrianisasi, didapat nilai derajat kejenuhan berdasarkan PKJI 2023 sebesar 0,983 (Utara), 1,021 (Timur), dan 0,995 (Barat). Nilai panjang antrean berdasarkan VISSIM untuk tiap lengan simpang yaitu 144,860 m (Utara), 505,000 m (Timur), dan 200,632 m (Barat). nilai tundaan berdasarkan VISSIM sebesar 98,445 detik/smp. Berdasarkan tundaan tersebut, didapat tingkat pelayanan simpang pasca pedestrianisasi adalah F.
3. Alternatif solusi pada Simpang 4 APILL Jlagran Lor adalah penyesuaian waktu siklus menjadi 71 detik, B_{KJT} pada lengan timur, dan pengoptimalan hambatan samping. Pada alternatif ini, nilai derajat kejenuhan di lengan timur turun dari 1,021 menjadi 0,494. Berdasarkan VISSIM, menunjukkan penurunan panjang antrean dari 144,860 m menjadi 130,281 m (Utara), 505,546 m menjadi 444,837 m (Timur), dan 200,632 m menjadi 138,120 m (Barat). Selain itu, nilai tundaan simpang juga menurun dari 98,445 detik/kend menjadi 50,106 detik/kendaraan, turun sebesar 48,339 detik atau 49%, sehingga tingkat pelayanan simpang menjadi E.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis PKJI dan pemodelan VISSIM terdapat beberapa saran dan masukan penulis untuk menjadi bahan pertimbangan perbaikan kinerja simpang, saran tersebut adalah sebagai berikut.

1. Hasil analisis dan pemodelan ini dapat menjadi referensi bagi Dinas Perhubungan D.I Yogyakarta dalam perbaikan kinerja Simpang 4 APILL Jlagran Lor.
2. Perlu adanya kajian dan penyempurnaan lebih dalam lagi tentang PKJI 2023 dikarenakan masih adanya perbedaan hasil yang cukup jauh antara PKJI 2023 dan VISSIM seperti nilai tundaan serta panjang antrean pada simpang.
3. Perlu adanya papan penunjuk belok kiri jalan terus (BKijT) serta garis marka arah belok kiri, lurus, dan belok kanan demi menunjang skema alternatif diberlakukannya BKijT dan penyesuaian waktu siklus dari 114 detik menjadi 71 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M. I. C., Lefrandt, L. I. R., dan Rompis, S. Y. R. 2023. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode PKJI Dan Metode PTV VISSIM (Studi Kasus: Jl. Sam Ratulangi-Jl. Babe Palar, Kota Manado). *Tekno*. Vol. 21, Issue 83. Manado.
- Badan Pusat Statistik. 2024. Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Kendaraan di Provinsi DI Yogyakarta (Unit),2021. 10 September 2022 [https://yogyakarta.bps.go.id/id/statistics-table/1/MTg0IzE=/jumlah kendaraan-bermotor-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-kendaraan-di-d-i-yogyakarta--unit---20212023.html](https://yogyakarta.bps.go.id/id/statistics-table/1/MTg0IzE=/jumlah_kendaraan-bermotor-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-kendaraan-di-d-i-yogyakarta--unit---20212023.html)
- Badan Pusat Statistik. 2024. Jumlah Penduduk Kota Yogyakarta. 17 Desember 2024 <https://yogyakarta.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTMzMzIzI=/jumlah-penduduk-menurut-kabupaten-kota-di-yogyakarta.html>
- Bintang, M. K. 2024. Studi Efektivitas Penerapan Contra Flow Bus Way dan Pedestrianisasi di Kawasan Malioboro Kota Yogyakarta. *Thesis*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Bluman, A.G. 2009. *Elementary Statistics: A step by Step Approach*. New York.The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2023. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Penerbit Bina Marga. Jakarta.
- Dharmawan, D. 2004. Mengamati Peran Pedestrian Dalam Kehidupan Sosial Ekonomi Masyarakat Studi Kasus: Daerah Sudirman-Thamrin Jakarta. *NALARs Jurnal Arsitektur FT-UMJ*. Volume 3. Jakarta.
- DPRD-DIY. 2023. Penataan Kawasan Pedestrian Malioboro Dalam Rangka Tingkatkan Pariwisata dan Perekonomian. 2023. 10 September 2024. <https://www.dprd-diy.go.id/penataan-kawasan-pedestrian-malioboro-dalam-rangka-tingkatkan-pariwisata-dan-perekonomian/>.
- Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta, *Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 2 Tahun 2024 Tentang Pengelolaan Warisan Dunia Sumbu Filosofi Yogyakarta*.

- Morlok, Edward..1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga. Jakarta.
- Fazahudiya, K., dan Irawan, M. Z. 2024. Evaluasi Panjang Antrian Simpang Bersinyal Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. *Prosiding Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur Volume 1*. Yogyakarta. 1 Januari: 3031-626.
- Hasan. 2002. *Data Sekunder*. <https://raharja.ac.id/2020/11/08/data-sekunder/>, diakses pada 15 Oktober 2024 pukul 14:00.
- Hasan. 2008. *Data Primer*, <https://raharja.ac.id/2020/11/08/data-primer/>, diakses pada 15 Oktober 2024 pukul 14:00.
- Hidayat, D. W., Oktopianto, Y., dan Budi Sulisty, A. 2020. Peningkatan Kinerja Simpang Tiga Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Purin Kendal). *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*. Vol.VII No.2. Kendal.
- Indriawan, N., dan Chasanah, F. 2019. Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal (Studi Kasus Simpang Jalan Letjen Suprpto-Jalan Jlagran-Jalan Pembela Tahan Air, Yogyakarta). *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Lailiyah, H., Burhamtoro, dan Marjono. 2024. Evaluasi Simpang Tiga Bersinyal Menggunakan Pkji 2023 Pada Jalan Irian Jaya-Raya Mojowarno-Ngoro Jombang Kabupaten Jombang. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK) Polinema*. Vol.V Issue 1. Jombang.
- Nurvirka, D. N. 2022. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Jlagran Terhadap Perubahan Sistem Lalu Lintas Satu Arah Dengan Pemodelan PTV VISSIM. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Pehan, R. N., Ircham, dan Anis, V. A. 2020. Analisis Simpang Bersinyal Menggunakan Metode Pkji 2014 (Simpang Jlagran Lor, Yogyakarta). *EQUILIB ITNY*. Vol.01 No. 02. Yogyakarta.
- Prima, G. R., Herlina, N., dan Arif, Z. I. 2023. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan PTV Vissim (Studi Kasus Simpang Gunung Sabeulah Kota Tasikmalaya). *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (JTSC)*. Vol.IV No.1:382-396 Tasikmalaya.

- Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta. 2024. *Survei Updating Kinerja Lalu Lintas*. Penerbit PT. Andalan Mitra Nusantara. Yogyakarta.
- Purnama, B.A., Jannah, N.J., dan Prayitno, P. A. 2023. Evaluasi dan peningkatan kinerja simpang bersinyal Deggung. *Proceeding Civil Engineering Research Forum*. Vol. 2, No. 2. Yogyakarta.
- Republik Indonesia. *Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*.
- Romadhona, P. J., ikhsan, T. S., Prasetyo, D. 2019. *Aplikasi Permodelan PTV VISSIM 9.0 (Modelling Basic Using Microscopic Traffic Flow Simulation)*. UII Press
- Sirait, J. K. M., Naibaho, P. D. R., dan Aritonang, E. R. 2018. Kajian Tentang Jalur Pedestrian Berdasarkan Aspek Kenyamanan. *Jurnal Arsitektur ALUR*. Vol. 1, Issue 2. Sumatera Utara

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Lampiran 1. 1 Formulir survei volume lalu lintas

Lokasi : Malioboro Lebar Lengan : 5,8m
 Lengan : Selatan Lebar Lajur : 2,9 m
 Tanggal : 16 november 2024

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
06.00-06.15	310	98	12	5								
06.15-06.30	283	106	11	8								
06.30-06.45	341	115	9	7								
06.45-07.00	513	142	11	10								
07.00-07.15	419	171	7	12								
07.15-07.30	377	155	10	4								
07.30-07.45	418	194	15	5								
07.45-08.00	417	183	11	8								

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
11.00-11.15	305	217	11	2								
11.15-12.30	321	231	13	1								
11.30-11.45	297	224	11	2								
11.45-12.00	285	249	12	2								
12.00-12.15	286	235	9	1								
12.15-12.30	302	209	5	2								
12.30-12.45	313	217	7	2								
12.45-13.00	305	201	8	6								

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
14.30-14.45	254	225	7	1								
14.45-15.00	243	221	5	0								
15.00-15.15	222	185	8	5								
15.15-15.30	343	237	13	0								
15.30-15.45	362	270	13	2								
15.45-16.00	256	222	9	4								
16.00-16.15	272	202	5	1								
16.15-16.30	245	211	6	0								

SM = Sepeda Motor

MP = Mobil Penumpang

KS = Kendaraan Sedang

KTb = Kendaraan Tak Bermotor

Lampiran 1.1 Formulir survei volume lalu lintas

Lokasi : Malioboro Lebar Lengan : 5,8m
 Lengan : Selatan Lebar Lajur : 2,9 m
 Tanggal : 18 november 2024

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
06.00-06.15	395	114	6	10								
06.15-06.30	601	176	10	9								
06.30-06.45	523	160	9	8								
06.45-07.00	515	168	7	9								
07.00-07.15	491	153	13	4								
07.15-07.30	407	186	9	7								
07.30-07.45	402	141	7	13								
07.45-08.00	378	148	9	7								

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
11.00-11.15	392	173	9	2								
11.15-12.30	333	214	9	0								
11.30-11.45	400	196	14	1								
11.45-12.00	374	219	10	0								
12.00-12.15	438	257	14	2								
12.15-12.30	297	170	7	1								
12.30-12.45	338	212	14	2								
12.45-13.00	310	218	11	0								

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
14.30-14.45	370	165	10	2								
14.45-15.00	338	207	6	4								
15.00-15.15	390	183	11	2								
15.15-15.30	487	212	8	4								
15.30-15.45	484	216	10	3								
15.45-16.00	385	228	12	0								
16.00-16.15	347	226	11	0								
16.15-16.30	363	198	9	0								

SM = Sepeda Motor

MP = Mobil Penumpang

KS = Kendaraan Sedang

KTb = Kendaraan Tak Bermotor

Lampiran 1.1 Formulir survei volume lalu lintas

Lokasi : Tentara R. Mataram Lebar Lengan : 11,1m
 Lengan : Utara Lebar Lajur : 5,8 m
 Tanggal : 16 november 2024

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
06.00-06.15					352	68	3	3	165	45	1	1
06.15-06.30					369	48	4	2	180	21	2	1
06.30-06.45					356	58	5	1	196	36	2	0
06.45-07.00					372	64	6	3	201	37	4	0
07.00-07.15					396	73	5	0	228	28	3	0
07.15-07.30					357	65	3	0	221	48	4	0
07.30-07.45					336	64	7	2	194	39	1	1
07.45-08.00					314	68	3	1	176	37	2	0

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
11.00-11.15					170	96	4	0	103	73	1	0
11.15-12.30					162	92	2	0	83	81	0	0
11.30-11.45					177	114	6	0	91	70	2	0
11.45-12.00					212	119	7	0	113	97	2	1
12.00-12.15					149	85	5	0	84	54	1	0
12.15-12.30					225	107	13	0	120	67	1	0
12.30-12.45					204	90	5	0	105	75	1	0
12.45-13.00					168	83	4	0	107	68	0	1

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
14.30-14.45					263	102	4	0	106	38	1	0
14.45-15.00					271	109	5	0	107	44	1	0
15.00-15.15					282	117	5	0	115	45	3	2
15.15-15.30					291	120	2	0	140	54	0	4
15.30-15.45					256	122	6	1	155	58	0	1
15.45-16.00					292	113	8	0	173	51	1	0
16.00-16.15					271	108	7	0	164	47	0	1
16.15-16.30					255	105	6	0	135	38	1	0

SM = Sepeda Motor

MP = Mobil Penumpang

KS = Kendaraan Sedang

KTb = Kendaraan Tak Bermotor

Lampiran 1.1 Formulir survei volume lalu lintas

Lokasi : Tentara R. Mataram Lebar Lengan : 11,1m
 Lengan : Utara Lebar Lajur : 5,8 m
 Tanggal : 18 november 2024

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
06.00-06.15					388	59	1	0	345	39	1	0
06.15-06.30					402	63	2	0	354	37	0	0
06.30-06.45					463	79	3	0	437	45	1	0
06.45-07.00					377	68	2	0	366	40	3	0
07.00-07.15					421	66	2	0	400	42	2	0
07.15-07.30					445	80	4	0	417	51	4	0
07.30-07.45					412	64	2	0	394	41	2	0
07.45-08.00					387	67	1	0	379	42	1	0

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
11.00-11.15					234	76	3	0	218	45	1	0
11.15-12.30					271	89	2	1	214	44	0	0
11.30-11.45					269	87	6	0	238	52	2	0
11.45-12.00					223	57	3	0	184	42	2	0
12.00-12.15					253	92	9	0	209	59	1	0
12.15-12.30					256	84	4	0	201	57	1	0
12.30-12.45					241	79	5	0	213	50	2	0
12.45-13.00					234	82	4	0	196	51	0	0

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
14.30-14.45					301	61	1	0	311	60	1	0
14.45-15.00					297	54	1	1	294	53	2	0
15.00-15.15					322	63	0	0	278	58	0	0
15.15-15.30					348	71	1	0	345	52	2	1
15.30-15.45					332	67	6	0	320	58	1	0
15.45-16.00					309	87	7	1	265	74	1	0
16.00-16.15					353	92	3	0	308	68	1	0
16.15-16.30					339	74	2	0	270	59	0	0

SM = Sepeda Motor

MP = Mobil Penumpang

KS = Kendaraan Sedang

KTb = Kendaraan Tak Bermotor

Lampiran 1.1 Formulir survei volume lalu lintas

Lokasi : Jlagran Lor Lebar Lengan : 11,2m
 Lengan : Timur Lebar Lajur : 11,2 m
 Tanggal : 16 november 2024

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
06.00-06.15	36	23	0	0	143	42	2	4	254	81	4	2
06.15-06.30	24	16	0	0	244	34	2	1	322	110	6	1
06.30-06.45	25	19	0	0	169	39	3	1	278	120	5	0
06.45-07.00	28	17	0	0	179	41	3	1	264	102	4	0
07.00-07.15	40	30	0	0	211	44	4	0	346	125	5	0
07.15-07.30	32	26	0	0	243	45	5	0	295	119	4	0
07.30-07.45	45	19	1	0	214	37	4	2	266	117	6	1
07.45-08.00	29	27	0	0	196	43	4	0	251	112	3	0

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
11.00-11.15	26	27	1	0	118	53	2	0	214	119	4	0
11.15-12.30	30	23	1	0	107	50	1	0	184	111	6	0
11.30-11.45	35	29	2	0	135	64	3	1	207	115	5	0
11.45-12.00	34	31	2	0	134	51	1	0	170	116	4	1
12.00-12.15	13	12	4	0	80	56	1	0	170	118	4	0
12.15-12.30	29	28	1	0	116	64	2	0	209	125	9	0
12.30-12.45	39	33	4	0	123	63	1	0	178	108	5	0
12.45-13.00	31	26	1	0	105	56	2	0	169	99	6	0

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
14.30-14.45	47	37	2	0	195	51	2	0	233	148	4	0
14.45-15.00	54	41	1	0	184	68	3	0	244	150	5	0
15.00-15.15	43	44	4	0	205	76	4	0	272	162	5	0
15.15-15.30	63	48	3	0	188	62	2	0	237	173	9	0
15.30-15.45	59	35	2	0	184	63	2	0	266	145	10	0
15.45-16.00	70	50	1	0	206	60	2	0	197	147	6	0
16.00-16.15	67	49	3	0	204	61	1	0	218	156	4	1
16.15-16.30	64	42	1	0	195	62	1	0	215	147	5	0

SM = Sepeda Motor

MP = Mobil Penumpang

KS = Kendaraan Sedang

KTb = Kendaraan Tak Bermotor

Lampiran 1.1 Formulir survei volume lalu lintas

Lokasi : Jlagran Lor Lebar Lengan : 11,2m
 Lengan : Timur Lebar Lajur : 11,2 m
 Tanggal : 18 november 2024

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
06.00-06.15	32	16	1	0	193	43	0	0	416	117	2	0
06.15-06.30	36	13	0	0	178	46	1	0	398	113	1	0
06.30-06.45	37	17	1	0	205	52	0	0	409	136	4	2
06.45-07.00	28	22	0	0	188	47	1	2	414	135	2	0
07.00-07.15	35	15	0	0	237	50	3	1	478	133	7	1
07.15-07.30	39	18	1	0	223	55	2	0	448	112	10	0
07.30-07.45	29	12	1	0	212	48	1	0	421	119	3	1
07.45-08.00	34	16	1	0	209	49	2	0	428	121	2	0

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
11.00-11.15	33	15	1	0	149	63	2	0	278	109	1	0
11.15-12.30	39	23	2	0	147	63	4	0	283	118	4	0
11.30-11.45	36	17	0	0	158	59	3	0	289	128	9	0
11.45-12.00	41	29	0	0	173	61	6	1	315	133	2	0
12.00-12.15	40	24	4	0	162	65	4	0	329	115	3	0
12.15-12.30	35	40	7	0	155	65	2	1	293	130	10	0
12.30-12.45	42	32	1	0	160	57	3	0	289	124	4	0
12.45-13.00	45	25	4	0	152	58	2	0	271	126	2	0

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
14.30-14.45	38	26	1	0	245	66	1	0	292	136	2	0
14.45-15.00	28	23	0	0	277	77	1	1	268	146	1	0
15.00-15.15	41	28	1	1	221	61	2	0	275	144	3	1
15.15-15.30	36	24	2	0	239	65	0	0	301	151	2	0
15.30-15.45	42	34	1	0	269	72	1	1	333	150	3	0
15.45-16.00	33	24	0	0	228	80	1	0	294	149	4	0
16.00-16.15	35	31	1	1	272	79	0	0	286	169	3	1
16.15-16.30	51	27	1	0	277	71	1	0	273	150	2	0

SM = Sepeda Motor

MP = Mobil Penumpang

KS = Kendaraan Sedang

KTb = Kendaraan Tak Bermotor

Lampiran 1.1 Formulir survei volume lalu lintas

Lokasi : Pembela Tanah Air Lebar Lengan : 8,5 m
 Lengan : Barat Lebar Lajur : 4,5 m
 Tanggal : 16 november 2024

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
06.00-06.15	506	76	7	7					115	16	0	1
06.15-06.30	530	101	4	2					117	14	1	3
06.30-06.45	468	93	11	1					103	16	1	1
06.45-07.00	534	94	8	0					91	19	1	0
07.00-07.15	501	98	8	0					77	29	1	0
07.15-07.30	514	85	10	0					84	27	0	0
07.30-07.45	448	99	6	0					67	28	0	1
07.45-08.00	482	97	7	1					59	33	1	3

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
11.00-11.15	240	104	6	0					45	28	0	0
11.15-12.30	226	112	6	0					39	27	1	0
11.30-11.45	257	129	7	2					48	43	1	0
11.45-12.00	296	133	6	4					67	25	1	0
12.00-12.15	244	105	9	0					34	23	2	1
12.15-12.30	268	108	3	0					43	24	0	0
12.30-12.45	257	113	5	1					51	26	1	0
12.45-13.00	233	101	4	0					44	27	1	0

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
14.30-14.45	236	86	3	0					66	19	0	0
14.45-15.00	233	93	4	1					71	21	1	1
15.00-15.15	249	101	8	3					67	16	0	0
15.15-15.30	244	102	1	0					74	26	3	1
15.30-15.45	227	88	4	1					82	21	2	1
15.45-16.00	254	93	2	1					95	28	1	2
16.00-16.15	235	85	3	0					86	23	2	0
16.15-16.30	243	91	1	0					81	17	1	0

SM = Sepeda Motor

MP = Mobil Penumpang

KS = Kendaraan Sedang

KTb = Kendaraan Tak Bermotor

Lampiran 1.1 Formulir survei volume lalu lintas

Lokasi : Pembela Tanah Air Lebar Lengan : 8,5 m
 Lengan : Barat Lebar Lajur : 4,5 m
 Tanggal : 18 november 2024

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
06.00-06.15	606	122	2	0					120	18	1	0
06.15-06.30	630	119	1	1					126	17	0	0
06.30-06.45	701	146	5	2					139	24	1	1
06.45-07.00	596	132	1	2					123	23	0	1
07.00-07.15	633	131	3	0					132	17	0	0
07.15-07.30	642	132	5	1					145	19	4	0
07.30-07.45	613	127	3	0					129	14	0	1
07.45-08.00	622	128	1	0					128	16	0	0

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
11.00-11.15	268	102	4	0					68	19	2	1
11.15-12.30	298	98	4	1					78	23	1	1
11.30-11.45	301	107	5	1					76	13	2	1
11.45-12.00	297	111	2	1					101	24	3	0
12.00-12.15	331	118	6	1					80	25	2	1
12.15-12.30	346	113	6	2					113	25	1	0
12.30-12.45	319	106	3	0					110	22	2	0
12.45-13.00	315	112	5	1					93	17	3	0

Waktu	LT/Belok Kiri				ST/Lurus				RT/Belok Kanan			
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb
14.30-14.45	342	82	3	0					102	26	1	1
14.45-15.00	351	85	4	1					92	19	0	0
15.00-15.15	364	91	6	0					113	24	0	1
15.15-15.30	358	80	3	1					109	23	1	0
15.30-15.45	378	97	2	0					106	23	1	3
15.45-16.00	322	90	6	3					87	25	0	1
16.00-16.15	317	82	5	0					92	26	2	0
16.15-16.30	333	85	2	0					97	21	0	0

SM = Sepeda Motor

MP = Mobil Penumpang

KS = Kendaraan Sedang

KTb = Kendaraan Tak Bermotor

Lampiran 1. 2 Formulir survei panjang antrean

Simpang : 4 APILL Jlagran Lor

Tanggal : 18 November 2024

Sesi : Pagi

Lengan	Jam	Panjang Antrian (m)
Tentara Rakyat Mataram	06.00-06.15	47
	06.15-06.30	55
	06.30-06.45	73
	06.45-07.00	92
	07.00-07.15	111
	07.15-07.30	88
	07.30-07.45	60
	07.45-08.00	65
Jlagran Lor	06.00-06.15	68
	06.15-06.30	75
	06.30-06.45	80
	06.45-07.00	95
	07.00-07.15	90
	07.15-07.30	55
	07.30-07.45	50
	07.45-08.00	44
Pembela Tanah Air	06.00-06.15	80
	06.15-06.30	110
	06.30-06.45	150
	06.45-07.00	180
	07.00-07.15	150
	07.15-07.30	160
	07.30-07.45	100
	07.45-08.00	90

Lampiran 1. 3 Formulir survei *driving behavior*

Lokasi : Simpang 4 APILL Jlagran Lor

Tanggal : 18 November 2024

Sesi : Pagi

Lengan	Berhenti		Bergerak	
	Depan belakang (cm)	Lateral (cm)	Depan belakang (cm)	Lateral (cm)
Utara	0,3	0,2	0,3	0,3
	0,2	0,2	0,4	0,6
	0,4	0,2	0,6	0,8
	0,3	0,3	0,8	0,8
	0,3	0,4	1	0,5
	0,5	0,3	0,3	0,7
	0,4	0,4	0,2	0,4
	0,3	0,4	0,6	0,4
	0,2	0,6	0,4	0,3
	0,5	0,5	0,5	0,6
	0,3	0,4	0,3	0,4
	0,4	0,3	0,4	0,2
	0,2	0,4	0,6	0,3
	0,2	0,2	0,4	0,6
	0,6	0,4	0,4	0,3
	0,3	0,3	0,6	0,5
	0,4	0,2	0,2	0,5
	0,5	0,4	0,8	0,4
	0,3	0,4	0,9	0,6
	0,2	0,5	1	0,6

Lengan	Berhenti		Bergerak	
	Depan belakang (cm)	Lateral (cm)	Depan belakang (cm)	Lateral (cm)
Timur	0,4	0,5	0,5	0,5
	0,3	0,5	1	1
	0,9	0,4	1,5	1,1
	0,6	0,6	0,7	0,4
	0,8	0,3	0,4	0,3
	0,3	0,2	0,6	0,6
	0,3	0,5	0,8	0,7
	0,4	0,5	0,6	0,5
	0,3	0,8	0,8	0,6
	1	0,6	0,4	0,7
	0,6	0,5	0,5	0,8
	0,8	0,3	0,5	1,2
	0,4	0,4	0,4	0,6
	0,2	0,7	1,4	0,5
	0,3	0,5	0,6	0,7
	0,5	0,4	0,4	0,5
	0,6	0,5	0,3	0,4
	0,3	0,3	0,2	0,5
	0,2	0,2	0,9	0,7
	0,7	0,4	1,3	0,4

Lengan	Berhenti		Bergerak	
	Depan belakang (cm)	Lateral (cm)	Depan belakang (cm)	Lateral (cm)
Barat	0,3	0,3	0,6	0,3
	0,3	0,5	0,7	0,5
	0,3	0,2	1	0,4
	0,3	0,4	0,9	0,3
	0,4	0,3	0,5	0,2
	0,5	0,2	0,4	0,4
	0,3	0,4	0,5	0,3
	0,2	0,3	0,3	0,2
	0,7	0,5	0,6	0,2
	1	0,5	0,8	0,3
	0,6	0,3	0,7	0,4
	0,5	0,4	0,6	0,5
	0,5	0,5	0,2	0,3
	0,8	0,5	0,3	0,2
	0,4	0,4	1	0,4
	0,5	0,3	0,5	0,5
	0,5	0,2	0,4	0,3
	0,6	0,2	0,5	0,4
	0,6	0,4	0,6	0,4
	0,3	0,4	1	0,5

Lampiran 1. 4 Formulir survei kecepatan

Lokasi : Tentara Rakyat Mataram

Panjang Segmen : 20 m

Tanggal : 18 November 2024

Sesi : Pagi

No	SM		MP		KS	
	Waktu (det)	Kecepatan (m/det)	Waktu (det)	Kecepatan (m/det)	Waktu (det)	Kecepatan (m/det)
1	2,95	6,78	2,95	6,78	2,74	7,30
2	2,70	7,41	2,70	7,41	4,06	4,93
3	2,82	7,09	2,87	6,97	2,80	7,14
4	1,98	10,10	3,92	5,10	6,83	2,93
5	2,75	7,27	2,42	8,26	2,32	8,62
6	3,42	5,85	2,57	7,78		
7	1,75	11,43	3,47	5,76		
8	2,88	6,94	4,71	4,25		
9	5,31	3,77	8,90	2,25		
10	2,94	6,80	2,75	7,27		
11	2,57	7,78	3,87	5,17		
12	2,42	8,26	3,09	6,47		
13	2,22	9,01	3,17	6,31		
14	2,77	7,22	2,32	8,62		
15	3,97	5,04	1,92	10,42		
16	4,70	4,26				
17	5,55	3,60				
18	3,21	6,23				
19	2,31	8,66				
20	4,55	4,40				

Lokasi : Jlagran Lor

Panjang Segmen : 20 m

Tanggal : 18 November 2024

Sesi : Pagi

No	SM		MP		KS	
	Waktu (det)	Kecepatan (m/det)	Waktu (det)	Kecepatan (m/det)	Waktu (det)	Kecepatan (m/det)
1	4,00	5,00	4,00	5,00	7,84	2,55
2	4,40	4,55	3,69	5,42	7,25	2,76
3	7,00	2,86	5,00	4,00	6,12	3,27
4	3,00	6,67	3,57	5,60	4,49	4,45
5	4,19	4,77	6,31	3,17	5,22	3,83
6	3,84	5,21	6,23	3,21		
7	3,32	6,02	3,51	5,70		
8	3,13	6,39	3,78	5,29		
9	3,25	6,15	4,20	4,76		
10	4,12	4,85	6,05	3,31		
11	3,46	5,78	5,51	3,63		
12	5,34	3,75	4,15	4,82		
13	5,53	3,62	7,35	2,72		
14	5,35	3,74	5,95	3,36		
15	2,87	6,97	4,35	4,60		
16	4,36	4,59				
17	4,82	4,15				
18	4,97	4,02				
19	4,72	4,24				
20	5,63	3,55				

Lokasi : Pembela Tanah Air

Panjang Segmen : 20 m

Tanggal : 18 November 2024

Sesi : Pagi

No	SM		MP		KS	
	Waktu (det)	Kecepatan (m/det)	Waktu (det)	Kecepatan (m/det)	Waktu (det)	Kecepatan (m/det)
1	1,86	10,75	3,09	6,47	2,55	7,84
2	3,32	6,02	1,77	11,30	2,88	6,94
3	3,02	6,62	2,28	8,77	3,32	6,02
4	3,35	5,97	2,76	7,25	3,33	6,01
5	3,22	6,21	3,31	6,04	1,87	10,70
6	3,87	5,17	4,42	4,52		
7	2,98	6,71	2,65	7,55		
8	2,97	6,73	2,55	7,84		
9	3,31	6,04	3,32	6,02		
10	3,12	6,41	2,90	6,90		
11	4,42	4,52	1,88	10,64		
12	2,99	6,69	3,32	6,02		
13	1,99	10,05	3,87	5,17		
14	3,31	6,04	1,86	10,75		
15	1,78	11,24	2,78	7,19		
16	1,89	10,58				
17	2,22	9,01				
18	1,85	10,81				
19	2,88	6,94				
20	1,87	10,70				

LAMPIRAN 2

Lampiran 2. 1 Gambar Dokumentasi Survei



