

TUGAS AKHIR

EVALUASI DAN PENINGKATAN KINERJA SIMPANG 4 APILL POGUNG (*PERFORMANCE EVALUATION AND OPTIMIZATION OF THE POGUNG FOUR-LEG SIGNALIZED INTERSECTION*)

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



**Mochamad Rizky Rivani
19511238**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2025**

TUGAS AKHIR

EVALUASI DAN PENINGKATAN KINERJA SIMPANG 4 APILL POGUNG (*PERFORMANCE EVALUATION AND OPTIMIZATION OF THE POGUNG FOUR-LEG SIGNALIZED INTERSECTION*)

Disusun oleh

Mochamad Rizky Rivani
19511238

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

Diuji pada tanggal 17 September 2025

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

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

Penguji I

Ir. Muhamad Abdul H, S.T., M.T.
NIK : 215111307

Penguji II

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

Mengesahkan,



Ketua Program Studi Teknik Sipil

24/9/2025

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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 17 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan



Mochamad Rizky Rivani

19511238

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua tercinta, Bapak Ir. Zain Rivani dan Ibu Nita Motarina. Semua ini dapat terwujud berkat doa, motivasi serta dukungan yang tiada henti diberikan selama 6 tahun terakhir ini, sehingga penulis dapat mencapai langkah sejauh ini.

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا لَهَا مَا كَسَبَتْ وَعَلَيْهَا مَا اكْتَسَبَتْ رَبَّنَا لَا تُؤَاخِذْنَا
إِنْ نَسِينَا أَوْ أَخْطَأْنَا رَبَّنَا وَلَا تَحْمِلْ عَلَيْنَا إَصْرًا كَمَا حَمَلْتَهُ عَلَى الَّذِينَ مِنْ قَبْلِنَا
رَبَّنَا وَلَا تُحَمِّلْنَا مَا لَا طَاقَةَ لَنَا بِهِ وَاعْفُ عَنَّا وَارْحَمْنَا أَنْتَ مَوْلَانَا
فَاَنْصُرْنَا عَلَى الْقَوْمِ الْكَافِرِينَ ﴿٢٨٦﴾

“Allah tidak membebani seseorang, kecuali menurut kesanggupannya. Baginya ada sesuatu (pahala) dari (kebajikan) yang diusahakannya dan terhadapnya ada (pula) sesuatu (siksa) atas (kejahatan) yang diperbuatnya. (Mereka berdoa,) ‘Wahai Tuhan kami, janganlah Engkau hukum kami jika kami lupa atau kami salah. Wahai Tuhan kami, janganlah Engkau bebani kami dengan beban yang berat sebagaimana Engkau bebankan kepada orang-orang sebelum kami. Wahai Tuhan kami, janganlah Engkau pikulkan kepada kami apa yang tidak sanggup kami memikulnya. Maafkanlah kami, ampunilah kami, dan rahmatilah kami. Engkaulah pelindung kami. Maka, tolonglah kami dalam menghadapi kaum kafir”. (QS Al-Baqarah Ayat 286).

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Evaluasi dan Peningkatan Kinerja Simpang 4 APILL Pogung*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Bapak Prayogo Afang Prayitno S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan serta arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
2. Bapak Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T, dan Ibu Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji,
3. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik, atas bimbingan dan dukungan yang diberikan dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu,
4. Ketua Program Studi Teknik Sipil Ibu Ir., Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.,
5. Bapak Ir. Zain Rivani dan Ibu Nita Motarina, S.E. yang telah memberikan bantuan materi serta dukungan doa, dan motivasi selama penulis menyelesaikan studi tingkat strata satu,
6. Teman-teman *Surveyor* lapangan yang telah membantu dalam pengambilan data, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan,
7. Teman-teman teknik sipil UII angkatan 2019 dan 2021, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas bantuan dan dukungan yang diberikan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

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

Yogyakarta, 17 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mochamad Rizky Rivani', with a stylized flourish at the end.

Mochamad Rizky Rivani

19511238

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xx
<i>ABSTRACT</i>	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.2 Evaluasi Kinerja Simpang APILL dan Alternatif Penanganannya	6
2.3 Pemodelan Lalu Lintas Menggunakan <i>Software</i> PTV VISSIM	8
2.4 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	10
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Simpang APILL	12
3.2 Arus Lalu Lintas (Q)	13
3.3 Arus Jenuh (J)	13

3.4 Arus Jenuh Dasar (J_0)	18
3.5 Lebar Pendekat Efektif	19
3.6 Rasio Arus Jenuh	20
3.7 Waktu Siklus dan Waktu Hijau	21
3.8 Kapasitas Simpang	22
3.9 Kinerja Lalu Lintas Simpang APILL	22
3.9.1 Derajat Kejenuhan	22
3.9.2 Kendaraan Terhenti	23
3.9.3 Panjang Antrean	23
3.9.4 Tundaan	25
3.10 Tingkat Pelayanan	25
3.11 Pemodelan Lalu Lintas dengan <i>Software</i> PTV VISSIM	26
3.12 Kalibrasi dan Validasi Data	30
3.12.1 Metode Pendekatan GEH	30
3.12.2 Metode Pendekatan MAPE	31
BAB IV METODE PENELITIAN	33
4.1 Jenis Penelitian	33
4.2 Lokasi Penelitian	33
4.3 Data Penelitian	34
4.4 Metode Pengumpulan Data	34
4.4.1 Waktu pelaksanaan survei	36
4.4.2 Alat yang digunakan	37
4.5 Metode Analisis Data	37
4.6 Bagan Alir Penelitian	38
BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	40
5.1 Data Hasil Pengamatan	40
5.1.1 Data Geometri Simpang	40
5.1.2 Data Pengaturan Isyarat Lalu Lintas	41
5.1.3 Data Volume Lalu Lintas	43
5.1.4 Data Panjang Antrean	46
5.1.5 Data Kecepatan Kendaraan	47

5.1.6 Data Perilaku Berkendara / <i>Driving behaviour</i>	47
5.2 Data Pendukung	48
5.3 Analisis Kinerja Simpang Berdasarkan PKJI 2023	49
5.3.1 Konversi Volume Lalu Lintas (q)	49
5.3.2 Perhitungan Arus Jenuh Dasar (S_0)	53
5.3.3 Penentuan Nilai Faktor Koreksi	54
5.3.4 Perhitungan Arus Jenuh (J)	60
5.3.5 Perhitungan Kapasitas (C)	61
5.3.6 Perhitungan Derajat Kejenuhan (D_j)	62
5.3.7 Perhitungan Panjang Antrean (P_A)	64
5.3.8 Perhitungan Rasio Kendaraan Henti (R_{KH})	66
5.3.9 Perhitungan Tundaan Simpang (T_i)	67
5.3.10 Indikator Tingkat Pelayanan / <i>Level of Service</i> (LOS)	68
5.3.11 Perbandingan Panjang Antrean Analisis PKJI 2023 dengan Panjang Antrean Terukur	69
5.4 Pemodelan Simpang Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM	69
5.4.1 Hasil Simulasi Pemodelan Sebelum Kalibrasi	70
5.4.2 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi	74
5.4.3 Perbandingan Analisis Eksisting Metode PKJI dengan PTV VISSIM	79
5.5 Alternatif Solusi	80
5.5.1 Alternatif solusi 1	81
5.5.2 Alternatif solusi 2	85
5.5.3 Alternatif solusi 3	89
5.6 Pembahasan Kinerja Simpang 4 APILL Pogung	95
5.6.1 Perbandingan Derajat Kejenuhan (D_j)	95
5.6.2 Perbandingan Tundaan dan Tingkat Pelayanan	96
5.6.3 Perbandingan Panjang Antrean	98
5.6.4 Perbandingan Kinerja Keseluruhan	98
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	103
6.1 Kesimpulan	103
6.2 Saran	104

DAFTAR PUSTAKA	106
LAMPIRAN	108

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya	11
Tabel 3. 1 Angka Ekuivalensi Kendaraan Penumpang	13
Tabel 3. 2 Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{HS})	14
Tabel 3. 3 Faktor koreksi untuk ukuran kota (F_{UK})	15
Tabel 3. 4 Waktu siklus yang layak	21
Tabel 3. 5 Parameter Tingkat Pelayanan Simpang APILL	26
Tabel 4. 1 Data Penelitian	34
Tabel 5. 1 Data Geometri Simpang 4 APILL Pogung	40
Tabel 5. 2 Data Waktu Isyarat Simpang 4 APILL Pogung	42
Tabel 5. 3 Data Volume Lalu Lintas Sesi Pagi	44
Tabel 5. 4 Data Volume Lalu Lintas Sesi Siang	44
Tabel 5. 5 Data Volume Lalu Lintas Sesi Sore	45
Tabel 5. 6 Data Panjang Antrean Simpang 4 APILL Pogung	47
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Data Kecepatan Kendaraan Rata-rata Simpang 4 APILL Pogung	47
Tabel 5. 8 Data Perilaku Berkendara / Driving Behaviour Pendekat Utara Simpang 4 APILL Pogung	48
Tabel 5. 9 Rekapitulasi Volume Kendaraan Periode Jam Puncak Simpang 4 APILL Pogung	53
Tabel 5. 10 Kriteria Kelas Hambatan Samping (K_{HS})	54
Tabel 5. 11 Nilai Faktor Hambatan Samping yang Digunakan dalam Analisis	57
Tabel 5. 12 Nilai Faktor Kelandaian yang Digunakan dalam Analisis	58
Tabel 5. 13 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas Simpang	62
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Perhitungan Derajat Kejenuhan	63
Tabel 5. 15 Rekapitulasi Panjang Antrean (P_A) Simpang 4 APILL Pogung	65
Tabel 5. 16 Rekapitulasi Rasio Kendaraan Henti (R_{KH}) dan Jumlah Kendaraan Terhenti (N_{KH}) Simpang 4 APILL Pogung	66
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Tundaan Simpang 4 APILL Pogung	67

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Kinerja Eksisting Simpang 4 APILL Pogung	68
Tabel 5. 19 Perbandingan Panjang Antrean Analisis dengan Panjang Antrean Terukur	69
Tabel 5. 20 Hasil Pemodelan Volume Lalu Lintas Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM Sebelum Kalibrasi	72
Tabel 5. 21 Hasil Pemodelan Panjang Antrean Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM Sebelum Kalibrasi	73
Tabel 5. 22 Hasil Pemodelan Kecepatan Kendaraan Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM Sebelum Kalibrasi	73
Tabel 5. 23 Perubahan Komponen Perilaku Berkendara (driving behaviour) Setelah Kalibrasi	74
Tabel 5. 24 Hasil Pemodelan Volume Lalu Lintas Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM Setelah Kalibrasi	78
Tabel 5. 25 Hasil Pemodelan Panjang Antrean Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM Setelah Kalibrasi	78
Tabel 5. 26 Hasil Pemodelan Kecepatan Kendaraan Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM Setelah Kalibrasi	79
Tabel 5. 27 Perbandingan Hasil Analisis Metode PKJI 2023 dan PTV VISSIM	80
Tabel 5. 28 Rekapitulasi Penyesuaian Waktu Isyarat Hijau (W_{Hi})	82
Tabel 5. 29 Rekapitulasi Analisis Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_I) Alternatif Solusi 1 Simpang 4 APILL Pogung	84
Tabel 5. 30 Rekapitulasi Hasil Pemodelan PTV VISSIM Alternatif Solusi 1	84
Tabel 5. 31 Penentuan Waktu Siklus (s) dan Waktu Hijau (W_{Hi}) pada Alternatif Solusi 2	85
Tabel 5. 32 Rekapitulasi Analisis Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_I) Alternatif Solusi 2 Simpang 4 APILL Pogung	88
Tabel 5. 33 Rekapitulasi Hasil Pemodelan PTV VISSIM Alternatif Solusi 2	88
Tabel 5. 34 Rekapitulasi Volume Kendaraan Pasca Implementasi Ganjil-genap Simpang 4 APILL Pogung	91
Tabel 5. 35 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Pasca Implementasi Ganjil-genap	92

Tabel 5. 36 Rekapitulasi Penyesuaian Waktu Siklus (s) dan Waktu Isyarat Hijau (W_{Hi}) Pasca Implementasi Ganjil-genap	93
Tabel 5. 37 Rekapitulasi Analisis Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_j) Alternatif Solusi 3 Simpang 4 APILL Pogung	94
Tabel 5. 38 Rekapitulasi Hasil Pemodelan PTV VISSIM Alternatif Solusi 3	94
Tabel 5. 39 Perbandingan Kinerja Simpang 4 APILL Pogung	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Pendekat Timur Simpang 4 APILL Pogung	2
Gambar 1. 2 Pendekat Barat Simpang 4 APILL Pogung	2
Gambar 1. 3 Pendekat Selatan Simpang 4 APILL Pogung	3
Gambar 1. 4 Pendekat Utara Simpang 4 APILL Pogung	3
Gambar 3. 1 Konflik yang Terjadi pada Persimpangan	12
Gambar 3. 2 Faktor koreksi untuk kelandaian (F_G)	15
Gambar 3. 3 Faktor koreksi pergerakan belok kiri (F_{BK_i})	17
Gambar 3. 4 Faktor koreksi pergerakan belok kanan (F_{BK_a})	18
Gambar 3. 5 Arus jenuh dasar untuk pendekat terlindung (Tipe P)	19
Gambar 3. 6 Lebar pendekat dengan dan tanpa pulau lalu lintas	20
Gambar 3. 7 Nomogram $N_{q_{max}}$	24
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian	33
Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian	38
Gambar 5. 1 Geometri Simpang 4 APILL Pogung	41
Gambar 5. 2 Fase Simpang 4 APILL Pogung	42
Gambar 5. 3 Diagram Waktu Isyarat Simpang 4 APILL Pogung	43
Gambar 5. 4 Grafik Data Volume Lalu Lintas Sesi Pagi	44
Gambar 5. 5 Grafik Data Volume Lalu Lintas Sesi Siang	45
Gambar 5. 6 Grafik Data Volume Lalu Lintas Sesi Sore	45
Gambar 5. 7 Distribusi Pergerakan Volume Lalu Lintas Simpang 4 APILL Pogung	46
Gambar 5. 8 Hambatan Sampling Pendekat Utara (Jl. Jembatan Baru UGM) Simpang 4 APILL Pogung	55
Gambar 5. 9 Hambatan Sampling Pendekat Selatan (Jl. Nyi Tjondrolukito) Simpang 4 APILL Pogung	56
Gambar 5. 10 Hambatan Sampling Pendekat Barat (Jl. Selokan Mataram) Simpang 4 APILL Pogung	56

Gambar 5. 11 Hambatan Samping Pendekat Utara (Jl. Nyi Tjondrolukito) Simpang 4 APILL Pogung	57
Gambar 5. 12 Faktor Kelandaian Setiap Pendekat	58
Gambar 5. 13 Nilai N_{qmax} yang Digunakan dalam Analisis Panjang Antrean	65
Gambar 5. 14 Pemodelan Kondisi Awal (default) Sebelum Kalibrasi	75
Gambar 5. 15 Pemodelan Kondisi Setelah Proses Kalibrasi	75
Gambar 5. 16 Diagram Waktu Siklus 132 detik untuk Alternatif 1 Simbang 4 APILL Pogung	82
Gambar 5. 17 Diagram Waktu Siklus 115 detik untuk Alternatif 2 Simbang 4 APILL Pogung	86
Gambar 5. 18 Distribusi Pergerakan Volume Lalu Lintas Simbang 4 APILL Pogung Pasca Implementasi Ganjil-genap	90
Gambar 5. 19 Diagram Waktu Siklus 115 detik untuk Alternatif 3 Simbang 4 APILL Pogung	93
Gambar 5. 20 Perbandingan Derajat Kejenuhan Pada Setiap Pendekat Kondisi Eksisting Terhadap Alternatif Solusi	96
Gambar 5. 21 Perbandingan Tundaan Pada Setiap Pendekat Kondisi Eksisting Terhadap Alternatif Solusi	97
Gambar 5. 22 Perbandingan Tundaan Simbang dan Tingkat Pelayanan Kondisi Eksisting Terhadap Alternatif Solusi	97
Gambar 5. 23 Perbandingan Panjang Antrean Pada Kondisi Eksisting Terhadap Alternatif Solusi	98

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Time Schedule</i> Penelitian Evaluasi	109
Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Jumat	110
Lampiran 3 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Sabtu	114
Lampiran 4 Formulir Survei Data Panjang Antrean	118
Lampiran 5 Formulir Waktu Siklus	122
Lampiran 6 Formulir Data Kecepatan Kendaraan	123
Lampiran 7 Formulir Data Driving Behaviour	127
Lampiran 8 Dokumentasi Survei	131

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

APILL	=	Alat pemberi isyarat lalu lintas
B _{Ka}	=	Belok Kanan
B _{Ki}	=	Belok Kiri
B _{KiJT}	=	Belok kiri jalan terus
C	=	Kapasitas
C ₀	=	Kapasitas dasar
det	=	detik
det/SMP	=	detik per satuan mobil penumpang
det/SKR	=	detik per satuan kendaraan ringan
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 _G	=	Faktor kelandaian
F _P	=	Faktor parkir
F _{UK}	=	Faktor ukuran kota
GEH	=	Geoffrey E. Havers (validasi dengan persamaan GEH)
J	=	Arus jenuh
J ₀	=	Arus jenuh dasar
Jl	=	Jalan
km	=	Kilometer
KS	=	Kendaraan sedang
KTb	=	Kendaraan tak bermotor
L _E	=	Lebar efektif pendekat
L _K	=	Lebar keluar pendekat
L _M	=	Lebar masuk pendekat

LOS	= Level of service
m	= Meter
MP	= Mobil penumpang
N_{KH}	= Jumlah rata-rata kendaraan berhenti
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 terhenti selama fase merah
P_A	= Panjang antrean
PKJI 2023	= Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia
PTV-VISSIM	= Planung Transportasi Verhker-Verhker in Städten Simulations Model
q	= Arus
R_{BKa}	= Rasio belok kanan
R_{BKl}	= Rasio belok kiri
R_{BklJT}	= Rasio belok kiri jalan terus
R_{KH}	= Rasio kendaraan terhenti
R_{DJ}	= Rasio kejenuhan
s	= Waktu siklus
SKR	= Satuan kendaraan ringan
SM	= Sepeda motor
SMP	= Satuan mobil penumpang
T	= Tundaan
T_G	= Tundaan geometri
T_{LL}	= Tundaan lalu lintas
UGM	= Universitas Gadjah Mada
W_{AH}	= Waktu antar hijau
W_{HH}	= Waktu hijau hilang total
W_{Hi}	= Waku Hijau
W_K	= Waktu isyarat kuning

W_M	= Waktu isyarat merah
W_{MS}	= Waktu isyarat merah semua
2/2 TT	= Dua lajur dua arah tidak terbagi
4/2 T	= Empat lajur dua arah terbagi

ABSTRAK

Kabupaten Sleman merupakan wilayah dengan persebaran perguruan tinggi tertinggi di Provinsi DIY, dengan Universitas Gadjah Mada sebagai salah satunya. Kawasan ini dipenuhi oleh kegiatan perkantoran, akademik, RSUP Dr.Sardjito dan komersial lainnya, yang menyebabkan terjadinya kemacetan. Simpang 4 APILL Pogung, yang terhubung dengan Jl. Jembatan Baru UGM, Jl. Nyi Tjondrolukito, dan Jl. Selokan Mataram, menjadi simpul strategis yang berdampak langsung bagi mobilitas antar kawasan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang serta mengevaluasi solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerjanya dengan bantuan perangkat lunak PTV VISSIM. Data yang digunakan dalam penelitian dikategorikan menjadi dua jenis, data primer dan data sekunder. Analisis dilakukan berdasarkan metode PKJI 2023 dan dimodelkan dengan bantuan perangkat lunak PTV VISSIM.

Berdasarkan hasil analisis PKJI 2023 dan pemodelan PTV VISSIM, kinerja simpang pada kondisi eksisting menunjukkan derajat kejenuhan simpang sebesar 1,05, tundaan rata-rata 95,80 det/kendaraan, dan tingkat pelayanan berada pada kategori F. Alternatif solusi yang digunakan dalam upaya meningkatkan kinerja simpang adalah alternatif solusi ketiga dengan melakukan kebijakan ganjil-genap dan penyesuaian waktu siklus 100 detik. Nilai derajat kejenuhan turun dari 1,05 menjadi 0,84, Memenuhi standar $D_j \leq 0,85$. Hasil simulasi PTV VISSIM menunjukkan penurunan signifikan pada besar nilai panjang antrean, yaitu pada Pendekat Timur dari 125 m menjadi 67,49 m, Pendekat Selatan dari 200 m menjadi 92,78 m, Pendekat Barat dari 70 m menjadi 52,29 m dan Pendekat Utara dari 355 m menjadi 95,22 m. Penurunan tundaan rata-rata sebesar 70,35% dari 95,80 detik/kend menjadi 28,40 det/kend, sehingga tingkat pelayanan simpang meningkat dari kategori F menjadi kategori D.

Kata Kunci: panjang antrean, PKJI 2023, PTV VISSIM, tingkat pelayanan, tundaan

ABSTRACT

Sleman Regency hosts the highest concentration of universities in the Special Region of Yogyakarta, with Universitas Gadjah Mada as a major institution. The area is also dominated by office activities, academic facilities, Dr. Sardjito General Hospital, and commercial centers, all of which intensify traffic congestion. The Pogung Four-Leg Signalized Intersection (APILL), linking Jl. Jembatan Baru UGM, Jl. Nyi Tjondrolukito, and Jl. Selokan Mataram, functions as a critical node influencing regional mobility.

This study analyzes the intersection's performance and evaluates improvement strategies using PTV VISSIM software. Both primary and secondary data were applied, with the analysis conducted in accordance with the Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI 2023).

Findings from PKJI 2023 and VISSIM simulations indicate that, under current conditions, the intersection experiences a degree of saturation of 1.05, an average delay of 95.80 seconds per vehicle, and a level of service rated F. The most effective solution was the implementation of an odd-even traffic scheme combined with a signal cycle adjustment to 100 seconds. This intervention reduced the degree of saturation to 0.84, meeting the standard threshold of $DJ \leq 0.85$. Simulation results also revealed significant reductions in queue lengths: from 125 m to 67.49 m (East), 200 m to 92.78 m (South), 70 m to 52.29 m (West), and 355 m to 95.22 m (North). Additionally, the average delay decreased by 70.35%, from 95.80 to 28.40 seconds per vehicle, improving the level of service from category F to D.

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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Berdasarkan Hobbs (1995), Persimpangan merupakan simpul transportasi yang terdiri dari pendekat di mana arus kendaraan dari beberapa pendekat tersebut saling bertemu dan kemudian memencar menjauhi persimpangan. Pada persimpangan sering terjadi konflik antar kendaraan sehingga perlu diatur dengan pengaturan yang baik. Salah satu cara untuk mengatur simpang yaitu dengan diberikan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Meskipun dalam suatu kondisi simpang sudah dilengkapi APILL, Seiring dengan bertumbuhnya kendaraan dapat menyebabkan simpang menjadi macet dan jenuh (Purnama dkk, 2023).

Kabupaten Sleman merupakan salah satu kabupaten di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta dengan tingkat jumlah kendaraan yang tertinggi dibandingkan kabupaten dan kota lainnya. Berdasarkan data yang dihimpun dari Badan Pusat Statistik DI Yogyakarta (2023), pada tahun 2022 terdapat jumlah kendaraan bermotor yang sebelumnya hanya 1.219.245 unit menjadi 1.256.823 unit pada tahun 2023. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa jumlah kendaraan mengalami peningkatan sebesar 2,9% dari tahun sebelumnya yang berakibat terhadap meningkatnya volume lalu lintas di kabupaten Sleman.

Kabupaten Sleman dikenal juga sebagai salah satu daerah dengan jumlah persebaran perguruan tinggi terbanyak dibandingkan kabupaten dan kota lainnya di provinsi tersebut. Salah satu perguruan tinggi negeri yang terkenal di Kabupaten Sleman adalah Universitas Gadjah Mada, dengan total mahasiswa aktif berjumlah 61.440 mahasiswa. Tingginya intensitas kegiatan di kawasan tersebut, tidak hanya berasal dari aktivitas akademik di lingkungan perguruan tinggi, tetapi juga dari keberadaan perkantoran, Rumah Sakit Umum Pemerintah Dr. Sardjito dan kegiatan komersial. Kondisi tersebut menyebabkan peningkatan volume lalu lintas yang signifikan dan berkontribusi terhadap kemacetan di beberapa ruas jalan dan titik persimpangan jalan.

Salah satu simpang yang berdekatan dari pusat kegiatan tersebut adalah Simpang 4 APILL Pogung. Simpang ini berada di wilayah administrasi Kabupaten Sleman dan berperan sebagai penghubung antara Jalan Jembatan Baru UGM, Jalan Nyi Tjondrolukito, dan Jalan Selokan Mataram. Letaknya berbatasan langsung dengan Kota Yogyakarta menjadikan simpang ini strategis dalam mendukung mobilitas antar kawasan. Berikut dokumentasi dari setiap lengan simpang dan dapat dilihat pada Gambar 1.1, Gambar 1.2, Gambar 1.3, dan Gambar 1.4.



Gambar 1. 1 Pendekat Timur Simpang 4 APILL Pogung



Gambar 1. 2 Pendekat Barat Simpang 4 APILL Pogung



Gambar 1. 3 Pendekat Selatan Simpang 4 APILL Pogung



Gambar 1. 4 Pendekat Utara Simpang 4 APILL Pogung

Berdasarkan permasalahan yang terdapat pada Simpang 4 APILL Pogung, perlu dilakukan evaluasi serta analisis mengenai masalah tersebut. Evaluasi tersebut diharapkan bisa mengoptimalkan Simpang 4 APILL Pogung sehingga kemacetan dapat teratasi dengan baik. Dalam melakukan evaluasi ini, penulis mengacu sesuai dengan ketentuan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan pemodelan menggunakan program komputer PTV VISSIM.

Beberapa strategi dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja lalu lintas di kawasan perkotaan, baik melalui pendekatan teknis maupun kebijakan manajemen lalu lintas. Pendekatan teknis umumnya mencakup pengaturan waktu siklus sinyal, penyesuaian fase, serta perubahan geometrik simpang yang bertujuan

mengoptimalkan kapasitas dan mengurangi tundaan. Sementara itu, pendekatan berbasis kebijakan lalu lintas atau *traffic demand management* (TDM) lebih menitikberatkan pada pengendalian permintaan perjalanan, misalnya dengan melakukan pembatasan penggunaan kendaraan pribadi serta mendorong peralihan ke moda transportasi umum (Reza dkk, 2024).

Salah satu bentuk dari kebijakan pembatasan kendaraan adalah pengaturan sistem ganjil-genap. Menurut Rakhman dkk (2020), hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem ganjil-genap dapat mengurangi volume kendaraan sebesar 43,09%. Strategi semacam ini terbukti efektif sebagai salah satu upaya dalam mengelola lalu lintas. Berdasarkan hal tersebut, kebijakan ini dapat dijadikan referensi sebagai alternatif penanganan kemacetan, termasuk pada simpang-simpang strategis seperti Simpang 4 APILL Pogung. Pendekatan ini juga sejalan dengan upaya mendorong penggunaan angkutan umum sebagai bagian dari sistem transportasi berkelanjutan di kawasan perkotaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat diuraikan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja Simpang 4 APILL Pogung pada kondisi eksisting berdasarkan analisis dengan metode PKJI 2023?
2. Bagaimana upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja Simpang 4 APILL Pogung dengan menggunakan PTV VISSIM?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis kinerja Simpang 4 APILL Pogung pada kondisi eksisting dengan menggunakan metode PKJI 2023.
2. Merumuskan upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja Simpang 4 APILL Pogung berdasarkan hasil simulasi menggunakan PTV VISSIM.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Memberikan pemahaman menyeluruh kepada pembaca terkait evaluasi kinerja Simpang 4 APILL Pogung dalam kondisi eksisting dengan pendekatan analisis berdasarkan PKJI 2023.
2. Menghadirkan solusi alternatif atas permasalahan lalu lintas di simpang 4 APILL Pogung dengan memanfaatkan pemodelan menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM, sebagai rujukan untuk meningkatkan efisiensi operasional simpang.
3. Menghadirkan rekomendasi yang dapat dipertimbangkan oleh instansi terkait dalam menilai kebutuhan peningkatan kinerja Simpang 4 APILL Pogung.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dari penelitian ini dimaksudkan agar penelitian tepat sasaran serta tidak menyimpang dari tujuan utama. Batasan dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Penelitian dilaksanakan di Simpang 4 APILL Pogung.
2. Penelitian ini dilakukan pada satu hari kerja atau *weekday* dan satu hari di akhir pekan atau *weekend*.
3. Evaluasi dan analisis data menggunakan data hasil survei jam puncak selama satu jam.
4. Pengaruh dari aktivitas kedai Sebelas *Coffee Crafter* dan jalan gang Code 1 diabaikan dikarenakan selama peninjauan di lokasi tidak terdapat kendaraan keluar masuk area tersebut.
5. Evaluasi kinerja simpang mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2023.
6. Melakukan Pemodelan simpang menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM.
7. Data-data yang diperlukan diambil secara langsung di lokasi penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan Pustaka merupakan peninjauan terhadap penelitian terdahulu guna untuk menemukan hal-hal yang berkaitan terhadap penelitian yang dilaksanakan oleh penulis. Melalui peninjauan tersebut, penulis dapat melakukan komparasi atau membandingkan objek penelitian yang dilaksanakan sehingga dapat menghindari terjadinya duplikasi atau pengulangan penelitian yang dilaksanakan.

2.2 Evaluasi Kinerja Simpang APILL dan Alternatif Penanganannya

Penulisan tugas akhir terkait analisis kinerja simpang bersinyal menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM ini didasarkan pada penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan. Oleh karena itu, dari beberapa penelitian tersebut dapat dijadikan acuan untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini.

Prakoso dkk (2019) melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Pahlawan – Raden Saleh Sarif Bustaman di Bogor Jawa Barat” menyimpulkan bahwa analisis perhitungan yang mengacu berdasarkan pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) didapatkan nilai derajat kejenuhan sebesar 0,75 dengan nilai tingkat pelayanan diklasifikasikan pada tingkat E. Setelah disimulasikan penambahan lajur, kapasitas persimpangan pada pendekat timur, utara dan barat masing-masing meningkat menjadi 3931 SMP/jam, 5066 SMP/jam, 4562 SMP/jam. Rata-rata tundaan pada persimpangan dapat berkurang menjadi 9 detik/SMP yang sebelumnya tundaan simpang berada pada nilai 45 detik/SMP.

Prayitno dkk (2019) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jl. Raya Nginden -Jl. Raya Panjang Jiwo Menggunakan PKJI 2014” dan menyimpulkan bahwa nilai derajat jenuh (DJ) eksisting (tahun 2018) pada hari Rabu pendekat Utara 1,45, Selatan 1,35, Barat 0,76, Timur 1,49 dan nilai DJ eksisting pada hari Minggu pendekat Utara 0,80, Selatan 0,88, Barat 0,69 dan Timur 1,12. Untuk kinerja lalu lintas lima tahun mendatang (tahun 2023)

dengan waktu siklus dan fase eksisting, nilai DJ pada hari Rabu pendekat Utara 2,36, Selatan 2,20, Barat 1,24, Timur 2,43 dan nilai DJ pada hari Minggu pendekat Utara 1,30, Selatan 1,42, Barat 0,95 dan Timur 1,81. Untuk meningkatkan kinerja lalu lintas pada simpang dilakukan alternatif perbaikan yaitu mengubah waktu siklus dan fase pergerakan yang menghasilkan nilai DJ eksisting (tahun 2018) pada hari Rabu pendekat Utara 0,86, Selatan 0,92, Barat 0,77, Timur 0,43 dan nilai DJ pada hari minggu pendekat Utara 0,52, Selatan 0,67, Barat 0,52 dan Timur 0,28. Untuk kinerja lalu lintas lima tahun mendatang (tahun 2023), didapatkan nilai DJ pada hari Rabu pendekat Utara 1,45, Selatan 1,67, Barat 1,35, Timur 0,91 dan nilai DJ eksisting pada hari Minggu pendekat Utara 0,88, Selatan 1,22, Barat 0,92 dan Timur 0,60.

Suryaningsih dkk (2020) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Kinerja Simbang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa Besar)”. Dari penelitian tersebut dapat diambil Kesimpulan bahwa tingkat pelayanan simbang berada pada level C (arus stabil tetapi kecepatan dibatasi) yaitu Derajat Kejenuhan untuk Pendekat Barat, Selatan dan Timur sebesar 0,53, 0,55 dan 0,56. Hal ini menandakan bahwa simbang bersinyal tersebut masih cukup baik karena Derajat Kejenuhan masih berada di bawah angka 0,75.

Erlangga dkk (2024) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Kinerja Pada Simbang Bersinyal Jalan Buncit Raya -Warung Jati Barat Kota Jakarta Selatan Menggunakan PKJI 2014”. Dari penelitian tersebut dapat diambil Kesimpulan bahwa tingkat pelayanan simbang termasuk level D, yang berarti arus lalu lintas tidak stabil dan menyebabkan kemacetan. Ditandai dengan nilai rata – rata tundaan sebesar 38,407 detik/skr dan nilai derajat kejenuhan (DS) pada Jalan Buncit Raya sebesar 0,856. Setelah dilakukan analisis peningkatan kinerja simbang dengan adanya perencanaan underpass, nilai DS menjadi 0,604. Volume lalu lintas sebelum dan sesudah adanya perencanaan underpass 5 tahun mendatang pada Jalan Buncit Raya nilai DS masing – masing adalah 0,907 dan 0,752. Hal tersebut menunjukkan bahwa solusi alternatif untuk mengatasi masalah pada simbang tersebut dengan melakukan perencanaan underpass dengan potensi penurunan derajat kejenuhan sebesar 17,1%, nilai DS masih di bawah 0,85.

2.3 Pemodelan Lalu Lintas Menggunakan *Software* PTV VISSIM

Zaki (2020) melakukan penelitian tugas akhir berjudul “Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal UPN Yogyakarta” menggunakan MKJI 1997 serta perangkat lunak atau *software* PTV VISSIM dan didapatkan hasil analisis bahwa kinerja lalu lintas pada simpang terbaik yaitu pada alternatif 4 dengan penerapan sistem jalan satu arah. Sistem jalan satu arah pada lengan utara memberi dampak yang signifikan terhadap kondisi lengan lainnya pada simpang. Lengan utara memiliki tingkat pelayanan C dengan nilai tundaan 17,510 detik/kendaraan. Lengan selatan memiliki tingkat pelayanan B dengan nilai tundaan 13,188 detik/kendaraan. Lengan barat memiliki tingkat pelayanan D dengan nilai tundaan 26,939 detik/kendaraan. Kinerja simpang alternatif 4 naik sebesar 62% dibandingkan kondisi simpang eksisting.

Fadhlillah (2021) melakukan penelitian tugas akhir berjudul “Evaluasi Kinerja dan Usulan Perbaikan Simpang Bersinyal Pogung” menggunakan PKJI 2014 dan perangkat lunak PTV VISSIM. Hasil analisis tersebut diperoleh kinerja simpang pada kondisi eksisting memiliki derajat kejenuhan (DJ) rata-rata sebesar 1,26 serta tundaan di lengan Utara sebesar 182,45 det/SKR, lengan Timur sebesar 120,20 det/SKR, lengan Selatan sebesar 140,08 det/SKR, dan lengan Barat sebesar 186,82 det/SKR. Usulan perbaikan kinerja Simpang Pogung dilakukan dengan cara melakukan pengaturan ulang waktu siklus simpang, di mana alternatif solusi yang paling optimum adalah alternatif kedua dengan menyesuaikan waktu siklus menjadi 102 detik. Pada alternatif tersebut, didapatkan hasil berupa penurunan derajat kejenuhan (DJ) rata-rata sebesar 1,07, sedangkan tundaan pada lengan Utara sebesar 67,46 det/SKR, Timur sebesar 76,63 det/SKR, Selatan sebesar 53,52 det/SKR dan Barat sebesar 68,46 det/SKR. Alternatif kedua direkomendasikan sebagai solusi karena mampu meningkatkan kinerja simpang.

Purnama dkk (2023) melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi dan peningkatan kinerja simpang bersinyal Denggung Sleman”. Dari penelitian tersebut dapat diambil Kesimpulan bahwa Berdasarkan MKJI 1997, Simpang Denggung pada kondisi eksisting memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 0,92, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 0,56, Jalan

Magelang (selatan) sebesar 0,95, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 1,01. Selain itu, nilai panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 248,58 m, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 93,94 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 271,22 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 220,49 m. Tundaan Simpang Denggung pada kondisi eksisting sebesar 90,88 det/SMP dengan tingkat pelayanan F. Berdasarkan pemodelan PTV VISSIM, alternatif solusi penanganan Simpang Denggung yang paling efektif yaitu alternatif solusi 3. Alternatif tersebut berupa penggunaan 5 fase sehingga kendaraan dari utara dan selatan yang lurus dan belok kiri memiliki waktu hijau yang bersamaan. Waktu siklus yang digunakan sebesar 153 detik. Hasil dari alternatif tersebut adalah nilai derajat kejenuhan (DS) untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 0,67, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 0,68, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,73, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 0,69. Selain itu, nilai panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 53,32 m, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 48,12 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 69,61 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 51,09 m. Terakhir, tundaan simpang sebesar 59,08 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan E.

Rahmayuda dkk (2024) dalam jurnal penelitiannya dengan judul “Analisis Kinerja Dan Pemodelan Simpang Untuk Meningkatkan Kinerja Simpang Bersinyal Jukteng Wetan Yogyakarta” melakukan analisis menggunakan MKJI 1997 dan perangkat lunak PTV VISSIM untuk memodelkan kondisi lalu lintas pada simpang serta memodelkan alternatif Solusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting Simpang Jukteng Wetan memiliki tingkat pelayanan F dengan tundaan rata-rata setiap lengannya sebesar 1044,03 detik/smp. Peningkatan kinerja Simpang Jukteng Wetan dilakukan melalui beberapa manajemen lalu lintas berupa perubahan waktu siklus, manajemen lalu lintas, serta melakukan pelebaran geometrik. Alternatif solusi yang paling optimal dipilih berdasarkan peningkatan kinerja persimpangan yang paling signifikan. Perubahan sistem lalu lintas menjadi satu arah pada lengan Selatan serta memperlebar jalur pada lengan lainnya merupakan alternatif solusi yang paling optimal. Tingkat pelayanan Simpang Jukteng Wetan meningkat menjadi C dengan tundaan rata-rata setiap lengannya sebesar 21,80 detik/kendaraan dengan menerapkan alternatif solusi yang paling

optimal tersebut. Manfaat dari penelitian ini adalah penggunaan alat pemodelan PTV VISSIM dan penerapan aturan yang ada membuktikan bahwa keputusan berdasarkan data sangat penting untuk menciptakan solusi efektif dalam mengatur lalu lintas kota.

2.4 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Perbandingan penelitian penulis dengan penelitian sebelumnya ditunjukkan pada Tabel 2.1. Persamaan terletak pada penggunaan data primer melalui survei lapangan dan adanya kesamaan objek dan lokasi penelitian, sedangkan perbedaan terletak pada waktu, periode, kondisi, serta penggunaan Pedoman Kapasitas Jalan (PKJI 2023) sebagai acuan untuk menganalisis kinerja pada simpang. Berdasarkan perbedaan tersebut, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini dapat dibilang sebagai penelitian baru.

Tabel 2. 1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

NO.	PENULIS	LOKASI	PERSAMAAN	PERBEDAAN
1	Prakoso, dkk (2019)	Simpang APILL Jalan Pahlawan – Raden Saleh Sarif Bustaman di Bogor, Jawa Barat	1. Pengambilan data primer dilaksanakan dengan survei langsung.	1. Lokasi penelitian 2. Tidak melakukan pemodelan menggunakan PTV VISSIM. 3. Metode analisis menggunakan MKJI 1997
2	Prayitno, dkk (2019)	Simpang APILL Jl. Raya Nginden - Jl. Raya Panjang Jiwo, Surabaya	1. Pengambilan data primer dilaksanakan dengan survei langsung. 2. Analisis Mengacu pada PKJI 2023.	1. Lokasi Penelitian 2. Tidak melakukan pemodelan menggunakan PTV VISSIM.
3	Suryaningsih, dkk (2020)	Simpang APILL Jalan Hasanuddin – Jalan Kamboja, Sumbawa Besar	1. Pengambilan data primer dilaksanakan dengan survei langsung.	1. Lokasi penelitian 2. Tidak melakukan pemodelan menggunakan PTV VISSIM. 3. Metode Analisis menggunakan MKJI 1997
4	Erlangga, dkk (2024)	Simpang APILL Jalan Buncit Raya - Warung Jati Barat, Kota Jakarta Selatan	1. Pengambilan data primer dilaksanakan dengan survei langsung. 2. Analisis Mengacu pada PKJI 2023.	1. Lokasi Penelitian 2. Tidak melakukan pemodelan menggunakan PTV VISSIM.
5.	Zaki (2020)	Simpang APILL UPN Yogyakarta	1. Pengambilan data primer dilaksanakan dengan survei langsung.	1. Lokasi penelitian 2. Metode Analisis menggunakan MKJI 1997
6	Fadhliillah (2021)	Simpang APILL Pogung	1. Lokasi Penelitian. 2. Pengambilan data Primer dilaksanakan dengan survei langsung. 3. Pemodelan menggunakan <i>Software</i> VISSIM	1. Waktu Penelitian 2. Periode dan kondisi Covid-19 3. Metode analisis menggunakan PKJI 2014
6	Purnama, dkk (2023)	Simpang APILL Deggung Sleman, Yogyakarta	1. Pengambilan data primer dilaksanakan dengan survei langsung. 2. Pemodelan menggunakan <i>Software</i> VISSIM	1. Lokasi Penelitian 2. Metode analisis menggunakan MKJI 1997
7	Rahmayuda, dkk (2024)	Simpang APILL Jokteng Wetan, Yogyakarta	1. Pengambilan data primer dilaksanakan dengan survei langsung. 2. Pemodelan menggunakan <i>Software</i> VISSIM	1. Lokasi Penelitian 2. Metode analisis menggunakan MKJI 1997

Sumber: Prakoso dkk (2019), Prayitno dkk (2019), Suryaningsih dkk (2020), Erlangga dkk (2024), Zaki (2020), Purnama dkk (2023), Rahmayuda dkk (2024).

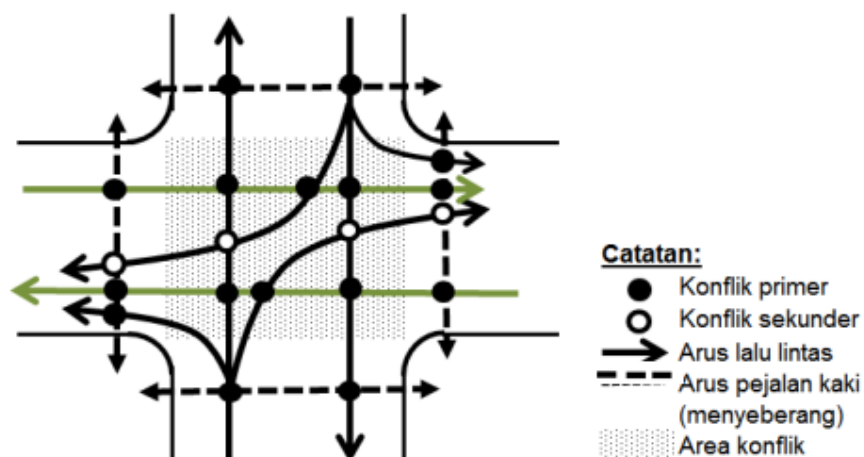
BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Simpang APILL

Simpang APILL merupakan pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan sebidang yang dilengkapi dengan alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) sebagai pengaturan lalu lintasnya. Sinyal lalu lintas merupakan alat yang berfungsi sebagai pemberi isyarat yang dilengkapi dengan tiga warna lampu, yaitu warna hijau berarti jalan, warna kuning berhati-hati, dan merah berarti untuk berhenti.

Adanya isyarat atau sinyal pada suatu simpang memungkinkan pengaturan konflik arus lalu lintas melalui penyesuaian waktu sinyal. Penggunaan dari ketiga warna (merah, kuning, hijau) pada simpang bersinyal untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam suatu dimensi waktu, Direktorat Jenderal Bina Marga (1997). Perubahan atau pemisahan arus lalu lintas dapat dinyatakan sebagai fase. Fase dipilih serta digunakan sesuai dengan konflik utama dan konflik kedua yang terjadi pada suatu simpang. Ilustrasi konflik yang terjadi pada suatu persimpangan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Konflik yang Terjadi pada Persimpangan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.2 Arus Lalu Lintas (Q)

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), arus lalu lintas atau volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan bermotor yang melalui suatu segmen pada jalan per jam, dinyatakan dalam kendaraan/jam (Q_{kend}) atau dikonversi menjadi satuan SMP/jam (Q_{SMP}) dengan menggunakan nilai EMP atau ekuivalensi mobil penumpang untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan. Angka dari nilai ekuivalen kendaraan penumpang dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Angka Ekuivalensi Kendaraan Penumpang

Jenis Kendaraan	EMP untuk tipe pendekatan	
	Terlindung	Terlawan
MP	1,00	1,00
KS	1,30	1,30
SM	0,15	0,40

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Untuk menghitung arus lalu lintas dapat menggunakan Persamaan 3.1.

$$Q = Q_{MP} + Q_{KS} \times EMP_{KS} + Q_{SM} \times EMP_{SM} \quad (3.1)$$

dengan :

Q = Arus lalu lintas (SMP/jam)

Q_{MP} = Arus kendaraan mobil penumpang (kend/jam)

Q_{KS} = Arus kendaraan sedang (kend/jam)

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

EMP_{KS} = EMP kendaraan sedang

EMP_{SM} = EMP kendaraan motor

3.3 Arus Jenuh (J)

Arus jenuh (J) merupakan banyaknya kendaraan pada suatu pendekatan selama kurun waktu yang ditentukan dengan satuan SMP/jam. Nilai arus jenuh didapat dari hasil perkalian antara arus jenuh dasar (J_0) dengan faktor-faktor koreksi (F). Arus jenuh untuk simpang APILL dapat dihitung dengan Persamaan 3.2.

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \quad (3.2)$$

dengan :

J_0 = Arus jenuh dasar

F_{HS} = Faktor koreksi untuk hambatan samping

F_{UK} = Faktor koreksi untuk ukuran kota

F_G = Faktor koreksi untuk kelandaian

F_P = Faktor koreksi penyesuaian parkir

F_{BK_i} = Faktor koreksi pergerakan kendaraan belok kiri

F_{BK_a} = Faktor koreksi pergerakan kendaraan belok kanan

1. Faktor Koreksi untuk Hambatan Samping (F_{HS})

Faktor koreksi untuk hambatan samping merupakan interaksi antara lalu lintas dengan aktifitas yang berada di pinggir jalan, baik kendaraan yang berjalan lambat, angkutan umum, pejalan kaki, kendaraan lain yang berhenti serta kendaraan yang keluar dan masuk dari lahan di samping jalan. Nilai faktor koreksi untuk hambatan samping sudah diatur dalam PKJI 2023 yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{HS})

Tipe Lingkungan jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	F_{HS} untuk nilai Rasio Kendaraan Tidak Bermotor (R_{KTB})					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersial	Tinggi Sedang Rendah	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
		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
		Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman	Tinggi Sedang Rendah	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
		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
		Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas	Tinggi/ Sedang/ Rendah	Terlawan	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75
		Terlindung	1,0	0,98	0,95	0,93	0,9	0,88

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga 2023)

2. Faktor koreksi untuk ukuran kota (F_{UK})

Faktor ukuran kota merupakan nilai faktor dari penyesuaian jumlah penduduk dalam kota yang dianalisis, dihitung berdasarkan satuan juta penduduk. Faktor penyesuaian ukuran kota didapatkan dari jumlah penduduk dalam satuan kota, dan untuk nilai faktor koreksi ukuran kota F_{UK} dapat dilihat pada Tabel 3.3.

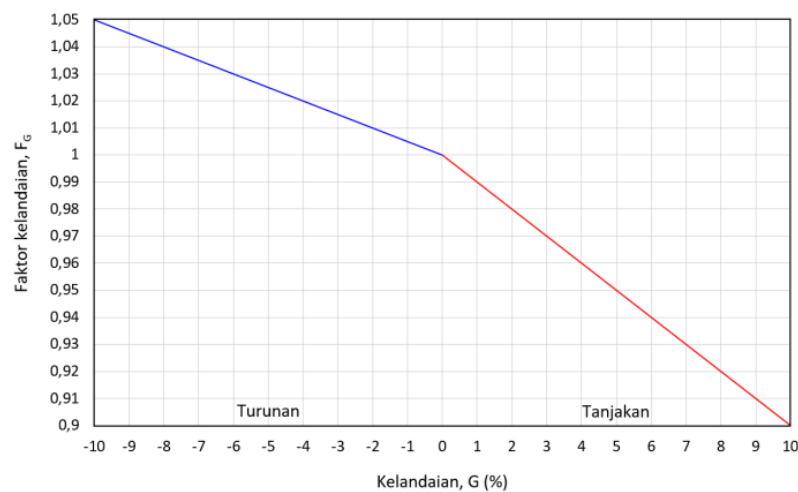
Tabel 3. 3 Faktor koreksi untuk ukuran kota (F_{UK})

Jumlah penduduk kota (Juta jiwa)	Faktor koreksi ukuran kota (F_{UK})
>3,0	1,05
1-3	1
0,5-1,0	0,94
0,1-0,5	0,83
<0,1	0,82

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3. Faktor koreksi untuk kelandaian (F_G)

Faktor koreksi untuk kelandaian atau faktor gradien merupakan faktor koreksi untuk kelandaian memanjang pendekat. Nilai kelandaian dinyatakan kedalam bentuk persen. Jika suatu pendekat mengalami kondisi tanjakan, maka besar nilai persennya positif dan jika pendekat kondisinya mengalami turunan, maka nilai persennya negatif. Penentuan nilai faktor kelandaian dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Faktor koreksi untuk kelandaian (F_G)

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

4. Faktor koreksi penyesuaian parkir (F_P)

Faktor koreksi penyesuaian parkir adalah faktor koreksi yang dihitung berdasarkan jarak garis henti sampai ke kendaraan yang diparkir pertama dalam suatu pendekat. Hal yang mempengaruhi dalam menentukan faktor penyesuaian parkir yaitu jarak garis henti ke kendaraan yang diparkir pertama, waktu hijau pada pendekat dan lebar pendekat. Perhitungan faktor untuk penyesuaian parkir dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.3.

$$F_P = (LP/3 + ((L-2) \times (LP/3 - WH))/L) / WH \quad (3.3)$$

dengan :

L_P = Jarak garis henti pertama terhadap kendaraan yang parkir pada lajur belok kiri, dalam satuan meter.

L = Lebar pendekat dalam satuan meter

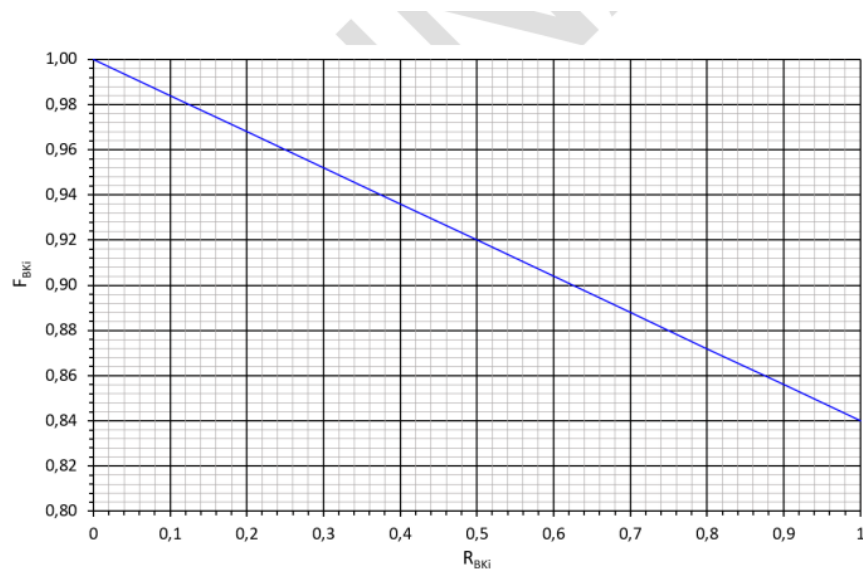
W_H = Waktu hijau pada pendekat yang diamati (Nilai normalnya sebesar 27 detik).

5. Faktor koreksi pergerakan kendaraan belok kiri (F_{BK_i})

Faktor koreksi pergerakan belok kiri adalah faktor koreksi yang ditentukan berdasarkan besarnya rasio kendaraan kiri dalam suatu pendekat. Perhitungan faktor koreksi belok kiri dapat digunakan jika tipe pendekat P tidak ada belok kiri jalan terus (B_{KIJT}) dan $L_E = L_M$. Perhitungan untuk faktor koreksi pergerakan kendaraan belok kiri dapat dilihat dengan Persamaan 3.4.

$$F_{BK_i} = 1,0 - R_{BK_i} \times 0,6 \quad (3.4)$$

Atau dapat dicari pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Faktor koreksi pergerakan belok kiri (F_{BKi})

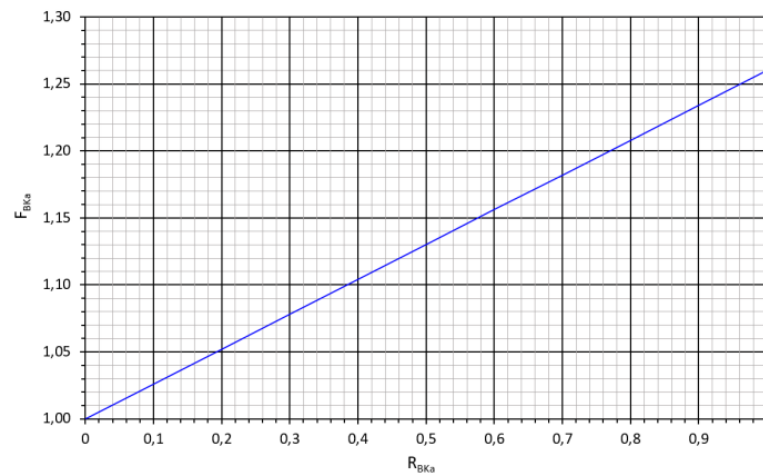
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

6. Faktor koreksi pergerakan kendaraan belok kanan (F_{BKa})

Faktor koreksi pergerakan belok kanan merupakan faktor koreksi yang ditentukan berdasarkan nilai rasio kendaraan belok kanan (R_{BKa}) dalam suatu pendekat. Faktor ini hanya dapat digunakan pada kondisi pendekat tipe P, tidak terdapat median, tipe jalan dua arah, serta L_E menggunakan nilai L_M . Perhitungan dapat dijelaskan sebagai berikut dengan Persamaan 3.5.

$$F_{BKa} = 1,0 - R_{BKa} \times 0,6 \quad (3.5)$$

Atau bisa menggunakan Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Faktor koreksi pergerakan belok kanan (F_{BKa})

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.4 Arus Jenuh Dasar (J_0)

Arus jenuh dasar merupakan besar nilai dari arus lalu lintas keberangkatan antrean di dalam suatu pendekat pada kondisi ideal dan dinyatakan dalam satuan SMP/jam. Untuk pendekat terlindung, nilai J_0 dapat ditentukan dari Persamaan 3.6.

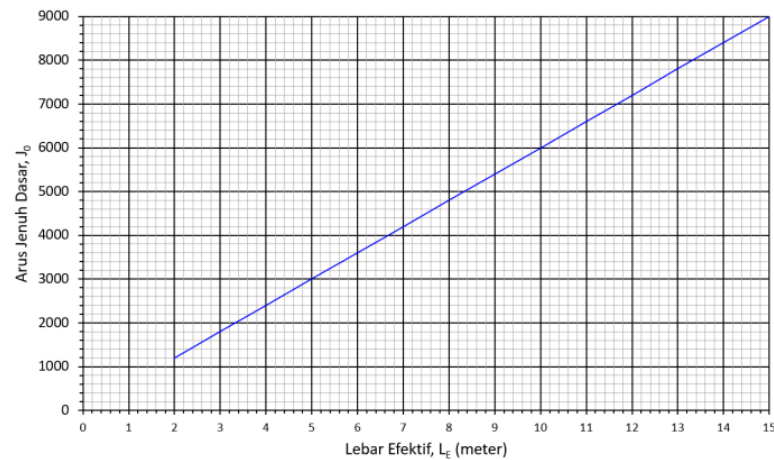
$$J_0 = 600 \times L_E \quad (3.6)$$

dengan :

J_0 = Arus Jenuh dasar, dalam satuan SMP/jam

L_E = Lebar efektif pendekat, dalam satuan meter

Atau bisa menggunakan Gambar 3.5.



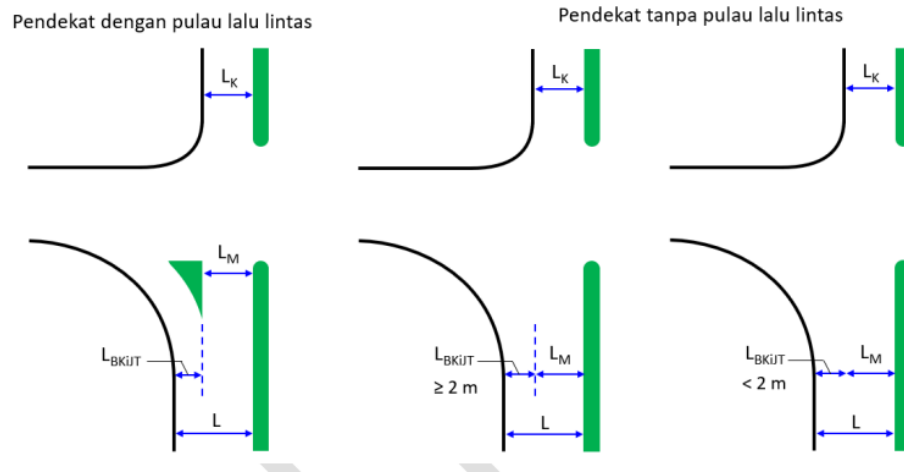
Gambar 3. 5 Arus jenuh dasar untuk pendekat terlindung (Tipe P)

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.5 Lebar Pendekat Efektif

Lebar pendekat efektif adalah lebar pendekat simpang yang digunakan untuk mengukur kinerja pada suatu pendekat yang dianalisis. Lebar pendekat efektif sangat mempengaruhi perhitungan dari Analisis kinerja simpang, sehingga perlu diteliti terhadap nilai dari lebar pendekat efektif dalam kinerja suatu simpang. Lebar pendekat efektif dapat dibagi menjadi dua, yaitu lebar pendekat efektif dengan belok kiri jalan terus (B_{KIJT}) dan lebar pendekat efektif tanpa belok kiri jalan terus (B_{KIJT}). Lebar pendekat dari belok kiri jalan terus dapat ditentukan langsung sebagai lebar masuk (L_M) dari suatu pendekat, tetapi jika perhitungan nilai $L_{Keluar} < L_{Masuk} \times (1 - R_{BKa} - R_{BKIJT})$ maka nilai dari lebar pendekat efektif tersebut dapat dinyatakan sama dengan lebar keluar (L_K), dan analisis dari penelitian ini hanya dilakukan untuk arus lalu lintas lurus saja.

Pada pendekat tanpa pulau lalu lintas, arus belok kiri jalan terus (q_{BKIJT}) bisa membentuk lajur sendiri atau dapat bergabung dengan arus yang lurus tergantung dari ketersediaan ruang kendaraan yang belok kiri. Apabila lebar belok kiri jalan terus (L_{BKIJT}) nilainya lebih dari 2 meter, maka arus belok kiri dapat membentuk antrian sendiri dan dinyatakan dengan nilai $L_M = L - L_{BKIJT}$. Sedangkan apabila nilai L_{BKIJT} kurang dari 2 meter, maka arus belok kiri menyatu dengan arus lalu lintas yang lurus. Ilustrasi penentuan lebar pendekat efektif dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Lebar pendekat dengan dan tanpa pulau lalu lintas

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Pada kondisi $L_{BKJT} \geq 2 \text{ m}$ atau merupakan lajur eksklusif, maka arus kendaraan B_{KJT} dapat mendahului antrean kendaraan lurus serta belok kanan selama isyarat merah atau arus belok kiri jalan terus dapat diabaikan. Sehingga perhitungan arus yang dihitung adalah $q = q_{LRS} + q_{BKa}$ dan nilai dari lebar pendekat efektif simpang dapat disamakan dengan lebar masuk, atau $L_E = L_M$. nilai Lebar keluar dapat disamakan dengan nilai lebar pendekat efektif dengan $L_K = L_E$, jika nilai $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa})$. dan analisis untuk menentukan waktu isyarat untuk pendekat ini hanya didasarkan dengan bagian lalu lintas yang lurus saja, yaitu q_{LRS} .

3.6 Rasio Arus Jenuh

Nilai dari pembagian antara arus dengan arus jenuh di suatu pendekat dapat disebut dengan Rasio arus jenuh. $R_{q/J}$ dapat dihitung melalui Persamaan 3.7.

$$R_{q/J} = \frac{q}{J} \quad (3.7)$$

Hal-hal yang perlu diamati sebelum menghitung arus jenuh sebagai berikut.

1. Jika B_{KJT} tidak termasuk ke dalam perhitungan, Nilai arus (q) hanya terdapat arus kendaraan lurus dan arus kendaraan berbelok kanan.
2. Jika $L_E = L_K$, maka besar nilai q hanya ada arus lurus.

3.7 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu siklus adalah waktu urutan lengkap dari sinyal lalu lintas pada suatu persimpangan yang terdiri dari waktu merah, waktu hijau, waktu kuning (*amber*), dan waktu merah semua (*all red*). Untuk menentukan waktu siklus dapat dilakukan dengan rumus metode Webster (1966). Rumus ini ditujukan untuk meminimumkan tundaan total. Untuk mencari nilai dari waktu siklus dapat menggunakan Persamaan 3.8.

$$S = \frac{(1,5 \times W_{HH} + 5)}{(1 - \sum R_q/J \text{ kritis})} \quad (3.8)$$

dengan :

S = Waktu siklus

W_{HH} = Jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik)

$\sum R_q/J \text{ kritis}$ = Rasio Arus

Adapun waktu siklus yang layak sudah disarankan oleh (Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)), dan dapat dilihat pada Tabel 3.4. Nilai rendah yang dapat diaplikasikan terhadap simpang dengan besar lebar pendekat di bawah 10 m, sedangkan nilai tinggi dapat diaplikasikan untuk besar lebar pendekat di atas 10 m. waktu siklus yang melebihi besarnya 130 detik harus dihindari, kecuali jika diaplikasikan pada simpang yang sangat besar. Karena dapat berakibat pada kerugian dari nilai kapasitas keseluruhan. Jika besarnya waktu siklus yang dihitung jauh lebih tinggi dari nilai yang disarankan, maka berakibat kapasitas dari denah simpang tersebut tidak layak.

Tabel 3. 4 Waktu siklus yang layak

Tipe pengaturan	Nilai s yang layak (detik)
Pengaturan dua fase	40-80
Pengaturan tiga fase	50-100
Pengaturan empat fase	80-130

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.8 Kapasitas Simpang

Kapasitas simpang adalah kemampuan dari masing-masing pendekat simpang dalam menampung volume lalu lintas pada satuan waktu. Analisis kapasitas simpang dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.9.

$$C = J \times \frac{WH}{s} \quad (3.9)$$

dengan :

C = kapasitas Simpang (SMP/jam)

J = Arus Jenuh (SMP/jam)

S = waktu siklus (detik)

W_H = total waktu hijau per siklus (detik)

3.9 Kinerja Lalu Lintas Simpang APILL

Pengukuran dari berbagai aspek perilaku lalu lintas dapat ditentukan berdasarkan arus lalu lintas, derajat kejenuhan dan waktu sinyal. Perilaku lalu lintas adalah salah satu karakteristik dalam mengevaluasi kinerja simpang APILL. Perilaku lalu lintas yang terdapat pada simpang APILL berupa rasio kendaraan henti, panjang antrean, serta tundaan.

3.9.1 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (D_J) merupakan besarnya perbandingan antara volume lalu lintas dengan kapasitas jalan. Pada umumnya hasil analisis dari kinerja lalu lintas yang ideal memiliki nilai sebesar $D_J \leq 0,85$. Untuk mendapat nilai derajat kejenuhan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10.

$$D_J = \frac{q}{C} \quad (3.10)$$

dengan :

D_J = Derajat Kejenuhan

q = Volume lalu lintas (SMP/jam)

C = Kapasitas segmen jalan (SMP/jam)

3.9.2 Kendaraan Terhenti

Rasio kendaraan henti (R_{KH}) merupakan rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat adanya isyarat merah sebelum melewati suatu simpang APILL terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut. Untuk melakukan perhitungan rasio kendaraan henti dapat menggunakan Persamaan 3.11.

$$R_{KH} = 0,9 \times 3600 \times \frac{Nq}{q \times s} \quad (3.11)$$

dengan :

Nq = jumlah rata-rata antrean kendaraan (SMP)

s = jumlah arus lalu lintas dari pendekat yang diamati (SMP/jam)

q = Waktu siklus (detik)

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) merupakan jumlah rata-rata per kendaraan (termasuk berhenti ulang dalam antrean) sebelum melalui suatu simpang APILL. Untuk mendapatkan nilai jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) dapat dilakukan perhitungan dengan Persamaan 3.12.

$$N_{KH} = R_{KH} \times q \quad (3.12)$$

dengan :

N_{KH} = Jumlah berhenti rata-rata per kendaraan (detik/kend)

3.9.3 Panjang Antrean

Panjang antrean merupakan jumlah keseluruhan rata-rata kendaraan yang mengantre pada tiap pendekat karena masih berhenti akibat tidak mampu melewati simpang selama fase isyarat hijau sebelumnya (N_{q1}) dan ditambah juga dari jumlah kendaraan yang terhenti akibat terdampak akibat fase isyarat merah pada fase setelahnya (N_{q2}). Besarnya antrean dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.13.

$$Nq = N_{q1} + N_{q2} \quad (3.13)$$

dengan :

Nq = Jumlah rata-rata antrean kendaraan saat isyarat lampu hijau tiba (SMP)

N_{q1} = Jumlah kendaraan yang masih berhenti dari fase hijau sebelumnya (SMP)

N_{q2} = Jumlah kendaraan yang datang dan berhenti selama fase merah (SMP)

Jika besar nilai $DJ \leq 0,5$ maka,

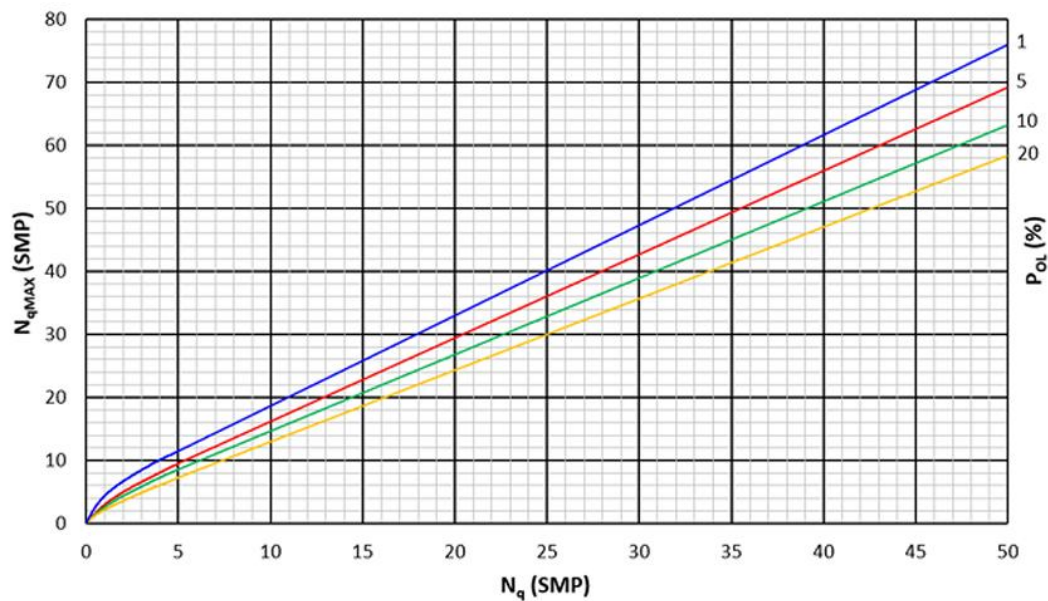
$$N_{q1} = 0 \quad (3.14)$$

Dan apabila nilai $DJ \geq 0,5$ maka,

$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{s}} \right\} \quad (3.15)$$

$$N_{q2} = s \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_J)} \times \frac{q}{(3600)} \quad (3.16)$$

Setelah didapatkan hasil dari nilai N_{q1} dan N_{q2} , untuk mendapatkan besarnya N_q kemudian mencari nilai maksimum ($N_{q\max}$). untuk menyesuaikan dari besarnya nilai N_q , serta untuk peluang terjadinya pembebanan berlebihan atau *overloading* (P_{OL}), maka ditetapkan nilai $N_{q\max}$ dengan menggunakan grafik Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Nomogram $N_{q\max}$
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Nilai panjang antrean (P_A) diperoleh melalui perkalian nilai N_q dengan luas area rata-rata yang dibutuhkan oleh satu mobil penumpang, yaitu 20 m^2 , kemudian dibagi dengan lebar masuk (L_M), sesuai dengan ketentuan pada Persamaan 3.17.

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M} \quad (3.17)$$

3.9.4 Tundaan

Pada simpang bersinyal atau APILL, terdapat 2 jenis tundaan, yaitu Tundaan geometri (T_G) dan Tundaan lalu lintas (T_{LL}). Untuk mencari waktu tundaan dan tundaan rata-rata di suatu pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.18, dan Persamaan 3.19,

$$T = q \times T_i \quad (3.18)$$

$$T_i = T_{LL} + T_{Gi} \quad (3.19)$$

dengan :

T = Tundaan (SMP x detik)

q = Volume lalu lintas (SMP/jam)

T_i = Waktu tundaan rata-rata (detik)

T_{LL} = Waktu tundaan lalu lintas rata-rata (detik/SMP)

T_G = Waktu tundaan geometri rata-rata (detik/SMP)

Tundaan lalu lintas rata-rata (T_{LL}) pada suatu pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.20.

$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 \times (1-RH)^2}{(1-RH \times DJ)} + \frac{Nq1 \times 3600}{C} \quad (3.20)$$

Tundaan geometri rata-rata (T_G) pada suatu pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.21.

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (3.21)$$

dengan :

P_B = Porsi kendaraan berbelok pada suatu pendekat.

3.10 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan merupakan gambaran atau kondisi dari operasional lalu lintas pada suatu persimpangan baik yang dinyatakan dalam bentuk kualitatif maupun kuantitatif. Tingkat pelayanan sudah diatur didalam Peraturan

Kementerian Perhubungan (2015), dan parameter dari tingkat pelayanan diukur berdasarkan besar nilai dari tundaanya.

Ada enam tingkat pelayanan pada persimpangan, dengan nilai paling baik dari tingkat pelayanan yaitu dengan nilai A dan paling buruk adalah tingkat F. enam parameter tingkat pelayanan dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Parameter Tingkat Pelayanan Simpang APILL

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

(sumber: Kementerian Perhubungan, 2015)

Ketentuan dari tingkat pelayanan dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu berdasarkan jenis jaringan jalan dan fungsinya.

1. Jaringan Jalan Primer
 - a. Jalan tol, minimal dengan nilai B.
 - b. Jalan arteri, minimal dengan nilai B.
 - c. Jalan kolektor, minimal dengan nilai B.
 - d. Jalan lokal, minimal dengan nilai C.
2. Jaringan Jalan sekunder
 - a. Jalan arteri, minimal dengan nilai C.
 - b. Jalan kolektor, minimal dengan nilai C.
 - c. Jalan lokal, minimal dengan nilai D.
 - d. Jalan lingkungan, minimal dengan nilai D.

3.11 Pemodelan Lalu Lintas dengan *Software* PTV VISSIM

Menurut Kučera dkk (2021) PTV VISSIM merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membantu menyimulasikan atau memodelkan operasi dari berbagai transportasi secara detail. Pemodelan dengan menggunakan perangkat

lunak PTV VISSIM dapat menciptakan kondisi untuk mengevaluasi berbagai skenario operasi sebelum diterapkan secara langsung, sehingga dapat dipastikan tingkat dari akurasi dan realistis pada setiap aspeknya. Berikut merupakan tahapan dari melakukan pemodelan lalu lintas dengan software atau perangkat lunak PTV VISSIM.

1. *Network Setting*

Network Setting adalah pengaturan paling awal dalam melakukan pemodelan VISSIM. Pada tahapan ini peneliti menyesuaikan satuan menjadi metrik dan mengubah jalur berkendara menjadi jalur kiri.

2. *Input Background Images dan Set Scale*

Background images adalah gambar dari peta jaringan jalan yang digunakan untuk melakukan pemodelan. Pada pemodelan PTV VISSIM, perlu disertakan *background images* sesuai dengan peta lokasi yang diteliti. Memasukan gambar bisa dilakukan dengan cara *import* dari perangkat lunak *Google Earth* atau *Google Maps*. Setelah gambar peta sudah dimasukkan, perlu diatur skala gambar, agar gambar sesuai skalatis dengan lebar jalan yang ada di lapangan.

3. Jaringan Jalan

Dalam perangkat lunak PTV VISSIM, terdapat pengaturan untuk pengendalian jaringan jalan yang terdiri dari dua, yaitu *link* dan *connector*. Penjelasan dari kedua pengaturan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Pembuatan *Link*

Link adalah pembuatan untuk lajur pada pemodelan PTV VISSIM. Peneliti membuat lajur berdasarkan data-data yang sudah diperoleh dari lapangan, meliputi jumlah lajur dan lebar lajur pada setiap ruas.

- b. Pembuatan *Connector*

Connector adalah penghubung antar jaringan jalan atau *link* yang berfungsi untuk memodelkan suatu persimpangan pada perangkat lunak VISSIM.

4. *Vehicle Inputs*

Vehicle Inputs merupakan tahapan untuk memasukan data-data dari volume lalu lintas pada jam puncak ke dalam perangkat lunak PTV VISSIM.

5. *Vehicle Compositions*

Vehicle Compositions merupakan tahapan untuk mengatur komposisi dari jenis kendaraan serta kecepatan kendaraan pada kondisi jam puncak. Dari pengaturan ini, dapat diatur untuk pengaturan dari besarnya kecepatan minimum serta maksimum, dan mengatur rasio pada setiap jenis dari kendaraan yang disimulasikan.

6. *Desired Speed Distribution*

Desired Speed Distribution adalah pengaturan distribusi kecepatan kendaraan yang diatur dengan besaran frekuensi kumulatif kecepatan. Peneliti memasukan dari hasil rekap data kecepatan yang sudah disurvei sebelumnya.

7. *Vehicle Routes*

Vehicle Routes adalah pengaturan untuk arah pergerakan dari kendaraan. Pada tahapan ini, peneliti memasukkan jumlah total kendaraan dan menentukan jenis kendaraan yang melalui ruas tersebut. Setelah memasukan data tersebut, didapatkan jumlah kendaraan yang melalui setiap arah, meliputi arah lurus, belok kiri, atau belok kanan pada tiap rute yang sudah dibuat.

8. Menentukan *Conflict Areas*

Pada tahap ini, peneliti mengatur area konflik untuk menghindari dari terjadinya tabrakan antar kendaraan, dan mengatur prioritas dari kendaraan yang melalui persimpangan.

9. Menentukan *Reduced Speed Areas*

Peneliti memasukkan serta mengatur panjang area terhadap pengurangan kecepatan pada tiap ruas jalan. Pada prinsipnya ketika kendaraan memasuki area tersebut berkurang kecepatannya secara otomatis. bisa dapat diamati untuk pengurangan atau penurunan kecepatan kendaraan terjadi ketika berada di dekat garis henti persimpangan dan di area *U-turn*.

10. *Menentukan Signal Controller*

Pada tahap ini, Peneliti memasukkan data yang sudah disurvei sebelumnya terkait berapa lama waktu sinyal dari setiap lengan simpang. Setelah data tersebut dimasukkan, peneliti mengatur waktu siklus sesuai dengan data survei di lapangan.

11. *Queue Counters*

Queue Counter merupakan pengaturan dalam perangkat lunak VISSIM untuk membaca panjang antrean dan volume lalu lintas. Dalam mengatur *Queue Counter*, perlu ditempatkan pada tiap jalur yang memasuki simpang.

12. *Data Collection Points*

Data Collection Points merupakan pengaturan dalam perangkat lunak VISSIM untuk membaca volume kendaraan yang melalui link atau jalur pada titik yang sudah ditentukan sebelumnya. Hasil dari *Data Collection Points* digunakan dalam proses validasi dengan kategori volume lalu lintas serta *running* VISSIM.

13. *Driving Behaviour*

Driving Behaviour atau perilaku berkendara adalah parameter yang mempengaruhi dari kondisi antar kendaraan yang satu dengan yang lainnya. Perilaku berkendara perlu disesuaikan dengan kondisi *real* atau asli dengan yang ada di lapangan, agar simulasi pada perangkat lunak PTV VISSIM dapat mewakili kondisi yang asli dan sesuai dengan yang ada di lapangan. Apabila dari hasil pemodelan PTV VISSIM terdapat perbedaan dengan kondisi yang ada di lapangan, maka perlu dilakukannya kalibrasi untuk menyesuaikan hasil data yang ada di lapangan agar sesuai dengan yang ada di dalam perangkat lunak PTV VISSIM.

14. *Vehicle Time Travel*

Vehicle Time Travel merupakan pengaturan dalam perangkat lunak PTV VISSIM untuk membaca dan menghitung kecepatan perjalanan kendaraan dengan jarak yang sudah ditentukan. Hasil dari pengaturan ini digunakan sebagai tundaan atau *delay* kendaraan.

3.12 Kalibrasi dan Validasi Data

Proses Kalibrasi merupakan proses ketika hasil dari pemodelan PTV VISSIM belum memenuhi persyaratan. Kalibrasi bisa dilakukan dengan cara mengubah dan mengatur kembali data dari perilaku berkendara atau *driving behaviour* sampai sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan.

Terdapat beberapa pendekatan yang dapat digunakan dalam proses validasi model lalu lintas. Salah satunya adalah melalui uji GEH atau *Geoffrey E. Havers* yang digunakan untuk membandingkan volume lalu lintas hasil simulasi dengan data hasil survei. Selain itu, dapat digunakan uji analisis perhitungan dengan MAPE atau dikenal *Mean Absolute Percentage Error* yang berfungsi untuk mengukur tingkat kesalahan relatif antara hasil simulasi kecepatan maupun panjang antrean dengan data hasil survei lapangan. *Input data* dari kedua pendekatan tersebut diperoleh dari data keluaran perangkat lunak PTV VISSIM dan hasil data survei eksisting yang diambil di lapangan.

3.12.1 Metode Pendekatan GEH

Metode pendekatan GEH adalah rumus pendekatan dari modifikasi dasar *Chi-Squared* yang dimana menggabungkan antara nilai mutlak dan nilai relatif. Metode GEH digunakan dalam proses validasi antara volume arus lalu lintas kondisi eksisting atau hasil dari survei pengamatan lapangan dengan hasil pemodelan simulasi perangkat lunak PTV VISSIM. Rumus dari metode pendekatan GEH dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.22.

$$GEH = \sqrt{\frac{(Q_{simulasi} - Q_{eksisting})^2}{0,5 \times (Q_{eksisting} + Q_{simulasi})}} \quad (3.22)$$

dengan:

$Q_{Simulasi}$ = Data volume arus lalu lintas simulasi (SMP/jam).

$Q_{Eksisting}$ = Data volume arus lalu lintas kondisi eksisting (SMP/jam).

Dari hasil perhitungan dengan metode GEH (*Geoffrey E. Havers*) dapat diketahui apakah kondisi validasi sudah benar atau belum tergantung dari hasil perhitungan terhadap rentang klasifikasinya. Berikut merupakan klasifikasi rentang nilai hasil uji statistik GEH untuk mengukur tingkatannya.

1. Nilai GEH di bawah 5 (kondisi terpenuhi dan dapat diterima).
2. Nilai GEH di antara 5 dan 10 (kemungkinan model terdapat *error* atau terdapat data yang buruk).
3. Nilai GEH di atas 10 (kondisi tidak memenuhi persyaratan atau tidak dapat diterima).

3.12.2 Metode Pendekatan MAPE

Metode pendekatan MAPE atau *Mean Absolute Percentage Error* adalah cara untuk menguji dan mengukur tingkat akurat dari hasil simulasi. Pengujian MAPE dilakukan dengan cara membandingkan hasil simulasi perangkat lunak PTV VISSIM dengan hasil survei di lapangan untuk mengetahui seberapa akurat dari pemodelan yang sudah dilakukan sebelumnya. Pada prinsipnya, semakin kecil hasil perhitungan nilai MAPE maka semakin akurat model simulasinya terhadap kondisi eksisting. Untuk dapat menghitung pendekatan MAPE, dapat dilihat pada Persamaan 3.23.

$$MAPE = \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\% \quad (3.23)$$

dengan:

A_t = Panjang antrean yang didapat dari hasil survei lapangan.

F_t = Panjang antrean yang terhitung dari pemodelan PTV VISSIM.

Dari hasil perhitungan dengan metode MAPE dapat diketahui hasil pemodelan akurat atau tidak berdasarkan rentang nilai akurasi yang sudah ditentukan. Berikut merupakan klasifikasi tingkat akurasi nilai MAPE dari hasil perhitungannya.

1. Jika nilai MAPE di bawah 10% (tingkat akurasi simulasi sangat baik).
2. Jika nilai MAPE di antara 10% dan 20% (tingkat akurasi simulasi baik).
3. Jika nilai MAPE di antara 20% dan 50% (tingkat akurasi simulasi cukup baik atau layak).
4. Jika nilai MAPE lebih dari 50% (tingkat akurasi simulasi tidak akurat).

Setelah dilakukan proses validasi data serta kalibrasi dikatakan berhasil, maka perlu dilanjutkan ke tahapan solusi dan simulasi alternatif terhadap evaluasi transportasi yang direncanakan.

BAB IV

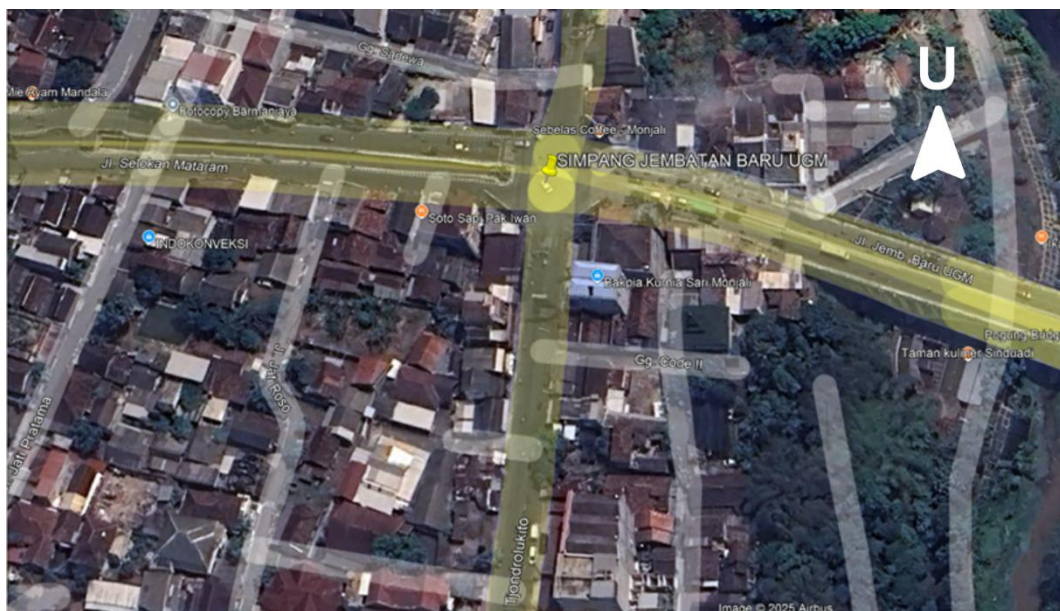
METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilaksanakan pada tugas akhir ini bersifat kuantitatif deskriptif. Dalam pelaksanaanya yang dilakukan merupakan penyelidikan secara cermat suatu peristiwa, aktivitas dan memperhatikan permasalahan yang ada di lapangan.

4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian yang dilaksanakan di Simpang 4 APILL Pogung yaitu simpang yang mempertemukan antara Jl. Nyi Tjondrolukito yang membentang dari sisi Utara ke Selatan dan bertemu dengan Jl. Jembatan Baru UGM di sisi Timur dan Jl. Selokan Mataram di sisi bagian Barat. Berikut merupakan lokasi Simpang 4 APILL Pogung dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian
(sumber: *Google Earth*, 2024)

Dari gambar diatas dapat diketahui lokasi penelitian yang dilaksanakan. Selanjutnya peneliti melakukan survei terhadap volume kendaraan dengan cara menghitung volume kendaraan pada tiap lengan simpang serta mengkategorikan berdasarkan pergerakan pada tiap-tiap pendekat. Metode survei yang dilaksanakan untuk dapat menghitung volume kendaraan dengan menggunakan survei manual dan kamera sebagai alat bantu.

4.3 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data penelitian yang didapatkan secara langsung melalui hasil dari pengamatan atau survei langsung di lapangan. Data sekunder adalah data penelitian yang didapatkan melalui buku, studi jurnal, atau perangkat lainnya. Data penelitian dari Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data Penelitian

Data Primer	Data Sekunder
1. Volume lalu lintas 2. Data geometri simpang 3. Kecepatan kendaraan 4. Waktu siklus simpang 5. Data panjang antrean 6. Data <i>driving behaviour</i> 7. Data hambatan sampling	1. Denah lokasi Simpang 4 APILL Pogung 2. Jumlah penduduk Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta

4.4 Metode Pengumpulan Data

Pengambilan data merupakan upaya untuk mengumpulkan data-data serta informasi yang diperlukan dalam menyusun penelitian, data yang telah dikumpulkan berguna untuk dilakukan analisis lebih lanjut. Metode pengumpulan data dapat dijelaskan secara terperinci dan dapat dilihat sebagai berikut.

1. Survei Waktu Siklus Simpang

Data survei waktu siklus didapatkan dengan cara melakukan pengamatan atau survei langsung di lapangan. Peneliti bertugas mencatat waktu isyarat atau

APILL baik waktu hijau, kuning, merah, dan merah semua. Data waktu sinyal dari tiap pendekat nanti digabung menjadi satu kesatuan sehingga dapat diperoleh data waktu siklus simpang. Data waktu siklus simpang ini digunakan dalam menentukan nilai kapasitas simpang APILL.

2. Survei Volume Lalu Lintas

Pengamatan volume lalu lintas dilakukan menggunakan bantuan kamera selama periode waktu yang telah ditentukan. Rekaman tersebut dianalisis untuk menghitung volume lalu lintas berdasarkan jenis kendaraan, yaitu mobil penumpang (MP), sepeda motor (SM), dan kendaraan sedang (KS).

Dalam survei volume lalu lintas diperlukan membagi kendaraan berdasarkan arah aliran arus yang dituju dengan pembagian sebagai berikut.

- a. Rasio arus kendaraan belok kanan R_{BKa}
- b. Rasio arus kendaraan belok kiri R_{BKl} atau arus belok kiri jalan terus R_{BKlT}

3. Survei Geometri Simpang

Pada tahap ini, peneliti mengamati kondisi geometrik pada simpang. Survei dapat diukur menggunakan alat ukur *walking measure* di lapangan. Hasil dari survei ini bertujuan untuk menentukan jumlah jalur dan lajur, tipe simpang, tipe pendekat, dan adanya median atau tidak.

4. Survei Panjang Antrean

Survei panjang antrean dilaksanakan guna memvalidasi hasil dari analisis berdasarkan PKJI 2023 dan pemodelan menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM. Mengukur panjang antrean dapat dilaksanakan menggunakan alat ukur meteran *roll*, ditempatkan pada panjang antrean terakhir sebelum pada pendekat berwarna hijau. Dalam pelaksanaan survei panjang antrean dilakukan secara bersamaan dengan survei volume lalu lintas.

5. Survei Kecepatan Kendaraan

Survei kecepatan kendaraan diperlukan guna memasukkan data input untuk pemodelan menggunakan PTV VISSIM. Pengumpulan data dilaksanakan dari 200 meter sebelum garis berhenti. Jarak yang digunakan untuk melakukan perhitungan kecepatan antara titik mulai dan selesai membentang

sepanjang 25 meter. Jumlah sampel kecepatan yang diperoleh berkisar antara 10 hingga 20 data.

6. Survei Hambatan samping

Pada tahap ini peneliti melakukan pengamatan secara kualitatif dengan melakukan pengamatan langsung di lokasi penelitian. Pengamatan mencakup kendaraan keluar-masuk lengan simpang, kendaraan bermotor, pejalan kaki, dan kendaraan lambat / kendaraan umum. Penentuan kelas hambatan samping dilakukan dengan cara menyandingkan kondisi di lokasi penelitian dengan ketentuan yang tertera di dalam PKJI 2023 pada bagian bab ruas jalan perkotaan.

7. Survei *Driving Behaviour*

Peneliti perlu melakukan pengamatan dan pengumpulan *data driving behaviour* pada saat jam puncak, Data yang telah dikumpulkan berguna untuk pemodelan menggunakan perangkat lunak VISSIM. Dengan memperhatikan jarak antar kendaraan satu dengan yang lainnya pada posisi sejajar maupun depan belakang serta pada kondisi berhenti dan saat kondisi kendaraan mulai bergerak. Jumlah sampel yang digunakan dalam survei ini adalah sebanyak 10 sampel.

4.4.1 Waktu pelaksanaan survei

Purnama dkk (2023) menyatakan bahwa dalam menentukan waktu untuk melaksanakan survei perlu dilakukan pengamatan selama dua hari yaitu satu hari kerja atau *weekday* dan satu hari di akhir pekan atau *weekend*. Sebelum survei utama dilaksanakan, terlebih dahulu peneliti melakukan observasi pendahuluan guna mengidentifikasi pola arus lalu lintas dan menentukan jam-jam sibuk. Berdasarkan hasil observasi pendahuluan, diketahui bahwa jam sibuk terjadi pada pagi, siang, dan sore.

Pembagian waktu menjadi tiga sesi tersebut dapat dianggap sebagai periode waktu sibuk, yaitu sesi pagi hari saat masyarakat bepergian untuk menjalankan aktivitas seperti bekerja dan sekolah, sesi siang hari ketika masyarakat keluar beraktivitas untuk beristirahat dan mencari makan, dan sesi sore hari saat masyarakat melakukan aktivitas perjalanan pulang dari kantor ataupun kegiatan

lainnya. Adapun untuk detail pembagian waktu dari ketiga sesi dapat dilihat sebagai berikut.

1. Sesi Pagi : 06.00 – 09.00 WIB
2. Sesi Siang : 11.00 – 13.00 WIB
3. Sesi Sore : 15.00 – 18.00 WIB

4.4.2 Alat yang digunakan

Berikut merupakan peralatan yang digunakan selama survei langsung di lapangan.

1. Formulir survei
2. Alat Tulis
3. Meteran
4. Kamera
5. *Handphone*
6. *Powerbank*
7. *Walking measure*
8. *Handy talky*

4.5 Metode Analisis Data

Analisis dan evaluasi data dilakukan berdasarkan metode PKJI 2023 dengan bantuan perangkat lunak yaitu *Microsoft Excel* dan *PTV VISSIM*. Data yang digunakan peneliti adalah data yang didapatkan dari hasil pengamatan secara langsung di lapangan dan beberapa data pendukung melalui sumber yang kredibel serta akuntabel. Hasil dari analisis menggunakan metode PKJI 2023 merupakan kinerja pelayanan simpang pada kondisi eksisting atau kondisi saat ini.

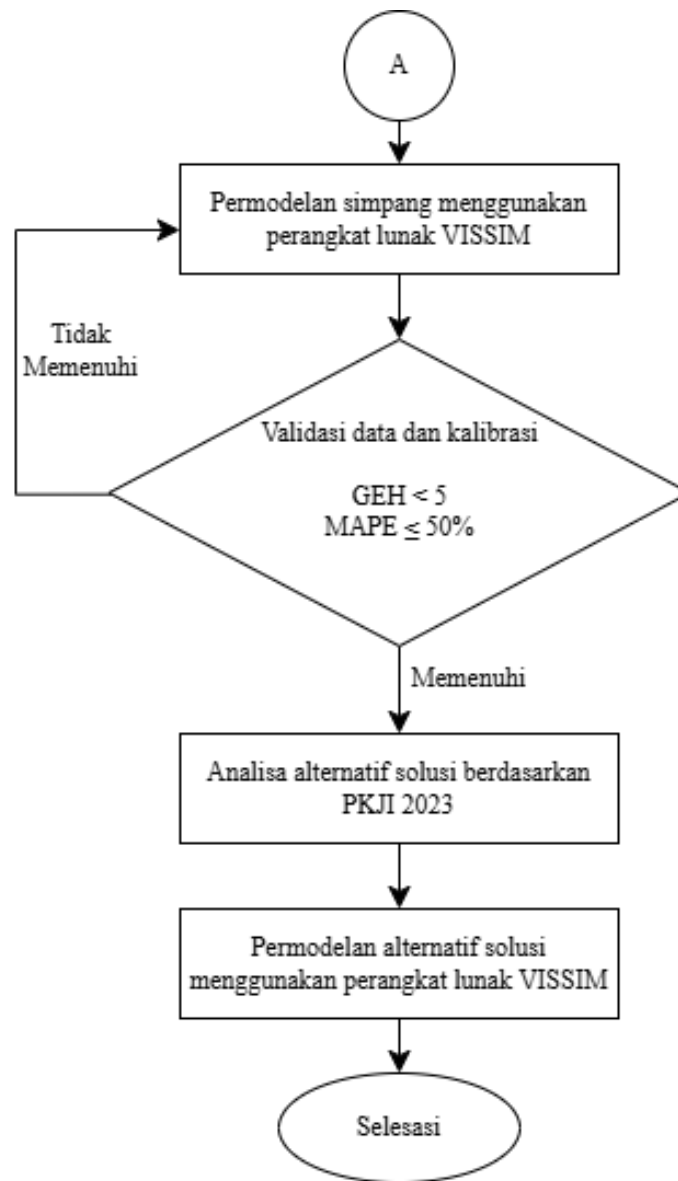
Setelah mengetahui kinerja dari kondisi eksisting simpang tersebut, dapat dilakukan beberapa alternatif serta solusi penanganan agar kinerja simpang dapat bekerja lebih optimal. Solusi alternatif pada umumnya mengubah kondisi waktu isyarat sinyal. Dalam upaya menentukan alternatif solusi, digunakan bantuan perangkat lunak *PTV VISSIM* sebagai pemodelannya. Hasil dari *running* *PTV VISSIM* digunakan sebagai alternatif yang paling efektif untuk Simpang 4 APILL Pogung.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian merupakan tahapan yang dilakukan peneliti secara sistematis dalam menganalisis suatu masalah. Urutan tahapan penelitian ini disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Hasil Pengamatan

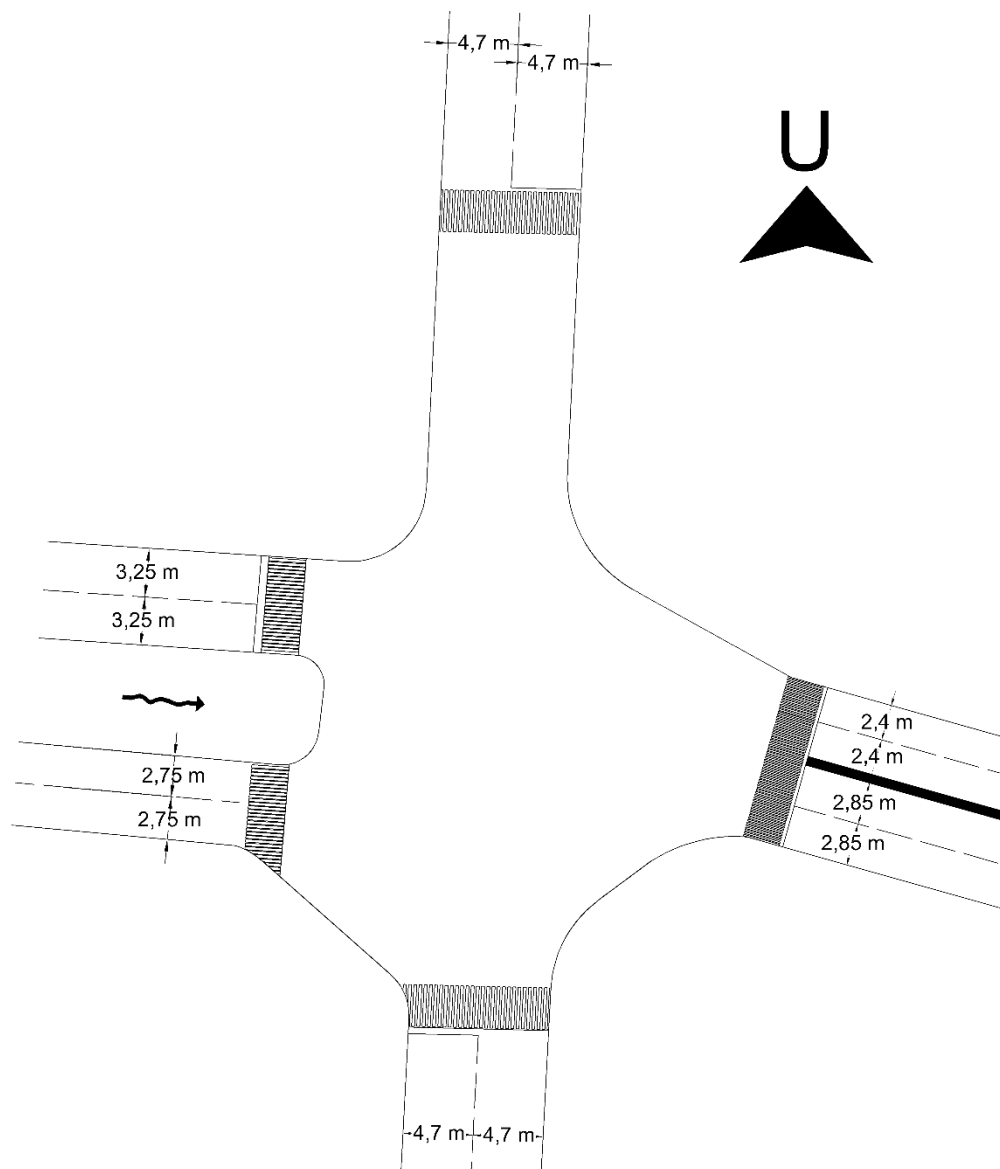
Data hasil pengamatan merupakan data yang didapatkan secara langsung melalui survei di simpang APILL. Data volume lalu lintas merupakan data yang diperoleh dari rekaman pada hari pelaksanaan survei, kemudian dihitung serta dicatat dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam). Setelah dicatat, dilakukan konversi ke dalam satuan mobil penumpang per jam (SMP/jam) sesuai dengan ketentuan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Selain data volume lalu lintas, pelaksanaan pengamatan juga mencakup survei geometri persimpangan, waktu siklus sinyal, panjang antrean, perilaku berkendara (*driving behaviour*), dan kecepatan kendaraan. Seluruh data hasil pengamatan kemudian dilakukan analisis berdasarkan PKJI 2023 serta dilakukan pemodelan menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM.

5.1.1 Data Geometri Simpang

Data geometri simpang merupakan data yang diperoleh melalui pengukuran lebar pendekat dan lebar jalan di lapangan. Alat ukur yang digunakan adalah *walking measure*, sehingga peneliti dapat memperoleh data lebar masuk, lebar keluar, dan lebar efektif. Rincian data geometri pada Simpang 4 APILL Pogung bisa dilihat pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.1.

Tabel 5. 1 Data Geometri Simpang 4 APILL Pogung

Pendekat	Tipe Jalan	Median	Lebar Median (m)	Lebar Masuk (m)	Lebar Keluar (m)	Lebar Efektif (m)	BKjT
Utara (Jl. Nyi Tjondrolukito)	2/2 TT	Tidak	-	4,7	4,7	4,7	Tidak
Timur (Jl. Jembatan Baru UGM)	4/2 T	Ada	0,8	5,7	5,5	5,7	Tidak
Selatan (Jl. Nyi Tjondrolukito)	2/2 TT	Tidak	-	4,7	4,7	4,7	Tidak
Barat (Jl. Selokan Mataram)	4/2 T	Ada	6,0	6,5	4,8	6,5	Tidak

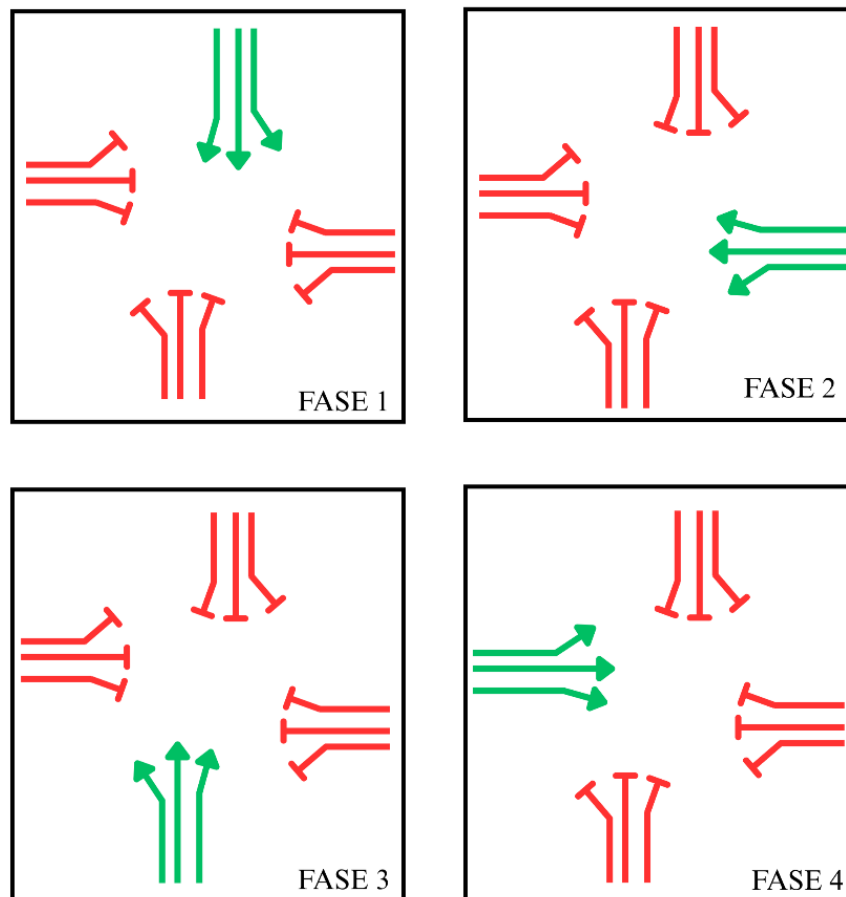


Gambar 5. 1 Geometri Simbang 4 APILL Pogung

5.1.2 Data Pengaturan Isyarat Lalu Lintas

Data pengaturan isyarat lalu lintas terdiri dari data fase, data waktu isyarat hijau, kuning, dan merah. Simbang 4 APILL Pogung memiliki waktu siklus sebesar 132 detik, dengan karakteristik pengaturan yang terdiri dari 4 fase waktu. Kondisi setiap fase pada pendekatnya merupakan fase terlindung, sehingga arus dari pergerakan kendaraan setiap pendekat diberi waktu sendiri untuk melalui persimpangan tanpa berkonflik dengan arus dari arah berlawanan. Ilustrasi urutan

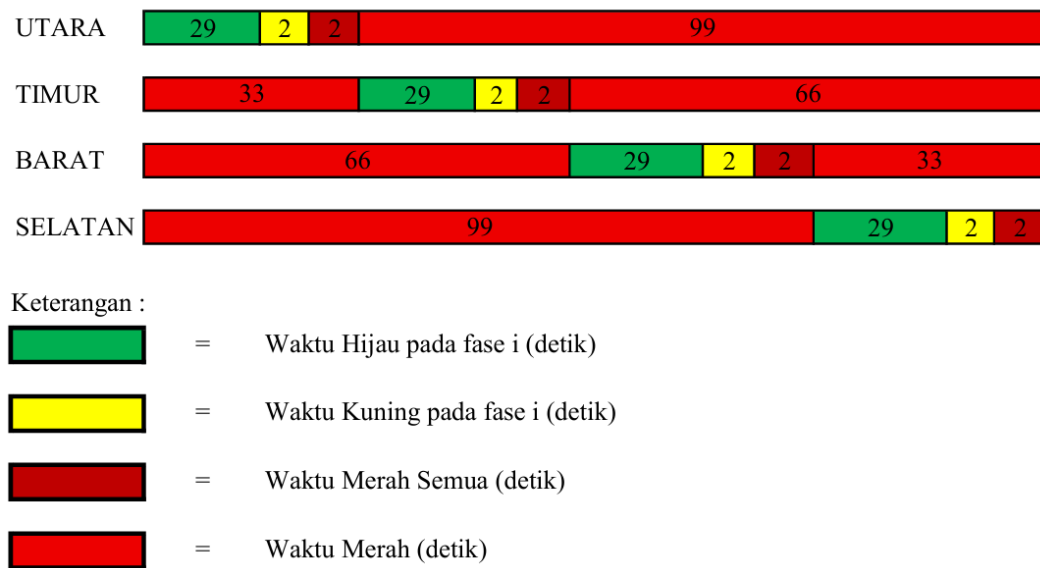
fase pada Simpang 4 APILL Pogung dapat dilihat pada Gambar 5.2. untuk data rincian waktu isyarat dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.3.



Gambar 5. 2 Fase Simpang 4 APILL Pogung

Tabel 5. 2 Data Waktu Isyarat Simpang 4 APILL Pogung

Pendekat	Fase ke-	Waktu Isyarat			Rasio Hijau (R_H)	Waktu siklus (detik)
		Hijau (detik)	Kuning (detik)	Merah semua (detik)		
Utara	1	29	2	2	0,22	132
Timur	2	29	2	2	0,22	
Selatan	3	29	2	2	0,22	
Barat	4	29	2	2	0,22	



Gambar 5. 3 Diagram Waktu Isyarat Simpang 4 APILL Pogung

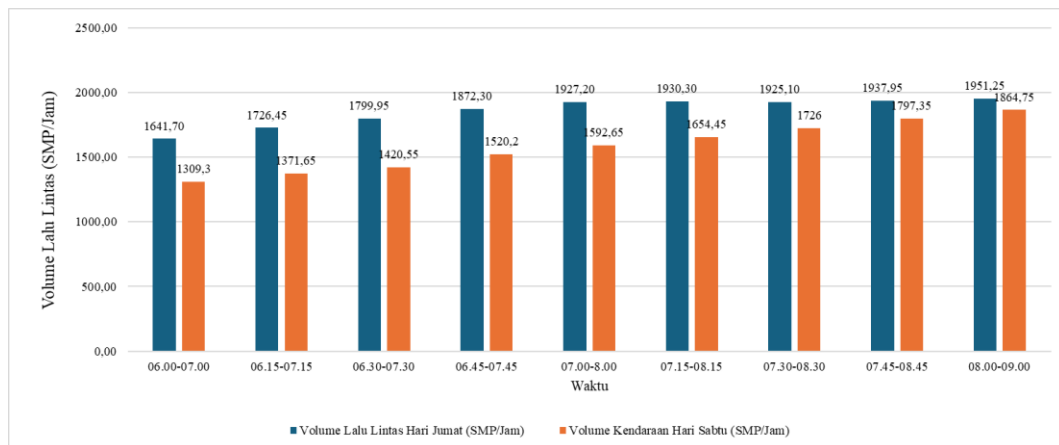
5.1.3 Data Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas diperoleh melalui survei selama dua hari yakni pada hari Jumat (25 April 2025), dan Sabtu (26 April 2025). Pelaksanaan pengumpulan data dilakukan dengan cara menggunakan alat bantu berupa kamera yang merekam selama tiga sesi waktu, yaitu sesi pagi antara pukul 06.00 – 09.00 WIB, sesi siang antara 11.00 – 13.00 WIB, dan sesi sore antara 15.00 – 18.00 WIB. Data hasil rekaman kemudian dihitung secara manual untuk mendapatkan volume lalu lintas ke dalam satuan kendaraan per jam (Kend/Jam), sebagaimana tercantum pada Lampiran 2 dan Lampiran 3.

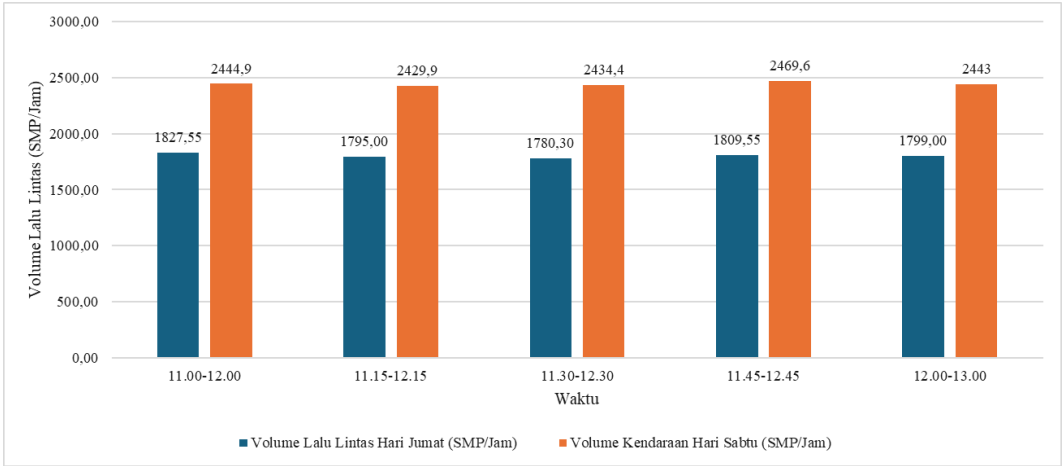
Selanjutnya, data volume lalu lintas tersebut dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang per jam (SMP/Jam) agar sesuai dengan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI). Volume lalu lintas jam puncak didefinisikan sebagai jumlah lalu lintas tertinggi dalam interval satu jam pada hari tertentu, setelah data hasil survei direkapitulasi dan dikonversi dalam SMP/Jam. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh volume jam puncak Simpang 4 APILL Pogung terjadi pada Hari Sabtu, 26 April 2025, pukul 16.00 – 17.00 WIB. Rekapitulasi lengkap mengenai data volume lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 5.3 s/d Tabel 5.5 serta Gambar 5.4 s/d Gambar 5.6.

Tabel 5. 3 Data Volume Lalu Lintas Sesi Pagi

Waktu	Volume lalu lintas Jumat, 25 April 2025 (SMP/Jam)	Volume lalu lintas Sabtu, 26 April 2025 (SMP/Jam)
06.00-07.00	1641,70	1309,3
06.15-07.15	1726,45	1371,65
06.30-07.30	1799,95	1420,55
06.45-07.45	1872,30	1520,2
07.00-8.00	1927,20	1592,65
07.15-08.15	1930,30	1654,45
07.30-08.30	1925,10	1726,00
07.45-08.45	1937,95	1797,35
08.00-09.00	1951,25	1864,75

**Gambar 5. 4 Grafik Data Volume Lalu Lintas Sesi Pagi****Tabel 5. 4 Data Volume Lalu Lintas Sesi Siang**

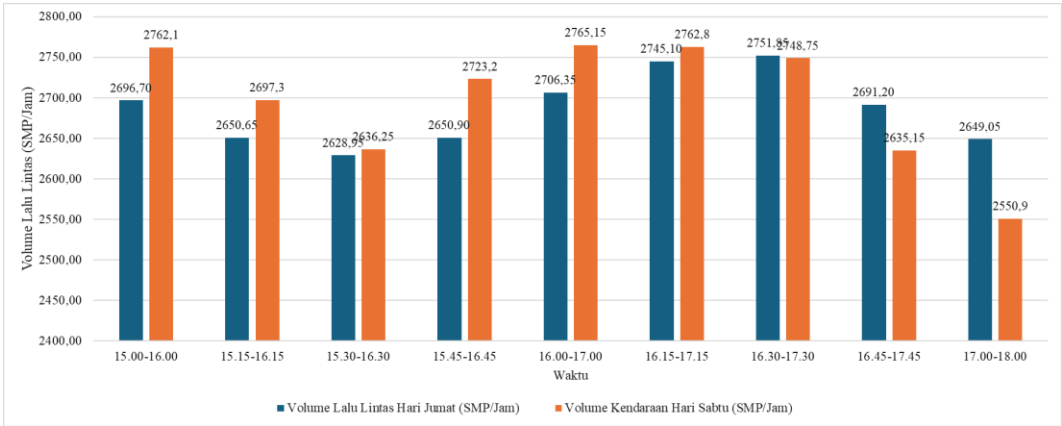
Waktu	Volume lalu lintas Jumat, 25 April 2025 (SMP/Jam)	Volume lalu lintas Sabtu, 26 April 2025 (SMP/Jam)
11.00-12.00	1827,55	2444,90
11.15-12.15	1795,00	2429,90
11.30-12.30	1780,30	2434,40
11.45-12.45	1809,55	2469,60
12.00-13.00	1799,00	2443,00
11.00-12.00	1827,55	2444,90



Gambar 5. 5 Grafik Data Volume Lalu Lintas Sesi Siang

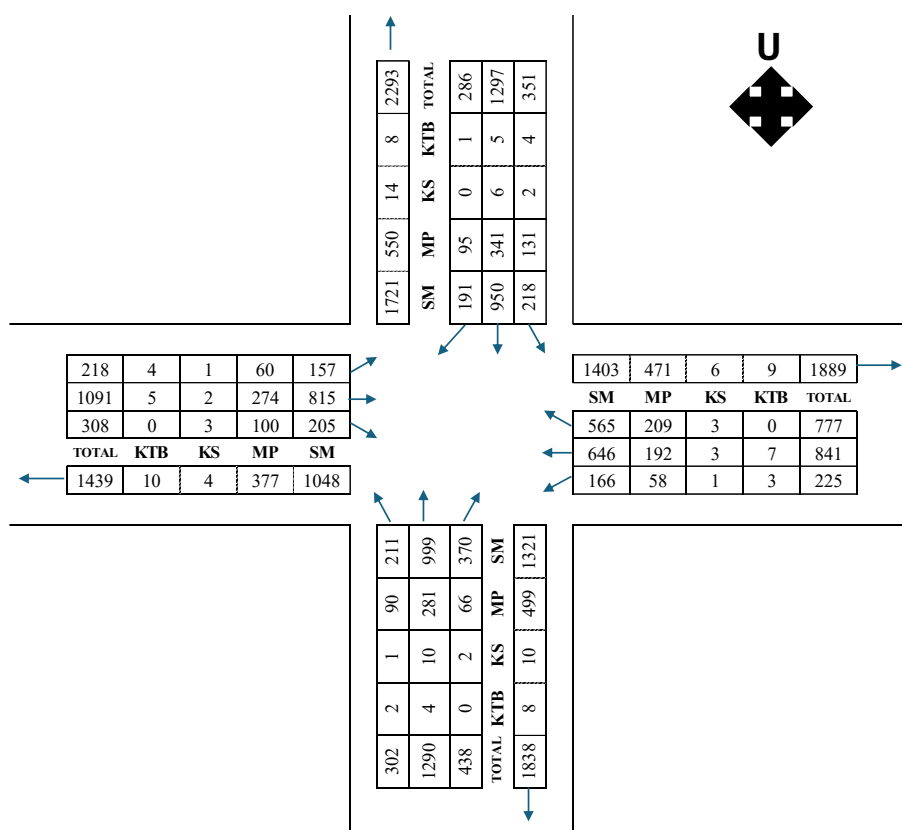
Tabel 5. 5 Data Volume Lalu Lintas Sesi Sore

Waktu	Volume lalu lintas Jumat, 25 April 2025 (SMP/Jam)	Volume lalu lintas Sabtu, 26 April 2025 (SMP/Jam)
15.00-16.00	2696,70	2762,10
15.15-16.15	2650,65	2697,30
15.30-16.30	2628,95	2636,25
15.45-16.45	2650,90	2723,20
16.00-17.00	2706,35	2765,15
16.15-17.15	2745,10	2762,80
16.30-17.30	2751,85	2748,75
16.45-17.45	2691,20	2635,15
17.00-18.00	2649,05	2550,90



Gambar 5. 6 Grafik Data Volume Lalu Lintas Sesi Sore

Berdasarkan data dan gambar grafik, jam puncak lalu lintas di Simpang APILL 4 Pogung terjadi pada hari Sabtu pukul 16.00-17.00 WIB dengan volume sebesar 2.765,15 SMP/Jam. Volume lalu lintas yang diperoleh dari hasil konversi pada dasarnya terdiri dari mobil penumpang (MP), kendaraan sedang (KS), dan sepeda motor (SM) yang distribusinya dibagi menurut arah pergerakan pada tiap lengan pendekat dalam satuan kendaraan per jam (Kend/Jam) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.7. Kendaraan tidak bermotor (KTB) tidak diperhitungkan, karena analisis difokuskan pada kendaraan bermotor.



Gambar 5. 7 Distribusi Pergerakan Volume Lalu Lintas Simpang 4 APILL Pogung

5.1.4 Data Panjang Antrean

Panjang antrean merupakan ukuran jarak dari kendaraan yang menunggu di belakang marka garis henti ketika isyarat sinyal lalu lintas menunjukkan warna merah. Pengambilan data panjang antrean dilakukan secara langsung saat survei

lapangan di lokasi penelitian. Hasil pengamatan panjang antrean pada jam puncak yaitu sesi sore hari Sabtu di Simpang 4 APILL Pogung dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Data Panjang Antrean Simpang 4 APILL Pogung

Pendekat	Ruas Jalan	Panjang Antrean (m)
Timur	Jl. Jembatan Baru UGM	125
Selatan	Jl. Nyi Tjondrolukito	200
Barat	Jl. Selokan Mataram	70
Utara	Jl. Nyi Tjondrolukito	355

5.1.5 Data Kecepatan Kendaraan

Data kecepatan kendaraan dalam penelitian ini tidak digunakan ke dalam analisis perhitungan PKJI 2023, melainkan dijadikan sebagai salah satu parameter dalam proses pemodelan menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM. Pengambilan data dilaksanakan pada tiga sesi waktu, yaitu sesi pagi, sesi siang, dan sesi sore.

Selama pelaksanaan survei, surveyor mencatat waktu tempuh setiap kendaraan untuk menempuh jarak sejauh 25 meter yang telah ditentukan. Tabel 5.7 merupakan rekapitulasi data kecepatan kendaraan rata-rata pada sesi sore di hari Sabtu, 26 April 2025.

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Data Kecepatan Kendaraan Rata-rata Simpang 4 APILL Pogung

Pendekat	SM (Km/jam)	MP (Km/jam)	KS (Km/jam)	Rata-rata (Km/jam)
Timur	39,62	29,89	29,07	33,21
Selatan	36,34	29,10	24,98	31,17
Barat	37,58	28,84	24,97	31,56
Utara	38,64	29,48	24,16	32,08

5.1.6 Data Perilaku Berkendara / *Driving behaviour*

Parameter data perilaku berkendara digunakan untuk mengatur pola interaksi antar kendaraan yang disimulasikan di PTV VISSIM. Proses kalibrasi diperlukan

agar hasil pemodelan dapat merepresentasikan kondisi aktual di lokasi penelitian. Data perilaku berkendara diperoleh melalui pengukuran dan pengamatan langsung terhadap jarak antar kendaraan di lokasi penelitian. Dalam penelitian ini, dikumpulkan sebanyak 10 sampel pada setiap sesi, yang mencakup sampel jarak sejajar antar kendaraan saat berhenti, sampel jarak depan-belakang saat berhenti, sampel jarak kendaraan sejajar saat bergerak, dan sampel jarak kendaraan depan-belakang saat bergerak. Data lengkap mengenai perilaku berkendara dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5. 8 Data Perilaku Berkendara / *Driving Behaviour* Pendekat Utara Simpang 4 APILL Pogung

No	Depan-Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti	Depan-Belakang saat Bergerak	Sejajar saat Bergerak
	(m)	(m)	(m)	(m)
1	0,4	0,1	0,4	0,3
2	0,2	0,3	0,5	0,3
3	0,7	0,2	0,7	0,2
4	0,9	0,3	0,9	0,2
5	0,8	0,3	0,8	0,3
6	0,2	0,2	0,4	0,2
7	0,2	0,2	0,8	0,5
8	0,5	0,1	0,7	0,2
9	0,2	0,4	0,4	0,6
10	0,2	0,2	0,5	0,6
Rata-Rata	0,4	0,2	0,6	0,3

5.2 Data Pendukung

Simpang 4 APILL Pogung merupakan simpang yang terletak di wilayah Kabupaten sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Simpang ini menghubungkan tiga ruas jalan, yaitu Jl. Nyi Tjondrolukito, Jl. Jembatan Baru UGM, dan Jl. Selokan Mataram. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman, Jumlah penduduk Kabupaten Sleman pada tahun 2025 adalah sebanyak 1.179.382 jiwa.

5.3 Analisis Kinerja Simpang Berdasarkan PKJI 2023

PKJI (Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia) 2023 merupakan acuan untuk menganalisis kinerja Simpang 4 APILL Pogung. Analisis terhadap kinerja simpang menghasilkan nilai kapasitas, tingkat derajat kejenuhan, besarnya tundaan lalu lintas, serta estimasi panjang antrean kendaraan. Nilai tundaan lalu lintas yang diperoleh dari hasil analisis simpang APILL dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan tingkat pelayanan (*Level of Service*) pada Simpang 4 APILL Pogung. Data volume lalu lintas yang digunakan dalam analisis ini merupakan data pada periode jam puncak, yang tercatat pada hari Sabtu, 26 April 2025, pukul 16.00 hingga 17.00 WIB. Analisis terhadap kinerja eksisting Simpang 4 APILL Pogung disajikan melalui perhitungan berikut ini.

5.3.1 Konversi Volume Lalu Lintas (q)

Konversi nilai volume lalu lintas merupakan proses mengubah satuan kendaraan per jam (kend/jam) pada periode jam puncak menjadi setara mobil penumpang per jam (SMP/jam) dengan menggunakan nilai ekuivalensi mobil penumpang (EMP) yang bisa dilihat pada Tabel 3.1. Hasil perhitungan volume lalu lintas dalam satuan mobil penumpang per jam (SMP/jam) disajikan sebagai berikut.

1. Pendekat Timur (Jl. Jembatan Baru UGM)

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

- | | |
|-----------------------------------|-----------------|
| 1) Belok Kiri (BK _i) | = 166 × 0,15 |
| | = 24,90 SMP/jam |
| 2) Lurus (LR _S) | = 646 × 0,15 |
| | = 96,90 SMP/jam |
| 3) Belok Kanan (BK _a) | = 565 × 0,15 |
| | = 84,75 SMP/jam |

b. Mobil Penumpang (MP), EMP = 1

- | | |
|----------------------------------|---------------|
| 1) Belok Kiri (BK _i) | = 58 × 1 |
| | = 58 SMP/jam |
| 2) Lurus (LR _S) | = 192 × 1 |
| | = 192 SMP/jam |

$$\begin{aligned} 3) \text{ Belok Kanan (BKa)} &= 209 \times 1 \\ &= 209 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} 1) \text{ Belok Kiri (BKl)} &= 1 \times 1,3 \\ &= 1,3 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Lurus (LRS)} &= 3 \times 1,3 \\ &= 3,9 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Belok Kanan (BKa)} &= 3 \times 1,3 \\ &= 3,9 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

d. Volume kendaraan yang telah dikonversi Pendekat Timur

$$\text{Volume (q)} = 674,65 \text{ SMP/jam}$$

2. Pendekat Selatan (Jl. Nyi Tjondrolukito)

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

$$\begin{aligned} 1) \text{ Belok Kiri (BKl)} &= 211 \times 0,15 \\ &= 31,65 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Lurus (LRS)} &= 999 \times 0,15 \\ &= 149,85 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Belok Kanan (BKa)} &= 370 \times 0,15 \\ &= 55,5 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

b. Mobil Penumpang (MP), EMP = 1

$$\begin{aligned} 1) \text{ Belok Kiri (BKl)} &= 90 \times 1 \\ &= 90 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Lurus (LRS)} &= 281 \times 1 \\ &= 281 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Belok Kanan (BKa)} &= 66 \times 1 \\ &= 66 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} 1) \text{ Belok Kiri (BKl)} &= 1 \times 1,3 \\ &= 1,3 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Lurus (LRS)} &= 10 \times 1,3 \\
 &= 13 \text{ SMP/jam} \\
 3) \text{ Belok Kanan (BKa)} &= 2 \times 1,3 \\
 &= 2,6 \text{ SMP/jam}
 \end{aligned}$$

d. Volume kendaraan yang telah dikonversi Pendekat Selatan

$$\text{Volume (q)} = 690,90 \text{ SMP/jam}$$

3. Pendekat Barat (Jl. Selokan Mataram)

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

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Belok Kiri (BKl)} &= 157 \times 0,15 \\
 &= 23,55 \text{ SMP/jam} \\
 2) \text{ Lurus (LRS)} &= 815 \times 0,15 \\
 &= 122,25 \text{ SMP/jam} \\
 3) \text{ Belok Kanan (BKa)} &= 205 \times 0,15 \\
 &= 30,75 \text{ SMP/jam}
 \end{aligned}$$

b. Mobil Penumpang (MP), EMP = 1

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Belok Kiri (BKl)} &= 60 \times 1 \\
 &= 60 \text{ SMP/jam} \\
 2) \text{ Lurus (LRS)} &= 274 \times 1 \\
 &= 274 \text{ SMP/jam} \\
 3) \text{ Belok Kanan (BKa)} &= 100 \times 1 \\
 &= 100 \text{ SMP/jam}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Belok Kiri (BKl)} &= 1 \times 1,3 \\
 &= 1,3 \text{ SMP/jam} \\
 2) \text{ Lurus (LRS)} &= 2 \times 1,3 \\
 &= 2,6 \text{ SMP/jam} \\
 3) \text{ Belok Kanan (BKa)} &= 3 \times 1,3 \\
 &= 3,9 \text{ SMP/jam}
 \end{aligned}$$

d. Volume Kendaraan yang telah dikonversi pendekat barat

$$\text{Volume (q)} = 618,35 \text{ SMP/jam}$$

4. Pendekat Utara (Jl. Nyi Tjondrolukito)

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

$$\begin{aligned} 1) \text{ Belok Kiri (BK}i\text{)} &= 218 \times 0,15 \\ &= 32,70 \text{ SMP/jam} \\ 2) \text{ Lurus (LRS)} &= 950 \times 0,15 \\ &= 142,50 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Belok Kanan (BK}a\text{)} &= 191 \times 0,15 \\ &= 28,65 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

b. Mobil Penumpang (MP), EMP = 1

$$\begin{aligned} 1) \text{ Belok Kiri (BK}i\text{)} &= 131 \times 1 \\ &= 131 \text{ SMP/jam} \\ 2) \text{ Lurus (LRS)} &= 341 \times 1 \\ &= 341 \text{ SMP/jam} \\ 3) \text{ Belok Kanan (BK}a\text{)} &= 95 \times 1 \\ &= 95 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} 1) \text{ Belok Kiri (BK}i\text{)} &= 2 \times 1,3 \\ &= 2,6 \text{ SMP/jam} \\ 2) \text{ Lurus (LRS)} &= 6 \times 1,3 \\ &= 7,8 \text{ SMP/jam} \\ 3) \text{ Belok Kanan (BK}a\text{)} &= 0 \times 1,3 \\ &= 0 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

d. Volume Kendaraan yang telah dikonversi Pendekat Utara

$$\text{Volume (q)} = 781,25 \text{ SMP/jam}$$

Total volume kendaraan pada periode jam puncak diperoleh sebesar 2765,15 SMP/jam, yang merupakan hasil penjumlahan dari tiap masing-masing pendekat, yaitu = 674,65 + 690,9 + 618,35 + 781,25 SMP/jam.

Tabel 5.9 berikut menyajikan hasil rekapitulasi volume kendaraan dalam satuan SMP/jam pada periode jam puncak Sabtu, 26 April 2025.

**Tabel 5. 9 Rekapitulasi Volume Kendaraan Periode Jam Puncak Simpang 4
APILL Pogung**

Pendekat	Arah	SM		MP		KS		Total Kendaraan		Rasio Belok	KTB	Rasio KTB
		EMP = 0,15		EMP = 1		EMP = 1,3		Bermotor				
		kend/jam	SMP/jam	kend/jam	SMP/jam	kend/jam	SMP/jam	kend/jam	SMP/jam			
Timur	BKi	166	24,9	58	58	1	1,3	225	84,2	0,125	3	0,005
	LRS	646	96,9	192	192	3	3,9	841	292,8	-	7	
	Bka	565	84,75	209	209	3	3,9	777	297,6	0,441	0	
Selatan	BKi	211	31,65	90	90	1	1,3	302	122,9	0,178	0	0,001
	LRS	999	149,8	281	281	10	13	1290	443,8	-	2	
	Bka	370	55,5	66	66	2	2,6	438	124,1	0,18	0	
Barat	BKi	157	23,55	60	60	1	1,3	218	84,85	0,137	4	0,005
	LRS	815	122,2	274	274	2	2,6	1091	398,8	-	5	
	Bka	205	30,75	100	100	3	3,9	308	134,6	0,218	0	
Utara	BKi	218	32,7	131	131	2	2,6	351	166,3	0,213	4	0,005
	LRS	950	142,5	341	341	6	7,8	1297	491,3	-	5	
	Bka	191	28,6	95	95	0	0	286	123,6	0,158	1	

5.3.2 Perhitungan Arus Jenuh Dasar (S_0)

Perhitungan arus jenuh dasar dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.6 dan disajikan sebagai berikut.

1. Arus Jenuh Dasar Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 600 \times L_e \\
 &= 600 \times 5,7 \\
 &= 3420 \text{ SMP/jam}
 \end{aligned}$$

2. Arus Jenuh Dasar Pendekat Selatan

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 600 \times L_e \\
 &= 600 \times 4,7
 \end{aligned}$$

$$= 2820 \text{ SMP/jam}$$

3. Arus Jenuh Dasar Pendekat Barat

$$\begin{aligned} S_0 &= 600 \times L_e \\ &= 600 \times 6,5 \\ &= 3900 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

4. Arus Jenuh Dasar Pendekat Utara

$$\begin{aligned} S_0 &= 600 \times L_e \\ &= 600 \times 4,7 \\ &= 2820 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

5.3.3 Penentuan Nilai Faktor Koreksi

Dalam analisis perhitungan arus jenuh memerlukan identifikasi berbagai faktor koreksi antara lain faktor hambatan samping (F_{HS}), faktor ukuran kota (F_{UK}), faktor kelandaian (F_G), faktor parkir (F_P), faktor belok kiri (F_{BK_i}), serta faktor belok kanan (F_{BK_a}). Proses perhitungan arus jenuh pada simpang empat APILL Jembatan Baru UGM dijelaskan secara rinci pada bagian berikut.

1. Faktor Hambatan Samping (F_{HS})

Penentuan faktor hambatan samping dilakukan secara kualitatif melalui dokumentasi visual dalam bentuk foto di lokasi penelitian pada tiap masing-masing pendekat. Data ini digunakan untuk mengidentifikasi tipe lingkungan jalan serta menentukan tingkat hambatan samping. Kategori kelas hambatan samping ditetapkan dengan merujuk Tabel 3.2 dan Tabel 5.10, berdasarkan karakteristik khusus yang dijelaskan serta diperkuat oleh gambar hambatan samping pada setiap pendekat, sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 5.8 s/d Gambar 5.11.

Tabel 5. 10 Kriteria Kelas Hambatan Samping (K_{HS})

KHS	Jumlah nilai frekuensi kejadian (di kedua sisi jalan) dikali bobot	Ciri-ciri khusus
Sangat Rendah (SR)	< 100	Daerah Pemukiman, tersedia jalan lingkungan.

Lanjutan Tabel 5. 10 Kriteria Kelas Hambatan Samping (K_{HS})

Rendah (R)	100 – 299	Daerah Permukiman, ada beberapa angkutan umum (angkutan kota).
Sedang (S)	300 – 499	Daerah Industri, ada beberapa toko di sepanjang sisi jalan.
Tinggi (T)	500 – 899	Daerah Komersial, ada aktivitas sisi jalan yang tinggi.
Sangat Tinggi (ST)	≥ 900	Daerah Komersial, ada aktivitas pasar sisi jalan.

(sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Kondisi Pendekat Timur (Jl. Jembatan Baru UGM) pada Simpang 4 APILL Pogung ditujukan pada Gambar 5.8.

**Gambar 5. 8 Hambatan Samping Pendekat Utara (Jl. Jembatan Baru UGM) Simpang 4 APILL Pogung**

Berdasarkan Gambar 5.8, Tabel 3.2, serta Tabel 5.10, tipe lingkungan Pendekat Timur pada Simpang 4 APILL Pogung dikategorikan sebagai tipe lingkungan akses terbatas (AT) dengan kelas hambatan samping rendah. Kategori ini ditetapkan karena di sekitar lahan Simpang APILL tidak terdapat pemukiman maupun kegiatan kegiatan komersial.

Kondisi Pendekat Selatan (Jl. Nyi Tjondrolukito) pada Simpang 4 APILL Pogung ditujukan pada Gambar 5.9.



Gambar 5. 9 Hambatan Samping Pendekat Selatan (Jl. Nyi Tjondrolukito) Simpang 4 APILL Pogung

Berdasarkan Gambar 5.9, Tabel 3.2, serta Tabel 5.10, tipe lingkungan Pendekat Selatan pada Simpang 4 APILL Pogung dikategorikan sebagai tipe lingkungan komersial (KOM) dengan kelas hambatan samping tinggi. Hal ini disebabkan oleh adanya kegiatan komersial di sekitar lahan Simpang APILL, seperti restoran, pertokoan, perkantoran, serta tingginya intensitas kegiatan di sisi jalan.

Kondisi Pendekat Barat (Jl. Selokan Mataram) pada Simpang 4 APILL Pogung ditujukan pada Gambar 5.10.



Gambar 5. 10 Hambatan Samping Pendekat Barat (Jl. Selokan Mataram) Simpang 4 APILL Pogung

Berdasarkan Gambar 5.11, Tabel 3.2, serta Tabel 5.10, tipe lingkungan Pendekat Selatan pada Simpang 4 APILL Pogung dikategorikan sebagai tipe lingkungan komersial (KOM) dengan kelas hambatan samping rendah. Kategori ini ditetapkan berdasarkan adanya beberapa pertokoan serta kegiatan angkutan umum yang beroperasi di sekitar lahan tersebut.



Gambar 5. 11 Hambatan Samping Pendekat Utara (Jl. Nyi Tjondrolukito) Simpang 4 APILL Pogung

Pendekat Utara pada Simpang 4 APILL Pogung diklasifikasikan serupa dengan pendekat Selatan, yakni sebagai lingkungan komersial (KOM) dengan tingkat hambatan samping tinggi. Penilaian ini didasarkan pada keberadaan aktivitas komersial di sekitar lokasi, seperti restoran, pertokoan, dan perkantoran, serta tingginya intensitas kegiatan di sisi jalan. Rekapitulasi kategori lingkungan dan nilai hambatan samping untuk setiap pendekat disajikan secara lengkap pada Tabel 5.11.

Tabel 5. 11 Nilai Faktor Hambatan Samping yang Digunakan dalam Analisis

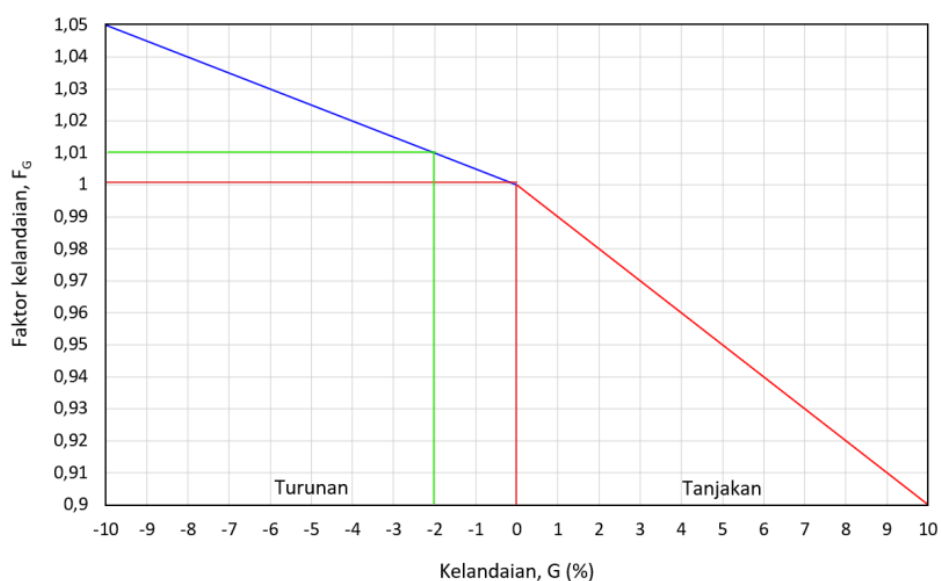
Pendekat	Ruas Jalan	Tipe Simpang	Tipe Lingkungan	Faktor Hambatan Samping (F_{HS})
Timur	Jl. Jembatan Baru UGM	Terlindung	AT	0,99
Selatan	Jl. Nyi Tjondrolukito		KOM	0,93
Barat	Jl. Selokan Mataram		KOM	0,95
Utara	Jl. Nyi Tjondrolukito		KOM	0,93

2. Faktor Ukuran Kota (F_{UK})

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman, Jumlah penduduk Kabupaten Sleman pada tahun 2025 adalah sebanyak 1.179.382 jiwa. Mengacu pada Tabel 3.3, diperoleh nilai faktor koreksi ukuran kota sebesar 1.

3. Faktor Kelandaian (F_G)

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan perangkat lunak Google Earth, diperoleh nilai kemiringan (*Slope*) sebesar 0 % pada Pendekat Utara, Timur, dan Selatan, serta - 2% pada Pendekat Barat. Nilai tersebut digunakan untuk menentukan besar faktor koreksi kelandaian (F_G) pada setiap pendekat. Gambar 5.12 dan Tabel 5.12 menyajikan informasi lengkap mengenai nilai faktor kelandaian untuk setiap pendekat.



Gambar 5. 12 Faktor Kelandaian Setiap Pendekat

Tabel 5. 12 Nilai Faktor Kelandaian yang Digunakan dalam Analisis

Pendekat	Ruas Jalan	Kelandaian (%)	Faktor Kelandaian (F_G)
Timur	Jl. Jembatan Baru UGM	0	1
Selatan	Jl. Nyi Tjondrolukito	0	1
Barat	Jl. Selokan Mataram	- 2	1,01
Utara	Jl. Nyi Tjondrolukito	0	1

4. Faktor Koreksi Parkir (F_P)

Pada Simpang 4 APILL Pogung, tidak terdapat kendaraan yang terparkir di sepanjang pendekat. Mengacu pada ketentuan PKJI 2023, kondisi tersebut dinilai tidak memberikan dampak terhadap kinerja simpang. Berdasarkan hal tersebut, nilai faktor koreksi parkir (F_P) yang digunakan dalam analisis Simpang 4 APILL Pogung ditetapkan sebesar 1.

5. Faktor Ukuran Koreksi Belok Kanan (F_{BKa})

a. Pendekat Timur dan Barat pada Simpang 4 APILL Pogung memiliki tipe fase terlindung (P) serta dilengkapi dengan median, sehingga nilai faktor penyesuaian belok kanan (F_{BKa}) yang digunakan adalah 1,0.

b. Pendekat Selatan pada Simpang 4 APILL Pogung memiliki tipe fase terlindung (P) namun tidak dilengkapi median, sehingga faktor penyesuaian belok kanan (F_{BKa}) ditentukan melalui perhitungan menggunakan Persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} F_{BKa} &= 1,0 + R_{BKa} \times 0,26 \\ &= 1,0 + 0,18 \times 0,26 \\ &= 1,05 \end{aligned}$$

c. Pendekat Utara pada Simpang 4 APILL Pogung memiliki tipe fase terlindung (P) namun tidak dilengkapi median, sehingga faktor penyesuaian belok kanan (F_{BKa}) ditentukan melalui perhitungan menggunakan Persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} F_{BKa} &= 1,0 + R_{BKa} \times 0,26 \\ &= 1,0 + 0,158 \times 0,26 \\ &= 1,04 \end{aligned}$$

6. Faktor Ukuran Koreksi Belok Kiri (F_{BKl})

Seluruh pendekat pada Simpang 4 APILL Pogung tidak dilengkapi dengan belok kiri jalan terus (B_{KlJT}). Berdasarkan hal tersebut, kendaraan yang berbelok kiri harus mengikuti kendali lampu APILL. Penentuan nilai faktor belok kiri (F_{BKl}) ditentukan berdasarkan perhitungan melalui Persamaan 3.4 sebagai berikut.

a. Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 F_{BK_i} &= 1,0 - R_{BK_i} \times 0,16 \\
 &= 1,0 - 0,125 \times 0,16 \\
 &= 0,98
 \end{aligned}$$

b. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned}
 F_{BK_i} &= 1,0 - R_{BK_i} \times 0,16 \\
 &= 1,0 - 0,178 \times 0,16 \\
 &= 0,972
 \end{aligned}$$

c. Pendekat Barat

$$\begin{aligned}
 F_{BK_i} &= 1,0 - R_{BK_i} \times 0,16 \\
 &= 1,0 - 0,137 \times 0,16 \\
 &= 0,978
 \end{aligned}$$

d. Pendekat Utara

$$\begin{aligned}
 F_{BK_i} &= 1,0 - R_{BK_i} \times 0,16 \\
 &= 1,0 - 0,213 \times 0,16 \\
 &= 0,966
 \end{aligned}$$

5.3.4 Perhitungan Arus Jenuh (J)

Mengacu pada nilai arus jenuh dasar serta hasil analisis berbagai faktor koreksi sebelumnya, Perhitungan arus jenuh untuk setiap pendekat dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.2. Rincian perhitungannya disajikan sebagai berikut.

1. Arus Jenuh Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 J &= J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \\
 &= 3420 \times 0,99 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,98 \times 1 \\
 &= 3344 \text{ SMP/jam}
 \end{aligned}$$

2. Arus Jenuh (J) Pendekat Selatan

$$\begin{aligned}
 J &= J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \\
 &= 2820 \times 0,93 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,972 \times 1,05 \\
 &= 2666 \text{ SMP/jam}
 \end{aligned}$$

3. Arus Jenuh Pendekat Barat

$$\begin{aligned} J &= J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \\ &= 3900 \times 0,93 \times 1 \times 1,01 \times 1 \times 0,978 \times 1 \\ &= 3651 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

4. Arus Jenuh Pendekat Utara

$$\begin{aligned} J &= J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \\ &= 2820 \times 0,928 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,966 \times 1,04 \\ &= 2632 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

5.3.5 Perhitungan Kapasitas (C)

Berdasarkan nilai arus jenuh (S) yang telah dihitung, serta data waktu hijau dan waktu siklus pada Tabel 5.2, Kapasitas setiap pendekat dapat dihitung melalui Persamaan 3.9. Rincian perhitungan kapasitas simpang disajikan sebagai berikut.

1. Kapasitas Pendekat Timur

$$\begin{aligned} C &= J \times \frac{WH}{s} \\ &= 3344 \times \frac{29}{132} \\ &= 735 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

2. Kapasitas Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} C &= J \times \frac{WH}{s} \\ &= 2666 \times \frac{29}{132} \\ &= 586 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

3. Kapasitas Pendekat Barat

$$\begin{aligned} C &= J \times \frac{WH}{s} \\ &= 3651 \times \frac{29}{132} \\ &= 802 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

4. Kapasitas Pendekat Utara

$$\begin{aligned} C &= J \times \frac{WH}{s} \\ &= 2632 \times \frac{29}{132} \\ &= 578 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan kapasitas simpang disajikan pada Tabel 5.13.

Tabel 5. 13 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas Simpang

Parameter	Satuan	Pendekat			
		Timur	Selatan	Barat	Utara
Ruas Jalan	-	Jl. Jembatan Baru UGM	Jl. Nyi Tjondrolukito	Jl. Selokan Mataram	Jl. Nyi Tjondrolukito
Volume Lalu Lintas (q)	SMP/jam	674,65	690,90	618,35	781,25
Lebar efektif (L_E)	meter	5,7	4,7	6,5	4,7
Arus Jenuh Dasar (J_0)	SMP/jam	3420	2820	3900	2820
Faktor Hambatan Samping (F_{HS})	-	0,99	0,93	0,95	0,93
Faktor Ukuran Kota (F_{UK})	-	1,00			
Faktor Kelandaian (F_G)	-	1,00	1,00	1,05	1,00
Faktor Parkir (F_P)	-	1,00	1,00	1,00	1,00
Faktor Belok Kanan (F_{BKk})	-	1,00	1,05	1,00	1,04
Faktor Belok Kiri (F_{BKk})	-	0,98	0,972	0,978	0,966
Arus Jenuh (J)	SMP/jam	3344	2666	3651	2632
Waktu Hijau (W_H)	detik	29	29	29	29
Waktu Siklus (s)	detik	132			
Kapasitas (C)	SMP/jam	735	586	802	578

5.3.6 Perhitungan Derajat Kejenuhan (D_J)

Derajat Kejenuhan (D_J) diperoleh dari perbandingan antara volume lalu lintas (q) pada setiap pendekat dengan kapasitas (C) masing-masing pendekat. Nilai derajat kejenuhan (D_J) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10. Rincian perhitungan derajat kejenuhan disajikan sebagai berikut.

1. Derajat Kejenuhan Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 D_J &= \frac{q}{c} \\
 &= \frac{674,65}{735} \\
 &= 0,918
 \end{aligned}$$

2. Derajat Kejenuhan Pendekat Selatan

$$\begin{aligned}
 D_J &= \frac{q}{c} \\
 &= \frac{690,9}{586} \\
 &= 1,18
 \end{aligned}$$

3. Derajat Kejenuhan Pendekat Barat

$$\begin{aligned}
 D_J &= \frac{q}{c} \\
 &= \frac{618,35}{802} \\
 &= 0,77
 \end{aligned}$$

4. Derajat Kejenuhan Pendekat Utara

$$\begin{aligned}
 D_J &= \frac{q}{c} \\
 &= \frac{781,25}{578} \\
 &= 1,35
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan derajat kejenuhan disajikan pada Tabel 5.14.

Tabel 5. 14 Rekapitulasi Perhitungan Derajat Kejenuhan

Pendekat	Volume Lalu Lintas (q)	Kapasitas (C)	Derajat Kejenuhan (D_J)	Rata-rata D_J
	(SMP/jam)	(SMP/jam)		
Timur	674,65	735	0,91	1,05
Selatan	690,90	586	1,18	
Barat	618,35	802	0,77	
Utara	781,25	587	1,35	

Merujuk pada data yang disajikan dalam Tabel 5.14, nilai derajat kejenuhan rata-rata pada Simpang 4 APILL Pogung tercatat sebesar 1,05. Angka tersebut

menunjukkan bahwa kinerja simpang belum memenuhi kriteria yang ditetapkan, yaitu $D_J \leq 0,85$. Dari seluruh pendekat yang dianalisis, hanya pendekat Barat yang memenuhi syarat tersebut dengan nilai sebesar 0,77.

5.3.7 Perhitungan Panjang Antrean (P_A)

Perhitungan panjang antrean (P_A) pada setiap pendekat dalam kondisi eksisting Simpang 4 APILL Pogung dilakukan berdasarkan Persamaan 3.13, serta Persamaan 3.15, hingga Persamaan 3.17, dan dilengkapi dengan penentuan nilai N_{qMax} mengacu pada Gambar 3.7. Uraian berikut menyajikan contoh perhitungan panjang antrean pada salah satu pendekat.

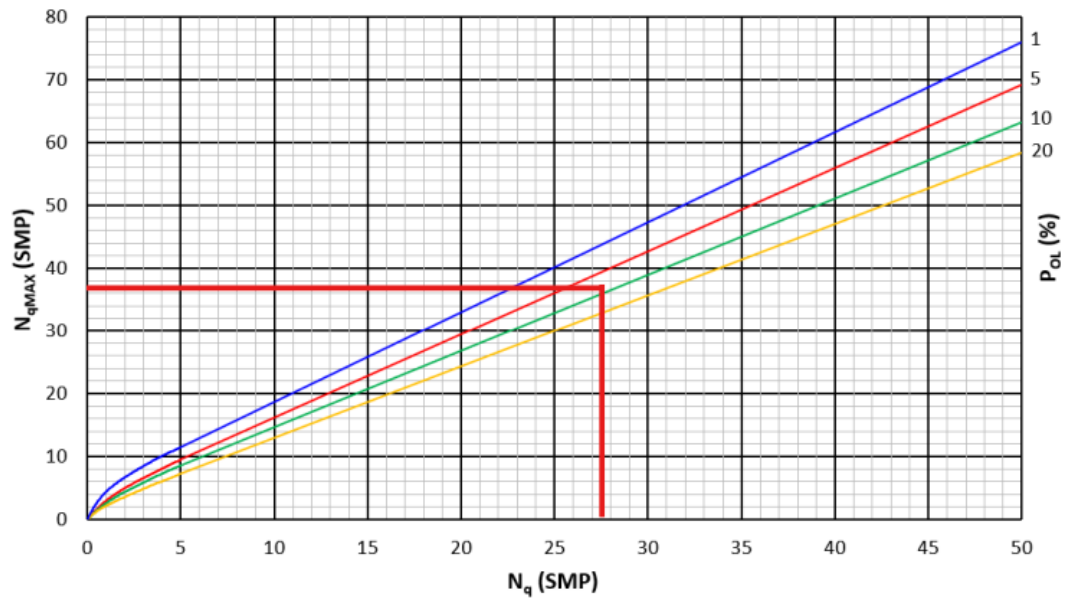
1. Pendekat Timur

Pendekat Timur memiliki derajat kejenuhan (D_J) sebesar 0,91, nilai derajat kejenuhan tersebut melebihi ambang batas $\geq 0,5$. Oleh sebab itu, rata-rata kendaraan yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) dihitung menggunakan Persamaan 3.15. Rincian perhitungan panjang antrean (P_A) Pendekat timur disajikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{a. } N_{q1} &= 0,25 \times s \times \left\{ (D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{s}} \right\} \\
 &= 0,25 \times 132 \times \left\{ (0,91 - 1) + \sqrt{(0,91 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,91 - 0,5)}{132}} \right\} \\
 &= 3,2 \text{ SMP} \\
 \text{b. } N_{q2} &= s \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_J)} \times \frac{q}{(3600)} \\
 &= 132 \times \frac{(1 - 0,22)}{(1 - 0,22 \times 0,91)} \times \frac{674,65}{(3600)} \\
 &= 24,2 \text{ SMP} \\
 \text{c. } N_q &= N_{q1} + N_{q2} \\
 &= 3,2 + 24,2 \\
 &= 27,4 \text{ SMP}
 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh hasil nilai jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q), tahap selanjutnya adalah menentukan nilai maksimum antrean (N_{qmax}) dengan mengacu pada Gambar 3.7 yang berisi kurva hubungan antara nilai N_q dengan tingkat pembebanan *overloading* (P_{OL}). Nilai N_{qmax} yang didapatkan kemudian

digunakan sebagai dasar dalam analisis perhitungan panjang antrean. Gambar 5.13 berikut menyajikan nilai N_{qmax} yang digunakan dalam analisis.



Gambar 5. 13 Nilai N_{qmax} yang Digunakan dalam Analisis Panjang Antrean

a. $P_{OL} = 5\% \text{ s/d } 10\%$

b. $N_{qmax} = 37 \text{ SMP}$

c. $P_A = N_{qmax} \times \frac{20}{L_M}$
 $= 37 \times \frac{20}{5,7}$
 $= 130 \text{ m}$

Rekapitulasi nilai panjang antrean (P_A) untuk seluruh pendekat dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Panjang Antrean (P_A) Simpang 4 APILL Pogung

Pendekat	L_M	N_{q1}	N_{q2}	N_q	N_{qmax}	P_A
	(m)	(SMP)	(SMP)	(SMP)	(SMP)	(m)
Timur	5,7	3,2	24,2	27,4	37,0	130
Selatan	4,7	14,9	26,7	41,6	55,0	234
Barat	6,5	1,1	21,3	22,4	31,0	95
Utara	4,7	25,4	31,8	57,2	57,2	243

5.3.8 Perhitungan Rasio Kendaraan Henti (R_{KH})

Rasio kendaraan yang harus berhenti pada suatu pendekat simpang merupakan indikator yang menunjukkan proporsi kendaraan yang tidak dapat melewati simpang akibat isyarat sinyal merah. Nilai R_{KH} dihitung berdasarkan Persamaan 3.11.

Dalam analisis ini juga diperhitungkan jumlah kendaraan yang terhenti (N_{KH}), yaitu jumlah kendaraan yang tidak dapat melewati fase hijau sebelumnya. Uraian berikut menyajikan contoh perhitungan nilai R_{KH} dan N_{KH} pada salah satu pendekat Simpang 4 APILL Pogung dalam kondisi eksisting.

1. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} \text{a. } R_{KH} &= 0,9 \times 3600 \times \frac{Nq}{q \times s} \\ &= 0,9 \times 3600 \times \frac{27,4}{675 \times 132} \\ &= 0,996 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } N_{KH} &= R_{KH} \times q \\ &= 0,996 \times 674,65 \\ &= 672 \end{aligned}$$

Rekapitulasi nilai rasio kendaraan henti (R_{KH}) dan jumlah kendaraan yang terhenti (N_{KH}) pada seluruh pendekat disajikan pada Tabel 5.16

Tabel 5. 16 Rekapitulasi Rasio Kendaraan Henti (R_{KH}) dan Jumlah Kendaraan Terhenti (N_{KH}) Simpang 4 APILL Pogung

Pendekat	s	q	N_q	R_{KH}	N_{KH}
	(detik)	(SMP/jam)	(SMP)		(det/SMP)
Timur	132	674,65	27,4	0,996	672
Selatan		690,90	41,6	1,476	1020
Barat		618,35	22,4	0,889	550
Utara		781,25	57,2	1,797	1404

5.3.9 Perhitungan Tundaan Simpang (T_i)

Nilai tundaan (T_i) diperoleh dari hasil penjumlahan antara tundaan geometri rata-rata (T_G) dan tundaan lalu lintas rata-rata (T_{LL}), dengan mengacu pada Persamaan 3.19 hingga Persamaan 3.21. Uraian berikut menyajikan contoh perhitungan tundaan pada salah satu pendekat Simpang 4 APILL Pogung dalam kondisi eksisting.

1. Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 \text{a. } T_G &= (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \\
 &= (1 - 0,996) \times (0,566) + (0,996 \times 4) \\
 &= 3,99 \text{ det/SMP} \\
 \text{b. } T_{LL} &= s \times \frac{0,5 \times (1 - RH)^2}{(1 - RH \times DJ)} + \frac{Nq1 \times 3600}{C} \\
 &= 132 \times \frac{0,5 \times (1 - 0,22)^2}{(1 - 0,22 \times 0,918)} + \frac{3,2 \times 3600}{735} \\
 &= 66,05 \text{ det/SMP} \\
 \text{c. } T_i &= T_{LL} + T_{Gi} \\
 &= 66,05 + 3,99 \\
 &= 70,04 \text{ det/SMP}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi nilai tundaan (T_i) pada seluruh pendekat Simpang 4 APILL Pogung dalam kondisi eksisting disajikan pada Tabel 5.17.

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Tundaan Simpang 4 APILL Pogung

Pendekat	T_G	T_{LL}	T_i	Tundaan Simpang Rata-rata
	(det/SMP)	(det/SMP)	(det/SMP)	(det/SMP)
Timur	3,99	66,05	70,05	129,83
Selatan	4,88	145,68	150,6	
Barat	3,79	53,32	57,1	
Utara	5,41	215,28	220,7	

5.3.10 Indikator Tingkat Pelayanan / *Level of Service* (LOS)

Berdasarkan hasil analisis kinerja simpang menggunakan acuan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, diperoleh bahwa pada kondisi eksisting, nilai tundaan rata-rata pada Pendekat Utara sebesar 70,4 det/SMP, Pendekat Selatan sebesar 150,6 det/SMP, Pendekat Barat sebesar 57,1 det/SMP, Pendekat Utara sebesar 220,7 det/SMP. Berdasarkan hal tersebut, diperoleh nilai tundaan rata-rata keseluruhan pada Simpang 4 APILL Pogung mencapai 129,83 det/SMP.

Mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015, simpang dengan tundaan lebih dari 60 detik/SMP dikategorikan memiliki tingkat pelayanan F. Berdasarkan hasil analisis, tingkat pelayanan keseluruhan Simpang 4 APILL Pogung dapat diklasifikasikan dalam tingkat pelayanan F. Mengingat pada simpang tersebut merupakan titik pertemuan antara ruas Jalan Nyi Tjondrolukito dengan fungsi jalan kolektor sekunder, maka tingkat pelayanan nilai minimum yang dipersyaratkan adalah tingkat pelayanan C. berdasarkan hal tersebut, diperlukan upaya perbaikan guna memenuhi ketentuan yang berlaku. Rekapitulasi kinerja eksisting Simpang 4 APILL Pogung disajikan pada Tabel 5.18.

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Kinerja Eksisting Simpang 4 APILL Pogung

Pendekat	Derajat Kejuhan (D_j)	Panjang Antrean (P_A)	Tundaan Setiap Pendekat (T_i)	Tingkat Pelayanan Setiap Pendekat (L_{os})	Tundaan Simpang Rata-rata	Tingkat Pelayanan Simpang (L_{os})
		(m)	(det/SMP)		(det/SMP)	
Timur	0,91	130	70,05	F	129,83	F
Selatan	1,18	234	150,6	F		
Barat	0,771	95	57,1	E		
Utara	1,351	243	220,7	F		

5.3.11 Perbandingan Panjang Antrean Analisis PKJI 2023 dengan Panjang Antrean Terukur

Perbandingan antara hasil analisis menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan hasil pengamatan panjang antrean secara langsung di lapangan disajikan pada Tabel 5.19.

Tabel 5. 19 Perbandingan Panjang Antrean Analisis dengan Panjang Antrean Terukur

Pendekat	Panjang Antrean (P _A) Menggunakan Metode PKJI 2023	Panjang Antrean (P _A) Hasil Pengamatan Lapangan	Selisih
	(m)	(m)	(%)
Timur	130	125	3,86
Selatan	234	200	17,02
Barat	95	70	36,26
Utara	243	355	31,44

5.4 Pemodelan Simpang Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM

Berdasarkan data primer yang telah diperoleh, serta analisis yang dilakukan dengan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 pada Simpang 4 APILL Pogung, langkah berikutnya merupakan pemodelan menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM. Pemodelan ini bertujuan untuk menggambarkan kondisi nyata di lapangan secara visual dan kuantitatif. Hasil dari pemodelan ini meliputi volume lalu lintas, panjang antrean, kecepatan rata-rata kendaraan, serta nilai tundaan pada simpang. Validitas hasil pemodelan tersebut kemudian dapat dievaluasi menggunakan metode perhitungan GEH dan MAPE. Apabila ditemukan hasil (*default*) atau belum memenuhi kriteria akurasi yang telah ditetapkan, maka proses kalibrasi perlu dilakukan guna menyesuaikan model dengan kondisi aktual.

5.4.1 Hasil Simulasi Pemodelan Sebelum Kalibrasi

Berikut ini disajikan hasil perhitungan pemodelan menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM pada kondisi awal (*default*), sebelum dilakukan proses kalibrasi dengan mengacu pada Persamaan 3.22 dan Persamaan 3.23.

1. Perhitungan Volume Kendaraan

a. Pendekat Timur (Jl. Jembatan Baru UGM)

$$\begin{aligned} \text{GEH} &= \sqrt{\frac{(Q_{\text{simulasi}} - Q_{\text{eksisting}})^2}{0,5 \times (Q_{\text{eksisting}} + Q_{\text{simulasi}})}} \\ &= \sqrt{\frac{(1843 - 976)^2}{0,5 \times (1843 + 976)}} \\ &= 23,09 \end{aligned}$$

b. Pendekat Selatan (Jl. Nyi Tjondrolukito)

$$\begin{aligned} \text{GEH} &= \sqrt{\frac{(Q_{\text{simulasi}} - Q_{\text{eksisting}})^2}{0,5 \times (Q_{\text{eksisting}} + Q_{\text{simulasi}})}} \\ &= \sqrt{\frac{(2030 - 634)^2}{0,5 \times (2030 + 634)}} \\ &= 38,25 \end{aligned}$$

c. Pendekat Barat (Jl. Selokan Mataram)

$$\begin{aligned} \text{GEH} &= \sqrt{\frac{(Q_{\text{simulasi}} - Q_{\text{eksisting}})^2}{0,5 \times (Q_{\text{eksisting}} + Q_{\text{simulasi}})}} \\ &= \sqrt{\frac{(1617 - 925)^2}{0,5 \times (1617 + 925)}} \\ &= 19,41 \end{aligned}$$

d. Pendekat Utara (Jl. Nyi Tjondrolukito)

$$\begin{aligned} \text{GEH} &= \sqrt{\frac{(Q_{\text{simulasi}} - Q_{\text{eksisting}})^2}{0,5 \times (Q_{\text{eksisting}} + Q_{\text{simulasi}})}} \\ &= \sqrt{\frac{(1934 - 677)^2}{0,5 \times (1934 + 677)}} \\ &= 34,78 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Panjang Antrean

a. Pendekat Timur (Jl. Jembatan Baru UGM)

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{336,19 - 125}{125} \right| \times 100\%$$

$$= 169 \%$$

b. Pendekat Selatan (Jl. Nyi Tjondrolukito)

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{317,24 - 200}{200} \right| \times 100\%$$

$$= 59 \%$$

c. Pendekat Barat (Jl. Selokan Mataram)

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{463,2 - 70}{70} \right| \times 100\%$$

$$= 562 \%$$

d. Pendekat Utara (Jl. Nyi Tjondrolukito)

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{386,25 - 355}{355} \right| \times 100\%$$

$$= 9 \%$$

3. Perhitungan Kecepatan Kendaraan

a. Pendekat Timur (Jl. Jembatan Baru UGM)

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{33,21 - 15,02}{33,21} \right| \times 100\%$$

$$= 54,77 \%$$

b. Pendekat Selatan (Jl. Nyi Tjondrolukito)

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{31,17 - 21,03}{31,17} \right| \times 100\%$$

$$= 32,53 \%$$

c. Pendekat Barat (Jl. Selokan Mataram)

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{31,56 - 18,57}{31,56} \right| \times 100\%$$

$$= 41,16 \%$$

d. Pendekat Utara (Jl. Nyi Tjondrolukito)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{32,08 - 19,25}{32,08} \right| \times 100\% \\ &= 39,99\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan analisis, Tabel 5.20 menyajikan rincian hasil pemodelan volume lalu lintas serta uji validasi menggunakan metode GEH pada kondisi awal (*default*).

Tabel 5. 20 Hasil Pemodelan Volume Lalu Lintas Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM Sebelum Kalibrasi

Pendekat	Volume Lalu Lintas Eksisting	Volume Lalu Lintas Pemodelan PTV VISSIM	Nilai GEH	Keterangan
	(kend/jam)	(kend/jam)		
Timur	1843	976	23,09	Hasil Ditolak
Selatan	2030	634	38,25	Hasil Ditolak
Barat	1617	925	19,41	Hasil Ditolak
Utara	1934	677	34,78	Hasil Ditolak

Merujuk pada Tabel 5.20, Hasil pemodelan volume kendaraan PTV VISSIM kondisi awal (*default*) menunjukkan nilai GEH lebih dari 19 ($\text{GEH} > 19$). Nilai tersebut mengindikasikan bahwa pemodelan tersebut belum memenuhi kriteria validasi GEH, di mana nilai yang ditetapkan adalah kurang dari 5 ($\text{GEH} < 5$).

Tabel 5.21 dan Tabel 5.22 berikut ini menyajikan rincian hasil pemodelan panjang antrean dan kecepatan kendaraan, disertai dengan uji validasi menggunakan metode MAPE (*mean absolute percentage error*) pada kondisi awal (*default*).

Tabel 5. 21 Hasil Pemodelan Panjang Antrean Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM Sebelum Kalibrasi

Pendekat	Panjang Antrean (P _A) Eksisting	Panjang Antrean (P _A) Pemodelan PTV VISSIM	Nilai MAPE	Keterangan
	(m)	(m)	(%)	
Timur	125	336,19	169	Hasil Prediksi tidak akurat
Selatan	200	317,24	59	Hasil Prediksi tidak akurat
Barat	70	463,21	562	Hasil Prediksi tidak akurat
Utara	355	386,26	9	Hasil Prediksi Sangat Baik

Tabel 5. 22 Hasil Pemodelan Kecepatan Kendaraan Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM Sebelum Kalibrasi

Pendekat	Rata-rata Kecepatan Kendaraan Hasil Survei	Rata-rata Kecepatan Kendaraan Pemodelan VISSIM	Nilai MAPE	Keterangan
	(km/jam)	(km/jam)	(%)	
Timur	33,21	15,02	54,77	Hasil Prediksi tidak akurat
Selatan	31,17	21,03	32,53	Hasil Cukup Akurat
Barat	31,56	18,57	41,16	Hasil Cukup Akurat
Utara	32,08	19,25	39,99	Hasil Cukup Akurat

Merujuk pada Tabel 5.21 dan Tabel 5.22, menunjukkan hasil pemodelan untuk panjang antrean dan kecepatan kendaraan menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM pada kondisi awal (*default*) menunjukkan nilai MAPE melebihi ambang batas yang telah ditetapkan, yaitu lebih dari 50% ($MAPE > 50\%$). Nilai

tersebut mengindikasikan hasil pemodelan belum akurat berdasarkan kriteria MAPE, di mana batas maksimum yang dapat diterima adalah kurang dari 50% ($MAPE < 50\%$). Berdasarkan hal tersebut, model perlu disesuaikan agar hasilnya merepresentasikan kondisi aktual sesuai di lapangan.

5.4.2 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi

Dalam rangka memperoleh hasil kalibrasi yang sesuai dengan ambang batas toleransi nilai GEH dan MAPE sebagaimana disyaratkan dalam validasi pemodelan lalu lintas, sehingga perlu dilakukan penyesuaian terhadap sejumlah parameter perilaku berkendara (*driving behaviour*) pada perangkat lunak PTV VISSIM. Penyesuaian ini dilakukan agar dapat merepresentasikan kondisi lalu lintas di lapangan. Perubahan parameter tersebut disajikan pada Tabel 5.23.

Tabel 5. 23 Perubahan Komponen Perilaku Berkendara (*driving behaviour*) Setelah Kalibrasi

Parameter yang diubah	Komponen yang diubah		Default	Kalibrasi
			Nilai	
<i>Car Following</i>	<i>Average standstill distance (m)</i>		2,00	0,4
	<i>Additive part of safety distance</i>		2,00	0,25
	<i>Multiplicative part of safety distance</i>		3,00	0,15
<i>Car Following</i>	<i>Look ahead distance (m)</i>	<i>Minimum</i>	0	0
		<i>maximum</i>	250	250
		<i>Observed Vehicles</i>	3	6
	<i>Look back distance (m)</i>	<i>Minimum</i>	0	0
		<i>maximum</i>	150	150
<i>Lane change</i>	<i>Waiting time before diffusion (s)</i>		60	130
	<i>Min. Headway (front/rear) (m)</i>		0,5	0,1
<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	0,2
	<i>Minimum distance driving (m)</i>		1,0	0,3
	<i>Overtake on same lane</i>		<i>None</i>	<i>Left</i>
				<i>Right</i>
<i>Signal Controller</i>	<i>Behavior at red/amber signal</i>		<i>Stop (same as red)</i>	<i>Go (same as green)</i>

Berdasarkan Tabel 5.28 yang memuat perubahan komponen perilaku berkendara (*driving behaviour*), hasil dari proses kalibrasi dapat ditinjau melalui perbandingan secara visual pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15, yang masing-masing merepresentasikan model sebelum dan setelah proses kalibrasi dilakukan.



Gambar 5. 14 Pemodelan Kondisi Awal (*default*) Sebelum Kalibrasi



Gambar 5. 15 Pemodelan Kondisi Setelah Proses Kalibrasi

disajikan hasil perhitungan uji validasi menggunakan metode GEH dan MAPE terhadap hasil pemodelan setelah dilakukan kalibrasi.

1. Perhitungan Volume Kendaraan

a. Pendekat Timur (Jl. Jembatan Baru UGM)

$$\begin{aligned}
 \text{GEH} &= \sqrt{\frac{(Q_{\text{simulasi}} - Q_{\text{eksisting}})^2}{0,5 \times (Q_{\text{eksisting}} + Q_{\text{simulasi}})}} \\
 &= \sqrt{\frac{(1843 - 1851)^2}{0,5 \times (1843 + 1851)}} \\
 &= 0,19
 \end{aligned}$$

b. Pendekat Selatan (Jl. Nyi Tjondrolukito)

$$\begin{aligned}
 GEH &= \sqrt{\frac{(Q_{simulasi} - Q_{eksisting})^2}{0,5 \times (Q_{eksisting} + Q_{simulasi})}} \\
 &= \sqrt{\frac{(2030 - 2006)^2}{0,5 \times (2030 + 2006)}} \\
 &= 0,53
 \end{aligned}$$

c. Pendekat Barat (Jl. Selokan Mataram)

$$\begin{aligned}
 GEH &= \sqrt{\frac{(Q_{simulasi} - Q_{eksisting})^2}{0,5 \times (Q_{eksisting} + Q_{simulasi})}} \\
 &= \sqrt{\frac{(1617 - 1611)^2}{0,5 \times (1617 + 1611)}} \\
 &= 0,15
 \end{aligned}$$

d. Pendekat Utara (Jl. Nyi Tjondrolukito)

$$\begin{aligned}
 GEH &= \sqrt{\frac{(Q_{simulasi} - Q_{eksisting})^2}{0,5 \times (Q_{eksisting} + Q_{simulasi})}} \\
 &= \sqrt{\frac{(1934 - 1915)^2}{0,5 \times (1934 + 1942)}} \\
 &= 0,43
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Panjang Antrean

a. Pendekat Timur (Jl. Jembatan Baru UGM)

$$\begin{aligned}
 MAPE &= \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{125 - 106,35}{125} \right| \times 100\% \\
 &= 14,92 \%
 \end{aligned}$$

b. Pendekat Selatan (Jl. Nyi Tjondrolukito)

$$\begin{aligned}
 MAPE &= \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{200 - 255,94}{200} \right| \times 100\% \\
 &= 27,97 \%
 \end{aligned}$$

c. Pendekat Barat (Jl. Selokan Mataram)

$$\begin{aligned}
 MAPE &= \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{70 - 72,14}{70} \right| \times 100\% \\
 &= 0,91 \%
 \end{aligned}$$

- d. Pendekat Utara (Jl. Nyi Tjondrolukito)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At-Ft}{At} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{359,79 - 355}{355} \right| \times 100\% \\ &= 1 \% \end{aligned}$$

4. Perhitungan Kecepatan Kendaraan

- a. Pendekat Timur (Jl. Jembatan Baru UGM)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At-Ft}{At} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{33,21 - 36,15}{33,21} \right| \times 100\% \\ &= 8,85 \% \end{aligned}$$

- b. Pendekat Selatan (Jl. Nyi Tjondrolukito)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At-Ft}{At} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{31,17 - 36,71}{31,17} \right| \times 100\% \\ &= 17,79 \% \end{aligned}$$

- c. Pendekat Barat (Jl. Selokan Mataram)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At-Ft}{At} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{31,56 - 36,55}{31,56} \right| \times 100\% \\ &= 15,81 \% \end{aligned}$$

- d. Pendekat Utara (Jl. Nyi Tjondrolukito)

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} A \sum_{t=1}^n \left| \frac{At-Ft}{At} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{32,08 - 30,98}{32,08} \right| \times 100\% \\ &= 3,43 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, Tabel 5.24 menyajikan rincian hasil pemodelan volume lalu lintas serta uji validasi menggunakan metode GEH pada kondisi setelah dilakukan proses kalibrasi.

Tabel 5. 24 Hasil Pemodelan Volume Lalu Lintas Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM Setelah Kalibrasi

Pendekat	Volume Lalu Lintas Eksisting	Volume Lalu Lintas Pemodelan PTV VISSIM	Nilai GEH	Keterangan
	(kend/jam)	(kend/jam)		
Timur	1843	1851	0,20	Hasil Terpenuhi dan Layak Diterima
Selatan	2030	2006	0,54	Hasil Terpenuhi dan Layak Diterima
Barat	1617	1611	0,15	Hasil Terpenuhi dan Layak Diterima
Utara	1934	1942	0,19	Hasil Terpenuhi dan Layak Diterima

Merujuk pada Tabel 5.24 Hasil pemodelan volume kendaraan menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM pada kondisi setelah dilakukan kalibrasi menunjukkan nilai GEH kurang dari 1 ($GEH < 1$). Nilai tersebut mengindikasikan bahwa pemodelan tersebut telah memenuhi kriteria validasi GEH, di mana nilai yang ditetapkan adalah kurang dari 5 ($GEH < 5$).

Selanjutnya, Tabel 5.25 dan Tabel 5.26 berikut ini menyajikan rincian hasil pemodelan panjang antrean dan kecepatan kendaraan, disertai dengan uji validasi menggunakan metode MAPE (*mean absolute percentage error*) pada kondisi setelah dilakukan proses kalibrasi.

Tabel 5. 25 Hasil Pemodelan Panjang Antrean Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM Setelah Kalibrasi

Pendekat	Panjang Antrean (P_A) Eksisting	Panjang Antrean (P_A) Pemodelan PTV VISSIM	Nilai MAPE	Keterangan
	(m)	(m)	(%)	
Timur	125	106,35	14,92	Hasil Prediksi Cukup Akurat
Selatan	200	255,94	27,97	Hasil Prediksi Akurat
Barat	70	70,64	0,91	Hasil Prediksi Sangat Akurat
Utara	355	355,34	0,10	Hasil Prediksi Sangat Akurat

Tabel 5. 26 Hasil Pemodelan Kecepatan Kendaraan Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM Setelah Kalibrasi

Pendekat	Rata-rata Kecepatan Kendaraan Hasil Survei	Rata-rata Kecepatan Kendaraan Pemodelan VISSIM	Nilai MAPE	Keterangan
	(km/jam)	(km/jam)	(%)	
Timur	33,21	36,15	8,85	Hasil Prediksi Sangat Akurat
Selatan	31,17	36,71	17,79	Hasil Prediksi Akurat
Barat	31,56	36,55	15,81	Hasil Prediksi Akurat
Utara	32,08	30,98	3,43	Hasil Prediksi Sangat Akurat

Merujuk pada Tabel 5.25 dan Tabel 5.26, menunjukkan bahwa hasil pemodelan panjang antrean dan kecepatan kendaraan setelah dilakukan proses kalibrasi menunjukkan nilai MAPE berada dibawah ambang batas yang telah ditetapkan, yaitu kurang dari 50% ($MAPE \leq 50\%$). Nilai tersebut mengindikasikan bahwa hasil pemodelan telah memenuhi kriteria validasi MAPE, sehingga dapat dinyatakan hasil prediksi akurat dalam merepresentasikan kondisi nyata di lapangan.

5.4.3 Perbandingan Analisis Eksisting Metode PKJI dengan PTV VISSIM

Analisis kondisi eksisting dengan menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan pemodelan menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM menghasilkan sejumlah perbedaan dalam parameter lalu lintas yang dikaji. Hal ini mencerminkan perbedaan pendekatan antara metode analitis dan simulasi mikroskopik, Perbandingan hasil kedua metode disajikan pada Tabel 5.27.

Tabel 5. 27 Perbandingan Hasil Analisis Metode PKJI 2023 dan PTV VISSIM

Parameter	Satuan	PKJI 2023				PTV VISSIM			
		T	S	B	U	T	S	B	U
Derajat Kejenuhan	-	0,91	1,18	0,77	1,35	0,92	1,14	0,76	1,35
Rata-rata D _j Simpang	-	1,05				1,05			
Panjang Antrean	m	130	234	95	243	106,35	255,94	70,64	355,34
Tundaan	det/SMP	70,04	150,6	57,1	220,7	45,65	122,18	39,23	189,48
Tundaan Simping	det/kend	129,83				95,8			
Tingkat Pelayanan Simping	-	F				F			

Berdasarkan Tabel 5.27, ditemukan sejumlah perbedaan dalam parameter yang dianalisis, khususnya pada parameter panjang antrean, dan tundaan simpang. Nilai panjang antrean yang diperoleh dari pemodelan PTV VISSIM cenderung lebih tinggi dibandingkan perhitungan analisis menggunakan PKJI 2023. Sebaliknya, nilai tundaan simpang yang diperoleh dari analisis menggunakan PKJI 2023 justru lebih besar dibandingkan dengan hasil simulasi PTV VISSIM. Perbedaan ini dimungkinkan, karena PKJI 2023 menggunakan pendekatan matematis berbasis standar nasional yang berlaku di Indonesia, sementara PTV VISSIM menggunakan pendekatan simulasi mikroskopik yang memperhitungkan perilaku dinamis kendaraan serta kondisi riil di lapangan.

5.5 Alternatif Solusi

Upaya perbaikan kinerja lalu lintas di Simpang 4 APILL Pogung dilakukan melalui pendekatan alternatif solusi yang dianalisis menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan disimulasikan secara mikroskopik dengan perangkat lunak PTV VISSIM. Dalam kajian ini, dikembangkan tiga

skenario perbaikan dan peningkatan kinerja simpang. Alternatif pertama adalah penyesuaian waktu hijau pada setiap pendekat menggunakan metode perhitungan yang ada di dalam PKJI 2023. Alternatif kedua berfokus pada penyesuaian waktu siklus berdasarkan waktu siklus ideal yang direkomendasikan oleh PKJI 2023. Alternatif ketiga mengusulkan pengaturan ulang waktu siklus yang disertai dengan penerapan kebijakan ganjil-genap pada ruas Jalan Nyi Tjondrolukito.

5.5.1 Alternatif solusi 1

Alternatif pertama dalam penelitian ini berupa penyesuaian waktu isyarat hijau pada sistem sinyal lalu lintas di simpang. Tahapan awal meliputi perhitungan komposisi waktu isyarat hijau pada siklus eksisting, yaitu waktu siklus 132 detik. Berikut ini merupakan perhitungan untuk menghitung komposisi waktu isyarat hijau (W_{Hi}).

1. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} W_{Hi} &= (s - W_{HH}) \times \frac{R_{q/J \text{ Kritis}}}{\sum_i (R_{q/J \text{ Kritis}})_i} \\ &= (132 - 16) \times \frac{0,222}{0,927} \\ &= 25 \text{ detik} \end{aligned}$$

2. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} W_{Hi} &= (s - W_{HH}) \times \frac{R_{q/J \text{ Kritis}}}{\sum_i (R_{q/J \text{ Kritis}})_i} \\ &= (132 - 16) \times \frac{0,259}{0,927} \\ &= 33 \text{ detik} \end{aligned}$$

3. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} W_{Hi} &= (s - W_{HH}) \times \frac{R_{q/J \text{ Kritis}}}{\sum_i (R_{q/J \text{ Kritis}})_i} \\ &= (132 - 16) \times \frac{0,169}{0,927} \\ &= 21 \text{ detik} \end{aligned}$$

4. Pendekat Utara

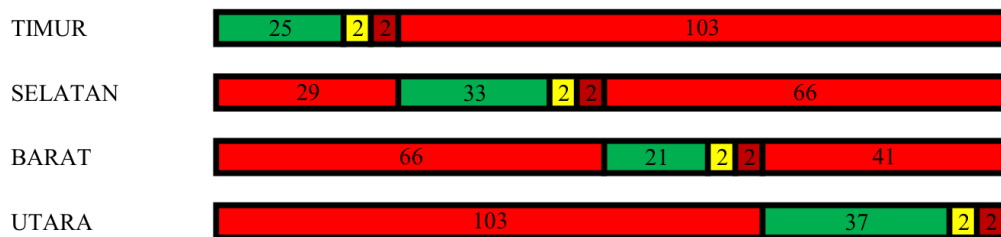
$$\begin{aligned} W_{Hi} &= (s - W_{HH}) \times \frac{R_{q/J \text{ Kritis}}}{\sum_i (R_{q/J \text{ Kritis}})_i} \\ &= (132 - 16) \times \frac{0,297}{0,927} \end{aligned}$$

= 37 detik

Berdasarkan perhitungan di atas, Tabel 5.28 menyajikan rincian penyesuaian waktu isyarat hijau (W_{HI}) yang telah dilakukan. Penyesuaian ini bertujuan untuk mengoptimalkan distribusi waktu isyarat hijau pada setiap pendekat simpang guna meningkatkan kinerja lalu lintas secara keseluruhan sesuai dengan pendekatan yang dianjurkan di dalam PKJI 2023.

Tabel 5. 28 Rekapitulasi Penyesuaian Waktu Isyarat Hijau (W_{HI})

Pendekat	Fase ke-	Waktu Isyarat			Rasio Hijau (R_H)	Waktu siklus (detik)
		Hijau (detik)	Kuning (detik)	Merah semua (detik)		
Timur	1	25	2	2	0,19	132
Selatan	2	33	2	2	0,25	
Barat	3	21	2	2	0,16	
Utara	4	37	2	2	0,28	



Gambar 5. 16 Diagram Waktu Siklus 132 detik untuk Alternatif 1 Simpang 4 APILL Pogung

Penyesuaian terhadap waktu hijau berkontribusi terhadap perubahan nilai kapasitas dan derajat kejenuhan pada setiap pendekat di simpang APILL. Rincian perhitungan kapasitas serta derajat kejenuhan untuk setiap pendekat pada skenario alternatif solusi 1 disajikan berikut ini.

1. Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 \text{a. } C &= J \times \frac{W_H}{s} \\
 &= 3346 \times \frac{25}{132} \\
 &= 634
 \end{aligned}$$

$$\text{b. } D_J = \frac{q}{c}$$

$$= \frac{678}{634}$$

$$= 1,07$$

2. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} \text{a. } C &= J \times \frac{WH}{s} \\ &= 2703 \times \frac{33}{132} \\ &= 676 \\ \text{b. } D_j &= \frac{q}{c} \\ &= \frac{683}{676} \\ &= 1,01 \end{aligned}$$

3. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} \text{a. } C &= J \times \frac{WH}{s} \\ &= 3654 \times \frac{21}{132} \\ &= 581 \\ \text{b. } D_j &= \frac{q}{c} \\ &= \frac{616}{581} \\ &= 1,06 \end{aligned}$$

4. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} \text{a. } C &= J \times \frac{WH}{s} \\ &= 2637 \times \frac{37}{132} \\ &= 739 \\ \text{b. } D_j &= \frac{q}{c} \\ &= \frac{785}{739} \\ &= 1,06 \end{aligned}$$

Sebagai bentuk evaluasi terhadap kinerja lalu lintas, Tabel 5.29 menyajikan ringkasan hasil analisis nilai kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (D_j) pada Simpang 4 APILL Pogung .

Tabel 5. 29 Rekapitulasi Analisis Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J) Alternatif Solusi 1 Simpang 4 APILL Pogung

Pendekat	Ruas Jalan	Kapasitas (SMP/Jam)	Derajat Kejenuhan	Keterangan
Timur	Jl. Jembatan Baru UGM	634	1,07	Terjadi Kemacetan
Selatan	Jl. Nyi Tjondrolukito	676	1,01	Terjadi Kemacetan
Barat	Jl. Selokan Mataram	581	1,06	Terjadi Kemacetan
Utara	Jl. Nyi Tjondrolukito	739	1,06	Terjadi Kemacetan

Setelah dilakukan penyesuaian waktu isyarat hijau (W_{Hi}), tahapan berikutnya merupakan simulasi pemodelan kinerja lalu lintas dengan menggunakan PTV VISSIM. Simulasi ini dilakukan dengan menerapkan skema alternatif solusi 1, yang mencakup perubahan pengaturan waktu sinyal (*signal control*). Hasil rekapitulasi analisis dan simulasi tersebut dapat dilihat pada uraian berikut.

Tabel 5. 30 Rekapitulasi Hasil Pemodelan PTV VISSIM Alternatif Solusi 1

No	Parameter	Satuan	Kode Pendekat			
			T	S	B	U
1	Derajat Kejenuhan	-	1,07	1,01	1,06	1,06
2	Rata-rata Derajat kejenuhan simpang	-	1,05			
3	Panjang Antrean	m	118,56	219,85	76,38	160,76
4	Tundaan	det/Kend	46,26	55,29	78,13	46,57
5	Tundaan Simpang	det/Kend	57,21			
6	Tingkat Pelayanan Simpang	-	E			

Berdasarkan Tabel 5.30, diperoleh hasil tundaan simpang sebesar 57,21 detik/Kendaraan dengan kategori tingkat pelayanan E. Perubahan dan penyesuaian komposisi waktu isyarat hijau (W_{Hi}) menyebabkan nilai panjang antrean pada Pendekat Utara dan Selatan mengalami penurunan meski nilai dari derajat kejenuhan rata-rata tetap sama dengan besar nilai 1,05. meskipun sudah dilakukan penerapan alternatif berupa penyesuaian waktu isyarat hijau (W_{Hi}) dengan tetap mempertahankan waktu siklus eksisting, Hasil evaluasi kinerja masih menunjukkan

tingkat pelayanan pada kategori E, dengan nilai $D_j > 0,85$ yang mengindikasikan kondisi belum optimal.

5.5.2 Alternatif solusi 2

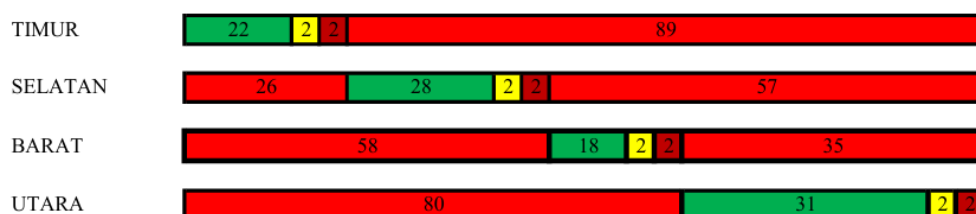
Alternatif kedua dalam upaya melakukan peningkatan kinerja simpang adalah dengan melakukan penyesuaian serta perubahan pada waktu siklus sesuai dengan waktu siklus ideal yang disarankan di dalam PKJI 2023 yaitu 80 s/d 130 detik pada sistem sinyal lalu lintas di simpang. Tahapan awal meliputi penentuan waktu siklus yang dilakukan melalui metode uji coba secara berulang hingga mendapatkan waktu siklus optimal, dengan memperhatikan perubahan dari nilai tundaan pemodelan PTV VISSIM. Urutan fase, waktu merah semua (W_{MS}), waktu kuning (W_K), serta waktu hijau hilang total (W_{HH}) mengikuti konfigurasi eksisting. Tabel 5.31 dan Gambar 5.17 berikut menyajikan rekapitulasi hasil uji coba secara berulang untuk penyesuaian waktu siklus (s) dan komposisi waktu isyarat hijau (W_{Hi}).

Tabel 5. 31 Penentuan Waktu Siklus (s) dan Waktu Hijau (W_{Hi}) pada Alternatif Solusi 2

Pengujian Ke-	Pendekat	Waktu Isyarat (det)			Waktu Siklus (det)	Urutan Fase ke-	Tundaan (det/Kend)
		W_{Hi}	W_K	W_{MS}			
1	Timur	25	2	2	130	1	54,601
	Selatan	32	2	2	130	2	
	Barat	21	2	2	130	3	
	Utara	36	2	2	130	4	
2	Timur	23	2	2	125	1	55,664
	Selatan	31	2	2	125	2	
	Barat	20	2	2	125	3	
	Utara	35	2	2	125	4	
3	Timur	23	2	2	120	1	54,305
	Selatan	29	2	2	120	2	
	Barat	19	2	2	120	3	
	Utara	33	2	2	120	4	
4	Timur	22	2	2	115	1	51,727
	Selatan	28	2	2	115	2	
	Barat	18	2	2	115	3	
	Utara	31	2	2	115	4	

Lanjutan Tabel 5. 31 Penentuan Waktu Siklus (s) dan Waktu Hijau (W_{Hi}) pada Alternatif Solusi 2

Pengujian Ke-	Pendekat	Waktu Isyarat (det)			Waktu Siklus (det)	Urutan Fase ke-	Tundaan (det/Kend)
		W _{Hi}	W _K	W _{MS}			
5	Timur	21	2	2	110	1	55,767
	Selatan	26	2	2	110	2	
	Barat	17	2	2	110	3	
	Utara	30	2	2	110	4	



Gambar 5. 17 Diagram Waktu Siklus 115 detik untuk Alternatif 2 Simpang 4 APILL Pogung

Berdasarkan rincian pada Tabel 5.31, Pengujian ke-4 merupakan waktu siklus yang optimal, karena pada waktu tersebut besarnya nilai tundaan lebih sedikit dibandingkan dengan pengujian lainnya. Sehingga pada alternatif solusi kedua ini ditentukan waktu siklusnya sebesar 115 detik ($s = 115$ detik). Penyesuaian waktu siklus berkontribusi terhadap perubahan nilai kapasitas serta derajat kejenuhannya. Rincian perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan pada skenario alternatif solusi kedua disajikan sebagai berikut.

1. Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 \text{a. } C &= J \times \frac{WH}{s} \\
 &= 3346 \times \frac{22}{115} \\
 &= 640 \\
 \text{b. } D_J &= \frac{q}{c} \\
 &= \frac{678}{640}
 \end{aligned}$$

$$= 1,06$$

2. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} \text{a. } C &= J \times \frac{WH}{s} \\ &= 2703 \times \frac{28}{115} \\ &= 658 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } D_j &= \frac{q}{c} \\ &= \frac{683}{658} \\ &= 1,04 \end{aligned}$$

3. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} \text{a. } C &= J \times \frac{WH}{s} \\ &= 3654 \times \frac{18}{115} \\ &= 572 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } D_j &= \frac{q}{c} \\ &= \frac{616}{572} \\ &= 1,08 \end{aligned}$$

4. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} \text{a. } C &= J \times \frac{WH}{s} \\ &= 2637 \times \frac{31}{115} \\ &= 711 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } D_j &= \frac{q}{c} \\ &= \frac{785}{711} \\ &= 1,10 \end{aligned}$$

Sebagai bentuk evaluasi terhadap kinerja lalu lintas, Tabel 5.32 menyajikan ringkasan hasil analisis nilai kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (D_j) pada Simpang 4 APILL Pogung .

Tabel 5. 32 Rekapitulasi Analisis Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_j) Alternatif Solusi 2 Simpang 4 APILL Pogung

Pendekat	Ruas Jalan	Kapasitas (SMP/Jam)	Derajat Kejenuhan	Keterangan
Timur	Jl. Jembatan Baru UGM	640	1,05	Terjadi Kemacetan
Selatan	Jl. Nyi Tjondrolukito	658	1,06	Terjadi Kemacetan
Barat	Jl. Selokan Mataram	572	1,08	Terjadi Kemacetan
Utara	Jl. Nyi Tjondrolukito	711	1,10	Terjadi Kemacetan

Setelah dilakukan penyesuaian waktu siklus (s) dan waktu isyarat hijau (W_{Hi}), tahapan berikutnya merupakan simulasi pemodelan kinerja lalu lintas dengan menggunakan PTV VISSIM. Simulasi ini dilakukan dengan menerapkan skema alternatif solusi 2, yang mencakup perubahan pengaturan waktu siklus sinyal (*signal control*). Hasil rekapitulasi analisis dan simulasi tersebut dapat dilihat pada uraian berikut.

Tabel 5. 33 Rekapitulasi Hasil Pemodelan PTV VISSIM Alternatif Solusi 2

No	Parameter	Satuan	Kode Pendekat			
			T	S	B	U
1	Derajat Kejenuhan	-	1,06	1,04	1,08	1,10
2	Rata-rata Derajat kejenuhan simpang	-	1,07			
3	Panjang Antrean	m	102,62	169,21	70,41	186,64
4	Tundaan	det/Kend	48,01	62,02	40,82	53,64
5	Tundaan Simpang	det/Kend	51,727			
6	Tingkat Pelayanan Simpang	-	E			

Berdasarkan Tabel 5.33, diperoleh hasil tundaan simpang sebesar 51,71 detik/Kendaraan dengan kategori tingkat pelayanan E. Perubahan dan penyesuaian komposisi waktu siklus (s) dan waktu isyarat hijau (W_{Hi}) menyebabkan nilai

panjang antrean pada Pendekat Utara dan Selatan mengalami penurunan meski nilai dari derajat kejenuhan rata-rata mengalami kenaikan dengan besar nilai 1,07. meskipun sudah dilakukan penerapan alternatif berupa penyesuaian waktu siklus (s) dan waktu isyarat hijau (W_{Hi}), Hasil evaluasi kinerja masih menunjukkan tingkat pelayanan pada kategori E, dengan nilai $D_j > 0,85$ yang mengindikasikan kondisi belum optimal.

5.5.3 Alternatif solusi 3

Alternatif solusi ketiga dalam upaya meningkatkan kinerja simpang adalah melalui kebijakan kendaraan ganjil-genap pada ruas Jalan Nyi Tjondrolukito, dengan harapan volume kendaraan bisa berkurang. Menurut Rakhman dkk (2020), implementasi kebijakan pembatasan berdasarkan nomor pelat ganjil-genap terbukti dapat menurunkan volume lalu lintas sebesar 43,09%.

Implementasi kebijakan ganjil-genap ini dikhususkan pada tipe kendaraan mobil penumpang (MP) dan kendaraan sedang (KS). Volume yang berasal dari Pendekat Utara dan Selatan yang termasuk kategori tersebut dikurangi sebesar 43,09%. Implementasi kebijakan ini serupa untuk Pendekat Timur dan Barat, yang dimana kendaraan mengalami pergerakan berbelok ke arah kanan dan kiri menuju Jalan Nyi Tjondrolukito. Adapun kendaraan hanya kendaraan yang lurus dari Pendekat Timur dan Barat tidak dikenakan pembatasan.

1. Volume Kendaraan Pasca Implementasi Ganjil-genap

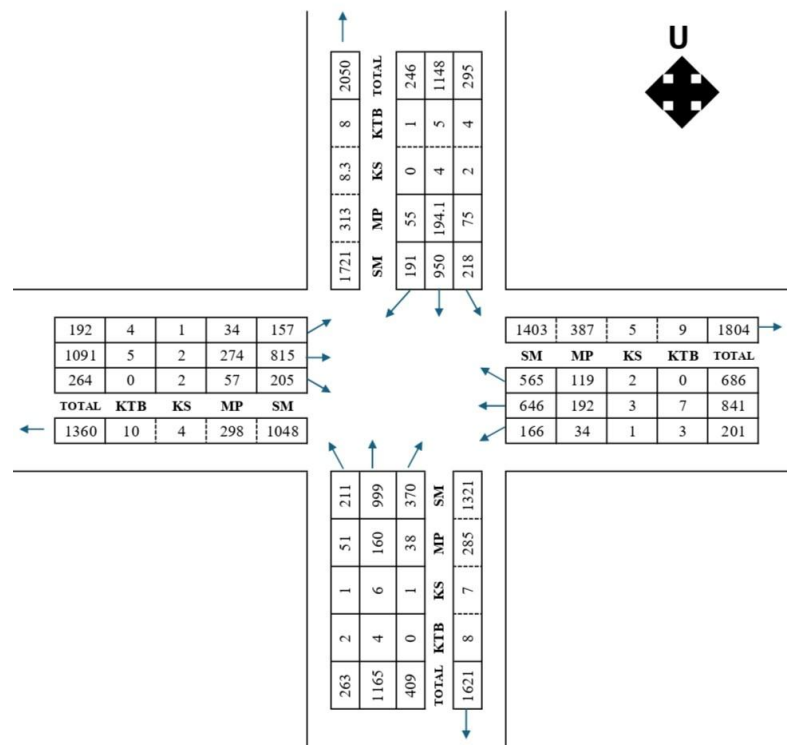
Penerapan kebijakan pembatasan kendaraan melalui skema ganjil-genap di sepanjang Jl. Nyi Tjondrolukito diperkirakan dapat mengurangi volume kendaraan yang melintas maupun menuju jalan tersebut sebesar 43,09%. Perubahan volume kendaraan ini akhirnya dapat berdampak pada berkurangnya nilai derajat kejenuhan (D_j), panjang antrean (P_A), serta waktu tundaan (T) di simpang tersebut. Uraian berikut menyajikan contoh perhitungan volume kendaraan pada salah satu pendekat.

a. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} 1) \text{ Belok Kiri } (B_{Ki}) &= SM + \left[MP \times \left(1 - \frac{43,09}{100} \right) \right] + \left[KS \times \left(1 - \frac{43,09}{100} \right) \right] \\ &= 166 + \left[58 \times \left(1 - \frac{43,09}{100} \right) \right] + \left[1 \times \left(1 - \frac{43,09}{100} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 201 \text{ Kend/Jam} \\
 2) \text{ Lurus (LRS)} &= SM + MP + KS \\
 &= 646 + 192 + 3 \\
 &= 841 \text{ Kend/Jam} \\
 3) \text{ Belok Kanan (B}_{Ka}) &= SM + \left[MP \times \left(1 - \frac{43,09}{100} \right) \right] + \left[KS \times \left(1 - \frac{43,09}{100} \right) \right] \\
 &= 565 + \left[209 \times \left(1 - \frac{43,09}{100} \right) \right] + \left[3 \times \left(1 - \frac{43,09}{100} \right) \right] \\
 &= 686 \text{ Kend/Jam} \\
 4) \sum q_{TOTAL} &= B_{Ki} + LRS + B_{Ka} \\
 &= 201 + 841 + 686 \\
 &= 1728 \text{ Kend/Jam}
 \end{aligned}$$

Gambar 5.18 berikut menyajikan jumlah kendaraan serta distribusi arah pergerakan pasca diterapkan ganjil-genap dalam satuan kendaraan per jam (Kend/Jam).



Gambar 5. 18 Distribusi Pergerakan Volume Lalu Lintas Simpang 4 APILL Pogung Pasca Implementasi Ganjil-genap

Berdasarkan hasil perhitungan, Tabel 5.34 berikut ini merupakan jumlah volume lalu lintas terhadap setiap pendekat pada Simpang 4 APILL Pogung pasca implementasi ganjil-genap.

Tabel 5. 34 Rekapitulasi Volume Kendaraan Pasca Implementasi Ganjil-genap Simpang 4 APILL Pogung

Pendekat	Arah	SM		MP		KS		Total Kendaraan Bermotor			Rasio Belok
		EMP = 0,15		EMP = 1		EMP = 1,3					
		kend/jam	SMP/jam	kend/jam	SMP/jam	kend/jam	SMP/jam	kend / jam	SMP/jam		
Timur	BKi	166	24,9	34	34	1	1,3	201	60,20	559,35	0,108
	LRS	646	96,9	192	192	3	3,9	841	292,80		-
	Bka	565	84,75	199	199	2	2,6	686	206,35		0,369
Selatan	BKi	211	31,65	51	51	1	1,3	263	83,95	496,40	0,169
	LRS	999	149,8	160	160	6	7,8	1165	317,65		-
	Bka	370	55,5	38	38	1	1,3	409	94,80		0,191
Barat	BKi	157	23,55	34	34	1	1,3	192	58,85	566,05	0,104
	LRS	815	122,2	274	274	2	2,6	1091	398,85		-
	Bka	205	30,75	57	57	2	2,6	264	108,35		0,191
Utara	BKi	218	32,7	75	75	2	2,6	295	110,30	535,65	0,206
	LRS	950	142,5	194	194	4	5,2	1148	341,70		-
	Bka	191	28,6	55	55	0	0	246	83,65		0,156

2. Penentuan Arus Jenuh (J) dan Waktu Siklus (s)

Dalam menentukan waktu siklus dengan skema kebijakan penerapan ganjil genap, diperlukan dua parameter utama yaitu nilai waktu hijau hilang per siklus (W_{HH}) dan nilai rasio perbandingan volume terhadap arus jenuh ($R_{q/J}$). Oleh karena itu sebagai dasar perhitungan lebih lanjut, diperlukan nilai arus jenuh (J)

pada setiap pendekat simpang. Adapun Tabel 5.35 merupakan rekapitulasi nilai arus jenuh (J) disajikan sebagai berikut.

Tabel 5. 35 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Pasca Implementasi Ganjil-genap

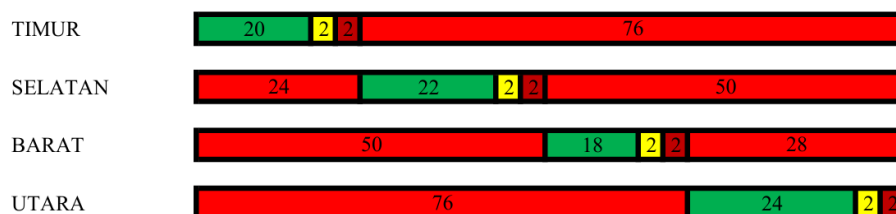
Parameter	Satuan	Kode Pendekat			
		T	S	B	U
Volume (q)	SMP	559	496	566	536
Arus Jenuh Dasar (J_0)	SMP/Jam	3353	2677	3671	2632
Faktor Hambatan Samping (F_{HS})	-	0,99	0,93	0,94	0,92
Faktor Ukuran Kota (F_{UK})	-	1,00	1,00	1,00	1,00
Faktor Gradien (F_G)	-	1,00	1,00	1,01	1,00
Faktor Parkir (F_P)	-	1,00	1,00	1,00	1,00
Faktor Belok Kiri (F_{BKl})	-	0,98	0,97	0,98	0,97
Faktor Belok Kanan (F_{BKk})	-	1,00	1,05	1,00	1,04
Arus Jenuh (J)	SMP/Jam	3353	2677	3671	2632
Rasio q/J ($R_{q/J}$)	-	0,167	0,185	0,154	0,203
$\sum R_{q/Jkritis}$	-	0,710			

Berdasarkan Tabel 5.35, setelah diperoleh nilai arus jenuh (J) dan rasio antara volume dan arus jenuh ($R_{q/J}$), Perhitungan waktu siklus dapat dilakukan. Berikut ini disajikan rincian perhitungan waktu siklus beserta rekapitulasi distribusi waktu hijau dapat dilihat pada Tabel 5.36 dan Gambar 5.19.

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{(1,5 \times W_{HH} + 5)}{(1 - \sum R_{q/jkritis})} \\
 &= \frac{(1,5 \times 16 + 5)}{(1 - 0,71)} \\
 &= 100 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 5. 36 Rekapitulasi Penyesuaian Waktu Siklus (s) dan Waktu Isyarat Hijau (W_{Hi}) Pasca Implementasi Ganjil-genap

Pendekat	Fase ke-	Waktu Isyarat			Rasio Hijau (R _H)	Waktu siklus (detik)
		Hijau (detik)	Kuning (detik)	Merah semua (detik)		
Timur	1	20	2	2	0,20	100
Selatan	2	22	2	2	0,22	
Barat	3	18	2	2	0,18	
Utara	4	24	2	2	0,24	



Gambar 5. 19 Diagram Waktu Siklus 115 detik untuk Alternatif 3 Simpang 4 APILL Pogung

Berdasarkan perhitungan serta rincian pada Tabel 5.36, penentuan waktu siklus yang digunakan dalam alternatif solusi ketiga sebesar 100 detik ($s = 100$ detik). Penyesuaian waktu siklus (s) dan waktu isyarat hijau (W_{Hi}) berkontribusi terhadap nilai kapasitas (C) dan derajat kejenuhannya (D_j). Dengan diperoleh waktu waktu siklus dan waktu isyarat hijau tersebut, maka analisis kinerja pasca implementasi ganjil-genap dapat dilakukan.

3. Rekapitulasi Analisis Kinerja Pasca Implementasi Ganjil-genap

Berdasarkan analisis kinerja pada masing-masing pendekat setelah dilakukan penerapan ganjil-genap, terjadi perubahan pada nilai kapasitas dan derajat

kejenuhannya. Tabel 5.37 merupakan hasil rekapitulasi dari analisis kinerja pasca implementasi ganjil-genap.

Tabel 5. 37 Rekapitulasi Analisis Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_j) Alternatif Solusi 3 Simpang 4 APILL Pogung

Pendekat	Ruas Jalan	Volume Lalu Lintas	Kapasitas	Derajat Kejenuhan
		(SMP/Jam)	(SMP/Jam)	
Timur	Jl. Jembatan Baru UGM	559	671	0,83
Selatan	Jl. Nyi Tjondrolukito	496	589	0,84
Barat	Jl. Selokan Mataram	566	661	0,85
Utara	Jl. Nyi Tjondrolukito	536	632	0,84

4. Rekapitulasi Pemodelan PTV VISSIM Pasca Implementasi Ganjil-genap

Setelah dilakukan penyesuaian volume kendaraan akibat penerapan kebijakan ganjil-genap, serta penyesuaian waktu siklus (s) dan waktu isyarat hijau (W_{Hi}), tahapan berikutnya merupakan simulasi pemodelan kinerja lalu lintas dengan menggunakan PTV VISSIM. Simulasi ini dilakukan dengan menerapkan skema alternatif solusi 3, yang mencakup perubahan volume kendaraan serta pengaturan waktu siklus sinyal (*signal control*). Hasil rekapitulasi analisis dan simulasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.38 berikut.

Tabel 5. 38 Rekapitulasi Hasil Pemodelan PTV VISSIM Alternatif Solusi 3

Parameter	Satuan	Kode Pendekat			
		T	S	B	U
Derajat Kejenuhan	-	0,83	0,84	0,85	0,84
Rata-rata Derajat kejenuhan simpang	-	0,84			
Panjang Antrean	m	67,49	92,78	52,29	95,22
Tundaan	det/Kend	30,51	37,93	30,15	31,76
Tundaan Simpang	det/Kend	28,40			
Tingkat Pelayanan Simpang	-	D			

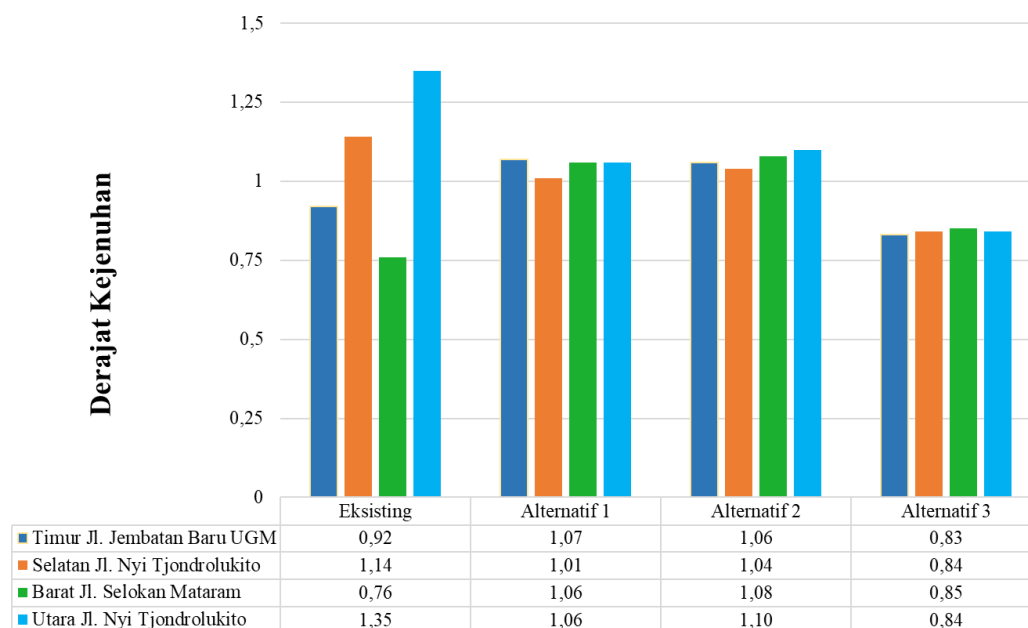
Berdasarkan Tabel 5.41, diperoleh hasil tundaan simpang sebesar 28,40 detik/Kendaraan dengan kategori tingkat pelayanan pada kategori D. Penerapan kebijakan ganjil-genap disertai penyesuaian waktu siklus memberikan dampak terhadap nilai panjang antrean, waktu tundaan dan derajat kejenuhannya. Hasil evaluasi kinerja menunjukkan bahwa meskipun tingkat pelayanan pada kategori D, kondisi lalu lintas telah menunjukkan perbaikan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai derajat kejenuhan rata-rata sebesar 0,84 ($D_j < 0,85$), yang mengindikasikan bahwa kinerja simpang telah berada dalam kondisi yang relatif optimal meski tingkat pelayanan masih pada kategori D.

5.6 Pembahasan Kinerja Simpang 4 APILL Pogung

Berdasarkan hasil analisis dan pemodelan simulasi menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM, diperoleh sejumlah alternatif solusi yang menunjukkan variasi kinerja. Alternatif solusi pertama dilakukan dengan menetapkan komposisi waktu isyarat hijau berdasarkan perhitungan di dalam PKJI 2023. Pada pendekatan ini, nilai waktu isyarat hijau dihitung serta disesuaikan secara berbeda untuk setiap pendekat, namun tetap mempertahankan waktu siklus total yang sama seperti pada kondisi eksisting. Sementara pada alternatif solusi kedua dilakukan penyesuaian waktu siklus dengan mengacu pada batasan yang disarankan di dalam PKJI 2023, dan diperoleh waktu siklus untuk alternatif ini sebesar 115 detik. Adapun pada alternatif solusi ketiga dilakukan dengan menerapkan kebijakan kendaraan ganjil-genap pada ruas Jalan Nyi Tjondrolukito, yaitu pada Pendekat Utara dan Pendekat Selatan, disertai dengan penyesuaian terhadap waktu siklus dan komposisi waktu isyarat hijau pada setiap pendekat. Perbandingan hasil evaluasi kinerja dari masing-masing alternatif pada Simpang 4 APILL Pogung disajikan pada bagian berikut.

5.6.1 Perbandingan Derajat Kejenuhan (D_j)

Derajat kejenuhan merupakan rasio antara volume lalu lintas dengan kapasitas pada suatu pendekat. Perbandingan nilai derajat kejenuhan pada kondisi eksisting dan setiap alternatif solusi disajikan pada Gambar 5.20 berikut.



Gambar 5. 20 Perbandingan Derajat Kejenuhan Pada Setiap Pendekat Kondisi Eksisting Terhadap Alternatif Solusi

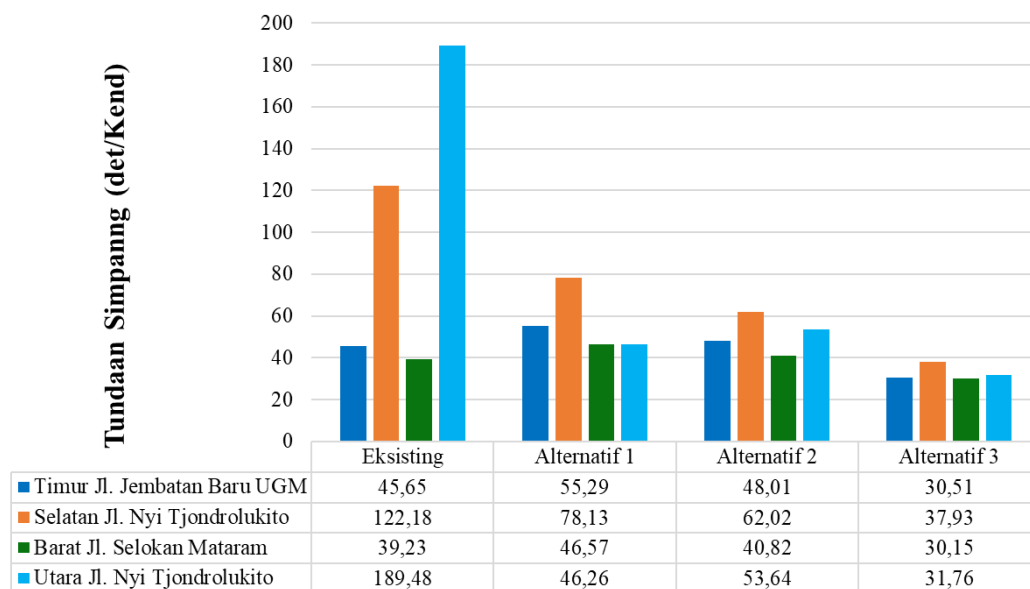
Gambar 5.20 merupakan rekapitulasi hasil variasi nilai derajat kejenuhan setiap pendekat pada Simpang 4 APILL Pogung. Pada alternatif ketiga, nilai derajat kejenuhan mengalami penurunan secara signifikan. Pada alternatif kedua, nilai derajat kejenuhan mengalami kenaikan yang disebabkan oleh penurunan kapasitas pendekat akibat waktu hijau dan waktu siklus yang relatif kecil, meskipun sudah menyesuaikan dengan rekomendasi PKJI 2023.

Fenomena serupa juga ditemukan pada studi sebelumnya yang dilakukan oleh Purnama dkk (2023), yang menunjukkan bahwa nilai derajat kejenuhan pada alternatif keempat nilainya tertinggi dibandingkan dengan alternatif lainnya, karena alternatif tersebut mengikuti rentang waktu yang direkomendasikan, yaitu 130 detik. Berdasarkan temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa selain dipengaruhi oleh arus jenuh (J), waktu isyarat hijau dan waktu siklus juga turut mempengaruhi derajat kejenuhan simpang pada masing-masing pendekat.

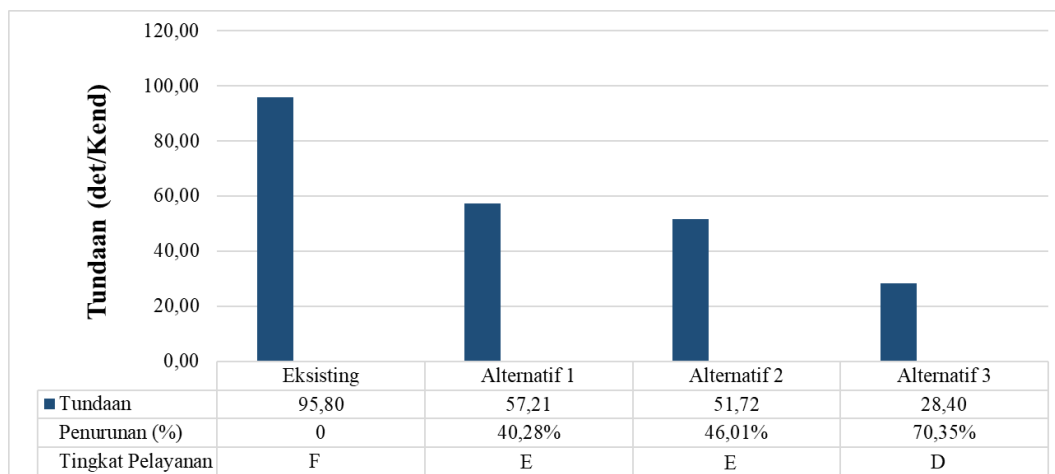
5.6.2 Perbandingan Tundaan dan Tingkat Pelayanan

Pada Simpang 4 APILL Pogung, terdapat perbedaan nilai tundaan antara kondisi eksisting dan beberapa alternatif solusi yang diterapkan, yang turut mempengaruhi tingkat pelayanan simpang. Rincian perbandingan tundaan

pemodelan PTV VISSIM untuk masing-masing setiap pendekat dapat dilihat pada Gambar 5.21, sementara Gambar 5.22 menampilkan rata-rata tundaan simpang secara keseluruhan dan tingkat pelayanan.



Gambar 5. 21 Perbandingan Tundaan Pada Setiap Pendekat Kondisi Eksisting Terhadap Alternatif Solusi

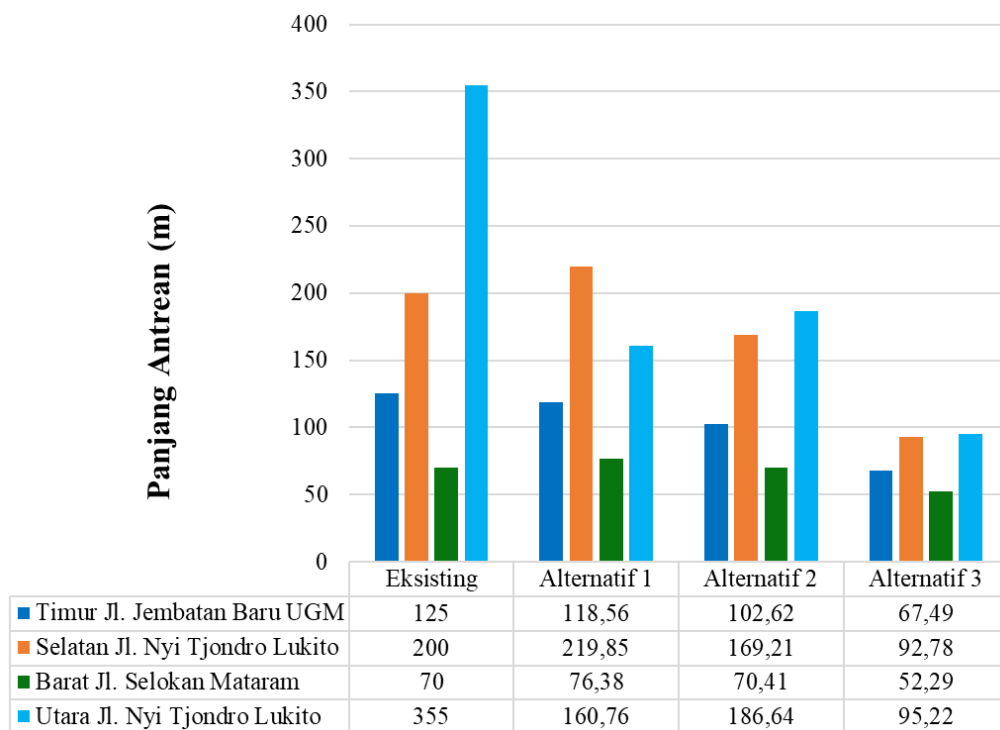


Gambar 5. 22 Perbandingan Tundaan Simpang dan Tingkat Pelayanan Kondisi Eksisting Terhadap Alternatif Solusi

Berdasarkan Gambar 5.22, dapat dilihat bahwa alternatif ketiga menunjukkan penurunan tundaan yang paling signifikan, dengan nilai tundaan sebesar 28,40 det/Kend dan tingkat pelayanan simpang berada pada kategori D.

5.6.3 Perbandingan Panjang Antrean

Pada Simpang 4 APILL Pogung, terdapat perbedaan panjang antrean antara kondisi eksisting dan beberapa alternatif solusi yang diterapkan. Rincian perbandingan panjang antrean yang didapat dari pemodelan PTV VISSIM untuk kondisi setiap pendekatan dapat dilihat pada Gambar 5.23.



Gambar 5. 23 Perbandingan Panjang Antrean Pada Kondisi Eksisting Terhadap Alternatif Solusi

Berdasarkan Gambar 5.23, terlihat adanya perbedaan besar nilainya panjang antrean pada setiap alternatif terhadap kondisi eksisting. Alternatif ketiga menunjukkan bahwa penerapan kebijakan ganjil-genap berdampak pada berkurangnya nilai panjang antrean dibandingkan dengan alternatif lainnya.

5.6.4 Perbandingan Kinerja Keseluruhan

Berikut ini merupakan perbandingan kinerja keseluruhan pada kondisi eksisting dan skema alternatif solusi yang telah dilakukan pemodelan menggunakan

perangkat lunak PTV VISSIM. Hasil Perbandingan tersebut disajikan secara rinci pada Tabel 5.39 berikut sebagai bagian dari evaluasi dan upaya peningkatan kinerja simpang.

Tabel 5. 39 Perbandingan Kinerja Simpang 4 APILL Pogung

Parameter	EKSISTING				ALTERNATIF 1				ALTERNATIF 2				ALTERNATIF 3			
Kode Pendekat	T	S	B	U	T	S	B	U	T	S	B	U	T	S	B	U
Derajat Kejenuhan (D_J)	0,92	1,14	0,76	1,35	1,07	1,01	1,06	1,06	1,06	1,04	1,08	1,10	0,83	0,84	0,85	0,84
Rata-rata D_J	1,05				1,05				1,07				0,84			
Panjang Antrean (meter)	125	200	70	355	118,56	219,85	76,38	160,76	102,62	169,21	70,41	186,64	67,49	92,78	52,29	95,22
Tundaan Setiap Pendekat (det/kend)	45,65	122,18	39,23	189,48	46,26	55,29	78,13	46,57	48,01	62,02	40,82	53,64	30,51	37,93	30,15	31,76
Tundaan Simpang (det/kend)	95,80				57,21				51,72				28,40			
Persentase Penurunan Tundaan (%)	-				40,85%				46,01%				70,35%			
Tingkat Pelayanan	F				E				E				D			

Penelitian Fadhlillah (2021) merekomendasikan perbaikan kinerja Simpang APILL Pogung melalui penyesuaian waktu siklus sinyal menjadi 102 detik. Namun, hasil dari penelitian tersebut kurang tepat dijadikan acuan untuk saat ini, karena penelitian dilaksanakan pada masa pandemi Covid-19 yang menyebabkan perbedaan periode dan kondisi. Selain itu, terdapat perbedaan pada hasil temuan, di mana penelitian Fadhlillah menunjukkan jam puncak terjadi pada hari Senin pukul 15.30 – 16.30 WIB, sedangkan penelitian ini menemukan jam puncak terjadi pada hari Sabtu pukul 16.00 – 17.00 WIB dengan rentang waktu survei yang lebih panjang. Penelitian ini juga sejalan dengan catatan dalam penelitian Fadhlillah yang menyarankan perlunya dilakukan survei ulang di luar masa pandemi agar diperoleh hasil yang lebih representatif terhadap kondisi aktual.

Sejalan dengan hal tersebut, Penelitian Erlangga dkk (2024) merekomendasikan perbaikan kinerja simpang melalui perubahan geometri menjadi simpang tidak sebidang dengan perencanaan *underpass* sebagai solusi alternatif. Namun, alternatif tersebut dinilai kurang tepat untuk diterapkan saat ini. Pertimbangan tersebut disebabkan oleh keberadaan Jembatan Baru UGM pada Pendekat Timur yang memiliki konstruksi cukup panjang, serta kondisi Pendekat Barat yang memiliki elevasi jalan sebesar 2% dan keberadaan saluran irigasi selokan mataram di sekitar pendekat tersebut. Faktor-faktor ini berpotensi menimbulkan dampak teknis maupun sosial yang signifikan apabila perubahan geometri dilakukan.

Berdasarkan hasil analisis, dari ketiga alternatif yang diuji, alternatif ketiga yang mencakup penerapan kebijakan ganjil-genap, pembatasan volume kendaraan lalu lintas, penyesuaian waktu siklus menjadi 100 detik dinilai sebagai opsi yang efektif dan relevan. Skema alternatif ini dapat menurunkan nilai derajat kejenuhan rata-rata menjadi 0,84, yang semula derajat kejenuhan pada kondisi eksisting adalah 1,05. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan PTV VISSIM, panjang antrean juga menunjukkan penurunan secara signifikan, yaitu pada Pendekat Timur yang semula 125 m menjadi 67,49 m, Pendekat Selatan yang semula 200 m menjadi 92,78 m, Pendekat Barat yang semula 70 m menjadi 52,29 m, dan Pendekat Utara yang semula 355 m menjadi 95,22 m. Adapun penurunan terjadi pada nilai tundaan rata-

rata simpang yang semula 95,80 detik/Kendaraan menjadi 28,40 detik/kendaraan atau sebesar 70,35%. Mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan No 96 Tahun 2015, Tingkat pelayanan Simpang 4 APILL Pogung meningkat dari kategori F menjadi kategori D.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Keseluruhan analisis serta pembahasan yang telah dilakukan mengarah pada kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis kinerja Simpang 4 APILL Pogung, dalam kondisi eksisting menggunakan PKJI 2023, diperoleh nilai derajat kejenuhan setiap pendekat adalah 0,91 pada Pendekat Timur, 1,18 pada Pendekat Selatan, 0,77 pada Pendekat Barat, 1,35 pada Pendekat Utara. Nilai rata-rata derajat kejenuhan pada simpang sebesar 1,05. Sementara itu, hasil pengamatan langsung menunjukkan panjang antrean sebesar 125 m pada Pendekat Timur, 200 m pada Pendekat Selatan, 70 m pada Pendekat Barat, dan 355 m pada Pendekat Utara. Besar nilai tundaan rata-rata simpang yang diperoleh dari hasil pemodelan menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM atau VISSIM mencapai 95,80 detik/Kendaraan, yang termasuk ke dalam kategori tingkat pelayanan F.
2. Alternatif solusi ketiga yang diterapkan pada Simpang 4 APILL Pogung adalah menerapkan kebijakan pembatasan kendaraan dengan ganjil-genap sebagai upaya manajemen dan rekayasa lalu lintas, disertai dengan menyesuaikan waktu siklus menjadi 100 detik. Hasil analisis menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu menurunkan derajat kejenuhan secara signifikan sesuai dengan tujuan yang tercantum di PKJI 2023 tentang mempertahankan $D_j \leq 0,85$. Adapun hasil dari derajat kejenuhan rata-rata diperoleh sebesar 0,84 yang sebelumnya pada kondisi eksisting sebesar 1,05. Pemodelan menggunakan PTV VISSIM menunjukkan adanya penurunan panjang antrean, yakni yang semula 125 m menjadi 67,49 m, Pendekat Selatan yang semula 200 m menjadi 92,78 m, Pendekat Barat yang semula 70 m menjadi 52,29 m, dan Pendekat Utara yang semula 355 m menjadi 95,22 m. Selain itu, tundaan rata-rata simpang berhasil ditekan dari 95,80 det/Kend menjadi 28,40 det/Kend, dengan penurunan sebesar

70,35%. Dengan demikian, tingkat pelayanan simpang meningkat dari kategori F menjadi D sesuai dengan kriteria PM No.96 Tahun 2015.

6.2 Saran

Dari hasil analisis yang dilakukan melalui pendekatan PKJI 2023 dan pemodelan dengan perangkat lunak PTV VISSIM, penulis dapat merumuskan beberapa usulan sebagai dasar pertimbangan dalam memperbaiki kinerja simpang, yaitu sebagai berikut.

1. Hasil dari analisis dan pemodelan memberikan gambaran teknis yang dapat digunakan oleh Dinas Perhubungan D.I Yogyakarta dalam merancang solusi kebijakan dan perbaikan untuk Simpang 4 APILL Pogung.
2. Penerapan kebijakan ganjil-genap pada Jl. Nyi Tjondrolukito, khususnya pada pendekat utara dan selatan perlu dievaluasi secara mendalam karena berpotensi memengaruhi arus lalu lintas di sekitar kawasan tersebut. Jl. Magelang dan Jl. Kaliurang berpotensi terdampak karena lokasinya berdekatan dengan Simpang 4 APILL Pogung. Analisis lanjutan berskala makro dengan mempertimbangkan koordinasi antar-simpang diperlukan untuk memastikan dampak kebijakan dapat dikelola secara optimal dan tidak hanya terbatas pada satu simpang.
3. Perlunya disediakan rambu petunjuk yang informatif dan lengkap pada titik akses menuju kawasan ganjil-genap, demi menunjang keberhasilan implementasi skema alternatif solusi melalui kebijakan ganjil-genap serta penyesuaian waktu siklus dari 132 detik menjadi 100 detik.
4. Penelitian serupa di masa mendatang disarankan untuk menambah variasi hari pengamatan. Sehingga hasil analisis yang diperoleh lebih komperhensif, akurat, sekaligus menjadi permbaruan yang merepresentasikan kondisi lalu lintas yang lebih nyata.
5. Alternatif jangka panjang yang dapat dipertimbangkan dengan melakukan pembangunan simpang tidak sebidang (*overpass*) pada Simpang 4 APILL Pogung. Opsi ini diharapkan mampu mengurangi konflik lalu lintas secara signifikan, meskipun implementasinya membutuhkan kajian teknis, sosial dan biaya yang lebih mendalam. Upaya tersebut sebaiknya diiringi dengan kebijakan manajemen transportasi berkelanjutan, seperti pengembangan

layanan angkutan umum dan peningkatan kesadaran masyarakat untuk beralih dari kendaraan pribadi, sehingga manfaat yang diperoleh dapat lebih optimal dan berkesinambungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Provinsi DI Yogyakarta, 2023. Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Kendaraan di D.I. Yogyakarta (unit), 2021–2023. Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Penerbit Bina Marga. Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. Penerbit Bina Marga. Jakarta
- Erlangga, M.Y., Utami, A. dan Rahmatunisa, S.N., 2024. Analisis Kinerja pada Simpang Bersinyal Jalan Buncit Raya-Warung Jati Barat Kota Jakarta Selatan Menggunakan PKJI 2014. *Jurnal Teknik Sipil*, 5(1):1–9. Surabaya.
- Fadhlillah, M.R., 2021. Evaluasi Kinerja Dan Usulan Perbaikan Simpang Bersinyal Pogung (*Performance Evaluation And Proposed Improvements Of Pogung Intersection*). Tugas Akhir (Tidak diterbitkan). Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Google Earth. t.t. Google Earth 2024. Diakses 21 Februari 2025. <https://earth.google.com/>.
- Hobbs, F.D. 1995. Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas. Edisi Kedua. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Kementerian Perhubungan. 2015. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Jakarta.
- Kučera, T. and Chocholáč, J., 2021. Design of the city logistics simulation model using PTV VISSIM software. *Transportation Research Procedia*, 53, pp.258-265. Elsevier B.V. Pardubice.
- Prakoso, D.B., Sutoyo, S. dan Sudibyo, T., 2019. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Pahlawan–Raden Saleh Sarif Bustaman di Bogor Jawa Barat. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 4(2):135-148. Bogor.
- Prayitno, E.A., Abidin, Z. dan Huda, M., 2019. Analisis Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jl. Raya Nginden–Jl. Raya Panjang Jiwo Menggunakan PKJI 2014. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 2(1):23-28. Surabaya.

- Purnama, B.A., Jannah, A.N. dan Prayitno, P.A., 2023. Evaluasi dan peningkatan kinerja simpang bersinyal Denggung Sleman. *Proceeding Civil Engineering Research Forum*, 2(2):357-368. Yogyakarta.
- Rahmayuda, H., Jannah, A.N. dan Prayitno, P.A., 2024. Analisis Kinerja dan Pemodelan Simpang untuk Meningkatkan Kinerja Simpang Bersinyal Jukteng Wetan Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(1):86-94. Yogyakarta.
- Rakhman, M.F., Nuryati, S. dan Gunarti, A.S.S., 2020. Sistem Ganjil Genap pada Pintu Tol Tambun terhadap Kemacetan Lalu Lintas di Tol Jakarta–Cikampek. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 8(1):9-16. Bangka.
- Reza, R.K., Yuningsih, N.Y. dan Taryana, A., 2024. Evaluasi Kebijakan Pembatasan Lalu Lintas dengan Sistem Ganjil-Genap untuk Mengatasi Peningkatan Volume Kendaraan pada Sudirman Central Business District (SCBD) di Jakarta pada Tahun 2022-2023. *Jurnal Ilmu Hukum, Humaniora dan Politik (JIHHP)*, 4(6):2472–2479. Bandung.
- Suryaningsih, O.F., Hermansyah, H. dan Kurniati, E., 2020. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin–Jalan Kamboja, Sumbawa Besar). *Jurnal INERSIA*, 16(1):74-84. Yogyakarta.
- Zaki, M., 2020. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal UPN Yogyakarta. Tugas Akhir (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 *Time Schedule* Penelitian Evaluasi

No	Bulan Ke-			I				II				III				IV				V				VI			
	Minggu Ke-			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Kegiatan	Jam	Bobot																								
1	Persiapan																										
	Identifikasi Masalah	9	4%	3	3	3																					
	Studi Pustaka	30	15%		6	6	6	6	6																		
2	Pengumpulan Data																										
	Pengumpulan Data	18	9%							2	8	8															
3	Analisis dan Pembahasan																										
	Analisis Data Menggunakan PKJI	40	20%									8	8	8	8	8											
	Permodelan dan Analisis Menggunakan <i>VISSEM</i>	36	18%											6	6	6	6	6	6	6							
4	Penyusunan Laporan																										
	Laporan Proposal Penelitian	28	14%				6	6	8	8																	
	laporan Hasil Penelitian	43	21%																	6	6	6	6	6	6	7	2
	Total Jam	204	100%																								
	<i>Rencana Kegiatan Mingguan (Jam)</i>			3	9	9	12	12	14	10	8	16	8	14	14	14	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	2
	<i>Rencana Kegiatan Kumulatif (Jam)</i>	206		3	12	21	33	45	59	69	77	93	101	115	129	143	149	155	161	167	173	179	185	191	197	204	206

Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Jumat

FORMULIR SURVEI DATA VOLUME LALU LINTAS													
Lokasi: Simpang APILL 4 Pogung													
Lengan: TIMUR													
Hari/Tanggal: Jumat, 25 April 2025													
WAKTU	ARAH LALU LINTAS												JUMLAH KEND/WAKTU
	BELOK KIRI				LURUS				BELOK KANAN				
	TIPE KENDARAAN												
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	
PAGI													
6.00-6.15	42	9	0	0	54	20	0	0	30	17	2	0	174
6.15-6.30	47	6	0	0	60	23	1	0	42	24	2	0	205
6.30-6.45	44	5	0	0	71	15	2	0	49	23	0	0	209
6.45-7.00	48	6	0	0	83	23	0	0	55	19	2	0	236
7.00-7.15	57	11	2	0	96	32	0	0	64	28	2	0	292
7.15-7.30	54	11	0	0	120	28	0	0	72	21	2	0	308
7.30-7.45	58	15	0	0	137	38	0	0	89	20	2	0	359
7.45-8.00	50	10	2	0	123	41	0	0	68	24	0	0	318
8.00-8.15	42	9	0	0	120	29	0	0	76	21	2	0	299
8.15-8.30	39	13	0	0	136	36	1	0	65	19	0	0	309
8.30-8.45	36	16	0	0	128	33	1	0	78	20	0	0	312
8.45-9.00	38	12	0	0	123	31	0	0	81	24	2	0	311
SIANG													
11.00-11.15	21	9	0	0	96	22	1	0	52	28	1	0	230
11.15-11.30	26	8	0	0	75	19	0	0	65	29	1	0	223
11.30-11.45	23	10	1	0	79	19	0	0	62	27	2	0	223
11.45-12.00	20	9	0	0	85	20	1	0	67	29	2	0	233
12.00-12.15	21	9	0	0	89	25	1	0	63	26	0	0	234
12.15-12.30	21	9	0	0	85	23	0	0	65	27	2	0	232
12.30-12.45	20	8	1	0	89	21	2	0	55	29	1	0	226
12.45-13.00	21	10	0	0	98	19	0	0	51	27	1	0	227
SORE													
15.00-15.15	35	18	0	0	153	49	0	0	146	48	1	0	450
15.15-15.30	37	17	0	0	157	47	0	0	140	50	0	0	448
15.30-15.45	38	18	0	0	162	54	1	1	138	53	2	1	466
15.45-16.00	46	21	0	0	168	52	0	0	135	48	0	0	470
16.00-16.15	38	14	1	0	150	50	0	2	140	52	3	0	448
16.15-16.30	40	18	0	1	141	39	0	0	139	54	2	0	433
16.30-16.45	48	26	2	0	157	47	0	0	149	58	2	0	489
16.45-17.00	45	21	0	1	155	49	1	0	128	56	2	0	457
17.00-17.15	48	25	0	0	166	55	0	0	110	61	3	0	468
17.15-17.30	50	19	0	0	132	47	0	0	121	65	0	0	434
17.30-17.45	43	17	0	0	146	57	0	0	108	62	2	0	435
17.45-18.00	49	18	0	0	112	47	0	0	100	58	2	0	386

Lanjutan Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Jumat

FORMULIR SURVEI DAYA VOLUME LALU LINTAS														
Lokasi: Simpang APILL 4 Pogung														
Lengan: SELATAN														
Hari/Tanggal: Jumat, 25 April 2025														
WAKTU	ARAH LALU LINTAS												JUMLAH KEND/WAKTU	
	BELOK KIRI				LURUS				BELOK KANAN					
	TIPE KENDARAAN													
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb		
PAGI														
6.00-6.15	17	9	0	0	96	34	4	0	29	3	0	0	192	
6.15-6.30	50	5	0	0	118	35	6	0	32	2	0	0	248	
6.30-6.45	51	5	3	0	115	30	4	0	31	4	0	0	243	
6.45-7.00	41	8	2	0	129	36	3	0	34	5	2	0	260	
7.00-7.15	54	5	0	0	119	50	3	0	31	8	2	0	272	
7.15-7.30	60	9	2	0	161	42	3	0	39	5	0	0	321	
7.30-7.45	52	4	0	0	186	45	2	0	44	12	0	0	345	
7.45-8.00	50	10	2	0	206	50	3	0	41	10	0	0	372	
8.00-8.15	54	6	2	0	224	59	2	0	56	13	0	0	416	
8.15-8.30	46	8	0	0	209	57	5	0	47	15	0	0	387	
8.30-8.45	51	7	0	0	218	66	3	0	58	18	0	0	421	
8.45-9.00	45	9	2	0	217	63	4	0	55	19	0	0	414	
SIANG														JUMLAH KEND/WAKTU
11.00-11.15	51	25	0	0	185	73	1	0	54	7	1	0	397	
11.15-11.30	49	15	0	0	174	74	2	0	52	15	0	0	381	
11.30-11.45	47	17	1	0	170	68	0	0	51	10	0	0	364	
11.45-12.00	48	19	0	0	155	64	0	0	53	12	1	0	352	
12.00-12.15	45	20	0	0	177	62	1	0	46	14	0	0	365	
12.15-12.30	48	16	0	0	167	67	2	0	48	13	1	0	362	
12.30-12.45	50	20	2	0	184	60	0	0	50	17	1	0	384	
12.45.13.00	51	17	0	0	163	63	1	0	49	20	1	0	365	
SORE														JUMLAH KEND/WAKTU
15.00-15.15	52	18	0	2	236	68	5	0	89	19	1	1	488	
15.15-15.30	47	20	0	1	238	77	3	0	99	16	0	0	500	
15.30-15.45	43	23	1	0	210	71	3	0	77	13	1	0	442	
15.45-16.00	50	20	0	0	197	50	2	0	71	18	0	0	408	
16.00-16.15	46	17	0	0	199	45	1	0	79	17	0	0	404	
16.15-16.30	38	19	0	0	236	65	2	0	86	22	0	0	468	
16.30-16.45	76	36	0	0	236	61	1	0	89	28	2	1	529	
16.45-17.00	67	24	2	0	236	49	1	0	91	25	0	0	495	
17.00-17.15	71	30	0	0	236	51	0	0	92	20	2	0	502	
17.15-17.30	64	25	0	0	236	55	2	0	94	23	0	0	499	
17.30-17.45	71	33	0	0	236	45	1	0	78	19	2	0	485	
17.45-18.00	69	23	0	0	236	52	1	0	75	15	2	0	473	

Lanjutan Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Jumat

FORMULIR SURVEI DATA VOLUME LALU LINTAS													
Lokasi: Simpang APILL 4 Pogung													
Lengan: BARAT													
Hari/Tanggal: Jumat, 25 April 2025													
WAKTU	ARAH LALU LINTAS												JUMLAH KEND/WAKTU
	BELOK KIRI				LURUS				BELOK KANAN				
	TIPE KENDARAAN												
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	
PAGI													
6.00-6.15	52	6	3	0	125	24	2	0	76	22	0	0	310
6.15-6.30	49	4	3	0	129	22	0	2	62	20	2	0	291
6.30-6.45	50	8	2	4	180	32	0	0	68	19	2	0	361
6.45-7.00	47	6	0	0	189	44	0	0	57	20	0	0	363
7.00-7.15	41	4	0	0	181	41	2	0	63	22	0	0	354
7.15-7.30	58	7	0	0	188	40	0	0	61	27	0	0	381
7.30-7.45	49	4	3	0	157	27	0	0	64	27	2	0	333
7.45-8.00	50	8	2	0	177	18	0	0	68	19	2	0	344
8.00-8.15	47	6	0	0	175	18	0	0	57	20	0	0	323
8.15-8.30	41	4	0	0	167	12	2	0	63	22	0	0	311
8.30-8.45	58	7	0	0	155	14	0	0	61	27	0	0	322
8.45-9.00	49	11	3	0	138	12	2	0	53	25	0	0	293
SIANG													JUMLAH KEND/WAKTU
11.00-11.15	38	10	0	0	157	45	3	0	39	15	3	0	310
11.15-11.30	28	17	0	1	163	46	0	0	34	23	0	0	311
11.30-11.45	32	11	1	0	167	47	0	2	34	18	0	0	310
11.45-12.00	34	9	0	0	169	39	1	0	38	23	2	0	315
12.00-12.15	39	10	1	0	145	38	0	0	27	21	1	0	282
12.15-12.30	35	12	1	0	135	41	0	0	28	18	0	0	270
12.30-12.45	34	14	0	0	164	45	2	0	39	23	2	0	323
12.45-13.00	35	15	0	0	168	40	0	0	41	19	0	0	318
SIANG													JUMLAH KEND/WAKTU
15.00-15.15	36	11	0	1	157	65	2	0	48	33	1	0	353
15.15-15.30	33	13	0	0	158	64	3	0	51	17	2	0	341
15.30-15.45	40	16	0	0	166	72	1	0	55	32	0	0	382
15.45-16.00	42	20	0	0	167	57	0	0	40	26	0	1	352
16.00-16.15	41	17	1	0	175	67	1	0	48	29	0	0	379
16.15-16.30	47	11	0	0	161	69	0	0	51	20	1	0	360
16.30-16.45	50	24	0	0	162	66	0	1	49	30	0	0	381
16.45-17.00	44	20	0	0	158	71	1	0	41	27	0	0	362
17.00-17.15	47	16	0	0	164	56	0	0	38	26	1	0	348
17.15-17.30	39	11	0	0	167	55	0	0	37	15	0	0	324
17.30-17.45	48	14	0	0	155	52	2	0	48	23	0	0	342
17.45-18.00	44	13	0	0	163	58	4	0	47	30	0	0	359

Lanjutan Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Jumat

FORMULIR SURVEI DAYA VOLUME LALU LINTAS													
Lokasi: Simpang APILL 4 Pogung													
Lengan: UTARA													
Hari/Tanggal: Jumat, 25 April 2025													
WAKTU	ARAH LALU LINTAS												
	BELOK KIRI				LURUS				BELOK KANAN				JUMLAH KEND/WAKTU
	TIPE KENDARAAN												
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	
PAGI													
6.00-6.15	44	14	0	0	117	96	0	0	35	13	1	0	320
6.15-6.30	42	18	0	0	144	101	0	1	31	8	0	0	344
6.30-6.45	45	16	1	0	158	84	2	0	35	14	0	0	355
6.45-7.00	41	17	2	0	113	93	1	2	33	11	0	0	311
7.00-7.15	54	17	1	0	152	87	0	0	41	16	0	0	368
7.15-7.30	61	13	0	0	180	95	1	0	39	21	0	0	410
7.30-7.45	73	21	0	0	185	86	1	1	41	19	1	0	427
7.45-8.00	68	15	0	0	194	53	0	0	43	46	0	0	419
8.00-8.15	72	16	0	0	185	50	0	0	36	49	2	0	410
8.15-8.30	36	14	1	0	194	45	1	0	51	52	1	0	395
8.30-8.45	67	18	0	0	195	77	1	0	42	14	0	0	414
8.45-9.00	73	16	0	0	183	81	0	0	41	18	0	0	412
SIANG													JUMLAH KEND/WAKTU
11.00-11.15	49	20	0	0	132	63	2	2	35	16	0	0	317
11.15-11.30	51	19	1	0	127	39	0	1	29	15	1	0	282
11.30-11.45	45	21	0	0	123	45	0	0	25	10	0	0	269
11.45-12.00	41	15	0	0	138	54	0	0	27	12	2	0	289
12.00-12.15	40	16	2	0	142	60	0	0	28	13	1	0	302
12.15-12.30	38	13	1	0	133	56	1	0	24	11	1	0	278
12.30-12.45	40	15	1	0	138	51	0	0	34	13	1	0	293
12.45-13.00	41	14	0	0	138	43	1	1	32	12	0	0	281
SORE													JUMLAH KEND/WAKTU
15.00-15.15	65	36	2	0	225	84	2	1	52	25	0	0	491
15.15-15.30	68	33	1	0	193	87	0	0	51	23	1	0	457
15.30-15.45	71	37	0	0	188	89	0	0	52	24	2	0	463
15.45-16.00	73	27	1	0	174	93	1	1	51	21	0	0	441
16.00-16.15	71	23	1	0	182	90	0	0	50	26	0	0	443
16.15-16.30	73	26	0	0	192	89	0	2	40	21	0	0	441
16.30-16.45	87	34	0	0	199	78	0	2	59	23	0	0	480
16.45-17.00	50	37	2	0	201	83	1	1	69	28	0	0	471
17.00-17.15	42	39	0	0	225	74	1	0	67	21	0	0	469
17.15-17.30	41	43	0	0	266	76	0	0	68	19	0	0	513
17.30-17.45	40	49	0	0	253	74	0	0	60	14	2	0	492
17.45-18.00	38	35	0	0	267	80	1	0	64	22	0	0	507

Lampiran 3 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Sabtu

FORMULIR SURVEI DAYA VOLUME LALU LINTAS														
Lokasi: Simpang APILL 4 Pogung														
Lengan: TIMUR														
Hari/Tanggal: Sabtu, 26 April 2025														
WAKTU	ARAH LALU LINTAS												JUMLAH KEND/WAKTU	
	BELOK KIRI				LURUS				BELOK KANAN					
	TIPE KENDARAAN													
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb		
PAGI														
6.00-6.15	28	6	0	0	36	15	1	0	24	13	1	0	124	
6.15-6.30	31	4	0	4	40	17	0	0	33	18	1	0	144	
6.30-6.45	29	3	0	3	47	11	0	0	39	17	0	0	146	
6.45-7.00	32	4	0	5	55	17	0	0	44	14	1	0	167	
7.00-7.15	38	7	1	3	64	24	0	0	51	21	1	0	207	
7.15-7.30	41	8	0	0	80	21	0	0	55	16	1	0	222	
7.30-7.45	44	11	0	2	91	29	0	0	68	15	1	0	259	
7.45-8.00	38	7	1	1	94	31	1	0	52	18	0	0	242	
8.00-8.15	40	8	0	0	114	27	0	0	72	20	1	0	282	
8.15-8.30	37	12	0	1	129	34	0	0	61	18	0	0	291	
8.30-8.45	34	15	0	0	121	31	1	0	74	19	0	0	295	
8.45-9.00	36	11	0	0	117	29	0	0	77	22	1	0	293	
SIANG														JUMLAH KEND/WAKTU
11.00-11.15	38	16	0	0	173	40	0	0	94	50	1	0	412	
11.15-11.30	47	14	0	0	136	34	0	0	117	52	1	0	401	
11.30-11.45	41	17	1	0	143	33	1	0	111	48	2	0	397	
11.45-12.00	36	16	0	0	153	36	0	0	121	51	2	0	415	
12.00-12.15	38	15	0	0	161	44	1	0	114	46	0	0	419	
12.15-12.30	37	16	0	0	154	41	2	0	117	49	2	0	418	
12.30-12.45	36	14	1	0	161	37	1	0	99	52	1	0	402	
12.45-13.00	38	17	0	0	177	34	3	0	92	48	1	0	410	
SORE														JUMLAH KEND/WAKTU
15.00-15.15	36	18	0	0	157	50	1	0	150	49	0	1	461	
15.15-15.30	38	17	0	0	161	48	1	1	144	51	0	0	460	
15.30-15.45	40	15	1	3	155	38	0	1	138	44	0	2	431	
15.45-16.00	36	14	0	2	147	43	0	1	153	47	1	0	441	
16.00-16.15	39	12	0	3	162	47	1	4	142	51	0	0	454	
16.15-16.30	41	11	1	0	159	46	1	0	141	55	0	0	455	
16.30-16.45	39	17	0	0	164	49	0	3	143	54	3	0	469	
16.45-17.00	47	18	0	0	161	50	1	0	139	49	0	0	465	
17.00-17.15	39	13	1	0	153	51	0	1	133	48	3	0	441	
17.15-17.30	37	12	0	0	153	49	0	1	129	47	2	0	429	
17.30-17.45	40	16	0	0	156	51	1	0	130	49	1	0	444	
17.45-18.00	42	15	0	0	161	44	1	1	128	36	1	0	428	

Lanjutan Lampiran 3 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Sabtu

FORMULIR SURVEI DAYA VOLUME LALU LINTAS													
Lokasi: Simpang APILL 4 Pogung													
Lengan: SELATAN													
Hari/Tanggal: Sabtu, 26 April 2025													
WAKTU	ARAH LALU LINTAS												
	BELOK KIRI				LURUS				BELOK KANAN				JUMLAH KEND/WAKTU
	TIPE KENDARAAN												
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	
PAGI													
6.00-6.15	16	8	0	0	91	32	3	1	27	2	0	0	179
6.15-6.30	47	4	0	0	112	33	5	1	30	1	0	0	232
6.30-6.45	48	4	2	0	109	28	3	4	29	3	0	0	226
6.45-7.00	39	7	1	0	122	34	2	2	32	4	1	0	242
7.00-7.15	51	4	0	0	113	47	2	0	29	7	1	0	254
7.15-7.30	57	8	1	0	153	40	2	0	37	4	0	0	302
7.30-7.45	49	3	0	0	161	44	1	3	41	11	0	0	310
7.45-8.00	47	9	1	0	179	49	2	0	39	9	0	0	335
8.00-8.15	51	5	1	0	194	57	1	4	53	12	0	0	374
8.15-8.30	43	7	0	0	181	55	4	5	44	14	0	0	348
8.30-8.45	48	6	0	0	189	64	2	0	55	17	0	0	381
8.45-9.00	42	8	1	0	188	61	3	0	52	18	0	0	373
SIANG													
													JUMLAH KEND/WAKTU
11.00-11.15	54	26	0	2	228	77	2	1	57	7	1	0	452
11.15-11.30	52	15	0	3	214	78	1	2	55	15	0	0	430
11.30-11.45	49	18	1	0	209	72	2	0	54	10	0	0	415
11.45-12.00	51	20	0	0	224	68	3	0	56	12	1	0	435
12.00-12.15	47	21	0	0	228	65	5	3	48	14	0	0	428
12.15-12.30	51	17	0	0	231	71	1	0	51	13	1	0	436
12.30-12.45	53	21	2	0	226	63	2	0	53	18	1	0	439
12.45-13.00	54	18	0	0	201	66	1	0	52	21	1	0	414
SORE													
													JUMLAH KEND/WAKTU
15.00-15.15	59	20	0	0	268	71	5	2	101	21	1	0	546
15.15-15.30	53	22	0	0	271	84	3	0	112	18	0	0	563
15.30-15.45	49	27	0	0	264	82	1	0	104	21	1	0	549
15.45-16.00	48	18	1	0	238	79	1	1	83	19	0	0	487
16.00-16.15	51	23	0	0	247	69	2	0	94	15	1	0	502
16.15-16.30	55	19	0	0	265	63	4	1	96	17	0	0	519
16.30-16.45	49	26	1	0	246	73	3	2	99	14	1	0	512
16.45-17.00	56	22	0	0	241	76	1	1	81	20	0	0	497
17.00-17.15	44	19	0	0	242	71	1	1	107	19	0	0	503
17.15-17.30	48	21	0	0	244	69	1	0	100	26	0	0	509
17.30-17.45	54	12	0	0	230	65	1	0	93	14	1	0	470
17.45-18.00	53	16	0	0	238	66	1	0	94	11	1	0	480

Lanjutan Lampiran 3 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Sabtu

FORMULIR SURVEI DATA VOLUME LALU LINTAS													
Lokasi: Simpang APILL 4 Pogung													
Lengan: BARAT													
Hari/Tanggal: Sabtu, 26 April 2025													
WAKTU	ARAH LALU LINTAS												JUMLAH KEND/WAKTU
	BELOK KIRI				LURUS				BELOK KANAN				
	TIPE KENDARAAN												
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	
PAGI													
6.00-6.15	40	4	2	0	89	18	1	0	59	19	0	0	232
6.15-6.30	37	3	2	0	92	17	0	0	48	17	1	0	217
6.30-6.45	41	2	0	0	89	16	0	0	51	21	0	0	220
6.45-7.00	32	6	1	0	97	21	0	0	47	24	1	0	229
7.00-7.15	37	8	1	0	111	20	1	0	53	22	0	0	253
7.15-7.30	45	7	0	0	119	19	0	0	48	18	0	0	256
7.30-7.45	37	3	2	0	112	21	0	0	50	23	1	0	249
7.45-8.00	38	6	1	0	128	25	0	0	53	16	1	0	268
8.00-8.15	36	4	0	0	135	34	0	0	44	17	0	0	270
8.15-8.30	31	3	0	0	129	32	1	0	49	19	0	0	264
8.30-8.45	44	5	0	0	134	31	0	0	47	23	0	0	284
8.45-9.00	37	8	2	0	131	38	1	0	41	21	0	0	279
SIANG													JUMLAH KEND/WAKTU
11.00-11.15	44	11	0	0	167	52	3	0	45	17	3	0	342
11.15-11.30	32	19	0	0	173	53	0	0	39	26	0	0	342
11.30-11.45	37	12	1	0	177	55	0	0	40	21	0	0	343
11.45-12.00	40	10	0	0	179	48	1	0	44	27	2	0	351
12.00-12.15	45	11	1	0	177	55	0	0	46	24	1	0	360
12.15-12.30	41	13	1	0	171	48	0	0	47	21	0	0	342
12.30-12.45	39	16	0	0	174	52	2	0	45	27	2	0	357
12.45-13.00	41	17	0	0	178	47	0	0	48	22	0	0	353
SORE													JUMLAH KEND/WAKTU
15.00-15.15	40	12	0	2	200	72	2	1	53	36	1	0	416
15.15-15.30	36	14	0	0	192	71	3	0	56	18	2	0	392
15.30-15.45	31	11	0	0	203	63	0	1	50	28	0	0	386
15.45-16.00	35	13	2	1	201	70	2	0	55	25	1	0	404
16.00-16.15	36	15	1	2	199	69	0	2	59	24	1	0	404
16.15-16.30	37	17	0	1	207	66	1	0	53	14	0	0	395
16.30-16.45	43	11	0	0	214	78	0	2	50	34	0	0	430
16.45-17.00	41	17	0	1	195	61	1	1	43	28	2	0	388
17.00-17.15	40	13	1	0	192	70	0	0	44	21	0	0	381
17.15-17.30	51	11	0	1	189	59	0	1	46	24	0	0	380
17.30-17.45	45	10	1	0	194	54	1	0	42	17	0	0	364
17.45-18.00	41	14	0	1	200	61	1	1	44	19	0	0	380

Lanjutan Lampiran 3 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Sabtu

Lokasi: Simpang APILL 4 Pogung													
Lengan: UTARA													
Hari/Tanggal: Sabtu, 26 April 2025													
WAKTU	ARAH LALU LINTAS												
	BELOK KIRI				LURUS				BELOK KANAN				JUMLAH KEND/WAKTU
	TIPE KENDARAAN												
	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	SM	MP	KS	KTb	
PAGI													
6.00-6.15	37	23	2	2	92	79	2	4	28	4	1	0	268
6.15-6.30	38	18	1	3	87	88	1	3	31	6	2	1	272
6.30-6.45	38	22	0	0	88	60	1	8	29	8	0	0	246
6.45-7.00	41	17	2	3	94	77	1	2	33	11	0	2	276
7.00-7.15	44	14	0	4	96	79	2	0	35	13	1	0	284
7.15-7.30	42	18	0	0	118	87	2	1	31	8	0	1	306
7.30-7.45	45	16	1	2	131	68	2	0	35	14	0	0	312
7.45-8.00	54	17	1	6	126	71	3	0	41	16	0	1	329
8.00-8.15	56	13	0	0	150	77	2	0	39	21	0	0	358
8.15-8.30	61	21	0	4	154	71	0	1	44	19	1	0	371
8.30-8.45	67	18	0	1	162	66	3	0	42	14	0	0	372
8.45-9.00	73	16	0	0	152	78	2	0	41	18	0	0	380
SIANG													JUMLAH KEND/WAKTU
11.00-11.15	74	30	0	1	202	96	2	4	53	24	0	1	481
11.15-11.30	77	28	1	2	194	60	3	1	44	22	1	0	430
11.30-11.45	68	31	0	0	188	68	2	0	38	15	0	1	410
11.45-12.00	62	23	0	0	211	82	2	0	41	18	2	0	441
12.00-12.15	61	24	2	1	217	91	3	0	43	19	1	0	461
12.15-12.30	58	19	1	0	204	86	4	0	36	16	1	1	425
12.30-12.45	61	22	1	0	211	77	3	0	51	19	1	0	446
12.45-13.00	63	21	0	0	212	65	2	1	48	17	0	0	428
SORE													JUMLAH KEND/WAKTU
15.00-15.15	68	37	2	2	236	88	3	1	54	26	0	0	514
15.15-15.30	71	34	1	0	239	91	2	0	53	24	1	0	516
15.30-15.45	40	15	0	0	220	79	1	0	45	18	0	0	418
15.45-16.00	42	27	1	0	215	79	3	0	44	14	1	0	426
16.00-16.15	45	31	1	0	227	77	2	3	41	22	0	0	446
16.15-16.30	54	27	0	1	238	84	1	2	43	24	0	1	471
16.30-16.45	55	37	0	1	244	91	2	0	54	27	0	0	510
16.45-17.00	64	36	1	2	241	89	1	0	53	22	0	0	507
17.00-17.15	48	29	0	4	226	78	1	0	49	27	0	0	458
17.15-17.30	51	27	0	0	220	80	0	0	44	22	0	0	444
17.30-17.45	63	29	0	0	223	74	3	0	46	19	1	0	458
17.45-18.00	51	28	1	0	224	73	2	0	49	25	0	0	453

Lampiran 4 Formulir Survei Data Panjang Antrean

FORMULIR SURVEI DATA PANJANG ANTREAN					
Lokasi: Sp 4 APILL POGUNG					
Hari/Tanggal: Sabtu, 26 April 2025					
Waktu Sesi: Sore					
Lengan: UTARA					
JAM	PANJANG ANTREAN (m)	JAM	PANJANG ANTREAN (m)	JAM	PANJANG ANTREAN (m)
15.07	200	16.08	100	17.10	100
15.09	240	16.10	105	17.12	110
15.11	220	16.12	130	17.14	80
15.13	320	16.14	110	17.16	70
15.15	220	16.16	100	17.18	60
15.17	280	16.18	110	17.20	40
15.19	190	16.20	95	17.22	105
15.21	155	16.22	170	17.24	90
15.23	140	16.24	180	17.26	70
15.25	170	16.26	110	17.28	125
15.27	150	16.28	100	17.30	145
15.29	145	16.30	125	17.32	105
15.31	90	16.32	150	17.34	90
15.33	60	16.34	175	17.36	80
15.35	85	16.36	250	17.38	70
15.37	120	16.38	225	17.40	85
15.39	155	16.40	200	17.42	90
15.41	90	16.42	220	17.44	75
15.43	80	16.44	240	17.46	105
15.45	75	16.46	300	17.48	100
15.47	90	16.48	340	17.50	125
15.49	80	16.50	355	17.52	110
15.51	100	16.52	300	17.54	80
15.53	110	16.54	280	17.56	75
15.55	85	16.56	240	17.58	90
15.57	90	16.58	270	18.00	100
15.59	140	17.00	230		
16.00	120	17.02	200		
16.02	110	17.04	180		
16.04	105	17.06	140		
16.06	120	17.08	120		

Lanjutan Lampiran 4 Formulir Survei Data Panjang Antrean

FORMULIR SURVEI DATA PANJANG ANTREAN					
Lokasi: Sp 4 APILL POGUNG					
Hari/Tanggal: Sabtu, 26 April 2025					
Waktu Sesi: Sore					
Lengan: Timur					
JAM	PANJANG ANTREAN (m)	JAM	PANJANG ANTREAN (m)	JAM	PANJANG ANTREAN (m)
15.00	75	16.02	55	17.04	40
15.02	78	16.04	75	17.06	35
15.04	70	16.06	60	17.08	75
15.06	50	16.08	70	17.10	67
15.08	72	16.10	50	17.12	30
15.10	80	16.12	30	17.14	25
15.12	74	16.14	40	17.16	20
15.14	45	16.16	55	17.18	25
15.16	70	16.18	60	17.20	50
15.18	65	16.20	80	17.22	65
15.20	68	16.22	95	17.24	77
15.22	70	16.24	80	17.26	71
15.24	65	16.26	110	17.28	50
15.26	68	16.28	80	17.30	60
15.28	70	16.30	115	17.32	48
15.30	50	16.32	105	17.34	71
15.32	42	16.34	100	17.36	50
15.34	47	16.36	120	17.38	60
15.36	50	16.38	115	17.40	48
15.38	87	16.40	125	17.42	30
15.40	59	16.42	125	17.44	45
15.42	78	16.44	125	17.46	7
15.44	58	16.46	120	17.48	50
15.46	54	16.48	125	17.50	40
15.48	49	16.50	120	17.52	48
15.50	53	16.52	115	17.54	45
15.52	35	16.54	120	17.56	25
15.54	65	16.56	110	17.58	20
15.56	110	16.58	110	17.60	30
15.58	90	17.00	100	18.00	25
16.00	80	17.02	80		

Lanjutan Lampiran 4 Formulir Survei Data Panjang Antrean

FORMULIR SURVEI DATA PANJANG ANTREAN					
Lokasi: Sp 4 APILL POGUNG					
Hari/Tanggal: Sabtu, 26 April 2025					
Waktu Sesi: Sore					
Lengan: Selatan					
JAM	PANJANG ANTREAN (m)	JAM	PANJANG ANTREAN (m)	JAM	PANJANG ANTREAN (m)
15.02	150	16.04	80	17.06	50
15.04	60	16.06	110	17.08	40
15.06	100	16.08	120	17.10	25
15.08	75	16.10	75	17.12	40
15.10	65	16.12	100	17.14	25
15.12	75	16.14	125	17.16	40
15.14	100	16.16	125	17.18	55
15.16	125	16.18	150	17.20	50
15.18	150	16.20	175	17.22	25
15.20	180	16.22	190	17.24	50
15.22	115	16.24	200	17.26	50
15.24	110	16.26	150	17.28	65
15.26	110	16.28	110	17.30	50
15.28	60	16.30	90	17.32	55
15.30	70	16.32	70	17.34	40
15.32	50	16.34	75	17.36	50
15.34	100	16.36	90	17.38	45
15.36	90	16.38	45	17.40	60
15.38	110	16.40	65	17.42	50
15.40	125	16.42	70	17.44	40
15.42	100	16.44	50	17.46	55
15.44	80	16.46	25	17.48	50
15.46	80	16.48	20	17.50	75
15.48	50	16.50	60	17.52	25
15.50	65	16.52	40	17.54	80
15.52	50	16.54	35	17.56	50
15.54	90	16.56	50	17.58	80
15.56	75	16.58	50	18.00	75
15.58	75	17.00	45		
16.00	50	17.02	75		
16.02	55	17.04	65		

Lanjutan Lampiran 4 Formulir Survei Data Panjang Antrean

FORMULIR SURVEI DATA PANJANG ANTREAN					
Lokasi: Sp 4 APILL POGUNG					
Hari/Tanggal: Sabtu, 26 April 2025					
Waktu Sesi: Sore					
Lengan: Barat					
JAM	PANJANG ANTREAN (m)	JAM	PANJANG ANTREAN (m)	JAM	PANJANG ANTREAN (m)
15.05	70	16.07	55	17.08	40
15.07	50	16.09	40	17.10	45
15.09	50	16.11	50	17.12	65
15.11	25	16.13	55	17.14	70
15.13	25	16.15	35	17.16	65
15.15	55	16.17	50	17.18	70
15.17	25	16.19	45	17.20	65
15.19	20	16.21	45	17.22	70
15.21	30	16.23	45	17.24	50
15.23	50	16.25	50	17.26	55
15.25	25	16.27	40	17.28	55
15.27	60	16.29	45	17.30	50
15.29	50	16.31	65	17.32	45
15.31	60	16.33	20	17.34	40
15.33	50	16.35	45	17.36	45
15.35	50	16.37	55	17.38	40
15.37	40	16.39	70	17.40	45
15.39	60	16.41	45	17.42	50
15.41	75	16.43	60	17.44	45
15.43	70	16.45	55	17.46	35
15.45	55	16.47	60	17.48	30
15.47	50	16.49	60	17.50	20
15.49	60	16.51	45	17.52	25
15.51	50	16.53	35	17.54	30
15.53	55	16.55	30	17.56	25
15.55	60	16.57	40	17.58	25
15.57	80	16.59	45	18.00	25
15.59	55	17.00	50		
16.01	50	17.02	30		
16.03	60	17.04	20		
16.05	50	17.06	25		

Lampiran 5 Formulir Waktu Siklus

FORMULIR SURVEI WAKTU SIKLUS					
Nama Surveyor:	: Mochamad				
Waktu Sesi	: Sabtu, Sesi Sore				
Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	All Red (detik)	Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)
Utara	29	2	2	99	132
Selatan	29	2	2	99	132
Timur	29	2	2	99	132
Barat	29	2	2	99	132

Lampiran 6 Formulir Data Kecepatan Kendaraan

[illegible]

Lanjutan Lampiran 7 Formulir Data *Driving Behaviour*

[illegible]

Lanjutan Lampiran 7 Formulir Data *Driving Behaviour*

[illegible]

Lampiran 8 Dokumentasi Survei

