

TUGAS AKHIR

**PENGARUH *U-TURN* PADA LENGAN BARAT
TERHADAP BIAYA KERUGIAN BAHAN BAKAR
MINYAK AKIBAT KEMACETAN DI SIMPANG
EMPAT UPN SLEMAN YOGYAKARTA**

*(The Effect of U-Turn Maneuvers on the West Approach on
Fuel Consumption Losses Caused by Traffic Congestion at
the UPN Signalized Four-Way Intersection)*

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



**Kemal Ibnu Savaras
21511011**

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

TUGAS AKHIR

PENGARUH *U-TURN* PADA LENGAN BARAT TERHADAP BIAYA KERUGIAN BAHAN BAKAR MINYAK AKIBAT KEMACETAN DI SIMPANG EMPAT UPN SLEMAN YOGYAKARTA *(The Effect of U-Turn Maneuvers on the West Approach on Fuel Consumption Losses Caused by Traffic Congestion at the UPN Signalized Four-Way Intersection)*

Disusun oleh

Kemal Ibnu Savaras
21511011

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

Diuji pada tanggal 22 Desember 2025

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

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

Penguji I

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

Penguji II

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

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

15 Januari 2026



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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan ini saya menyatakan secara sadar dan bertanggung jawab bahwa Tugas Akhir yang disusun sebagai salah satu syarat penyelesaian studi pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia merupakan hasil pemikiran dan karya saya sendiri. Setiap bagian tertentu yang bersumber dari karya atau pendapat pihak lain telah dicantumkan rujukannya secara jelas sesuai dengan ketentuan, kaidah, serta etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa seluruh atau sebagian isi Tugas Akhir ini bukan merupakan hasil karya saya sendiri atau mengandung unsur plagiarisme, maka saya bersedia menerima segala konsekuensi dan sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku, termasuk pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh.

Yogyakarta, 17 Desember 2025

Yang membuat pernyataan



Kemal Ibnu Savaras

(21511011)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh U-Turn pada Lengan Barat terhadap Biaya Kerugian Bahan Bakar Minyak akibat Kemacetan di Simpang Empat UPN Sleman Yogyakarta”. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa terdapat berbagai kendala dan keterbatasan yang dihadapi. Namun, berkat bimbingan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, atas bimbingan, arahan, serta masukan yang diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prayogo Afang P, S.T., M.Sc. dan Ibu Dr. Eng Faizul Chasanah, S.T., M. Sc. selaku Dosen Penguji, atas saran, kritik, dan masukan yang sangat bermanfaat untuk penyempurnaan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu, bantuan, dan fasilitas selama masa studi.
5. Kedua orang tua, keluarga penulis, serta pasangan yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, serta motivasi.
6. Teman-teman Surveyor lapangan yang telah membantu dalam pengambilan data, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan,

7. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil dan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

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

Yogyakarta, 17 Desember 2025

Yang membuat pernyataan

Kemal Ibnu Savaras

(21511011)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xviii
ABSTRAK	xx
ABSTRACT	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kajian Putar Balik (<i>U-turn</i>) Pada Simpang	6
2.2 Analisis Kinerja Putaran Balik (<i>U-Turn</i>)	7
2.3 Kerugian Konsumsi BBM akibat Tundaan	9
2.4 Evaluasi Simpang APILL	10

2.5 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	11
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Persimpangan Jalan	13
3.1.1 Jenis Persimpangan.	14
3.1.2 Tipe Persimpangan	14
3.2 Klasifikasi Kendaraan	15
3.2.1 Tipikal Kendaraan	15
3.3 Kapasitas Simpang APILL	15
3.3.1 Tipe Pendekat	16
3.5.3 Arus Jenuh	20
3.3.3 Arus Jenuh Dasar	21
3.3.4 Faktor Koreksi Arus Jenuh Dasar	24
3.3.5 Arus Jenuh yang Telah Disesuaikan	27
3.3.5 Arus Jenuh yang Telah Disesuaikan	28
3.3.6 Rasio Arus Jenuh	28
3.3.7 Waktu Siklus dan Waktu Hijau	29
3.4 Kinerja Lalu Lintas Simpang APILL	30
3.4.1 Derajat Kejenuhan	30
3.4.2 Panjang Antrean	30
3.4.3 Rasio Kendaraan Henti	33
3.4.4 Tundaan	34
3.3 Putar Balik (<i>U-Turn</i>)	35
3.3.1 Kebutuhan Lebar Median Ideal	35
3.3.2 Buka Median	36
3.3.3 Dimensi Kendaraan Rencana	36

3.3.4 Radius Putar	37
3.3.5 Dampak Putaran Balik (<i>U-turn</i>)	37
3.4 Analisis <i>U-Turn</i>	39
3.4.1 Penghitungan Kapasitas Bagian Jalinan	39
3.4.2 Penghitungan Tundaan	40
3.5 Pemodelan Vissim	40
3.5.1 Validasi dan Kalibrasi	41
3.6 Konsumsi Bahan Bakar	42
3.7 Tingkat Pelayanan	43
BAB IV METODE PENELITIAN	45
4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	45
4.2 Pengumpulan Data	46
4.3 Alat yang Digunakan	48
4.4 Metode Analisis Data	49
4.5 Bagan Alir Penelitian	51
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	53
5.1 Data Hasil Pengamatan	53
5.1.1 Data Geometri Simpang	53
5.1.2 Data Geometri <i>U-turn</i>	54
5.1.3 Data Waktu Siklus Simpang dan Fase Sinyal	55
5.1.4 Data Volume Lalu Lintas	57
5.1.5 Data Panjang Antrean Maksimum	61
5.1.6 Data Kecepatan Kendaraan	62
5.1.7 Data Perilaku Berkendara/ <i>Driving behaviour</i>	63
5.1.7 Data Volume <i>U-turn</i>	63

5.2 Data Sekunder	64
5.3 Analisis Kinerja Simpang berdasarkan PKJI 2023	64
5.3.1 Konversi Volume Lalu Lintas (q)	65
5.3.2 Perhitungan Arus Jenuh Dasar (J_0)	70
5.3.3 Penentuan Nilai Faktor Koreksi	70
5.3.4 Perhitungan Arus Jenuh (J)	76
5.3.5 Perhitungan Kapasitas (C)	76
5.3.6 Perhitungan Derajat Kejenuhan (D_j)	78
5.3.7 Perhitungan Panjang Antrean (P_A)	80
5.3.8 Perhitungan Rasio Kendaraan Henti (R_{KH})	82
5.3.9 Perhitungan Tundaan Simpang (T_i)	83
5.3.10 Penentuan Tingkat Pelayanan / <i>Level of Service</i> (LOS)	84
5.3.11 Perbandingan Panjang Antrean Analisis PKJI 2023 dengan Panjang Antrean Terukur	85
5.4 Analisis Kinerja Jalinan Tunggal (<i>U-turn</i>) berdasarkan PKJI 2023	85
5.4.1 Konversi Volume Jalinan Tunggal (<i>U-turn</i>)	86
5.4.2 Parameter geometrik bagian jalinan (<i>U-turn</i>)	87
5.4.3 Perhitungan Kapasitas Jalinan Tunggal (<i>U-turn</i>)	88
5.4.3 Perhitungan Tundaan Jalinan Tunggal (<i>U-turn</i>)	88
5.4 Pemodelan Simpang Menggunakan Perangkat Lunak PTV Vissim	89
5.4.1 Hasil Simulasi Pemodelan Sebelum Kalibrasi	89
5.4.2 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi	92
5.4.3 Perbandingan Analisis Eksisting Metode PKJI dengan PTV Vissim	97
5.5 Solusi Alternatif	98
5.5.1 Alternatif solusi 1	98

5.5.2 Alternatif solusi 2	102
5.5.3 Alternatif solusi 3	106
5.6 Estimasi Dampak Tundaan Terhadap Biaya Bahan Bakar Kendaraan	107
5.5.1 Estimasi Biaya Bahan Bakar Kendaraan Berdasarkan LAPI-ITB	108
5.5.2 Estimasi Biaya Bahan Bakar Kendaraan Berdasarkan Lamsal (ATIS- India)	110
5.7 Pembahasan	114
5.7.1 Perbandingan Derajat Kejenuhan (DJ)	115
5.7.2 Perbandingan Tundaan	116
5.7.3 Perbandingan Panjang Antrean	117
5.7.4 Perbandingan Kinerja Keseluruhan	117
5.7.6 Pengaruh <i>U-turn</i> Pada Lengan Barat	119
5.7.6 Perbandingan Kerugian Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan	120
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	124
6.1 Kesimpulan	124
6.2 Saran	125
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRAN	130

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Penulis Dengan Penelitian Terdahulu	12
Tabel 3.1 Kode Tipe Simpang	15
Tabel 3.2 Klasifikasi Kendaraan di Perkotaan	16
Tabel 3.3 Faktor Koreksi Hambatan Samping	24
Tabel 3.4 Faktor Koreksi Ukuran Kota	25
Tabel 3.5 Waktu Siklus yang Layak	30
Tabel 3.6 Lebar Median Ideal	35
Tabel 3.7 Persyaratan Buka Median	36
Tabel 3.8 Dimensi Kendaraan Rencana untuk Jalan Perkotaan	37
Tabel 3.8 Standar Perhitungan Persamaan GEH	41
Tabel 3.9 Konsumsi Bahan Bakar Menurut ATIS	42
Tabel 5. 1 Data Geometri Simpang 4 APILL UPN	54
Tabel 5.2 Hasil Pengamatan Geometri <i>U-turn</i> Jalan Padjajaran	55
Tabel 5.3 Waktu Siklus Simpang 4 APILL UPN Ringroad Utara	56
Tabel 5. 4 Data Volume Lalu Lintas Sesi Pagi	58
Tabel 5. 5 Data Volume Lalu Lintas Sesi Siang	59
Tabel 5. 6 Data Volume Lalu Lintas Sesi Sore	60
Tabel 5. 7 Data Panjang Antrean Simpang 4 APILL UPN	62
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Data Kecepatan Kendaraan Rata-rata Simpang	62
Tabel 5. 9 Data Perilaku Berkendara / <i>Driving Behaviour</i> Pendekat Barat Simpang 4 APILL UPN	63
Tabel 5. 11 Angka Ekuivalensi Kendaraan Penumpang	65
Tabel 5. 12 Rekapitulasi Volume Kendaraan Periode Jam Puncak	69

Tabel 5.13 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (FHS)	73
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas Sempang	77
Tabel 5. 15 Rekapitulasi Perhitungan Derajat Kejenuhan	79
Tabel 5.16 Rekapitulasi Panjang Antrean (PA) Sempang 4 APILL UPN	81
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Rasio Kendaraan Henti (R_{KH}) dan Jumlah Kendaraan Terhenti (N_{KH}) Sempang 4 APILL UPN	82
Tabel 5. 18 Rekapitulasi Tundaan Sempang 4 APILL UPN	83
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Kinerja Eksisting Sempang 4 APILL UPN	84
Tabel 5. 20 Perbandingan Panjang Antrean Analisis dengan Panjang Antrean Terukur	85
Tabel 5.21 Rekapitulasi Volume Arus Jalanan Tunggal	87
Tabel 5.22 Parameter Geometrik Bagian Jalanan (<i>U-turn</i>)	88
Tabel 5. 23 Hasil Pemodelan Volume Lalu Lintas Menggunakan Perangkat Lunak PTV Vissim Sebelum Kalibrasi	90
Tabel 5. 24 Hasil Pemodelan Panjang Antrean Menggunakan Perangkat Lunak PTV Vissim Sebelum Kalibrasi	91
Tabel 5. 25 Hasil Pemodelan Kecepatan Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM Sebelum Kalibrasi	91
Tabel 5. 26 Perubahan Komponen Perilaku Berkendara (<i>driving behaviour</i>) Setelah Kalibrasi	92
Tabel 5. 27 Hasil Pemodelan Volume Lalu Lintas Menggunakan Perangkat Lunak PTV Vissim Setelah Kalibrasi	95
Tabel 5. 28 Hasil Pemodelan Panjang Antrean Menggunakan Perangkat Lunak PTV Vissim Setelah Kalibrasi	96
Tabel 5. 29 Hasil Pemodelan Kecepatan Menggunakan Perangkat Lunak PTV Vissim Setelah Kalibrasi	96
Tabel 5. 30 Perbandingan Hasil Analisis Metode PKJI 2023 dan PTV Vissim	97

Tabel 5. 31 Penentuan Waktu Siklus (s) dan Waktu Hijau (W_{Hi}) pada Alternatif Solusi 1	99
Tabel 5. 32 Rekapitulasi Analisis Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (DJ) Alternatif Solusi 1 Simpang 4 APILL UPN	101
Tabel 5. 33 Rekapitulasi Hasil Pemodelan PTV Vissim Alternatif Solusi 1	102
Tabel 5. 34 Rekapitulasi Hasil Pemodelan PTV Vissim Alternatif Solusi 2	105
Tabel 5. 35 Rekapitulasi Hasil Pemodelan PTV Vissim Alternatif Solusi 3	107
Tabel 5.35 Rekapitulasi Konsumsi Bahan Bakar Metode LAPI ITB (2003) Berdasarkan Tundaan (PKJI) Kondisi Eksisting	109
Tabel 5.36 Rekapitulasi Konsumsi Bahan Bakar Metode LAPI ITB (2003) Berdasarkan Tundaan Pemodelan Vissim Kondisi Eksisting	110
Tabel 5.37 Rekapitulasi Konsumsi Bahan Bakar Simpang 4 APILL UPN Berdasarkan Metode ATIS-India (2013) Kondisi Eksisting	111
Tabel 5.38 Jumlah Kerugian Konsumsi BBM dengan Metode Lamsal (ATIS-India tahun 2013) Berdasarkan Tundaan Hasil PKJI Kondisi Eksisting	112
Tabel 5.39 Jumlah Kerugian Konsumsi BBM dengan Metode Lamsal (ATIS-India tahun 2013) Berdasarkan Tundaan Hasil Pemodelan Vissim Kondisi Eksisting	113
Tabel 5.40 Total Kerugian BBM Solusi Alternatif	113
Tabel 5. 41 Perbandingan Kinerja Simpang 4 APILL UPN	118

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Titik Konflik Simpang Empat	13
Gambar 3.2 Grafik BSH pemilihan jenis persimpangan	14
Gambar 3.3 Tipikal Kendaraan Sepeda Motor	17
Gambar 3.4 Tipikal Kendaraan Mobil Penumpang	17
Gambar 3.5 Tipikal Kendaraan Mobil Sedang	17
Gambar 3.6 Tipikal Kendaraan Bus Besar	18
Gambar 3.7 Tipikal Kendaraan Truk Besar	18
Gambar 3.8 Penentuan Tipe Pendekat	19
Gambar 3.9 Lebar Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas	20
Gambar 3.10 Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Terlindung (Tipe P)	21
Gambar 3.11 Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Tak Terlindung (Tipe O) Tanpa Lajur Belok Kanan Terpisah	22
Gambar 3.12 Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Tak Terlindung (Tipe O) dengan Lajur Belok Kanan Terpisah	23
Gambar 3.13 Faktor Koreksi Kelandaian	25
Gambar 3.14 Faktor Koreksi Pengaruh Parkir	26
Gambar 3.15 Faktor Koreksi Belok Kiri	27
Gambar 3.16 Faktor Koreksi Belok Kanan	28
Gambar 3.17 Jumlah Kendaraan yang Tersisa dari Fase Hijau Sebelumnya	32
Gambar 3.18 Jumlah Kendaraan (SMP) yang Datang dan Terhenti Selama Fase Merah	32
Gambar 3.19 Jumlah Antrean Maksimum Akibat <i>Overloading</i>	33
Gambar 3.20 Penentuan Rasio Kendaraan Terhenti	34

Gambar 3.21	Bukaan Median	36
Gambar 3.22	Jari-jari Putaran Kendaraan	38
Gambar 4.1	Lokasi Penelitian	45
Gambar 4.2	Bagan Alir Penelitian (1 dari 2)	51
Gambar 5. 1	Geometri Simpang 4 APILL UPN	54
Gambar 5.2	Tampak Atas Putar Balik (<i>U-Turn</i>) Ruas Jalan Padjajaran	55
Gambar 5. 3	Fase Simpang 4 APILL UPN	56
Gambar 5. 4	Diagram Waktu Isyarat Simpang 4 APILL UPN	57
Gambar 5. 5	Grafik Data Volume Lalu Lintas Sesi Pagi	58
Gambar 5. 6	Grafik Data Volume Lalu Lintas Sesi Siang	59
Gambar 5. 7	Grafik Data Volume Lalu Lintas Sesi Sore	60
Gambar 5. 8	Distribusi Pergerakan Volume Lalu Lintas Simpang	61
Gambar 5.9	Hambatan Samping Jalan Prawiro Kuat (Pendekat Utara)	71
Gambar 5.10	Hambatan Samping Jalan Padjajaran (Pendekat Timur)	72
Gambar 5.11	Hambatan Samping Jalan Seturan Raya (Pendekat Selatan)	72
Gambar 5.12	Hambatan Samping Jalan Padjajaran (Pendekat Barat)	73
Gambar 5. 13	Nilai N_{qmax} yang Digunakan dalam Analisis Panjang Antrean	81
Gambar 5.14	Denah Arus Jalinan Tunggal (<i>U-turn</i>)	86
Gambar 5.15	Pemodelan Kondisi Awal (<i>default</i>) Sebelum Kalibrasi	93
Gambar 5.16	Pemodelan Kondisi Setelah Proses Kalibrasi	94
Gambar 5.17	Diagram Waktu Siklus 150 detik untuk Alternatif 1	99
Gambar 5.18	Skema Pemindahan <i>U-turn</i> untuk Alternatif 2	103
Gambar 5.19	Simulasi Rekayasa Geometri Alternatif 2	105
Gambar 5. 20	Perbandingan Derajat Kejenuhan Pada Setiap Pendekat Kondisi Eksisting Terhadap Alternatif Solusi	115

Gambar 5. 21 Perbandingan Tundaan Pada Setiap Pendekat Kondisi Eksisting Terhadap Alternatif Solusi	116
Gambar 5. 22 Perbandingan Panjang Antrean Pada Kondisi Eksisting Terhadap Alternatif Solusi	117
Gambar 5.23 Diagram Perbandingan Kerugian Konsumsi Bahan Bakar	121

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Time Schedule Penelitian Evaluasi	131
Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Rabu	132
Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Jumat	136
Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Sabtu	140
Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Rabu	144
Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Jumat	148
Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Sabtu	152
Lampiran 4 Formulir Survei <i>Driving Behavior</i>	156
Lampiran 4 Formulir Survei Hambatan Samping	157
Lampiran 5 Formulir Survei Kecepatan	158
Lampiran 6 Formulir <i>U-turn</i> (Jam Puncak)	162

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

APILL	= Alat pemberi isyarat lalu lintas
BKJIT	= Belok kiri jalan terus
Bw	= Kendaraan menjalin
Bnw	= Kendaraan tidak menjalin
C	= Kapasitas
C_0	= Kapasitas dasar
Cw	= Kendaraan menjalin
D_j	= Derajat kejenuhan
EMP	= Ekuivalensi mobil penumpang
F_{BKA}	= Faktor koreksi belok kanan
F_{BKI}	= Faktor koreksi belok kiri
F_G	= Faktor Kelandaian
F_{HS}	= Faktor hambatan samping
F_P	= Faktor parkir
F_{UK}	= Faktor ukuran kota
GEH	= Geoffery E. Havers (Validasi dengan GEH)
J	= Arus jenuh
J_0	= Arus jenuh dasar
KB	= Kendaraan berat
L	= Lebar pendekat
L_s	= Ruang simpan
L_E	= Lebar jalur efektif
LOS	= Level of service
L_K	= Lebar jalur keluar
L_M	= Lebar jalur masuk
M	= Meter
MP	= Mobil penumpang
N_{KH}	= Jumlah rata-rata kendaraan berhenti

N_q	= Jumlah rata-rata antrian kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
N_q	= Jumlah rata-rata antrian kendaraan yang datang dan terhenti Dalam selama fase merah
P_A	= Panjang antrian
P_{BKa}	= Rasio belok kanan
P_{BKl}	= Rasio belok kiri
$PKJI$	= Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia
$PTV\text{-VISSIM}$	= <i>planung Transportasi Verkher-Verkher in Stadten Simulations Model</i>
q	= Arus lalu lintas
q_{BKa}	= Arus lalu lintas belok kanan
q_{BKl}	= Arus lalu lintas belok kiri
q_{TOT}	= Arus lalu lintas total
R_{BKa}	= Rasio arus belok kanan
R_{BKl}	= Rasio arus belok kiri
R_{BKlJT}	= Rasio arus belok kiri jalan terus
R_H	= Rasio waktu hijau
R_{KH}	= Rasio kendaraan terhenti
$R_{q/J}$	= Rasio kejenuhan
S	= Waktu siklus
SM	= Sepeda motor
SMP	= Satuan mobil penumpang
T_G	= Tundaan geometri
T_{LL}	= Tundaan lalu lintas
UK	= Ukuran kota
W_{AH}	= Waktu antar hijau
W_H	= Waktu hijau
W_{HH}	= Waktu hijau hilang total
W_K	= Waktu isyarat kuning
W_M	= Waktu isyarat merah semua

ABSTRAK

Simpang Empat APILL UPN Sleman Yogyakarta merupakan salah satu simpul lalu lintas perkotaan dengan intensitas pergerakan kendaraan yang tinggi, khususnya pada jam puncak. Keberadaan fasilitas putar balik (*U-turn*) pada lengan barat di satu sisi mendukung aksesibilitas, namun di sisi lain berpotensi menurunkan kinerja simpang akibat meningkatnya konflik lalu lintas. Kondisi tersebut memicu peningkatan tundaan dan antrean kendaraan yang berdampak pada bertambahnya konsumsi bahan bakar minyak (BBM) serta menimbulkan kerugian ekonomi bagi pengguna jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang pada kondisi eksisting, mengevaluasi pengaruh *U-turn* lengan barat terhadap kinerja lalu lintas, serta menghitung biaya kerugian konsumsi BBM akibat kemacetan.

Analisis kinerja simpang dilakukan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan pemodelan lalu lintas mikroskopik dengan perangkat lunak PTV Vissim. Data primer diperoleh dari survei volume lalu lintas pada jam puncak yang dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang. Estimasi kerugian konsumsi BBM akibat tundaan lalu lintas dihitung menggunakan metode LAPI-ITB dan Lamsal (ATIS-India).

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting, simpang APILL UPN memiliki tundaan rata-rata sebesar 293,661 detik/kendaraan dengan derajat kejenuhan rata-rata sebesar 1,24, yang menunjukkan tingkat pelayanan (LOS) F. Pada fasilitas *U-turn* lengan barat, diperoleh derajat kejenuhan sebesar 1,10 dengan tundaan 71,29 detik/kendaraan, sehingga berkontribusi terhadap memburuknya kinerja simpang. Kondisi eksisting tersebut menimbulkan kerugian konsumsi BBM sebesar Rp 4.008.539 dengan LAPI-ITB dan Rp 3.861.029 Lamsal. Penerapan alternatif 3 mampu menurunkan tundaan dan kerugian BBM, meskipun tingkat pelayanan simpang masih berada pada kategori F.

Kata kunci: simpang bersinyal, *U-turn*, tundaan lalu lintas, konsumsi BBM, PKJI 2023, PTV VISSIM.

ABSTRACT

The APILL UPN Sleman four-leg signalized intersection is one of the urban traffic nodes with high vehicle movement intensity, particularly during peak hours. The presence of a U-turn facility on the west approach supports accessibility; however, it also has the potential to degrade intersection performance due to increased traffic conflicts. These conditions lead to higher delays and vehicle queues, resulting in increased fuel consumption and economic losses for road users. This study aims to analyze the performance of the intersection under existing conditions, evaluate the impact of the west-approach U-turn on traffic performance, and estimate fuel consumption losses caused by congestion.

Intersection performance analysis was conducted using the Indonesian Highway Capacity Guidelines (PKJI) 2023 and microscopic traffic simulation with PTV VISSIM software. Primary data were obtained from peak-hour traffic volume surveys and converted into passenger car units. Fuel consumption losses due to traffic delays were estimated using the LAPI-ITB and Lamsal (ATIS-India) methods.

The results indicate that under existing conditions, the APILL UPN intersection experiences an average delay of 293.661 seconds per vehicle with an average degree of saturation of 1.24, corresponding to a Level of Service (LOS) F. At the west-approach U-turn facility, a degree of saturation of 1.10 and an average delay of 71.29 seconds per vehicle were observed, contributing to the deterioration of overall intersection performance. Under existing conditions, fuel consumption losses amount to IDR 4,008,539 based on the LAPI-ITB method and IDR 3,861,029 using the Lamsal method. The implementation of improvement alternatives reduces both traffic delay and fuel consumption losses, although the level of service of the intersection remains in category F.

Keywords: *signalized intersection, U-turn, traffic delay, fuel consumption, PKJI 2023, PTV VISSIM.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Simpang merupakan area pertemuan atau persilangan dua atau lebih ruas jalan yang memiliki peranan penting dalam pengaturan lalu lintas. Simpang biasanya dilengkapi dengan rambu lalu lintas, marka jalan, dan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) untuk mengatur pergerakan kendaraan dan pejalan kaki. Meski begitu, pengelolaan simpang yang tidak optimal dapat menyebabkan perlambatan arus, peningkatan waktu tunggu, hingga kemacetan. Kondisi ini sangat sering terjadi di kawasan perkotaan dengan volume kendaraan yang tinggi, seperti di Simpang 4 APILL UPN Sleman, Yogyakarta.

Fasilitas *U-turn* merupakan salah satu elemen penting dalam pengelolaan lalu lintas di simpang. Fasilitas ini memungkinkan kendaraan untuk berputar arah tanpa harus melibatkan konflik langsung dengan arus kendaraan lain. Namun, jika tidak dirancang dengan baik, *U-turn* justru dapat memperburuk kinerja lalu lintas dengan meningkatkan tundaan, panjang antrean, dan konsumsi bahan bakar. Pratama (2021) menyatakan bahwa lokasi dan geometri *U-turn* yang tepat dapat mengurangi panjang antrean dan konflik lalu lintas, sehingga meningkatkan kapasitas simpang. Pratama (2021) mengevaluasi Lengan Timur simpang 4 APILL UPN Sleman Yogyakarta dan menemukan bahwa penyesuaian geometri serta lokasi *U-turn* memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kinerja simpang. Dengan meninjau pengaruh fasilitas *U-turn* di pendekatan Barat terhadap biaya kerugian bahan bakar akibat kemacetan menggunakan metode PKJI 2023 dan pemodelan PTV Vissim.

Fhadil (2019) menunjukkan bahwa panjang antrean kendaraan dan tundaan di simpang bersinyal memiliki hubungan langsung dengan peningkatan konsumsi bahan bakar. Kendaraan yang terjebak dalam kemacetan atau tundaan panjang cenderung mengonsumsi lebih banyak bahan bakar karena mesin tetap menyala

meski kendaraan dalam keadaan diam. Hal ini menyebabkan pemborosan energi dan kerugian ekonomi yang signifikan

Dari beberapa uraian di atas, fasilitas *U-turn* di kawasan perkotaan, termasuk di Simpang 4 APILL UPN Sleman, memiliki peran penting dalam pengelolaan lalu lintas. Namun, perencanaan yang kurang memadai menyebabkan *U-turn* sering kali menjadi sumber utama permasalahan kemacetan, tundaan, dan panjang antrean. Kondisi ini tidak hanya memperburuk kenyamanan pengguna jalan, tetapi juga menimbulkan kerugian ekonomi akibat konsumsi BBM yang meningkat. Berdasarkan penelitian, desain dan lokasi *U-turn* yang tepat dapat meningkatkan efisiensi lalu lintas dan mengurangi dampak negatif pada kinerja simpang (Pratama, 2021). Fhadil (2019) menambahkan bahwa semakin panjang antrean kendaraan, semakin besar pula konsumsi BBM yang terbuang sia-sia akibat tundaan yang tinggi. Pada penelitian ini, analisis data dilakukan dengan menggunakan Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan juga akan dilakukan pemodelan dengan menggunakan *software* Vissim. Situasi Simpang 4 APILL UPN dapat dilihat pada Gambar 1.1. dan Gambar 1.2 *U-Turn* Pada Lengan Barat



Gambar 1.1 Simpang 4 APILL UPN



Gambar 1.2 *U-Turn* Pada Lengan Barat

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja simpang APILL pada kondisi eksisting?
2. Bagaimana kinerja *U-turn* Lengan Barat pada kondisi eksisting?
3. Bagaimana usulan dan evaluasi kinerja alternatif pada fasilitas *U-turn* pada lengan Barat?
4. Bagaimana kerugian pada kondisi eksisting dan usulan alternatif konsumsi bahan bakar?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan kinerja simpang APILL pada kondisi eksisting.
2. Mengevaluasi kinerja *U-turn* di lengan Barat berdasarkan PKJI 2023.
3. Melakukan analisis kinerja berdasarkan PTV Vissim untuk fasilitas *U-Turn*, simpang APILL, dan alternatif,
4. Menghitung biaya kerugian BBM pada existing dan usulan alternatif.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat kepada praktisi dan akademisi. Manfaat bagi keduanya adalah sebagai berikut.

1. Manfaat penelitian untuk akademisi

- a. Sebagai bahan pembelajaran untuk menambah pemahaman berkaitan dengan pengelolaan simpang bersinyal, evaluasi kinerja lalu lintas, analisis konsumsi bahan bakar akibat kemacetan, dan
 - b. Sebagai penunjang penelitian selanjutnya.
2. Manfaat penelitian untuk praktisi
 - a. Sebagai bahan pertimbangan dalam pemodelan rekayasa lalu lintas yang sesuai dengan standar peraturan yang berlaku.
 - b. Menyediakan gambaran mengenai besarnya konsumsi bahan bakar yang terbuang akibat kemacetan, dan
 - c. Memberikan manfaat untuk memberikan pengetahuan tentang pengaruh putaran balik (*u-turn*) pada kinerja simpang dan alternatif pemecahan masalah

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian berada pada Simpang 4 APILL UPN
2. Penelitian ini dilakukan pada dua hari kerja atau *weekday* dan satu hari di akhir pekan atau *weekend*.
3. Evaluasi dan analisis data pada jam puncak lalu lintas.
4. Pengelompokkan jenis kendaraan yang disurvei adalah sebagai berikut:
 - a. Sepeda Motor (SM).
 - b. Mobil Penumpang (MP). Contoh: mobil pribadi, taksi, sedan, dan pickup.
 - c. Kendaraan Sedang (KS). Contoh: bus dan truk sedang.
5. Perhitungan kerugian konsumsi bahan bakar minyak (BBM) oleh kendaraan bermotor menggunakan metode ATIS-INDIA (2013) dan LAPI ITB (1996).
6. Analisis kinerja dilakukan dengan berpedoman kepada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan pemodelan menggunakan perangkat lunak Vissim.
7. Pedoman Pengaruh *U-turn* yang digunakan adalah Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023.
8. Data-data yang diperlukan diambil secara langsung di lokasi penelitian.

9. Melakukan Pemodelan simpang menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM.
10. Penentuan *level of service* dilakukan dengan menggunakan Peraturan Menteri Perhubungan PM 96/2015 tentang Penyelenggaraan Manajemen Lalu Lintas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Putar Balik (*U-turn*) Pada Simpang

Gumelar (2019) melakukan penelitian mengenai dampak pemindahan putaran balik (*U-turn*) di simpang Janti, Jalan Laksada Adisucipto, Yogyakarta. Tujuan utama penelitian ini adalah mengevaluasi kinerja lalu lintas di Jalan Laksada Adisucipto dan simpang Janti sebelum dan sesudah pemindahan *U-turn*. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014, serta *software* Vissim

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan analisis PKJI 2014, ruas Jalan Laksada Adisucipto memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,88, yang termasuk dalam kategori tingkat pelayanan E. Kecepatan rata-rata kendaraan di ruas jalan tersebut arah Barat-Timur berdasarkan survei adalah 35,6 km/jam, sementara hasil simulasi dengan *software* Vissim menunjukkan kecepatan rata-rata sebesar 34,7 km/jam. Setelah dilakukan pemindahan *U-turn*, kecepatan rata-rata kendaraan pada pendekat Barat meningkat dari 34,7 km/jam menjadi 39,8 km/jam. Sedangkan pada ruas Jalan Raya Kledokan, kecepatan rata-rata kendaraan mengalami peningkatan dari 33,96 km/jam menjadi 34,4 km/jam. Adapun nilai derajat kejenuhan simpang bersinyal juga menunjukkan perubahan. Pada pendekat Barat, derajat kejenuhan menurun dari 0,817 menjadi 0,809. Pendekat Timur juga mengalami penurunan derajat kejenuhan, yakni dari 0,695 menjadi 0,677. Sebaliknya, pada pendekat Selatan, terjadi peningkatan derajat kejenuhan dari 0,237 menjadi 0,290.

Kurniawan (2023) melakukan penelitian tentang pengaruh fasilitas *U-turn* terhadap kinerja lalu lintas di Jalan Gajah Mada, Kota Batam, tepatnya di depan SD Kemilau Bangsa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dampak gerakan *U-turn* terhadap kecepatan kendaraan, antrean, dan derajat kejenuhan, serta merumuskan solusi teknis untuk memperbaiki kinerja lalu lintas. Analisis dilakukan dengan metode MKJI 1997 dan observasi langsung terhadap volume lalu lintas dan manuver *U-turn*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan *U-turn*

menyebabkan penurunan kecepatan arus bebas menjadi rata-rata 50,6 km/jam. Volume tertinggi tercatat sebesar 4.781 skr/jam dari arah barat, dan 4.498 skr/jam dari arah timur. Derajat kejenuhan juga meningkat pada pendekatan barat dari 0,79 menjadi 0,81, serta antrean kendaraan mencapai panjang 54 meter. Waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk menyelesaikan manuver *U-turn* rata-rata adalah 45,6 detik di arah barat dan 42,3 detik di arah timur.

Halim (2022) melakukan penelitian mengenai pengaruh keberadaan fasilitas putar balik (*U-turn*) terhadap kinerja lalu lintas di ruas Jalan Ibrahim Adjie, Kota Bandung. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dampak gerakan *U-turn* terhadap penurunan kecepatan kendaraan serta perubahan tingkat pelayanan jalan (LOS). Analisis dilakukan dengan menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014, serta pendekatan kuantitatif yang mencakup survei volume lalu lintas, kecepatan, dan waktu manuver *U-turn*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi *U-turn*, semakin signifikan penurunan kecepatan kendaraan di jalur utama, dengan korelasi sebesar $r = 0,9767$. Kecepatan rata-rata kendaraan menurun dari 41,3 km/jam menjadi 26,4 km/jam saat mendekati lokasi *U-turn*. Tingkat pelayanan jalan juga mengalami penurunan dari kategori C ke D pada jam sibuk, dengan derajat kejenuhan meningkat dari 0,70 menjadi 0,93.

Halim menyimpulkan bahwa fasilitas *U-turn* yang tidak dirancang secara tepat dapat menurunkan efisiensi lalu lintas dan meningkatkan potensi kemacetan, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang atau relokasi sesuai karakteristik lalu lintas setempat.

2.2 Analisis Kinerja Putaran Balik (*U-Turn*)

Pattiapon (2015) melakukan penelitian tentang keberadaan putaran balik pada Ruas Jalan Wates KM 5 di Yogyakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja jalan sebagai faktor yang memengaruhi efektivitas *U-turn*. Analisis dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 terkait Jalan Perkotaan dan Pedoman Perencanaan Putaran Balik No.6 Tahun 2005 dari Dirjen Bina Marga.

Pattiapon (2015) membuat hasil yang menunjukkan bahwa volume lalu lintas tertinggi di Ruas Jalan Wates KM 5 terjadi pada hari Sabtu, 12 September 2019, dengan puncaknya pada pukul 16.00-17.00 untuk arah Barat sebesar 206,1 smp/jam, dan pukul 15.15-16.15 untuk arah Timur sebesar 196,5 smp/jam. Berdasarkan analisis PKJI 2014, derajat kejenuhan untuk arah Barat mencapai 0,861, sedangkan untuk arah Timur sebesar 0,818. Kapasitas ruas jalan dalam penelitian ini adalah 3484,17 smp/jam untuk tiap arah. Selain itu, kecepatan tempuh teoritis juga dianalisis, dengan hasil sebesar 35,53 km/jam untuk arah Barat dan 38,86 km/jam untuk arah Timur. Waktu tempuh teoritis yang diperlukan untuk menempuh jarak 100 meter adalah 10,48 detik untuk arah Barat dan 9,66 detik untuk arah Timur. Nilai derajat kejenuhan yang lebih besar dari 0,75 menunjukkan bahwa Ruas Jalan Wates KM 5 belum mampu melayani volume lalu lintas maksimum. Berdasarkan evaluasi ini, tingkat pelayanan untuk ruas jalan tersebut berada pada kategori E untuk arah Barat dan D untuk arah Timur.

Pratama (2021) melakukan penelitian untuk menganalisis perbaikan fasilitas putaran balik guna meningkatkan kinerja Simpang UPN Yogyakarta dengan memodifikasi lokasi *U-turn* di lengan Timur. Penelitian ini menggunakan dua metode analisis, yaitu MKJI 1997 dan *software VISSIM*. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada Alternatif 1, terjadi penurunan derajat kejenuhan dan waktu tundaan pada beberapa lengan simpang, meskipun panjang antrean meningkat di beberapa titik. Kecepatan rata-rata kendaraan juga mengalami penurunan di sebagian besar lengan, dengan perubahan panjang antrean dan waktu tundaan yang signifikan. Sedangkan Alternatif 2 melibatkan pemindahan fasilitas putaran balik di simpang bersinyal pada lengan Timur dan perubahan geometri simpang pada lengan Timur. Pada alternatif ini, lebar lajur 1 yang sebelumnya 3,5 meter menjadi 3,0 meter, sementara lajur 2 yang sebelumnya 4,5 meter diperlebar menjadi 5,3 meter. Perubahan ini menyebabkan lajur 1 menjadi lebih sempit dan lajur 2 lebih lebar dibandingkan alternatif 1. Meskipun alternatif 2 memperbaiki derajat kejenuhan, pengaruhnya terhadap waktu tundaan lebih kecil dibandingkan alternatif 1.

2.3 Kerugian Konsumsi BBM akibat Tundaan

Fadhil (2019) melakukan penelitian analisis hubungan lama waktu tundaan dan panjang antrean terhadap konsumsi bahan bakar minyak (BBM) pada kendaraan. Metode yang di gunakan dalam studi berupa analisis lalu lintas menggunakan metode MKJI 1997 dan analisis konsumsi BBM menggunakan metode dari LAPI-ITB. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tundaan dan panjang antrean kendaraan setiap lengan berpengaruh terhadap kerugian bahan bakar pada jam puncak dengan 2 hari pengamatan di simpang UPN yaitu sebesar 444,653 liter dengan total kerugian mencapai Rp.3.173.725, patokan harga pada tahun 2019. Perubahan yang perlu diadakan untuk memperbaiki kualitas kinerja simpang dan untuk meminimalisir kerugian konsumsi bahan bakar minyak (BBM) pada simpang UPN ini yaitu dengan merubah geometrik simpang yang semula sebidang menjadi simpang tidak sebidang.

Ahrys (2018) meneliti hubungan antara lama tundaan dan panjang antrean terhadap konsumsi bahan bakar kendaraan pada beberapa simpang bersinyal di Kota Samarinda, yaitu simpang Antasari, Air Putih, Lembuswana, dan Ahmad Yani. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif yang signifikan antara lama tundaan dengan konsumsi BBM di semua lokasi penelitian. Artinya, semakin lama kendaraan mengalami tundaan, semakin besar konsumsi BBM yang terjadi. Sementara itu, hubungan antara panjang antrean dengan konsumsi BBM justru menunjukkan korelasi negatif yang signifikan, yakni semakin panjang antrean justru menurunkan konsumsi BBM. Pada kondisi eksisting, lama tundaan tertinggi terjadi di simpang Air Putih dengan waktu rata-rata 168,77 detik dan panjang antrean 271,73 meter, diikuti simpang Lembuswana dengan tundaan 140,86 detik dan antrean 98,93 meter. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa perbaikan sistem simpang yang mampu menekan tundaan akan berdampak langsung pada efisiensi konsumsi bahan bakar masyarakat di Samarinda.

Ulum (2023) melakukan penelitian tentang konsumsi bahan bakar akibat tundaan lalu lintas di simpang bersinyal Patung Sapi, Kota Pasuruan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar kerugian konsumsi BBM akibat

tundaan serta mengevaluasi solusi yang dapat mengurangi pemborosan tersebut. Penelitian dilakukan menggunakan metode MKJI 1997 dan simulasi perangkat lunak VISSIM untuk menganalisis kinerja simpang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi BBM pada kondisi eksisting mencapai 101 liter per jam, yang secara finansial diperkirakan setara dengan Rp920.000 per jam. Untuk mengatasi masalah tersebut, peneliti mengusulkan tiga alternatif solusi, yaitu perubahan fase sinyal, pelebaran pendekat, dan kombinasi keduanya. Dari hasil simulasi, kombinasi dua perbaikan tersebut menunjukkan hasil terbaik dengan penurunan konsumsi BBM hingga 92%, serta peningkatan tingkat pelayanan simpang secara signifikan.

2.4 Evaluasi Simpang APILL

Wangsa (2023) melakukan penelitian dengan analisis PKJI 2023, kinerja eksisting Pasar Pon pada siklus 1 pada pendekat Barat memperoleh nilai derajat kejenuhan 0,92 dengan panjang antrean 96,7 meter dan tundaan rata-rata sebesar 33,5 detik. Untuk siklus 2 pada pendekat Barat memperoleh nilai derajat kejenuhan 0,69 dengan panjang antrean 45,7 meter dan tundaan rata-rata sebesar 31 meter. Untuk simpang eksisting Nonongan pada pendekat barat pada siklus 1 mendapat nilai derajat kejenuhan sebesar 0,88 dengan panjang antrean 217 meter, dan tundaan rata-rata 73 detik. Untuk siklus 2 pada pendekat Barat memperoleh nilai derajat kejenuhan sebesar 0,59 dengan panjang antrean 58,2 meter dan tundaan rata-rata sebesar 27,4 detik.

Nugroho (2020) melakukan penelitian mengenai analisis kinerja simpang bersinyal dengan menggunakan perangkat lunak *VISSIM Student Version* pada Simpang Sompok, Semarang. Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengevaluasi kinerja lalu lintas pada kondisi eksisting dan membandingkannya dengan beberapa skenario perbaikan geometri dan pengaturan lalu lintas. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting, simpang memiliki tingkat pelayanan F dengan panjang antrean mencapai 354 meter dan tundaan rata-rata sebesar 100 detik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, peneliti mengusulkan tiga alternatif: (1) pengalihan jalur kendaraan roda dua, (2) perubahan geometri simpang, dan (3)

kombinasi dari kedua alternatif tersebut. Dari ketiga skenario yang diuji menggunakan simulasi *VISSIM*, kombinasi antara pengubahan lajur roda dua dan perbaikan geometri simpang menghasilkan hasil terbaik. Tingkat pelayanan meningkat menjadi B, panjang antrean berkurang menjadi 50 meter, dan tundaan turun drastis menjadi 18 detik.

Bimantoro (2016) melakukan penelitian analisis kinerja simpang bersinyal di Simpang Pingit, Yogyakarta, yang mencakup empat lengan: Utara (Jl. Magelang), Timur (Jl. Diponegoro), Selatan (Jl. Tentara Pelajar), dan Barat (Jl. Kyai Mojo). Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi kondisi eksisting simpang dan menentukan solusi perbaikan terbaik. Analisis dilakukan menggunakan metode MKJI 1997 dan simulasi dengan *software VISSIM*. Hasil menunjukkan bahwa semua lengan simpang tidak memenuhi syarat, dengan nilai derajat kejenuhan tertinggi pada lengan Barat adalah 1,09. Panjang antrean tertinggi menurut MKJI mencapai 469,36 m pada lengan Timur, sedangkan simulasi *VISSIM* menunjukkan antrean tertinggi 194,43 m pada lengan Selatan. Waktu tundaan ekstrim tercatat 472,27 detik/smp pada lengan Barat (MKJI) dan 288,98 detik/smp pada lengan Selatan (*VISSIM*).

2.5 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Perbandingan penelitian ini dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Penulis dengan Penelitian Terdahulu

Aspek	Gumelar (2019)	Fadhil (2019)	Pattiapon (2015)	Pratama (2021)	Wangsa (2023)	Nugroho (2020)	Halim (2022)
Judul Penelitian	Pengaruh Bukaian Median (<i>U-turn</i>) Terhadap Kinerja Jalan	Analisis Simpang Bersinyal Dan Waktu Tundaan Terhadap Konsumsi BBM	Analisis Kinerja Putaran Balik (<i>U-Turn</i>)	Perbaikan Fasilitas Putaran Balik Dengan Peningkatan Kinerja Simpang	fadhil	Analisis kinerja simpang bersinyal pada Simpang Sompok, Semarang	Pengaruh keberadaan fasilitas putar balik (<i>U-turn</i>) terhadap kinerja lalu lintas
Lokasi Penelitian	Jalan Laksada Adisucipto Yogyakarta	Simpang UPN Yogyakarta	Jalan Wates KM 5 Yogyakarta	Simpang UPN Dan Jalan Padjajaran Yogyakarta	Simpang Pasar Pon Banjarsari	Simpang Sompok, Semarang	Ibrahim Adjie, Kota Bandung
Metode Penelitian	PKJI 2014	MKJI 1997	MKJI 1997	MKJI 1997	PKJI 2023	PKJI 2014	PKJI 2014
Persamaan	1. <i>Software VISSIM</i> 2. Perencanaan Putaran Balik 06/BM/2005	1. <i>Software VISSIM</i> 2. Lokasi Penelitian	1. <i>Software VISSIM</i>	1. <i>Software VISSIM</i> 2. Lokasi Penelitian	1. <i>Software VISSIM</i> 2. Metode Penelitian PKJI 2023	1. <i>Software VISSIM</i>	1. <i>Software VISSIM</i>
Perbedaan	1. Lokasi Penelitian 2. Tidak ada Biaya Kerugian BBM 3. Metode Penelitian PKJI 2023	1. Tidak Analisis <i>U-Turn</i> 2. Metode PKJI 2023 3. Analisis BBM dengan ATIS-INDIA	1. Tidak ada Biaya Kerugian BBM 2. Metode Penelitian PKJI 2023	1. Tidak ada Biaya Kerugian BBM 2. Analisis <i>U-Turn</i> Di Lengan Barat 3., Metode Penelitian PKJI 2023	1. Lokasi Penelitian 2. Tidak terdapat Biaya Kerugian BBM	1. Tidak Analisis <i>U-Turn</i> 2. Metode PKJI 2023 3. Tidak ada Biaya Kerugian BBM	1. Tidak ada Biaya Kerugian BBM 2. Metode Penelitian PKJI 2023

Sumber : Gumelar (2019), Pratama (2021), Fadhil (2019), Pattiapon (2015), Wangsa (2023), Nugroho (2020), Halim (2022)

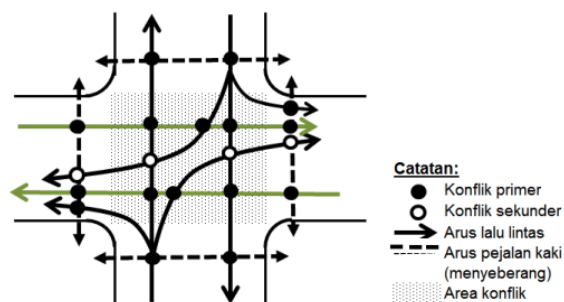
BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan Jalan

Menurut Pedoman Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), Persimpangan adalah pertemuan dua atau lebih ruas jalan, dapat berupa simpang atau simpang APILL atau bunderan atau simpang tak sebidang. Simpang tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadinya konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya atau dengan pejalan kaki. Menurut Susilo dan Loentan (2007), permasalahan lalu lintas yang terjadi di persimpangan muncul karena adanya titik-titik konflik antar pergerakan kendaraan. Titik-titik konflik yang timbul pada simpang bervariasi menurut jenis manuvernya. Jumlah potensi titik-titik konflik pada simpang tergantung pada:

1. jumlah kaki simpang,
2. jumlah lajur dari setiap kaki simpang,
3. jumlah pengaturan simpang, dan
4. jumlah arah pergerakan.

Ada dua tipe konflik, yaitu konflik primer dan sekunder. Konflik primer termasuk konflik antara arus lalu lintas dari arah tegak lurus, sedangkan konflik sekunder termasuk konflik antara arus lalu lintas belok kanan dan lalu lintas arah lainnya atau antara arus belok kiri dan pejalan kaki. Gerakan konflik lalu lintas pada simpang dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Titik Konflik Simpang Empat

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.1.1 Jenis Persimpangan.

Menurut Bina Marga (2023), pemilihan jenis persimpangan baru (simpang, simpang APILL, bunderan, atau simpang tak sebidang) didasarkan pada analisis biaya siklus hidup. Grafik biaya siklus hidup pemilihan jenis simpang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Grafik BSH pemilihan jenis persimpangan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.1.2 Tipe Persimpangan

Menurut Bina Marga (2023), dalam pemilihan tipe simpang (simpang baru/lama) didasarkan pada analisis BSH (Biaya Siklus Hidup). Pemilihan tipe simpang akan ditingkatkan didasarkan atas:

1. LHRT
2. Faktor K
3. $D_J \leq 0,85$
4. T terkecil
5. Persyaratan teknis geometri simpang
6. Pertimbangan keselamatan lalu lintas, lingkungan, dan ekonomi.

Pengelompokan tipe persimpangan didapatkan berdasarkan jumlah lengan simpang dan jumlah lajur pada jalan mayor dan minor. Kode Tipe Simpang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kode Tipe Simpang

Kode Tipe Simpang	Jumlah Lengan Simpang	Jumlah Lengan Jalan Mayor	Jumlah Lajur Jalan Mayor
322	3	2	2
324	3	2	4
422	4	2	2
424	4	2	4

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.2 Klasifikasi Kendaraan

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), khususnya pada analisis simpang APILL, jenis kendaraan terbagi menjadi tiga yaitu sepeda motor (SM), mobil penumpang (MP), kendaraan sedang (KS). Bus besar (BB) dan truk berat (TB).

3.2.1 Tipikal Kendaraan

Menurut Bina Marga dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023), arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu lengan jalan per jam, dengan satuan (kendaraan/jam) atau satuan mobil penumpang per jam (SMP/jam). Perhitungan yang mengikuti jaringan jalan perkotaan yaitu kapasitas jalan perkotaan, kapasitas simpang APILL, kapasitas simpang, dan kapasitas bagian jalan. Menurut Bina Marga (2023), klasifikasi kendaraan di perkotaan menjadi lima jenis yaitu SM, MP, KS, BB, dan TB. Klasifikasi kendaraan di perkotaan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

3.3 Kapasitas Simpang APILL

Analisis kapasitas simpang dilakukan pada masing-masing pendekat, kemudian dijumlahkan sehingga mendapatkan kapasitas simpang, yang selanjutnya

kapasitas digunakan untuk menghitung kinerja lalu lintas. Setelah menganalisis subsubbab 3.5.1 sampai 3.5.6, perhitungan kapasitas (C) bisa dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.1.

$$C = J \times (w_H / s) \quad (3.1)$$

dengan :

C = kapasitas simpang APILL (SMP/jam),

J = arus jenuh (SMP/jam),

w_H = total waktu hijau per siklus (detik), dan

s = waktu siklus (detik).

Berdasarkan rumus persamaan diatas maka diperlukan parameter yang digunakan untuk menghitung nilai kapasitas sebagai berikut.

3.3.1 Tipe Pendekat

Pada setiap pendekat, analisis kapasitas harus dipisah jika arus berangkat memiliki lebih dari 1 fase, hal ini berlaku untuk tipe pendekat terlindung (tipe P) maupun terlawan (tipe O). Tipe pendekat dapat ditentukan dengan mengamati Gambar 3.8 .

Tabel 3.2 Klasifikasi Kendaraan di Perkotaan

Jenis Kendaraan		Tipikal Kendaraan
SM	Kendaraan roda 2 (dua) dan 3 (tiga)	Sepeda motor, kendaraan roda 3 (tiga)
MP	Mobil penumpang roda 4 (empat)	Sedan, Jeep, Minibus, Mikrobus, Pickup, Truk Kecil
KS	Bus sedan dan angkutan	Bus tanggung, bus metromini
BB	Bus besar	Bus antar kota, bus <i>double decker city tour</i>
TB	Truk Besar	Truk tronton, truk <i>semi trailer</i>

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Gambaran klasifikasi kendaraan dapat dilihat pada Gambar 3.3, Gambar 3.4, Gambar 3.5.



Gambar 3.3 Tipikal Kendaraan Sepeda Motor

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)



Gambar 3.4 Tipikal Kendaraan Mobil Penumpang

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)



Gambar 3.5 Tipikal Kendaraan Mobil Sedang

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)



Gambar 3.6 Tipikal Kendaraan Bus Besar

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)



Gambar 3.7 Tipikal Kendaraan Truk Besar

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

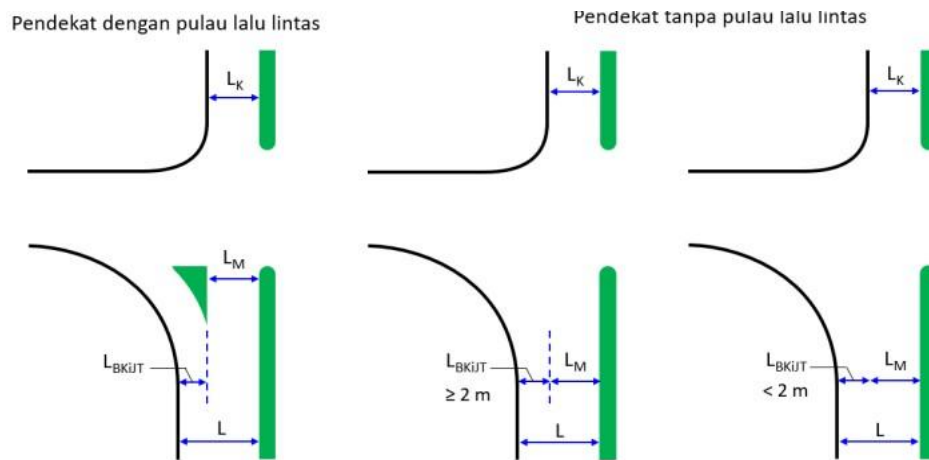
Tipe pendekat	Keterangan	Contoh pola pengaturan pada pendekat	
Terlindung (Tipe P)	Arus berangkat tidak konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah	
		Jalan satu arah	
		Simpang-3	
		Jalan dua arah, belok kanan dibatasi	
Terlawan (Tipe O)	Arus berangkat konflik dengan arus lalu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

Gambar 3.8 Penentuan Tipe Pendekat

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.3.2 Lebar Pendekat Efektif

Lebar pendekat efektif (L_E) ditentukan menggunakan beberapa parameter yaitu lebar masuk (L_M), lebar pendekat awal (L), dan lebar keluar (L_K). L_M memiliki dua kondisi yaitu dengan atau tanpa pulau lalu lintas. Pada tanpa pulau lalu lintas, penentuan L_M dibagi menjadi L_{BKJT} lebih atau kurang dari 2 m, perbedaan bisa dilihat melalui Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Lebar Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Perhitungan L_E mempunyai dua ketentuan seperti berikut

1. Bila $L_{BKIJT} \geq 2$ m, maka lajur sendiri dapat diterapkan pada arus belok kiri.

$$L_E = \text{Min} \{L - L_{BKIJT} \text{ atau } L_M\} \quad (3.2)$$

Jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa})$, maka $L_E = L_K$.

2. Bila $L_{BKIJT} \leq 2$ m, maka arus belok kiri menyatu dengan arus lurus.

$$L_E = \text{Min} \{L \text{ atau } L_M + L_{BKIJT} \text{ atau } L \times (1 + R_{BKIJT}) - L_{BKIJT}\} \quad (3.3)$$

Jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa} - R_{BKIJT})$, maka $L_E = L_K$.

3.5.3 Arus Jenuh

Arus jenuh (J , SMP/jam) dapat diartikan sebagai jumlah arus lalu lintas yang berangkat dari antrean setiap pendekat dalam keadaan tertentu. Arus jenuh dihitung dengan melakukan perkalian antara J_0 (arus jenuh dasar) dan enam faktor penyesuaian dari perbedaan kondisi eksisting dengan kondisi ideal. J dihitung menggunakan Persamaan 3.4.

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \quad (3.4)$$

dengan:

- F_{HS} = faktor koreksi hambatan samping lingkungan jalan,
 F_{UK} = faktor koreksi ukuran kota,
 F_G = faktor koreksi kelandaian memanjang pendekat,
 F_P = faktor koreksi jarak garis henti terhadap kendaraan yang parkir pertama,
 F_{BK_i} = faktor koreksi akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri, dan
 F_{BK_a} = faktor koreksi akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan.

3.3.3 Arus Jenuh Dasar

1. Pada pendekat terlindung, J_0 bisa dihitung melalui Persamaan 3.5 dan Gambar 3.10.

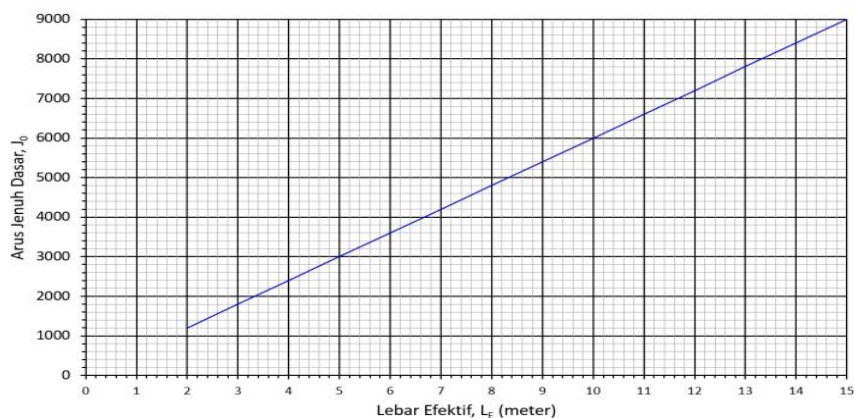
$$J_0 = 600 \times L_E \quad (3.5)$$

dengan:

J_0 = arus jenuh dasar (SMP/jam), dan

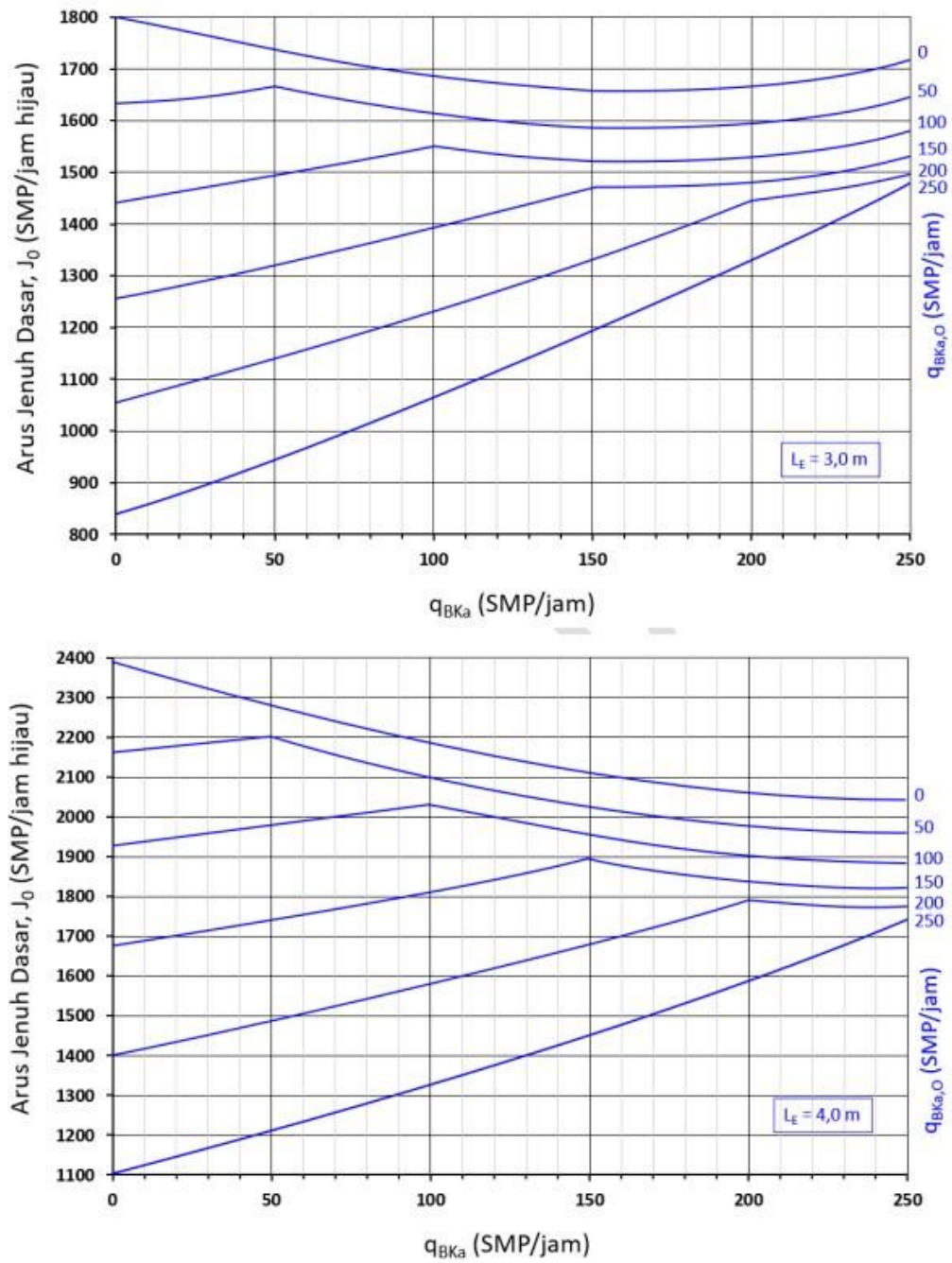
L_E = lebar efektif pendekat (m).

2. Pada pendekat terlawan (Tipe O), perhitungan dibagi menjadi 2 kondisi yaitu:
 - a. lajur belok kanan tidak terpisah, J_0 ditetapkan dengan memanfaatkan gambar dari PKJI 2023, salah satu contohnya pada Gambar 3.11, dan
 - b. lajur belok kanan terpisah, salah satu contoh gambar untuk menentukan J_0 seperti Gambar 3.12.



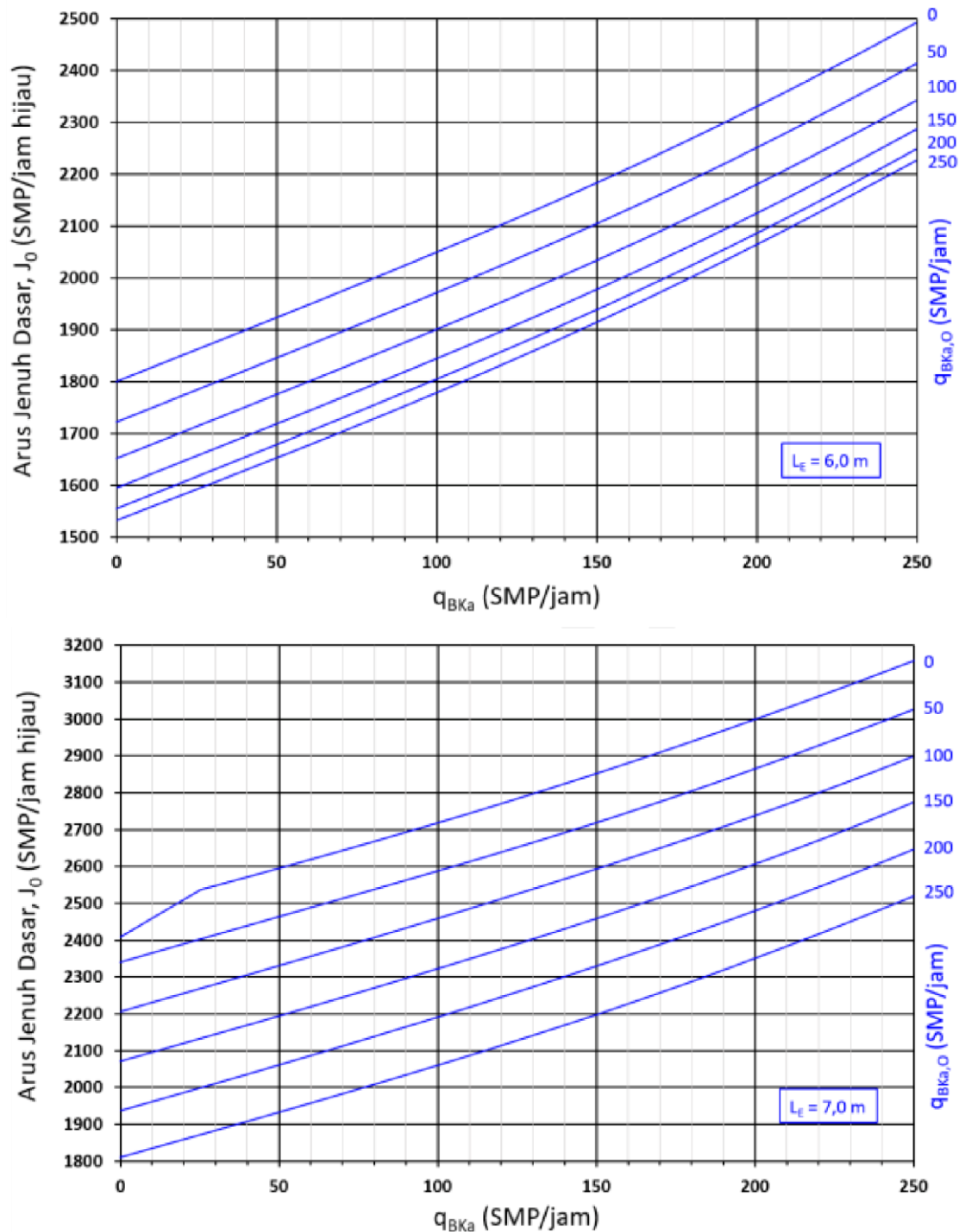
Gambar 3.10 Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Terlindung (Tipe P)

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)



Gambar 3.11 Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Tak Terlindung (Tipe O) Tanpa Lajur Belok Kanan Terpisah

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)



Gambar 3.12 Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Tak Terlindung (Tipe O) dengan Lajur Belok Kanan Terpisah

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.3.4 Faktor Koreksi Arus Jenuh Dasar

1. Faktor koreksi hambatan samping (FHS)

Ketika hambatan tidak teridentifikasi, hambatan samping dianggap tinggi untuk mencegah besarnya nilai kapasitas. FHS ditentukan dengan Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Faktor Koreksi Hambatan Samping

Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komersial (KOM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman (KIM)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (AT)	Tinggi / Sedang / Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

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

Pada faktor koreksi ukuran kota, terdapat 5 kriteria berdasar jumlah penduduk kota yang bisa diamati di Tabel 3.4 berikut.

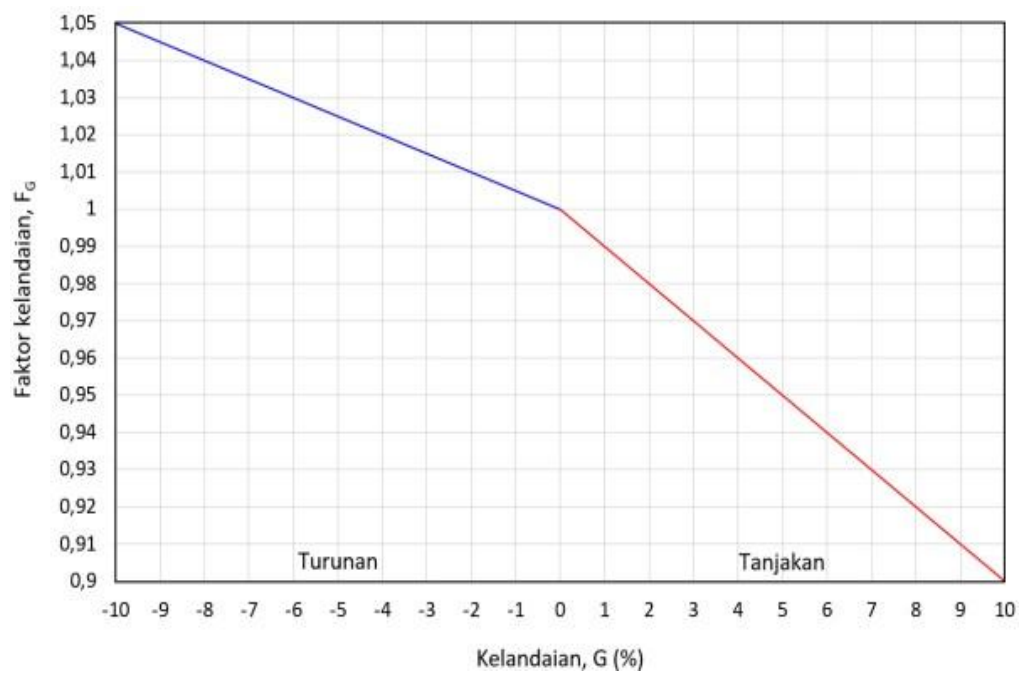
Tabel 3.4 Faktor Koreksi Ukuran Kota

Jumlah Penduduk Kota (Juta jiwa)	Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK})
>3,0	1,05
1,0–3,0	1,00
0,5–1,0	0,94
1,0–0,5	0,83
<0,1	0,82

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3. Faktor koreksi kelandaian (F_G)

Faktor koreksi dapat dicari melalui Gambar 3.13

**Gambar 3.13 Faktor Koreksi Kelandaian**

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

4. Faktor Koreksi Pengaruh Parkir (F_P)

Jika lebar pendekat efektif (L_E) = L_K , maka faktor koreksi pengaruh parkir (F_P) diabaikan. F_P dapat dihitung dengan pengaruh waktu hijau yang dapat dihitung dengan Persamaan 3.6.

$$F_P = ((L_P/3 - (L - 2) \times (L_P/3 - w_H))/L)/w_H \quad (3.6)$$

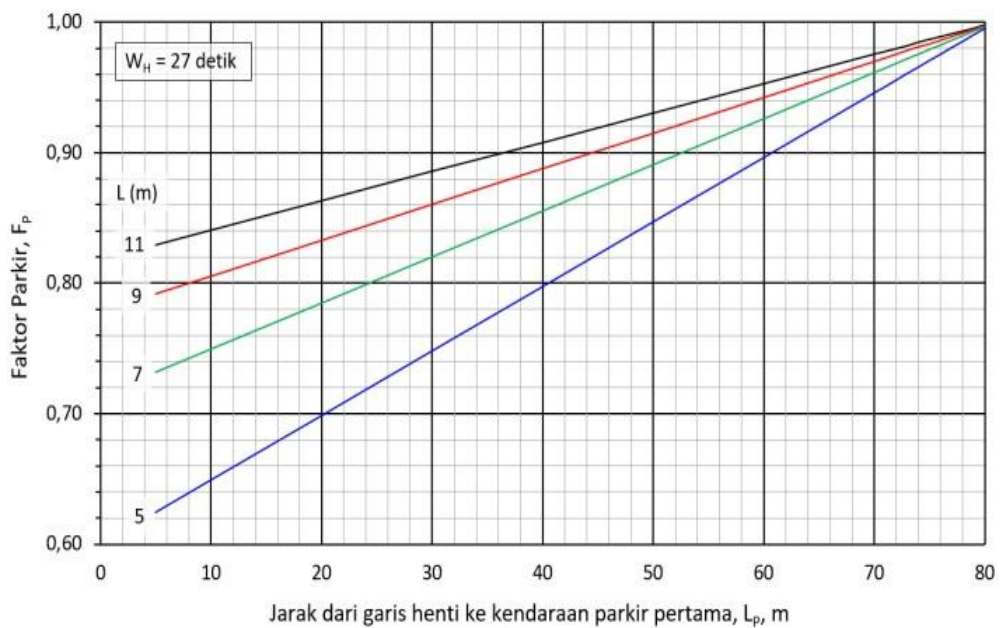
dengan:

L = lebar pendekat (m),

L_P = jarak dari garis henti ke kendaraan parkir di lajur belok kiri, dan

w_H = waktu hijau pada pendekat yang dianalisis (normal 27 detik).

atau dapat menggunakan diagram Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Faktor Koreksi Pengaruh Parkir

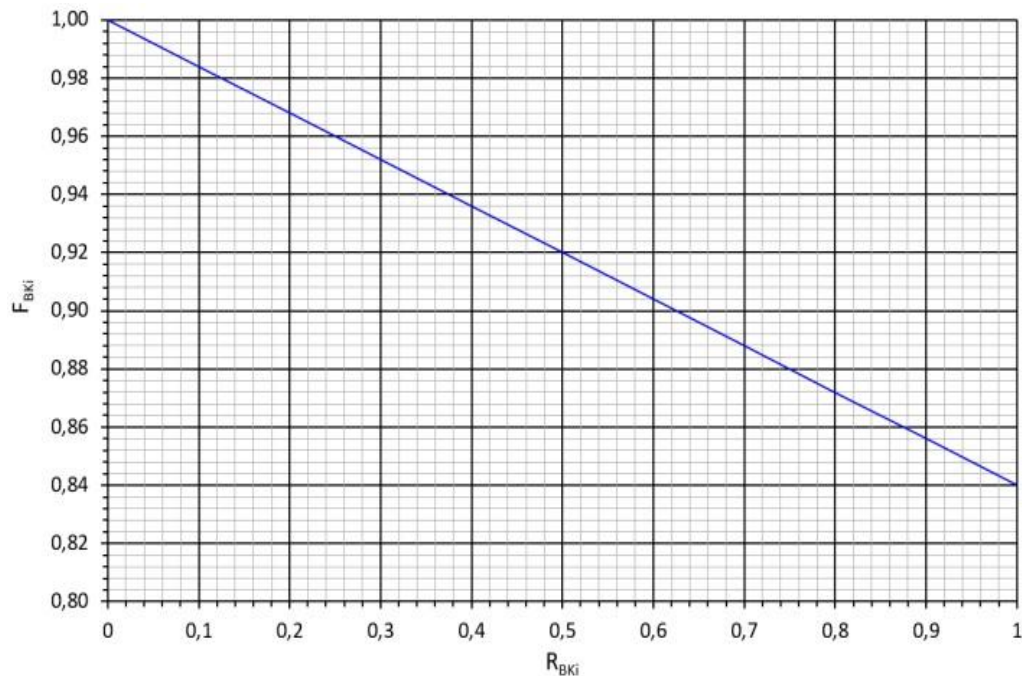
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

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

Perhitungan menggunakan Persamaan 3.7 dapat diaplikasikan jika pendekat tipe P tidak ada $B_{K_{JT}}$ dan $L_E = L_M$.

$$F_{BK_i} = 1,0 - R_{BK_i} \times 0,6 \quad (3.7)$$

atau dicari pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Faktor Koreksi Belok Kiri

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

6. Faktor Koreksi Belok Kanan (R_{BKa})

Perhitungan pada Persamaan 3.8 dapat diaplikasikan jika pendekatan tipe P, tidak ada median, tipe jalan adalah dua arah, dan L_E menggunakan L_M .

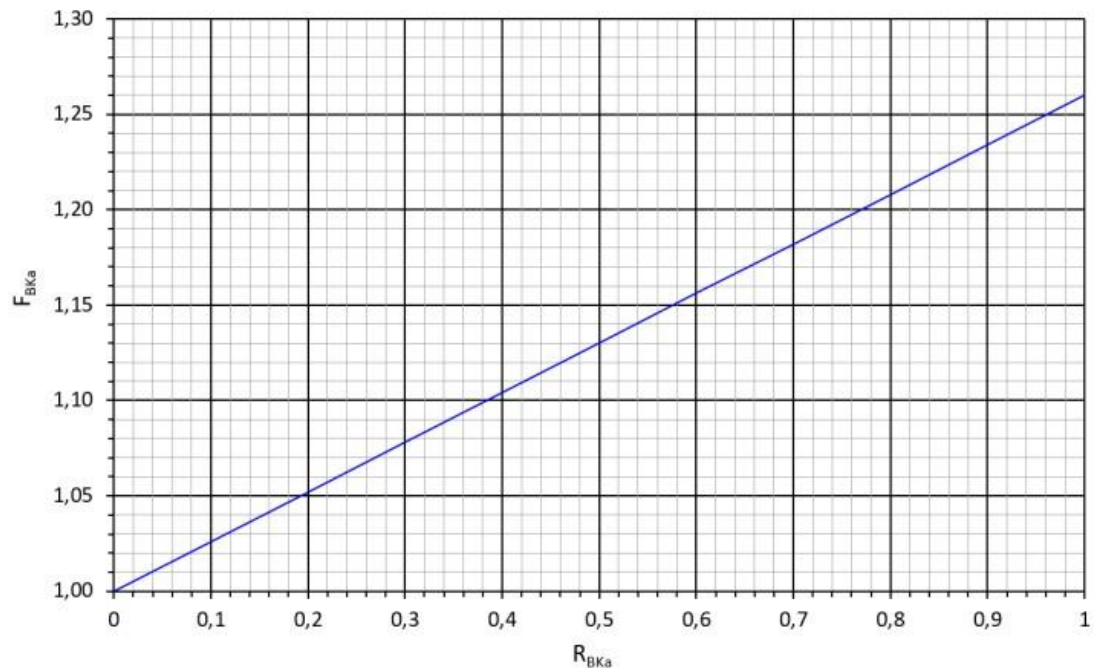
$$F_{BKa} = 1,0 - R_{BKa} \times 0,26 \quad (3.8)$$

atau dicari menggunakan Gambar 3.16

3.3.5 Arus Jenuh yang Telah Disesuaikan

Pendekat yang memiliki waktu hijau lebih dari satu fase dan masing-masingnya memiliki arus jenuh berbeda, maka harus dilakukan penyesuaian. Jika pada suatu pendekatan memiliki dua fase waktu hijau dan dua arus jenuh, maka perhitungan menggunakan Persamaan 3.9 berikut.

$$J_{1+2} = (J_1 \times W_{H1} + J_2 \times W_{H2}) / (W_{H1} + W_{H2}) \quad (3.9)$$



Gambar 3.16 Faktor Koreksi Belok Kanan

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.3.5 Arus Jenuh yang Telah Disesuaikan

Pendekat yang memiliki waktu hijau lebih dari satu fase dan masing-masingnya memiliki arus jenuh berbeda, maka harus dilakukan penyesuaian. Jika pada suatu pendekat memiliki dua fase waktu hijau dan dua arus jenuh, maka perhitungan menggunakan Persamaan 3.9 berikut.

$$J_{1+2} = (J_1 \times W_{H1} + J_2 \times W_{H2}) / (W_{H1} + W_{H2}) \quad (3.9)$$

3.3.6 Rasio Arus Jenuh

Pembagian antara arus dan arus jenuh di suatu pendekat disebut dengan Rasio arus jenuh. $R_{q/J}$ bisa dicari melalui Persamaan 3.10.

$$R_{q/J} = q/J \quad (3.10)$$

Sebelum menghitung rasio arus jenuh, harap diamati sebagai berikut.

- a. Bila B_{KijT} tidak termasuk perhitungan, nilai arus (q) hanya arus belok kanan dan arus lurus.

- b. Bila $L_E = L_K$, nilai q hanya arus lurus
- c. Bila pendekatan mempunyai 2 fase yaitu arus terlawan (O) pada fase ke-1 dan arus terlindung (P) pada fase ke-2, arus dihitung seperti subsubbab 3.3.5.

Rasio arus tertinggi pada setiap fase ditandai sebagai tanda kritis ($R_{q/J \text{ kritis}}$). Selanjutnya, rasio arus simpang APILL (R_{AS}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11. Jika saat perhitungan $\sum_i (R_{q/J \text{ kritis}})_i$ terdapat dua atau lebih $R_{q/J}$ di fase yang sama, diambil fase dengan nilai $R_{q/J}$ terbesar.

$$R_{AS} = \sum_i (R_{q/J \text{ kritis}})_i \quad (3.11)$$

Hitung rasio fase (R_F) setiap fase melalui Persamaan 3.12 berikut.

$$R_F = R_{q/J \text{ kritis}} / R_{AS} \quad (3.12)$$

3.3.7 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu siklus (s) adalah urutan isyarat APILL dalam waktu (detik). Waktu siklus dan waktu hijau (W_H) merupakan bagian dari waktu isyarat. Waktu siklus dapat ditentukan dengan rumus Webster (1996), dengan tujuan meminimumkan tundaan total. Waktu siklus (s) ditetapkan melalui Persamaan 3.13.

$$s = (1,5 \times W_{HH} + 5) / (1 - \sum R_{q/J \text{ kritis}}) \quad (3.13)$$

dengan:

- s = waktu siklus (detik),
- W_{HH} = jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik),
- $R_{q/J \text{ kritis}}$ = nilai $R_{q/J}$ tertinggi dari setiap pendekatan di fase yang sama, dan
- $\sum R_{q/J \text{ kritis}}$ = jumlah $R_{q/J}$ pada siklus tersebut.

Disarankan waktu siklus yang layak di setiap tipe pengaturan fase seperti pada Tabel 3.5. Nilai-nilai rendah dapat diaplikasikan pada simpang dengan lebar pendekatan di bawah 10 m, sedangkan nilai-nilai tinggi dengan lebar pendekatan di atas 10 m.

Tabel 3.5 Waktu Siklus yang Layak

Tipe Pengaturan	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)

Waktu hijau (W_H) setiap fase (i) dihitung menggunakan Persamaan 3.14.

$$W_{Hi} = (s - W_{HH}) \times (R_{q/J \text{ kritis}} / \sum_i (R_{q/J \text{ kritis}})_i) \quad (3.14)$$

dengan:

W_{Hi} = waktu hijau di fase i (detik), dan

i = indeks untuk fase ke i .

3.4 Kinerja Lalu Lintas Simpang APILL

3.4.1 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (D_J) adalah rasio antara arus lalu lintas (q) dan kapasitas jalan (C). Umumnya hasil analisis kinerja lalu lintas memiliki nilai $DJ \leq 0,85$. D_J dihitung di setiap pendekatan menggunakan Persamaan 3.15.

$$D_J = q/C \quad (3.15)$$

dengan:

D_J = derajat kejenuhan,

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

q = volume lalu lintas (SMP/jam).

3.4.2 Panjang Antrean

Panjang antrean adalah total rata-rata kendaraan yang mengantre pada pendekatan karena masih terhenti akibat tidak melewati simpang selama fase isyarat hijau atau juga terhenti akibat terkena fase isyarat merah pada fase setelahnya.

Antrean-antrean ini dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.16 sampai Persamaan 3.18.

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \quad (3.16)$$

dengan:

N_q = jumlah rata-rata antrean kendaraan saat isyarat lampu hijau tiba (SMP),

N_{q1} = jumlah kendaraan yang masih terhenti dari fase hijau sebelumnya (SMP), dan

N_{q2} = jumlah kendaraan yang datang dan terhenti selama fase merah (SMP).

Jika $DJ \leq 0,5$ maka,

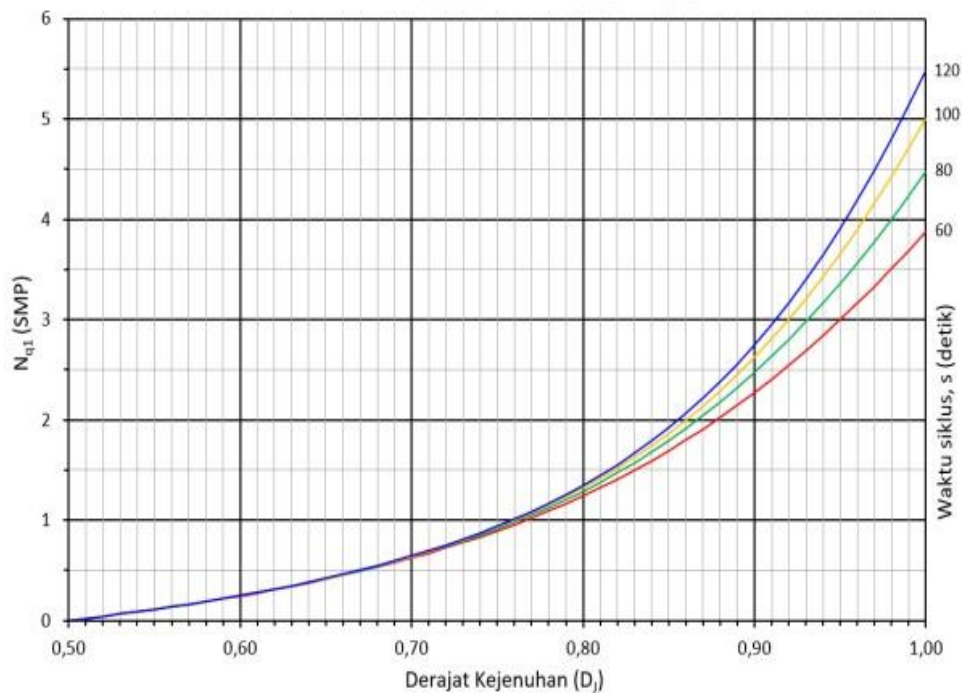
$$N_{q1} = 0$$

Jika $DJ \geq 0,5$ maka,

$$N_{q1} = 0.25 \times s \times \left\{ (D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0.5)}{s}} \right\} \quad (3.17)$$

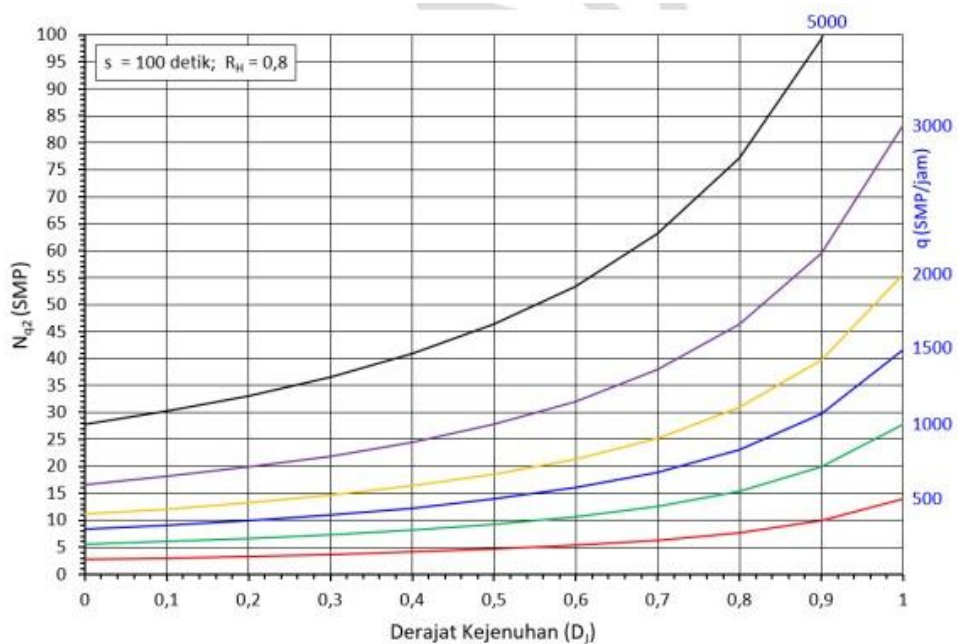
$$N_{q2} = s \times (1 - R_H) / (1 - R_H \times D_J) \times (q/3600) \quad (3.18)$$

Nilai N_{q1} juga dapat ditetapkan dengan menggunakan Gambar 3.17 serta N_{q2} dengan Gambar 3.18. Jika dalam analisis inginantisipasi adanya overloading dalam antrean, maka dapat menambahkan parameter N_{qmax} dengan memilih nilai P_{OL} antara 5% sampai 10% pada analisis operasional dan $\leq 5\%$ pada perencanaan simpang sesuai rekomendasi PKJI 2023, penentuan N_{qmax} dapat dilihat pada Gambar 3.17.



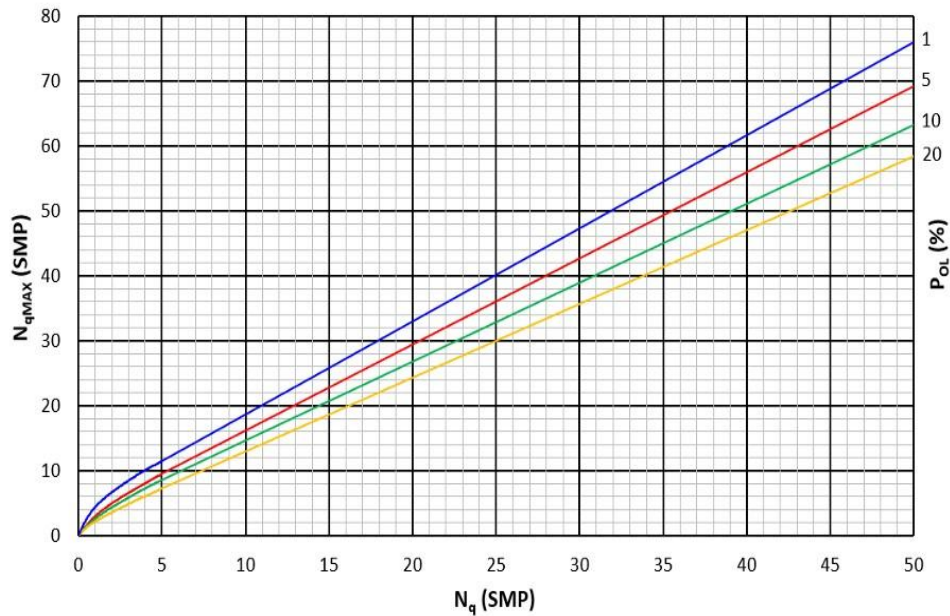
Gambar 3.17 Jumlah Kendaraan yang Tersisa dari Fase Hijau Sebelumnya

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)



Gambar 3.18 Jumlah Kendaraan (SMP) yang Datang dan Terhenti Selama Fase Merah

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)



Gambar 3.19 Jumlah Antrean Maksimum Akibat *Overloading*

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Panjang antrean (P_A) merupakan hasil perhitungan N_q yang dikalikan oleh 20 m² yaitu luas area rata-rata terpakai untuk satu mobil penumpang (SMP) dibagi LM atau lebar masuk dengan satuan meter, seperti Persamaan 3.19.

$$P_A = N_q \times 20/L_M \quad (3.19)$$

3.4.3 Rasio Kendaraan Henti

Rasio kendaraan henti (R_{KH}) adalah rasio kendaraan berhenti akibat isyarat merah pada setiap pendekat di simpang APILL. R_{KH} dihitung menggunakan Persamaan 3.20.

$$R_{KH} = 0,9 \times (N_q / (q \times s)) \times 3600 \quad (3.20)$$

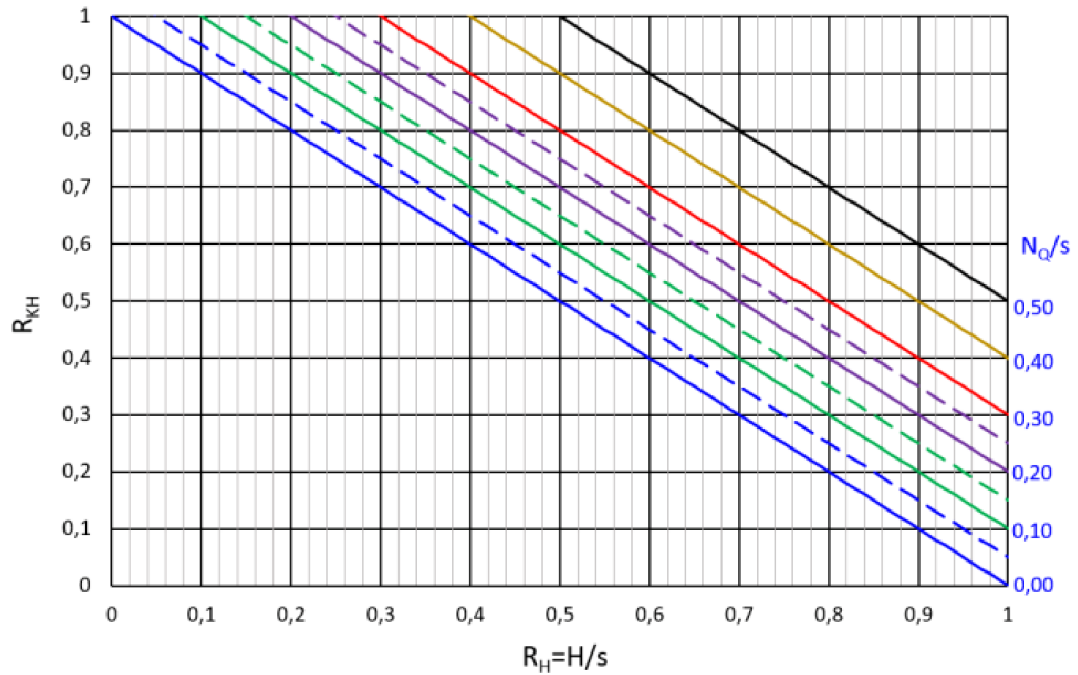
dengan:

N_q = jumlah rata-rata antrean kendaraan saat isyarat lampu hijau tiba,

s = waktu siklus (detik), dan

q = arus arus lalu lintas pada pendekat yang dianalisis (SMP/jam).

atau dapat ditetapkan dengan Gambar 3.20 berikut.



Gambar 3.20 Penentuan Rasio Kendaraan Terhenti

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.4.4 Tundaan

Pada simpang APILL, tundaan terdapat 2 macam yaitu Tundaan lalu lintas (TLL) dan Tundaan geometri (TG). Perhitungan bisa dilakukan melalui Persamaan 3.21.

$$T_i = T_{LLi} \times T_{Gi} \quad (3.21)$$

Tundaan lalu lintas (TLL) Perhitungan melalui Persamaan 3.22 berikut

$$T_{LLi} = s \times ((0,5 \times (1 - R_H)^2) / (1 - R_H \times D_j)) + ((N_{qi} \times 3600) / C) \quad (3.22)$$

Tundaan geometri (TG) dapat dihitung dengan Persamaan 3.23.

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

dengan :

P_B = adalah porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat.

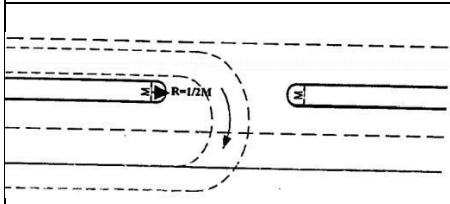
3.3 Putar Balik (*U-Turn*)

Putar balik atau juga jalinan merupakan manuver lalu lintas yang dilakukan oleh kendaraan untuk kembali ke arah semula dengan melakukan belokan 180° (Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023). Menurut Halim (2021), ruas jalan Ibrahim Adjie di Kota Bandung merupakan tipe jalan enam lajur dua arah yang terbagi dengan median. Median pada jalan ini tidak hanya berfungsi sebagai pembagi jalan, tetapi juga memiliki bukaan di beberapa bagian. Adanya beberapa titik bukaan median memungkinkan kendaraan untuk melakukan perubahan arah perjalanan dalam bentuk gerakan putar balik atau *u-turn*. Namun, gerakan *u-turn* ini dapat menimbulkan konflik dalam bentuk hambatan terhadap lalu lintas, terutama terhadap kecepatan kendaraan, di mana kendaraan akan melambat atau berhenti. Hal ini menyebabkan tingkat kemacetan yang terjadi pada ruas jalan Ibrahim Adjie di Kota Bandung terbilang tinggi, terutama pada jam-jam sibuk.

3.3.1 Kebutuhan Lebar Median Ideal

Lebar median ideal adalah lebar yang diperlukan oleh kendaraan dalam melakukan gerakan putaran balik dari lajur yang paling dalam menuju lajur yang paling dalam pada lajur lawan arah. Lebar median dapat dilihat pada Tabel 3.6

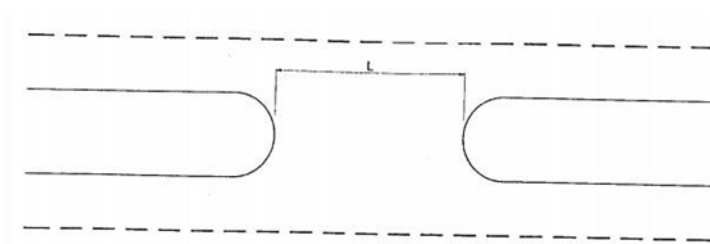
Tabel 3.6 Lebar Median Ideal

Jenis Putaran	Lebar Lajur (m)	Kendaraan Kecil	Kendaraan Sedang	Kendaraan Besar
		Panjang Kendaraan Rencana		
		5,8 m	12,1 m	21 m
		Lebar Median Ideal (m)		
	3,5	0,5	11,0	12,0
	3	1,5	12,5	14,0
	2,75	2,0	13,0	15,0

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2005)

3.3.2 Bukaannya Median

Bukaan pada median dirancang untuk memungkinkan kendaraan melakukan manuver putar balik (*u-turn*) di jalan yang terbagi, serta untuk mendukung gerakan memotong dan belok kanan. Contoh bukaan median jalan dapat dilihat pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21 Bukaannya Median

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2005)

Bukaan median memiliki beberapa persyaratan yang bisa dilihat pada Tabel 3.7, persyaratan ini mencakup kendaraan kecil, kendaraan sedang, dan kendaraan berat dengan ketentuan lebar masing-masing kendaraan.

Tabel 3.7 Persyaratan Bukaannya Median

Kendaraan Rencana	L (m)
Kendaraan Kecil	4,5
Kendaraan Sedang (untuk jalan perkotaan)	5,5
Kendaraan Berat	12

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2005)

3.3.3 Dimensi Kendaraan Rencana

Persyaratan bukaan median disesuaikan dengan dimensi kendaraan yang direncanakan akan melalui fasilitas tersebut. Dimensi kendaraan rencana dapat dilihat pada Tabel 3.8

Tabel 3.8 Dimensi Kendaraan Rencana untuk Jalan Perkotaan

Kendaraan rencana	Dimensi Kendaraan (m)			Radius Putar (m)		Radius Tonjolan (m)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Min	Maks	
Kendaraan Kecil	1,3	2,1	5,8	4,2	7,3	7,8
Kendaraan Sedang	4,1	2,6	12,1	7,4	12,8	14,1
Kendaraan Berat	4,1	2,6	21,0	2,9	14,0	13,7

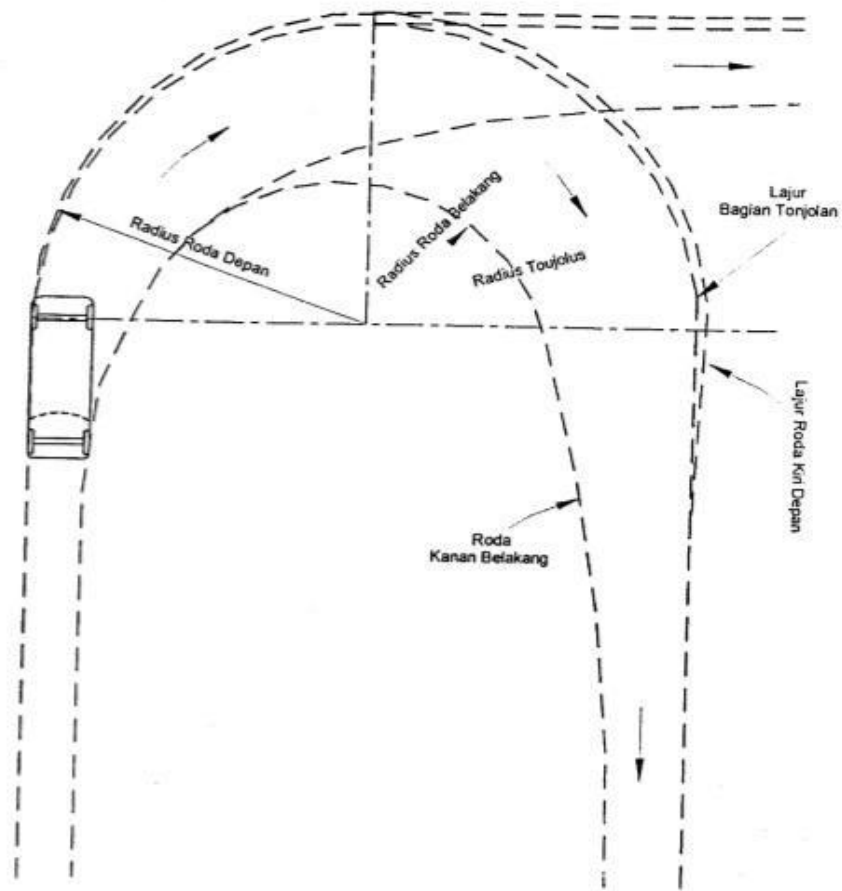
(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2005)

3.3.4 Radius Putar

Radius putaran kendaraan dibutuhkan untuk menentukan lebar jalur yang dibutuhkan kendaraan saat melakukan putaran. Menurut Direktorat Jendral Bina Marga (2005) tentang perencanaan putaran balik, radius putaran minimum kendaraan adalah jari-jari jejak yang dibuat roda/ban depan bagian luar apabila kendaraan membuat perputaran yang paling tajam yang mungkin dilakukan pada kecepatan kurang dari 15km/jam. Jari-jari putaran kendaraan dapat di lihat di Gambar 3.22.

3.3.5 Dampak Putaran Balik (*U-turn*)

Manuver putar balik dapat menyebabkan keterlambatan dan antrean bagi kendaraan yang bergerak searah dengan kendaraan yang akan melakukan putaran balik. Masalah ini dapat diminimalkan jika terdapat jarak waktu yang cukup antara kendaraan yang berputar balik dan kendaraan terdepan di jalur lawan. Jarak waktu minimum serta arus lalu lintas maksimum yang diperbolehkan untuk menghindari dampak keterlambatan dan antrean disajikan dalam Tabel 3.9.



Gambar 3.22 Jari-jari Putaran Kendaraan

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2005)

Tabel 3.9 Jarak Waktu Minimum dan Arus Lalu Lintas Maksimum Untuk Melakukan *U-Turn*

Tipe Jalan	Jarak Waktu Minimum Antara Kendaraan Pada Lajur Lawan (detik)	Arus Lalu Lintas Maksimum Pada Lajur Lawan (kendaraan/jam)
4/2 D	14	500
6/2 D	12	900

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2005)

3.4 Analisis U-Turn

Jalan arteri dan jalan kolektor yang memiliki banyak lajur dengan dua arah umumnya dilengkapi dengan median untuk meningkatkan faktor keselamatan dan efisiensi waktu tempuh pengguna jalan. Selain itu, median jalan biasanya juga menyediakan fasilitas *u-turn* yang dapat digunakan untuk melakukan manuver putar arah kendaraan. Dalam menganalisis dampak operasional dari keberadaan *u-turn* terhadap lalu lintas, penelitian ini mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 sebagai acuan dalam mengevaluasi kinerja simpang APILL.

3.4.1 Penghitungan Kapasitas Bagian Jalinan

Kapasitas pada bagian jalinan lalu lintas dihitung berdasarkan total volume kendaraan yang memasuki seluruh lengan jalinan. Nilai kapasitas ini merupakan hasil dari perkalian antara kapasitas dasar dengan beberapa faktor penyesuaian yang mempertimbangkan kondisi aktual di lapangan dibandingkan dengan kondisi ideal. Kapasitas bagian jalinan dapat dihitung dengan Persamaan 3.24.

$$C = C_0 \times F_{UK} \times F_{RSU} \quad (3.24)$$

dengan :

C_0 : kapasitas dasar jalinan, dalam SMP/jam,

F_{UK} : faktor koreksi ukuran kota,

F_{RSU} : faktor koreksi tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan rasio kendaraan tidak bermotor.

3.4.2 Penghitungan Kapasitas Dasar

Kapasitas dasar jalinan (C_0) dihitung berdasarkan lebar jalinan (W_W), rasio lebar masuk rata-rata terhadap lebar jalinan (W_E/W_W), rasio menjalin (P_W), serta rasio lebar terhadap panjang jalinan (W_W/L_W). Kapasitas dasar dapat dihitung dengan Persamaan 3.25.

$$C_0 = 135 \times W_W^{\{1.3\}} \times \left(1 + \frac{W_E}{W_W}\right)^{\{1.5\}} \times \left(1 - \frac{P_W}{3}\right)^{\{0.5\}} \times \left(1 + \frac{W_W}{L_W}\right)^{\{-1.8\}} \quad (3.25)$$

dengan :

W_E : lebar masuk rata-rata, dalam meter,

- W_w : lebar jalinan, dalam meter,
 L_w : panjang jalinan,
 W_w/L_w : rasio lebar jalinan terhadap panjang jalinan, dan
 P_w : rasio menjalin.

3.4.2 Penghitungan Tundaan

Tundaan ditentukan menggunakan persamaan evaluasi kinerja jalinan sesuai ketentuan PKJI 2023 dengan menentukan nilai derajat kejenuhan (D_J) yang dihitung dengan membandingkan antara volume jalinan total terhadap kapasitas jalinan (C). Derajat kejenuhan (D_J) dan Tundaan (T) dapat dihitung dengan Persamaan 3.26, 3.27, dan 3.28.

$$D_J = \frac{q}{C} \quad (3.26)$$

dengan :

q : adalah arus lalu lintas total, dalam SMP/jam, dan

C : adalah kapasitas jalinan, dalam SMP/jam

Setelah mendapatkan nilai D_J selanjutnya memasukan nilai D_J tersebut ke Persamaan 3.27 dan 3.28 tergantung dengan nilai yang di dapatkan

$$T = 2 + 2,68982 \times D_J - (1 - D_J) \times 2 \quad (\text{untuk } D_J \leq 0,6) \quad (3.27)$$

$$T = \frac{1}{(0,59186 - 0,52525 \times D_J)} - (1 - D_J) \times 2 \quad (\text{untuk } D_J > 0,6) \quad (3.28)$$

3.5 Pemodelan Vissim

Menurut PTV-AG (2011), Vissim adalah perangkat lunak simulasi lalu lintas aliran mikroskopis. VISSIM dikembangkan oleh PTV (*Planung Transportasi Verkehr AG*) di Karlsruhe, Jerman. VISSIM berasal dari Jerman yang mempunyai nama "*Verkehr Städten - SIMulationsmodell*" yang berarti model simulasi lalu lintas perkotaan. Vissim diluncurkan pada tahun 1992 dan berkembang sangat baik hingga saat ini.

Vissim merupakan salah satu alat paling canggih untuk mensimulasikan aliran lalu lintas multi-moda. Perangkat ini mampu menangani berbagai jenis

kendaraan, seperti mobil, truk, bus, kereta berat, trem, LRT, sepeda motor, sepeda, serta pejalan kaki. Kemampuan simulasi memungkinkan interaksi antara berbagai jenis lalu lintas, sehingga menciptakan gambaran yang lebih realistis tentang dinamika transportasi. Dalam Vissim, pengguna dapat memodelkan berbagai konfigurasi geometrik dan perilaku pengguna jalan yang terjadi dalam sistem transportasi, menciptakan simulasi yang komprehensif dan informatif.

3.5.1 Validasi dan Kalibrasi

Proses validasi dilakukan dengan tujuan untuk mengukur seberapa akurat data yang dihasilkan dari model dengan data yang diperoleh pada survei di lapangan. Parameter yang digunakan untuk uji validasi dalam penelitian ini adalah data berupa volume lalu lintas. Metode uji yang digunakan rumus statistik *Geofrey E. Havers* (GEH). Adapun rumus GEH dengan menggunakan Persamaan 3.29.

$$GEH = \sqrt{\frac{(Q_{simulasi} - Q_{eksisting})^2}{0.5 \times (Q_{eksisting} + Q_{simulasi})}} \quad (3.29)$$

dengan :

M : jumlah kendaraan yang terhitung oleh *VISSIM*, dan

C : jumlah kendaraan yang dapat dikeluarkan dalam *running*.

Rumus GEH berikut ini memiliki ketentuan khusus dari nilai error yang dihasilkan seperti pada Tabel 3.8

Tabel 3.8 Standar Perhitungan Persamaan GEH

Nilai GEH	Kondisi
<5	Terpenuhi
5 – 10	Perlu diselidiki
>10	Tidak memenuhi persyaratan

(Sumber: Gustavsson, 2007)

Perhitungan validasi data dengan metode MAPE dapat menggunakan Persamaan 3.30 berikut ini.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\% \quad (3.30)$$

dengan :

n : jumlah data,

A_t : data dilapangan, dan

F_t : data simulasi.

3.6 Konsumsi Bahan Bakar

Lamsal (2013) melalui studinya di India yang tergabung dalam proyek *Automotive Traffic Information System* (ATIS) mengkaji konsumsi bahan bakar dengan mengacu pada klasifikasi jenis kendaraan. Penelitian tersebut memfokuskan analisis pada kondisi kendaraan dalam keadaan diam (*idle*), dan menghasilkan data konsumsi bahan bakar yang disajikan dalam satuan mililiter per jam. Hasil pengamatan ini menghasilkan data konsumsi bahan bakar yang disajikan dalam satuan mililiter per jam (ml/jam), sehingga memberikan gambaran yang lebih detail mengenai seberapa besar bahan bakar yang terpakai pada kondisi *idle* untuk masing-masing jenis kendaraan. yang kemudian dirangkum dalam Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Konsumsi Bahan Bakar Menurut ATIS

NO	Jenis Kendaraan	Konsumsi BBM (ml/jam)
1	Sepeda Motor	170
2	Mobil	767
3	Truk atau Bus	833

(Sumber: Automotive Traffic Information System, 2013)

Perhitungan konsumsi bahan bakar dilakukan berdasarkan rumus yang diterbitkan oleh LAPI-ITB. Dalam analisis ini, konsumsi bahan bakar kendaraan dikategorikan ke dalam tiga kondisi berbeda: pertama, kendaraan yang dalam keadaan diam dengan mesin menyala (*idle*); kedua, kendaraan yang sedang berakselerasi atau deselerasi; dan ketiga, kendaraan yang bergerak dengan kecepatan konstan (Gunawan & Budi, 2017). Dari LAPI-ITB konsumsi bahan bakar dapat diestimasi menggunakan Persamaan 3.31, Persamaan 3.32, dan Persamaan 3.33.

$$F_1 = A + BV + CV^2 \quad (3.31)$$

$$F_2 = EV^2 \quad (3.32)$$

$$F_3 = D \quad (3.33)$$

dengan:

F1 = Konsumsi BBM pada saat bergerak pada kecepatan konstan (liter/100 smp per km)

F2 = Konsumsi BBM pada saat akselerasi atau deselerasi (liter/smp)

F3 = Konsumsi BBM pada kondisi idle (liter/smp per jam)

V = Kecepatan kendaraan (Km/jam)

Konstanta:

$$A = 170. 10^{-1}$$

$$B = - 455. 10^{-3}$$

$$C = 490. 10^{-5}$$

$$D = 140.10^{-2}$$

$$E = 770. 10^{-8}$$

Metode ini memanfaatkan data volume kendaraan yang telah dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang (smp). Konstanta yang digunakan dalam metode ini ditentukan dengan mempertimbangkan nilai rata-rata konsumsi bahan bakar dari berbagai jenis dan model kendaraan yang beroperasi di Indonesia. Rata-rata tersebut kemudian dijadikan sebagai acuan untuk menetapkan nilai konstanta, dengan tujuan untuk mempermudah dan menyederhanakan proses perhitungan.

3.7 Tingkat Pelayanan

Kementrian Perhubungan (2015) menyatakan bahwa ukuran yang menggambarkan kondisi operasional lalu lintas dapat dinyatakan dalam bentuk kuantitatif maupun kualitatif disebut tingkat pelayanan.

Pada persimpangan, terdapat enam tingkat pelayanan dengan tundaan sebagai parameter seperti berikut.

1. Tingkat pelayanan A, tundaan per kendaraan tidak lebih dari 5 detik.
2. Tingkat pelayanan B, tundaan per kendaraan antara di atas 5 detik hingga 15 detik.

3. Tingkat pelayanan C, tundaan per kendaraan antara di atas 15 detik hingga 25 detik.
4. Tingkat pelayanan D, tundaan per kendaraan antara di atas 25 detik hingga 40 detik.
5. Tingkat pelayanan E, tundaan per kendaraan antara di atas 40 detik hingga 60 detik.
6. Tingkat pelayanan F, tundaan per kendaraan lebih dari 60 detik.

Ketentuan tingkat pelayanan dibagi lagi menjadi 2 jenis jaringan jalan yaitu jalan primer dan jalan sekunder beserta fungsinya.

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

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di simpang 4 APILL UPN Ringroad Utara Yogyakarta, yang mencakup ruas Jalan Padjajaran, ruas Jalan Prawirokuat, ruas Jalan Seturan Raya, serta median yang ada di sisi Barat simpang 4 APILL UPN.

1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

(Sumber: Google *Earth*, 2020)

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga hari, yakni pada hari kerja (*weekday*), yaitu hari Rabu dan Jumat, serta pada akhir pekan (*weekend*), yaitu hari Sabtu. Rincian waktu pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- a. Pagi: 06.00-09.00 WIB
- b. Siang: 11.00-14.00 WIB

c. Sore: 15.00-18.00 WIB

Penetapan waktu berdasarkan pertimbangan dari penelitian sebelumnya dan juga mewakili hari kerja dan hari libur.

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan melalui kegiatan pengamatan dan survei lapangan. Sementara itu, data sekunder diperoleh melalui studi literatur. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data primer simpang

Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lokasi penelitian. Data primer yang dibutuhkan sebagai berikut.

a. Data geometri simpang

Data ini digunakan untuk mengetahui kondisi geometrik pada simpang. Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran langsung di simpang 4 APILL UPN menggunakan alat ukur berupa *Wheel measurer*. Aspek yang diukur meliputi lebar lajur masuk dan keluar. Selain itu, dilakukan pula observasi visual untuk mengidentifikasi jumlah lajur, tipe pendekat, tipe simpang, serta ketersediaan median.

b. Data volume kendaraan

Data volume kendaraan berguna untuk mengevaluasi kinerja simpang dan sebagai input dalam pemodelan menggunakan perangkat lunak VISSIM. Data ini dikumpulkan dengan memanfaatkan rekaman video dari kamera yang dipasang pada titik-titik yang telah ditentukan sebelumnya. Lokasi pemasangan kamera dapat dilihat pada Gambar 4.2.

c. Data kecepatan kendaraan (*speed gun*)

Kecepatan didapatkan dengan mengoperasikan alat pengukur kecepatan yaitu *busnell speed radar gun* serta mencatat hasil pengamatan. Lokasi penembakan ditentukan pada titik ketika kendaraan melintas dan diukur kecepatannya menggunakan alat tersebut. Titik pengamat ditentukan pada posisi tertentu dengan jarak penembakan sekitar ± 20 meter, serta dilakukan pengukuran terhadap simpangan penembakan, yaitu jarak antara

pengamat dengan sumbu jalan tempat kendaraan melintas. Pengamatan dilakukan sampling untuk Sepeda Motor (SM) dan Mobil Penumpang (MP).

d. Data panjang antrean

Data ini diperoleh dengan mengukur panjang antrean kendaraan yang terbentuk pada masing-masing lengan simpang. Setiap kali terjadi antrean kendaraan di lengan simpang, panjang antrean langsung diukur dari titik henti kendaraan paling depan hingga ke kendaraan terakhir dalam antrean. pengamatan dilakukan selama 15 menit pada waktu puncak lalu lintas (jam sibuk).

e. Data perilaku kerkendara (*driving behaviour*)

Driving behaviour merupakan parameter penting dalam proses kalibrasi pada perangkat lunak *VISSIM*. Data ini diperoleh melalui pengukuran jarak antar kendaraan baik dalam kondisi berhenti maupun bergerak, yang diamati langsung di simpang 4 APILL UPN.

2. Data Primer *U-Turn*

Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lokasi penelitian. Data primer yang dibutuhkan antara lain:

a. Survei volume lalu lintas *U-turn*

Survei volume kendaraan yang melakukan manuver putar balik pada bukaan median (*U-turn*) dilakukan dengan cara menghitung jumlah kendaraan yang melakukan gerakan tersebut setiap menit. Pengumpulan data dilakukan oleh satu orang surveyor dengan mencatat jumlah kendaraan yang melakukan *u-turn* dalam interval waktu 15 menit selama periode pengambilan data berlangsung.

b. Survei panjang antrean dan waktu tundaan *U-turn*

Panjang antrean pada fasilitas *u-turn* diukur dari jumlah kendaraan yang menunggu untuk melakukan manuver putar balik. Sementara itu, waktu tundaan dihitung berdasarkan durasi tunggu kendaraan sebelum dapat menyelesaikan gerakan tersebut. Survei ini dilaksanakan oleh dua orang surveyor, masing-masing bertugas mengukur panjang antrean dan

mencatat waktu tundaan. Untuk mempermudah pengukuran panjang antrian, penanda dibuat setiap lima meter menggunakan cat semprot atau selotip. Data dicatat setiap kali terjadi antrian kendaraan yang akan melakukan *u-turn* selama periode survei.

3. Data sekunder

Data sekunder diperoleh melalui studi literatur dan penelusuran terhadap hasil-hasil penelitian terdahulu. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini mencakup informasi peta jaringan jalan dan data jumlah penduduk di Kabupaten Sleman.

4.3 Alat yang Digunakan

Alat dan perangkat yang digunakan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

1. Alat tulis dan formulir survei, digunakan sebagai media pencatatan serta rekapitulasi hasil observasi yang dilakukan di lapangan.
2. Meteran dorong, berfungsi untuk mengukur dimensi geometrik jalan, khususnya lebar jalan pada lokasi penelitian.
3. *Counter* manual, digunakan untuk menghitung jumlah kendaraan secara langsung saat melintas.
4. Laptop, digunakan sebagai perangkat untuk pengolahan dan analisis data hasil survei.
5. *Stopwatch*, digunakan untuk mengukur durasi waktu, seperti waktu tunggu kendaraan saat melakukan manuver *u-turn*.
6. Kamera, berfungsi untuk merekam situasi dan kondisi lapangan selama pelaksanaan survei.
7. *Powerbank*, digunakan sebagai sumber daya tambahan untuk kamera guna memastikan proses perekaman dapat berlangsung tanpa gangguan.
8. Perangkat lunak *VISSIM*, digunakan dalam proses pemodelan simpang untuk mendukung analisis kinerja lalu lintas.
9. Selotip, dimanfaatkan sebagai penanda visual jarak di lapangan, khususnya dalam survei panjang antrian.

4.4 Metode Analisis Data

Metode pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2023 digunakan sebagai acuan utama dalam menganalisis kinerja simpang bersinyal. Analisis ini mencakup beberapa parameter utama yang mencerminkan efisiensi dan tingkat pelayanan simpang, antara lain:

a. Derajat kejenuhan (D_j)

Merupakan rasio antara arus lalu lintas aktual terhadap kapasitas maksimum yang dapat dilayani oleh lengan simpang. Nilai D_j digunakan sebagai indikator utama untuk menilai tingkat kinerja lalu lintas, di mana nilai mendekati atau melebihi 1 menunjukkan kondisi jenuh.

b. Tundaan (T)

Didefinisikan sebagai tambahan waktu tempuh yang dialami pengemudi akibat adanya hambatan atau interaksi antar kendaraan di simpang. Nilai tundaan mencerminkan kenyamanan dan efisiensi manuver kendaraan saat melewati simpang 4 APILL.

c. Penilaian kinerja simpang

Dilakukan berdasarkan ketentuan dalam Peraturan Menteri Perhubungan Tahun 2015, yang mengklasifikasikan tingkat pelayanan simpang ke dalam beberapa kategori berdasarkan hasil evaluasi parameter-parameter di atas.

2. Pedoman putaran balik (U -turn)

Pengolahan data U -turn dalam penelitian ini mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Parameter-parameter yang dianalisis dalam pengolahan data meliputi:

a. Kapasitas U -turn

Kapasitas U -turn didefinisikan sebagai jumlah maksimum kendaraan yang dapat melakukan manuver putar balik (U -turn) pada suatu lokasi tertentu dalam kondisi lalu lintas tertentu tanpa menyebabkan gangguan signifikan terhadap arus lalu lintas utama. Kapasitas ini umumnya dinyatakan dalam satuan kendaraan per jam atau satuan mobil penumpang per jam (smp/jam).

b. Derajat kejenuhan *U-turn*

Derajat kejenuhan *U-turn* menggambarkan seberapa besar tingkat penggunaan *U-turn* dibandingkan kapasitasnya. Nilai yang tinggi menunjukkan potensi kemacetan dan tundaan, yang biasanya disebabkan oleh kepadatan lalu lintas, konflik dengan kendaraan dari arah berlawanan, atau desain geometri yang kurang efisien.

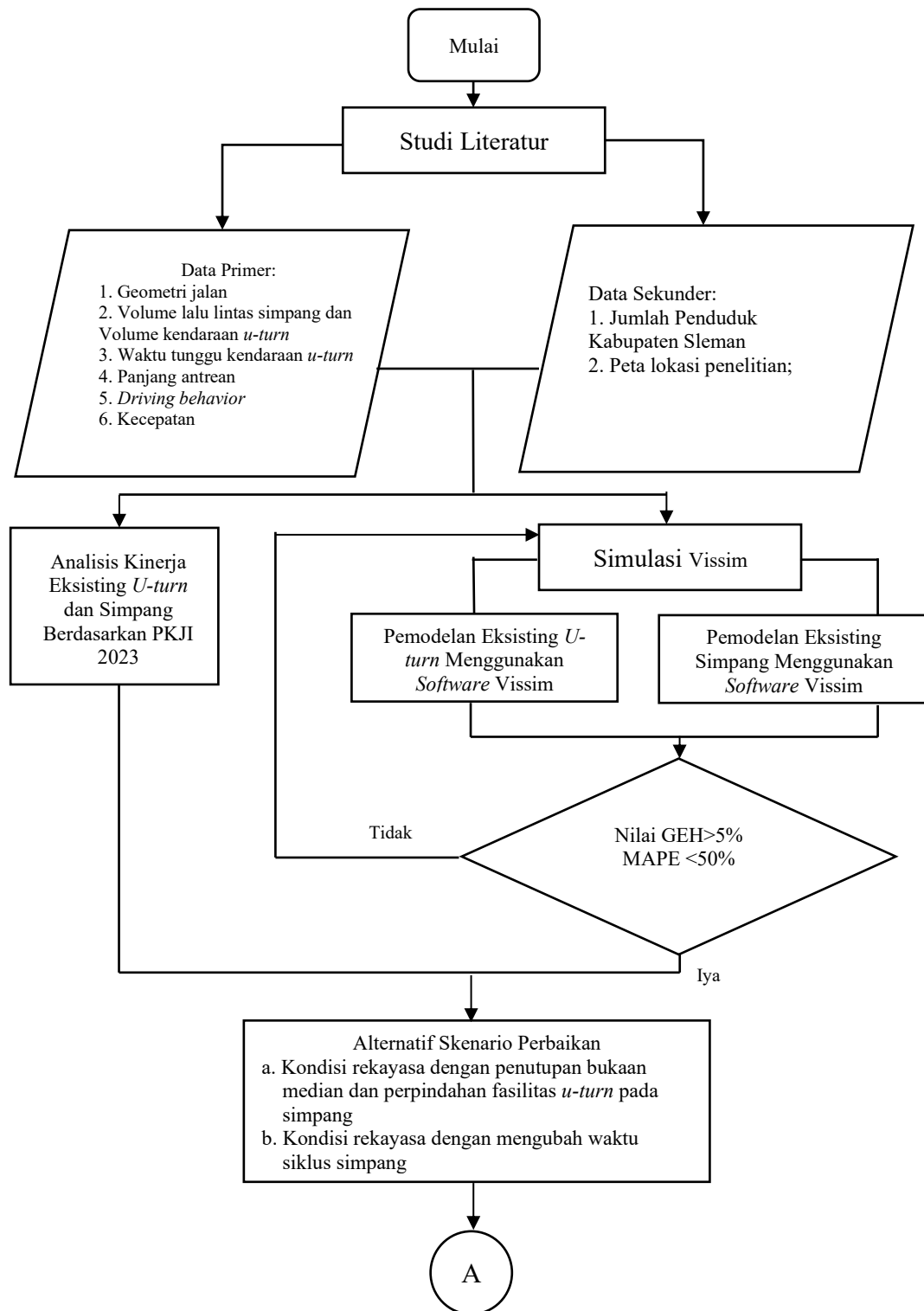
c. Tundaan lalu lintas *U-turn*

Tundaan merupakan waktu tambahan yang dialami oleh pengemudi saat melakukan putaran balik dibandingkan dengan waktu tempuh normal tanpa hambatan. Tundaan dapat disebabkan oleh kepadatan lalu lintas, konflik dengan kendaraan dari arah berlawanan, atau desain geometri yang tidak efisien.

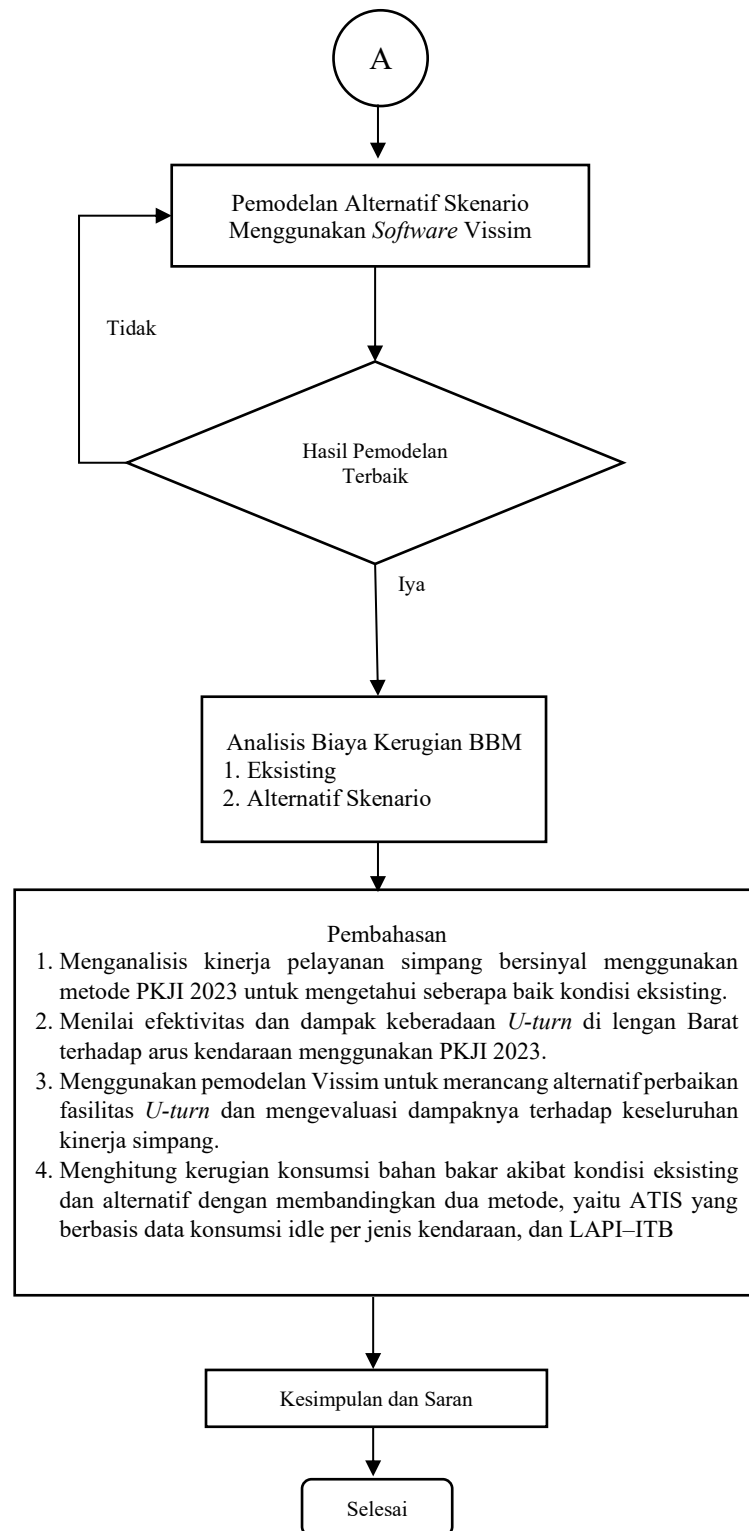
Setelah mendapatkan data diatas analisis data dalam penelitian ini keseluruhannya menggunakan Program *Microsoft Excel* dan aplikasi *PTV Vissim*. Data yang didapat dari survei lapangan dimasukkan ke dalam *Microsoft excel* dan *PTV Vissim* kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui kinerja simpang bersinyal serta *U-turn* dan hubungan waktu tundaan dan panjang antrean terhadap konsumsi BBM. Analisis konsumsi BBM ini didasarkan pada waktu tundaan dan panjang antrean yang terjadi pada simpang bersinyal dan *U-turn* tersebut. Perhitungan kinerja simpang bersinyal menggunakan metode PKJI 2023 dan konsumsi BBM menggunakan Metode ATIS-INDIA dan LAPI ITB. Sehingga didapat hasil kinerja simpang bersinyal dan jumlah kerugian BBM.

4.5 Bagan Alir Penelitian

Diagram alur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian (1 dari 2)



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian (2 dari 2)

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Hasil Pengamatan

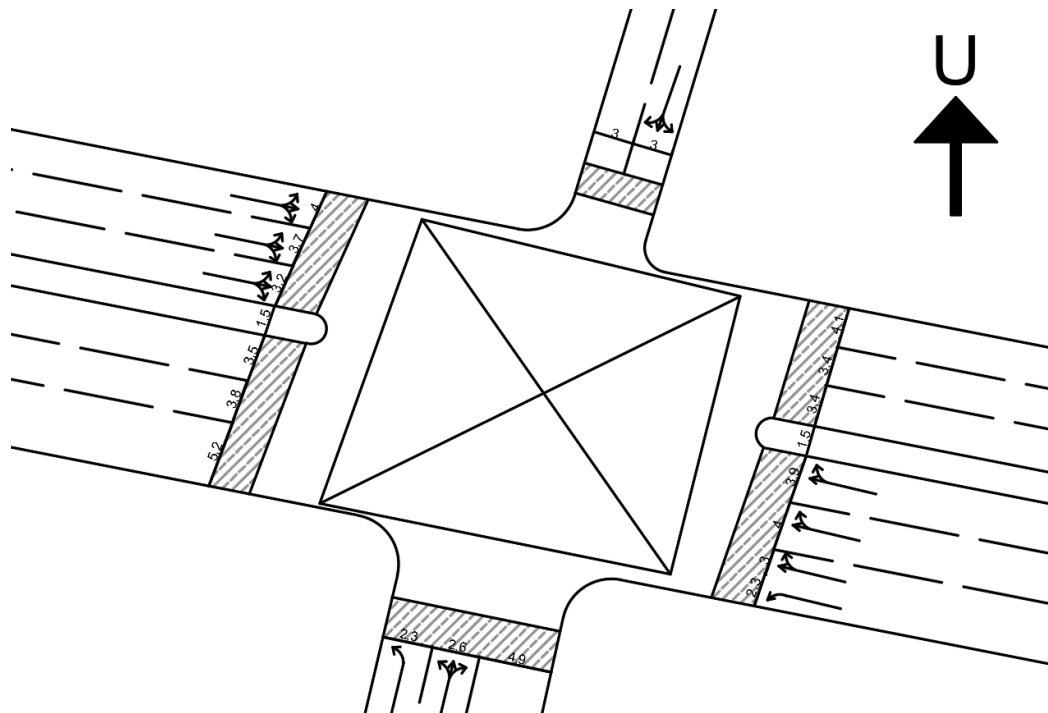
Data hasil pengamatan diperoleh secara langsung melalui survei di Simpang 4 APILL UPN Sleman Yogyakarta, yang meliputi pengumpulan data volume lalu lintas, geometri simpang, waktu siklus sinyal, panjang antrean, kecepatan kendaraan, serta perilaku pengemudi khususnya pada kendaraan yang melakukan *U-turn* di lengan barat. Data volume lalu lintas diperoleh dari rekaman video selama pengamatan, kemudian dihitung dan dikonversi ke dalam Satuan Mobil Penumpang per jam (SMP/jam) sesuai dengan ketentuan PKJI 2023. Seluruh data hasil survei tersebut digunakan sebagai dasar dalam analisis kinerja simpang berdasarkan metode PKJI 2023 dan sebagai input dalam pemodelan menggunakan perangkat lunak PTV Vissim untuk mengevaluasi pengaruh keberadaan *U-turn* terhadap kinerja lalu lintas dan biaya kerugian BBM akibat kemacetan.

5.1.1 Data Geometri Simpang

Data geometri simpang diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan menggunakan *walking measure* untuk mengetahui kondisi fisik Simpang 4 APILL UPN Sleman Yogyakarta. Pengukuran meliputi lebar masuk dan keluar tiap pendekat, lebar efektif lajur, panjang median, serta jumlah lajur pada masing-masing pendekat. Data tersebut digunakan untuk menentukan kapasitas dan parameter kinerja simpang sesuai dengan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, sekaligus menjadi dasar dalam pemodelan geometri pada PTV Vissim guna menggambarkan kondisi eksisting secara akurat dan mendukung analisis pengaruh *U-turn* pada lengan barat terhadap kinerja lalu lintas.

Tabel 5. 1 Data Geometri Simpang 4 APILL UPN

Pendekat	Tipe Jalan	Median	Lebar Median (m)	Lebar Masuk (m)	Lebar Keluar (m)	Lebar Efektif (m)	BKIJT
Utara	2/2 TT	Tidak	-	3	3	3	Tidak
Timur	6/2 T	Ada	1,5	10,9	13,2	7,90	Ada
Selatan	3/2 TT	Tidak	-	4,9	4,9	2,6	Ada
Barat	6/2 T	Ada	1,5	12,5	10,9	10,9	Tidak

**Gambar 5. 1 Geometri Simpang 4 APILL UPN**

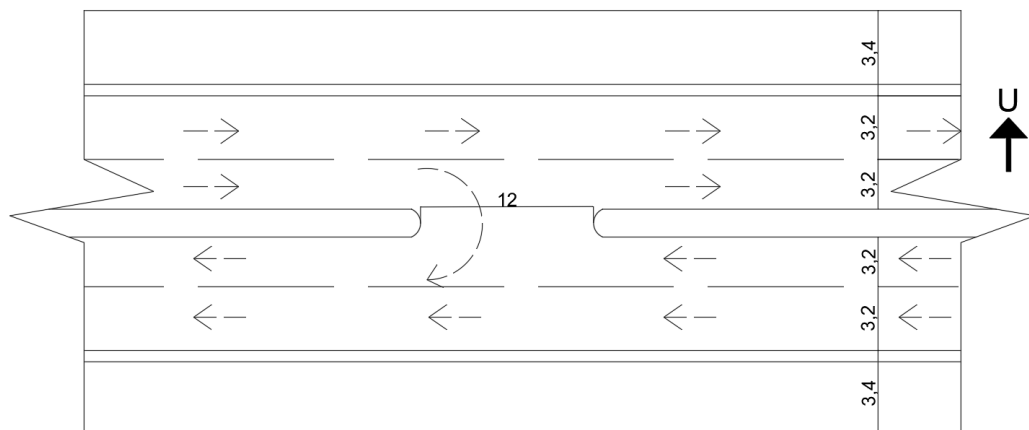
5.1.2 Data Geometri *U-turn*

Data geometri *U-turn* dikumpulkan melalui pengukuran langsung di lapangan, yang mencakup tundaan, volume, serta lebar efektif *U-turn*. Data ini kemudian digunakan sebagai dasar dalam penentuan kapasitas *U-turn* mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Berikut ini hasil pengamatan ruas jalan dan *u-turn* yang terdapat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengamatan Geometri *U-turn* Jalan Padjajaran

Tipe jalan	6/2 T
Fungsi jalan	Arteri
Lebar jalan	23,40 m
Lebar lajur dalam	3,20 m
Lebar lajur luar	3,20 m
Lebar lajur motor	3,40 m
Lebar median	1,5 m
Lebar <i>u-turn</i>	12 m
Jarak <i>u-turn</i> dari simpang	380 m

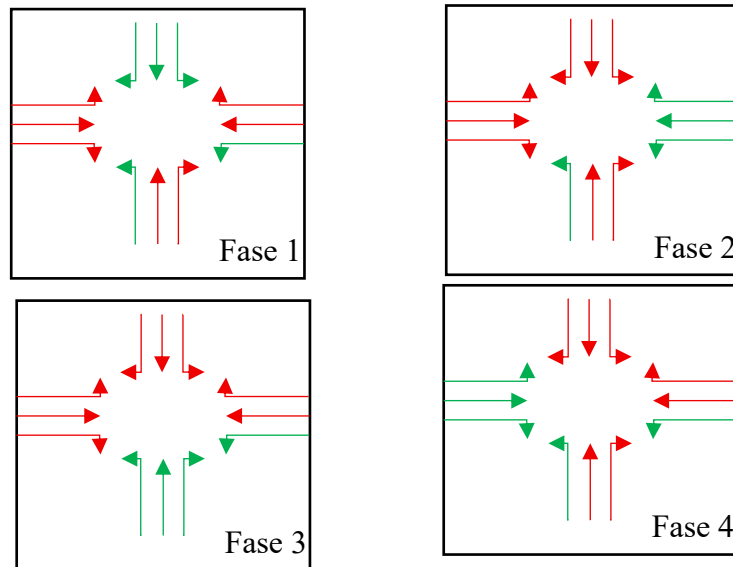
Data geometri *U-turn* yang telah di tinjau dapat dilihat pada Gambar 5.2

**Gambar 5.2 Tampak Atas Putar Balik (*U-Turn*) Ruas Jalan Padjajaran**

5.1.3 Data Waktu Siklus Simpang dan Fase Sinyal

Pengumpulan data sinyal lalu lintas dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai panjang siklus sinyal serta pembagian waktu pada setiap fase di masing-masing lengan simpang. Proses pengamatan dilakukan secara langsung di lapangan dengan menggunakan stopwatch guna mencatat durasi lampu hijau, kuning, merah, serta all red pada setiap lengan. Fase pada Simpang 4 APILL UPN dapat dilihat

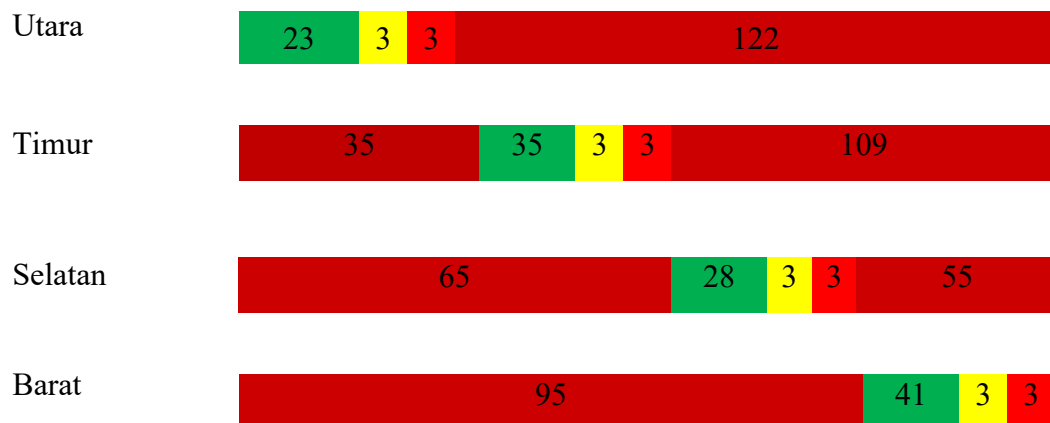
pada Gambar 5.3, Hasil pencatatan waktu siklus pada Simpang UPN Sleman selengkapnya disajikan pada Tabel 5.3. dan Gambar 5.4.







Gambar 5. 3 Fase Simpang 4 APILL UPN

Tabel 5.3 Waktu Siklus Simpang 4 APILL UPN Ringroad Utara

Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Merah (detik)	Merah semua (detik)	Waktu Siklus
Jalan Prawirokuat (Utara)	23	3	122	3	150
Jalan Padjajaran (Timur)	35	3	109	3	150
Jalan Seturan Raya (Selatan)	28	3	116	3	150
Jalan Padjajaran (Barat)	41	3	103	3	150



Keterangan

	= Waktu Hijau pada fase i (detik)
	= Waktu Kuning pada fase i (detik)
	= Waktu Merah semua (detik)
	= Waktu Merah (detik)

Gambar 5. 4 Diagram Waktu Isyarat Simpang 4 APILL UPN

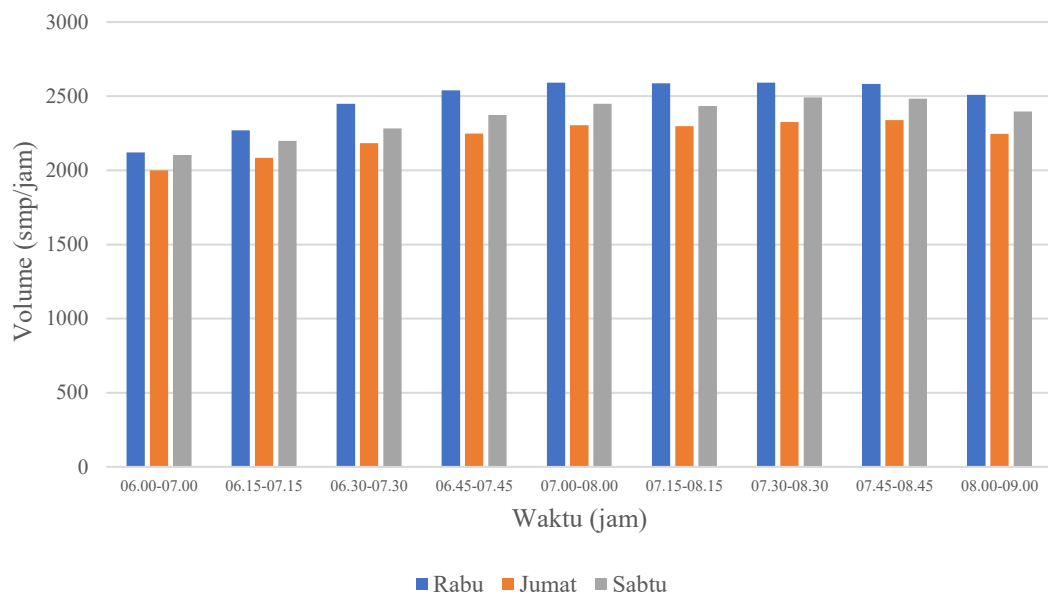
5.1.4 Data Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas diperoleh melalui survei lapangan yang dilaksanakan selama tiga hari, yaitu pada hari Rabu (25 Juni 2025), Jumat (27 Juni 2025), dan Sabtu (28 Juni 2025). Pengumpulan data dilakukan menggunakan kamera perekam yang ditempatkan di lokasi simpang, dengan pembagian tiga sesi waktu pengamatan, yaitu sesi pagi pukul 06.00–09.00 WIB, sesi siang pukul 11.00–14.00 WIB, serta sesi sore pukul 15.00–18.00 WIB. Rekaman yang diperoleh kemudian dihitung secara manual untuk mendapatkan volume kendaraan dalam satuan kendaraan per jam (Kend/Jam), sebagaimana tercantum pada Lampiran terkait.

Selanjutnya, volume lalu lintas hasil survei dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang per jam (SMP/Jam) agar sesuai dengan ketentuan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023). Volume lalu lintas jam puncak ditentukan sebagai jumlah kendaraan tertinggi pada simpang dalam interval satu jam setelah data hasil perhitungan direkap dan dikonversi ke SMP/jam. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa jam puncak arus lalu lintas pada Simpang 4 APILL UPN Sleman terjadi pada hari Sabtu, 28 Juni 2025, antara pukul 16.15–17.15 WIB. Rekapitulasi lengkap data volume lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 5.4 hingga Tabel 5.6 serta Gambar 5.5 hingga Gambar 5.7.

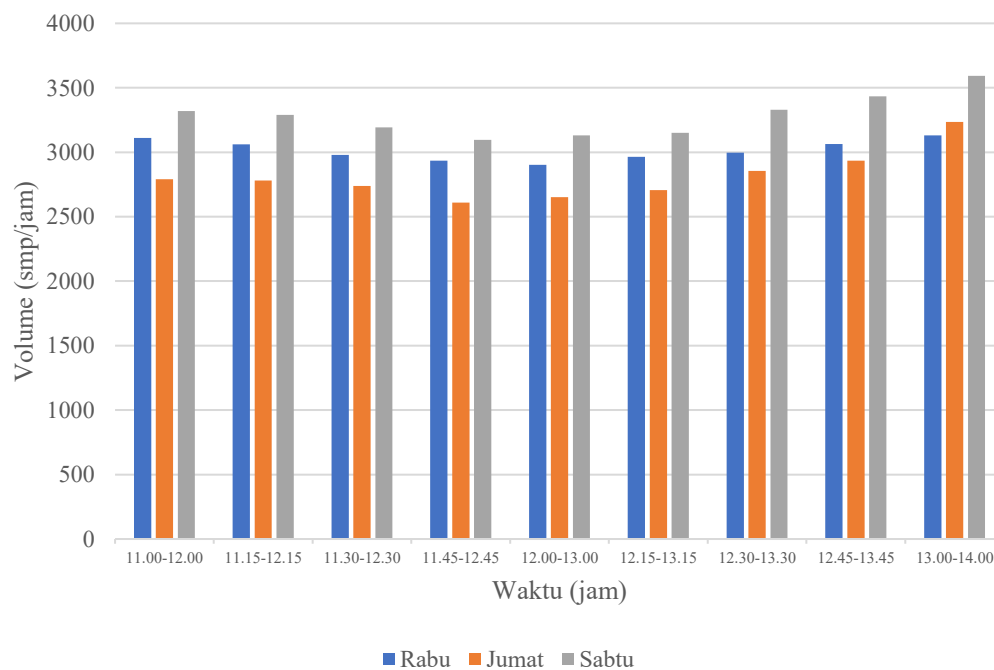
Tabel 5. 4 Data Volume Lalu Lintas Sesi Pagi

Periode Waktu	Jumlah Volume Lalu Lintas Per jam (smp/jam)		
	Rabu	Jumat	Sabtu
06.00-07.00	2121	1999	2103
06.15-07.15	2271	2084	2198
06.30-07.30	2450	2183	2283
06.45-07.45	2539	2247	2373
07.00-08.00	2591	2305	2449
07.15-08.15	2588	2298	2433
07.30-08.30	2591	2325	2493
07.45-08.45	2583	2338	2484
08.00-09.00	2509	2245	2397

**Gambar 5. 5 Grafik Data Volume Lalu Lintas Sesi Pagi**

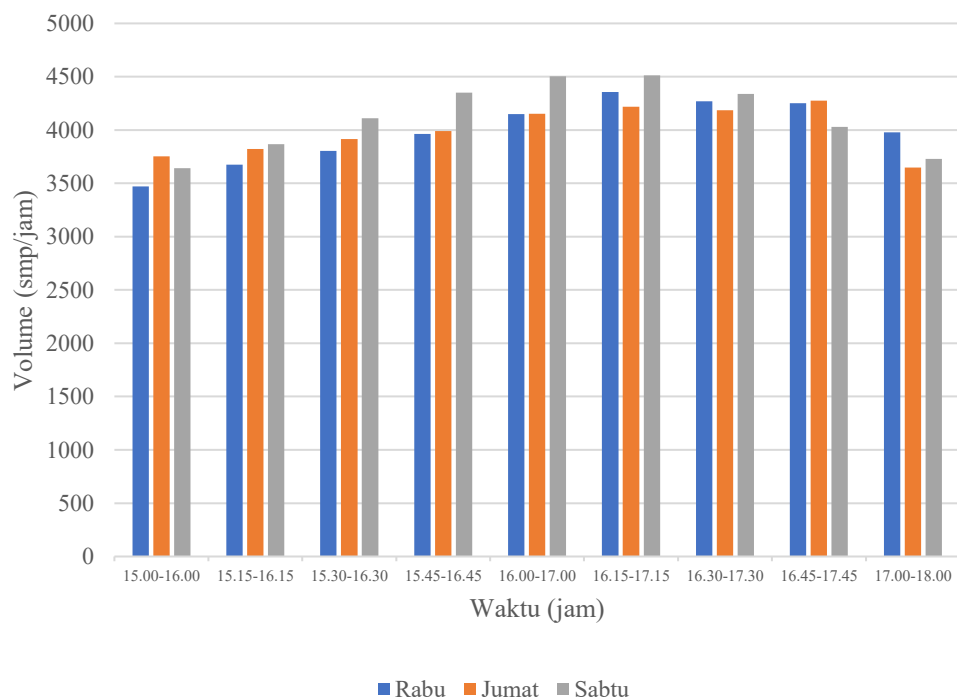
Tabel 5. 5 Data Volume Lalu Lintas Sesi Siang

Periode Waktu	Jumlah Volume Lalu Lintas Per jam (smp/jam)		
	Rabu	Jumat	Sabtu
11.00-12.00	3111	3073	3319
11.15-12.15	3063	3077	3291
11.30-12.30	2980	3062	3194
11.45-12.45	2935	2948	3096
12.00-13.00	2903	3004	3131
12.15-13.15	2964	3072	3152
12.30-13.30	2997	3223	3329
12.45-13.45	3065	3302	3435
13.00-14.00	3132	3607	3593

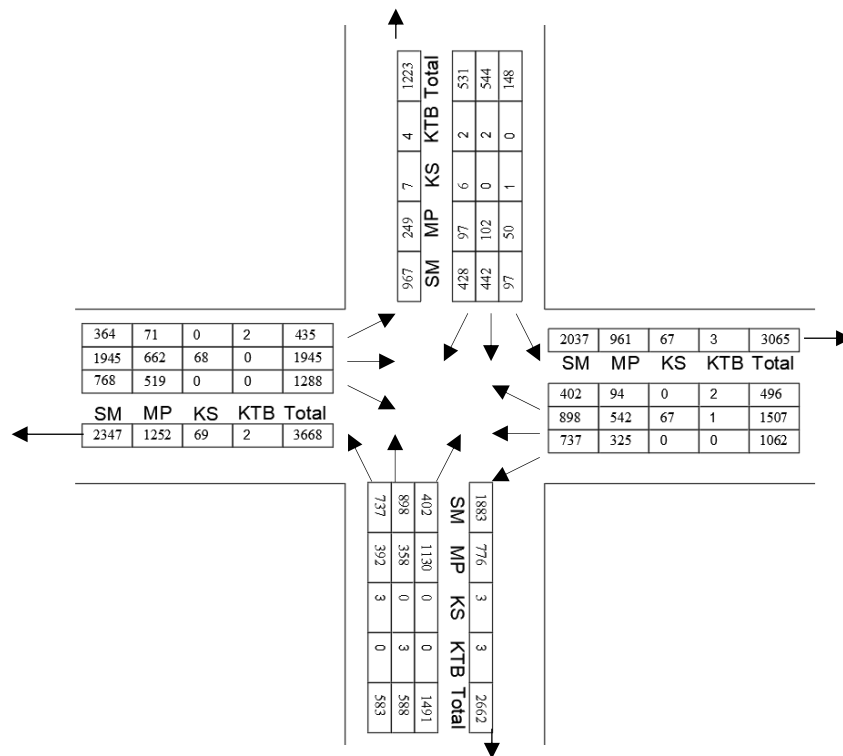
**Gambar 5. 6 Grafik Data Volume Lalu Lintas Sesi Siang**

Tabel 5. 6 Data Volume Lalu Lintas Sesi Sore

Periode Waktu	Jumlah Volume Lalu Lintas Per jam (smp/jam)		
	Rabu	Jumat	Sabtu
15.00-16.00	3472	3752	3642
15.15-16.15	3675	3821	3867
15.30-16.30	3804	3914	4110
15.45-16.45	3964	3989	4352
16.00-17.00	4151	4153	4502
16.15-17.15	4355	4217	4513
16.30-17.30	4270	4185	4338
16.45-17.45	4252	4274	4029
17.00-18.00	3978	3648	3729

**Gambar 5. 7 Grafik Data Volume Lalu Lintas Sesi Sore**

Berdasarkan hasil data dan grafik, jam puncak lalu lintas di Simpang 4 APILL UPN terjadi pada hari Sabtu pukul 16.15–17.15 WIB dengan volume mencapai 4513 SMP/jam. Volume lalu lintas tersebut merupakan hasil konversi dari beberapa jenis kendaraan, yaitu mobil penumpang (MP), kendaraan sedang (KS), dan sepeda motor (SM), yang masing-masing dibagi berdasarkan arah pergerakannya pada setiap lengan pendekat dalam satuan kendaraan per jam (Kend/jam), sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5.8. Kendaraan tidak bermotor (KTB) tidak disertakan dalam analisis karena penelitian ini berfokus pada kendaraan bermotor.



Gambar 5. 8 Distribusi Pergerakan Volume Lalu Lintas Simpang 4 APILL UPN

5.1.5 Data Panjang Antrean Maksimum

Panjang antrean merupakan jarak kendaraan yang menunggu di belakang marka garis henti ketika sinyal lalu lintas menunjukkan lampu merah. Pengukuran panjang antrean dilakukan secara langsung melalui survei lapangan di lokasi penelitian. Hasil pengamatan panjang antrean pada jam puncak, yaitu pada sesi sore hari Sabtu di Simpang 4 APILL UPN dan *U-turn*, disajikan pada Tabel 5.7.

Tabel 5. 7 Data Panjang Antrean Simpang 4 APILL UPN

Pendekat	Ruas Jalan	Panjang Antrean (m)
Utara	Jl. Prawirokuat	200
Timur	Jl. Padjajaran	295
Selatan	Jl. Seturan Raya	360
Barat	Jl. Padjajaran	465
<i>U-Turn</i>	Jl. Padjajaran	100

5.1.6 Data Kecepatan Kendaraan

Data kecepatan kendaraan pada penelitian ini tidak dimasukkan dalam perhitungan analisis PKJI 2023, tetapi digunakan sebagai salah satu parameter untuk kebutuhan pemodelan pada perangkat lunak PTV VISSIM. Pengambilan data dilakukan dalam tiga rentang waktu, yaitu sesi pagi, siang, dan sore.

Selama survei, surveyor mencatat waktu yang dibutuhkan setiap kendaraan untuk menempuh jarak ± 20 meter yang telah ditetapkan. Tabel 5.8 menyajikan rekapitulasi kecepatan rata-rata kendaraan pada sesi sore hari Sabtu, 28 Juni 2025.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Data Kecepatan Kendaraan Rata-rata Simpang 4 APILL UPN

Pendekat	SM (Km/Jam)	MP (Km/Jam)	KS (Km/Jam)	Rata-Rata (Km/Jam)
Utara	44	38,8	-	38,53
Timur	56,4	49,6	41,2	49,07
Selatan	52,8	47,0	39,2	46,33
Barat	57,2	49,8	41,4	49,47

5.1.7 Data Perilaku Berkendara/*Driving behaviour*

Parameter perilaku berkendara digunakan untuk mengatur pola interaksi antar kendaraan dalam proses simulasi PTV VISSIM. Tahap kalibrasi dilakukan agar hasil pemodelan dapat menggambarkan kondisi nyata di lokasi studi. Data perilaku berkendara dikumpulkan melalui pengukuran serta observasi langsung terhadap jarak antar kendaraan di lapangan. Pada penelitian ini diperoleh 10 sampel untuk setiap sesi, yang mencakup jarak sejajar kendaraan saat berhenti, jarak depan-belakang saat berhenti, jarak sejajar kendaraan ketika bergerak, serta jarak depan-belakang kendaraan saat bergerak. Rincian lengkap terkait data perilaku berkendara disajikan pada Tabel 5.9.

Tabel 5. 9 Data Perilaku Berkendara / *Driving Behaviour* Pendekat Barat Simpang 4 APILL UPN

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

5.1.7 Data Volume *U-turn*

Data volume *U-turn* pada penelitian ini diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan dengan metode pencatatan manual. Survei dilakukan pada

jam puncak lalu lintas, yaitu pukul 16.15–17.15 WIB, untuk mendapatkan gambaran kondisi lalu lintas yang paling representatif. Berdasarkan hasil pengamatan, tercatat sebanyak 247 kendaraan per jam melakukan manuver *U-turn* pada lokasi penelitian. Data ini selanjutnya digunakan sebagai salah satu parameter dalam perhitungan kapasitas *U-turn* mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Rincian lengkap terkait data perilaku berkendara disajikan pada Tabel 5.10.

Tabel 5. 10 Data Jam Puncak Volume Jalanan Tunggal (*U-turn*)

waktu	Volume			EMP			Total	
	sm	mp	ks	sm	mp	ks	Kend/jam	Smp/jam
16.15-16.30	32	36	0	32	46.8	0	68	79
16.30-16.45	27	33	0	27	42.9	0	60	70
16.45-17.00	25	29	0	25	37.7	0	54	63
17.00-17.15	29	36	0	29	46.8	0	65	76
	113	134			Total		247	287

5.2 Data Sekunder

Simpang 4 APILL UPN merupakan salah satu simpang penting yang berada di wilayah Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Simpang ini menjadi titik pertemuan beberapa ruas jalan utama yang mengakses area sekitar Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman, jumlah penduduk di Kabupaten Sleman pada tahun 2025 tercatat sebanyak 1.179.382 jiwa.

5.3 Analisis Kinerja Simpang berdasarkan PKJI 2023

Analisis kinerja lalu lintas pada Simpang 4 APILL UPN dalam penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 sebagai standar utama evaluasi. PKJI 2023 digunakan untuk memperoleh parameter kinerja simpang, meliputi kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan lalu lintas, serta panjang antrean kendaraan. Nilai tundaan yang dihasilkan dari analisis

tersebut menjadi dasar dalam menentukan tingkat pelayanan (*Level of Service*) pada Simpang 4 APILL UPN.

Dalam proses perhitungan manual, *Microsoft Excel* dimanfaatkan sebagai alat bantu untuk menghitung parameter kinerja berbasis rumus PKJI 2023. Sementara itu, PTV Vissim digunakan sebagai perangkat pembanding yang mampu mensimulasikan kondisi lalu lintas secara lebih detail dan visual, sehingga dapat memberikan gambaran perilaku arus kendaraan yang lebih mendekati kondisi aktual di lapangan.

Data volume lalu lintas yang digunakan dalam analisis merupakan data jam puncak yang diperoleh secara langsung di lapangan pada hari Sabtu, 28 Juni 2025, pada periode waktu pukul 16.25–17.25 WIB. Data tersebut kemudian diolah sesuai ketentuan PKJI 2023 untuk menggambarkan kinerja eksisting Simpang 4 APILL UPN sebelum dilakukan skenario perbaikan. Hasil analisis eksisting disajikan melalui perhitungan berikut.

5.3.1 Konversi Volume Lalu Lintas (q)

Proses konversi volume lalu lintas dilakukan dengan mengubah satuan kendaraan per jam (kend/jam) pada periode jam puncak menjadi satuan setara mobil penumpang per jam (SMP/jam). Konversi ini menggunakan nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) terlindung sebagaimana tercantum pada Tabel 5.11.

Tabel 5. 11 Angka Ekuivalensi Kendaraan Penumpang

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

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan nilai EMP tersebut, volume lalu lintas dalam satuan SMP/jam dapat diperoleh. Hasil perhitungan tersebut disajikan pada bagian berikut.

1. Pendekat Utara (Jl. Prawiro Kuat)
 - a. Sepeda Motor (SM), EMP = 0,15
 - 1) Belok Kiri (BK_i) = $97 \times 0,15$
= 15 SMP/jam
 - 2) Lurus (LRS) = $442 \times 0,15$
= 66 SMP/jam
 - 3) Belok Kanan (BK_a) = $428 \times 0,15$
= 64 SMP/jam
 - b. Mobil Penumpang (MP), EMP = 1
 - 1) Belok Kiri (BK_i) = 50×1
= 50 SMP/jam
 - 2) Lurus (LRS) = 102×1
= 102 SMP/jam
 - 3) Belok Kanan (BK_a) = 97×1
= 97 SMP/jam
 - c. Kendaraan Sedang (KS), EMP = 1,3
 - 1) Belok Kiri (BK_i) = $1 \times 1,3$
= 1 SMP/jam
 - 2) Lurus (LRS) = $0 \times 1,3$
= 0 SMP/jam
 - 3) Belok Kanan (BK_a) = $6 \times 1,3$
= 8 SMP/jam
 - d. Volume kendaraan yang telah dikonversi Pendekat Utara Volume (q) = 403 SMP/jam
2. Pendekat Timur (Jl. Padjajaran)
 - a. Sepeda Motor (SM), EMP = 0,15
 - 1) Belok Kiri (BK_i) = $737 \times 0,15$
= 111 SMP/jam

- 2) Lurus (LRS) $= 898 \times 0,15$
 $= 135 \text{ SMP/jam}$
- 3) Belok Kanan (BKa) $= 402 \times 0,15$
 $= 60 \text{ SMP/jam}$
- b. Mobil Penumpang (MP), EMP $= 1$
- 1) Belok Kiri (BKl) $= 325 \times 1$
 $= 325 \text{ SMP/jam}$
- 2) Lurus (LRS) $= 542 \times 1$
 $= 542 \text{ SMP/jam}$
- 3) Belok Kanan (BKa) $= 94 \times 1$
 $= 94 \text{ SMP/jam}$
- c. Kendaraan Sedang (KS), EMP $= 1,3$
- 1) Belok Kiri (BKl) $= 0 \times 1,3$
 $= 0 \text{ SMP/jam}$
- 2) Lurus (LRS) $= 67 \times 1,3$
 $= 87 \text{ SMP/jam}$
- 3) Belok Kanan (BKa) $= 0 \times 1,3$
 $= 0 \text{ SMP/jam}$
- d. Volume kendaraan yang telah dikonversi Pendekat Timur Volume (q) =
1354 SMP/jam
3. Pendekat Selatan (Jl. Seturan Raya)
- a. Sepeda Motor (SM), EMP $= 0,15$
- 1) Belok Kiri (BKl) $= 1130 \times 0,15$
 $= 24,90 \text{ SMP/jam}$
- 2) Lurus (LRS) $= 358 \times 0,15$
 $= 96,90 \text{ SMP/jam}$
- 3) Belok Kanan (BKa) $= 395 \times 0,15$
 $= 84,75 \text{ SMP/jam}$
- b. Mobil Penumpang (MP), EMP $= 1$
- 1) Belok Kiri (BKl) $= 361 \times 1$
 $= 361 \text{ SMP/jam}$

- 2) Lurus (LRS) $= 230 \times 1$
 $= 230 \text{ SMP/jam}$
- 3) Belok Kanan (BKa) $= 185 \times 1$
 $= 185 \text{ SMP/jam}$
- c. Kendaraan Sedang (KS), EMP $= 1,3$
- 1) Belok Kiri (BKl) $= 0 \times 1,3$
 $= 0 \text{ SMP/jam}$
- 2) Lurus (LRS) $= 0 \times 1,3$
 $= 0 \text{ SMP/jam}$
- 3) Belok Kanan (BKa) $= 3 \times 1,3$
 $= 4 \text{ SMP/jam}$
- d. Volume kendaraan yang telah dikonversi Pendekat Timur Volume (q) =
1062 SMP/jam
4. Pendekat Barat (Jl. Padjajaran)
- a. Sepeda Motor (SM), EMP $= 0,15$
- 1) Belok Kiri (BKl) $= 364 \times 0,15$
 $= 55 \text{ SMP/jam}$
- 2) Lurus (LRS) $= 1215 \times 0,15$
 $= 182 \text{ SMP/jam}$
- 3) Belok Kanan (BKa) $= 768 \times 0,15$
 $= 115 \text{ SMP/jam}$
- b. Mobil Penumpang (MP), EMP $= 1$
- 1) Belok Kiri (BKl) $= 71 \times 1$
 $= 71 \text{ SMP/jam}$
- 2) Lurus (LRS) $= 662 \times 1$
 $= 662 \text{ SMP/jam}$
- 3) Belok Kanan (BKa) $= 519 \times 1$
 $= 519 \text{ SMP/jam}$
- c. Kendaraan Sedang (KS), EMP $= 1,3$
- 1) Belok Kiri (BKl) $= 0 \times 1,3$
 $= 0 \text{ SMP/jam}$

- 2) Lurus (LRS) $= 68 \times 1,3$
 $= 88 \text{ SMP/jam}$
- 3) Belok Kanan (BKa) $= 1 \times 1,3$
 $= 1 \text{ SMP/jam}$

- d. Volume kendaraan yang telah dikonversi Pendekat Timur Volume (q) =
 1694 SMP/jam

Rekapitulasi lengkap mengenai volume lalu lintas dalam satuan SMP/jam pada jam puncak hari Sabtu, 28 Juni 2025, ditampilkan pada Tabel 5.12.

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Volume Kendaraan Periode Jam Puncak

Pendekat	Arah	SM		MP		KS		Total		Rasio Belok
		EMP = 0,15		EMP = 1		EMP = 1,3		Kendaraan Bermotor		
		Kend/jam	SMP/jam	Kend/jam	SMP/jam	Kend/jam	SMP/jam	Kend/jam	SMP/jam	
Utara	BKi	97	15	50	50	1	1	148	66	0,163
	LRS	442	66	102	102	0	0	544	168	-
	Bka	428	64	97	97	6	8	531	169	0,419
Timur	BKi	737	111	325	325	1	1,3	1062	436	0,322
	LRS	898	135	542	542	0	0	1507	764	-
	Bka	402	60	94	94	67	87	496	154	0,114
Selatan	BKi	1130	170	361	361	0	0	1491	531	0,499
	LRS	358	54	230	230	0	0	588	284	-
	Bka	395	59	185	185	3	4	583	248	0,234
Barat	BKi	364	55	71	71	0	0	435	126	0,074
	LRS	1215	182	662	662	68	88	1945	933	-
	Bka	768	115	519	519	1	1	1288	636	0,375

5.3.2 Perhitungan Arus Jenuh Dasar (J_0)

1. Arus Jenuh Dasar Pendekat Utara

$$\begin{aligned} J_0 &= 600 \times L_e \\ &= 600 \times 3,0 \\ &= 1800 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

2. Arus Jenuh Dasar Pendekat Timur

$$\begin{aligned} J_0 &= 600 \times L_e \\ &= 600 \times 9,9 \\ &= 5940 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

3. Arus Jenuh Dasar Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} J_0 &= 600 \times L_e \\ &= 600 \times 2,6 \\ &= 1560 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

4. Arus Jenuh Dasar Pendekat Barat

$$\begin{aligned} J_0 &= 600 \times L_e \\ &= 600 \times 10,9 \\ &= 6540 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

5.3.3 Penentuan Nilai Faktor Koreksi

Dalam perhitungan arus jenuh, diperlukan identifikasi sejumlah faktor koreksi, di antaranya 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}). Tahapan analisis arus jenuh pada Simpang APILL UPN diuraikan secara lebih detail pada bagian berikut.

1. Faktor Hambatan Samping (F_{HS})

Pengamatan terhadap hambatan samping dilakukan secara langsung di lapangan dan didukung dengan dokumentasi foto, yang selengkapnya disajikan pada Lampiran 4. Survei ini bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai aktivitas di

sekitar simpang yang berpotensi mengganggu kelancaran arus lalu lintas, seperti kendaraan yang berhenti atau parkir di bahu jalan, kendaraan yang keluar-masuk dari area sekitar, serta pergerakan pejalan kaki. Informasi tersebut kemudian digunakan sebagai variabel dalam analisis kinerja simpang sesuai dengan ketentuan PKJI 2023.

Adapun pada Jl. Prawiro Kuat (pendekat Utara), kawasan di sekitar pendekat ini menunjukkan aktivitas komersial yang cukup aktif, seperti kendaraan yang berhenti sementara, kendaraan keluar-masuk area sekitar. Berdasarkan kondisi tersebut, pendekat utara dikategorikan sebagai lingkungan komersial dengan tingkat hambatan samping sedang. Kondisi hambatan samping pada pendekat utara ditampilkan pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Hambatan Samping Jalan Prawiro Kuat (Pendekat Utara)

Pada Jl. Padjajaran (pendekat Timur), aktivitas di sepanjang jalan cenderung lebih rendah. Pergerakan kendaraan relatif lancar. Oleh karena itu, pendekat timur diklasifikasikan sebagai lingkungan komersial dengan hambatan samping rendah. Berikut dokumentasi dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Hambatan Sampung Jalan Padjajaran (Pendekat Timur)

Berdasarkan pengamatan pada Jl. Seturan Raya (pendekat Selatan), kawasan ini memiliki aktivitas pergerakan yang cukup terlihat seperti kendaraan keluar masuk pusat kegiatan, serta pejalan kaki yang melintas. Kondisi tersebut menyebabkan pendekat selatan termasuk ke dalam lingkungan komersial dengan tingkat hambatan sampung sedang. Kondisi hambatan sampung pada pendekat ini ditunjukkan pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Hambatan Sampung Jalan Seturan Raya (Pendekat Selatan)

Sementara itu, Jl. Padjajaran (pendekat Barat) berada pada kawasan dengan aktivitas komersial yang relatif rendah dan tidak menimbulkan gangguan arus lalu lintas. Berdasarkan hasil observasi, pendekat barat dapat dikategorikan sebagai lingkungan komersial dengan hambatan sampung rendah. Dokumentasi hambatan sampung pada pendekat barat ditampilkan pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Hambatan Samping Jalan Padjajaran (Pendekat Barat)

Berdasarkan hasil pengamatan pada seluruh lengan Simpang 4 APILL UPN, setiap pendekat menunjukkan tingkat hambatan samping yang berbeda-beda. Penilaian ini dilakukan melalui survei langsung di lapangan dan didukung oleh dokumentasi visual, sebagaimana tersaji pada Lampiran. Mengacu pada ketentuan PKJI 2023, Simpang 4 APILL UPN juga termasuk dalam simpang dengan fase terlawan dan terlindung, sehingga penentuan faktor penyesuaian hambatan samping (F_{HS}) mengacu pada Tabel 3.2. Nilai F_{HS} ditentukan berdasarkan kategori hambatan samping pada setiap lengan di mana pendekat Utara dan Selatan memiliki tingkat hambatan samping sedang, sedangkan pendekat Timur dan Barat memiliki hambatan samping rendah. Selain itu, rasio kendaraan tak bermotor pada masing-masing lengan turut memengaruhi nilai penyesuaiannya.

Rekapitulasi nilai faktor hambatan samping (F_{HS}) untuk keempat pendekat dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{HS})

Pendekat	Faktor Hambatan Samping (F_{HS})
Utara	0,94
Timur	0,95

Lanjutan Tabel 5.13 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (FHS)

Pendekat	Faktor Hambatan Samping (FHS)
Selatan	0,94
Barat	0,95

2. Faktor Ukuran Kota (F_{UK})

Berdasarkan informasi dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sleman, jumlah penduduk wilayah tersebut pada tahun 2025 tercatat sebanyak 1.179.382 jiwa. Dengan merujuk pada Tabel 3.4 PKJI 2023, besaran jumlah penduduk tersebut menempatkan Kabupaten Sleman pada kategori ukuran kota yang menghasilkan nilai faktor koreksi ukuran kota (F_{UK}) sebesar 1.

3. Faktor Kelandaian (F_G)

Berdasarkan hasil pengukuran kemiringan jalan menggunakan Google Earth, seluruh lengan pendekat pada Simpang 4 APILL UPN memiliki kemiringan (slope) sebesar 0%, baik pada Pendekat Utara, Timur, Selatan, maupun Barat. Nilai kemiringan tersebut digunakan untuk menentukan faktor koreksi kelandaian (F_G) pada masing-masing pendekat. Mengacu pada ketentuan PKJI 2023, kemiringan 0% menghasilkan nilai $F_G = 1$ untuk seluruh lengan pendekat.

4. Faktor Koreksi Parkir (F_P)

Pada Simpang 4 APILL UPN, tidak ditemukan kendaraan yang berhenti atau parkir di sepanjang setiap pendekat. Kondisi tersebut dinilai tidak memberikan pengaruh terhadap kinerja simpang. Oleh karena itu, faktor koreksi parkir (F_P) untuk Simpang 4 APILL UPN ditetapkan bernilai 1.

5. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{BKa})

a. Pendekat Utara (Jl. Prawiro Kuat)

Pendekat Utara tidak memiliki median dan termasuk dalam fase terlindung (P). Oleh karena itu, nilai faktor penyesuaian belok kanan dihitung menggunakan nilai RBKA sebesar 0,419 dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} F_{BKa} &= 1,0 + RBKA \times 0,26 \\ &= 1,0 + 0,419 \times 0,26 \end{aligned}$$

$$= 1,109$$

b. Pendekat Timur (Jl. Padjajaran)

Pendekat Timur memiliki median dan berada pada fase terlindung (P). Berdasarkan ketentuan PKJI 2023, kondisi tersebut menghasilkan nilai faktor penyesuaian belok kanan sebesar 1,0.

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

c. Pendekat Selatan (Jl. Seturan Raya)

Pendekat Selatan tidak memiliki median dan termasuk dalam fase terlindung (P). Perhitungan menggunakan nilai RBKA sebesar 0,234 ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_{BKa} &= 1,0 + R_{BKA} \times 0,26 \\ &= 1,0 + 0,234 \times 0,26 \\ &= 1,061 \end{aligned}$$

d. Pendekat Barat (Jl. Padjajaran)

Pendekat Selatan memiliki median dan juga berada pada fase terlindung (P). Dengan demikian, faktor penyesuaian belok kanan untuk pendekat ini adalah 1,0 sesuai ketentuan untuk lengan tanpa median.

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

5. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{BK_i})

Pada simpang yang diteliti, kondisi fasilitas belok kiri jalan terus ($B_{K_{iJT}}$) berbeda di setiap pendekat. Pendekat Timur dan Selatan telah dilengkapi $B_{K_{iJT}}$, sehingga kendaraan yang berbelok kiri tidak terikat oleh pengaturan sinyal APILL. Berdasarkan ketentuan PKJI 2023, kondisi tersebut menjadikan nilai F_{BK_i} untuk kedua pendekat tersebut sama dengan 1,0.

Sementara itu, pendekat Utara dan Barat tidak memiliki $B_{K_{iJT}}$, sehingga kendaraan yang berbelok kiri harus mengikuti pengaturan sinyal. Oleh karena itu, nilai F_{BK_i} untuk kedua pendekat tersebut dihitung menggunakan Persamaan 3.7 sebagai berikut.

a. Pendekat Barat (tanpa $B_{K_{iJT}}$)

$$\begin{aligned} F_{BK_i} &= 1,0 - R_{BK_i} \times 0,16 \\ &= 1,0 - 0,074 \times 0,16 \end{aligned}$$

$$= 0,988$$

b. Pendekat Utara (tanpa B_{kiT})

$$\begin{aligned} FBK_i &= 1,0 - RBK_i \times 0,16 \\ &= 1,0 - 0,163 \times 0,16 \\ &= 0,974 \end{aligned}$$

5.3.4 Perhitungan Arus Jenuh (J)

Dengan memperhatikan nilai arus jenuh dasar serta seluruh faktor penyesuaian yang telah dianalisis pada tahap sebelumnya, perhitungan arus jenuh untuk masing-masing pendekat dilakukan menggunakan Persamaan 3.10. Uraian lengkap mengenai proses perhitungannya disajikan pada bagian berikut.

1. Arus Jenuh Pendekat Utara

$$\begin{aligned} J &= J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \\ &= 1800 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,974 \times 1 \\ &= 1643 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

2. Arus Jenuh Pendekat Timur

$$\begin{aligned} J &= J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \\ &= 5940 \times 0,95 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1,03 \\ &= 5809 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

3. Arus Jenuh Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} J &= J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \\ &= 1560 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &= 1465 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

4. Arus Jenuh Pendekat Barat

$$\begin{aligned} J &= J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \\ &= 6540 \times 0,95 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,988 \times 1,098 \\ &= 6739 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

5.3.5 Perhitungan Kapasitas (C)

Dengan menggunakan nilai arus jenuh (S) yang telah diperoleh sebelumnya, serta data waktu hijau dan waktu siklus dari Tabel 5.3, dengan waktu siklus 150 detik, serta waktu hijau Utara 22 detik, Timur 35 detik, Selatan 28 detik, dan Barat

41 detik. Kapasitas pada masing-masing pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1. Penjabaran perhitungan kapasitas untuk setiap pendekat ditampilkan pada bagian berikut.

1. Kapasitas Pendekat Utara

$$\begin{aligned} C &= J \times \frac{WH}{s} \\ &= 1643 \times \frac{22}{150} \\ &= 241 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

2. Kapasitas Pendekat Timur

$$\begin{aligned} C &= J \times \frac{WH}{s} \\ &= 5809 \times \frac{35}{150} \\ &= 1355 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

3. Kapasitas Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} C &= J \times \frac{WH}{s} \\ &= 1465 \times \frac{28}{150} \\ &= 273 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

4. Kapasitas Pendekat Utara

$$\begin{aligned} C &= J \times \frac{WH}{s} \\ &= 1465 \times \frac{41}{150} \\ &= 1842 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan kapasitas simpang disajikan pada Tabel 5.14.

Tabel 5. 14 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas Simpang

Parameter	Satuan	Pendekat			
		Utara	Timur	Selatan	Barat
Ruas Jalan	-	Jl. Prawiro Kuat	Jl. Padjajaran	Jl. Seturan Raya	Jl. Padjajaran
Total Arus	SMP/jam	403	1354	1062	1694
Volume Lalu Lintas (q)	SMP/jam	403	918	532	1694

Lebar efektif (L_E)	meter	3	9,9	2,6	10,9
-------------------------	-------	---	-----	-----	------

Lanjutan Tabel 5. 14 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas Simpang

Parameter	Satuan	Pendekat			
		Utara	Timur	Selatan	Barat
Arus Jenuh Dasar (J_0)	SMP/jam	1800	5940	1560	6540
Faktor Hambatan Samping (F_{HS})	-	0,94	0,95	0,94	0,95
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_{BKa})	-	1,00	1,03	1,00	1,09
Faktor Belok Kiri (F_{BKl})	-	0,97	1	1	0,98
Arus Jenuh (J)	SMP/jam	1643	5809	1465	6739
Waktu Hijau (W_H)	detik	22	35	28	41
Waktu Siklus (s)	detik	150			
Kapasitas (C)	SMP/jam	241	1355	273	1842

5.3.6 Perhitungan Derajat Kejenuhan (D_J)

Derajat kejenuhan (D_J) dihitung dengan membandingkan volume lalu lintas (q) pada tiap pendekat dengan kapasitasnya (C). Perhitungan nilai D_J dilakukan menggunakan Persamaan 3.15. Uraian lengkap mengenai hasil perhitungan derajat kejenuhan untuk setiap pendekat disajikan pada bagian berikut.

1. Derajat Kejenuhan Pendekat Utara

$$\begin{aligned}
 D_J &= \frac{q}{c} \\
 &= \frac{403}{241} \\
 &= 1,67
 \end{aligned}$$

2. Derajat Kejenuhan Pendekat Timur

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

$$= \frac{918}{1355}$$

$$= 0,67$$

3. Derajat Kejenuhan Pendekat Selatan

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

$$= \frac{532}{273}$$

$$= 1,943$$

4. Derajat Kejenuhan Pendekat Barat

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

$$= \frac{1694}{1842}$$

$$= 0,920$$

Hasil rekapitulasi perhitungan derajat kejenuhan disajikan pada Tabel 5.15.

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Perhitungan Derajat Kejenuhan

Pendekat	Volume Lalu Lintas (q)	Kapasitas (C)	Derajat Kejenuhan (D _J)	Rata-rata DJ
	(SMP/jam)	(SMP/jam)		
Utara	403	241	1,67	1,30
Timur	918	1355	0,67	
Selatan	532	273	1,94	
Barat	1694	1842	0,92	

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 5.12, diperoleh bahwa derajat kejenuhan rata-rata pada simpang yang diteliti mencapai 1,30. Nilai ini berada di atas batas kinerja yang direkomendasikan ($D_J \leq 0,85$), sehingga menunjukkan bahwa kondisi operasi simpang berada dalam keadaan jenuh. Dari seluruh lengan yang dianalisis, hanya pendekat Timur yang memenuhi kriteria tersebut dengan nilai D_J 0,67, sedangkan pendekat lainnya masih menunjukkan tingkat kejenuhan yang tinggi.

5.3.7 Perhitungan Panjang Antrean (P_A)

Perhitungan panjang antrean (P_A) pada masing-masing pendekat dalam kondisi eksisting dilakukan dengan mengacu pada Persamaan 3.16 hingga Persamaan 3.18. Selain itu, penentuan nilai N_{qMax} juga ditetapkan berdasarkan acuan pada Gambar 3.7. Uraian berikut menyajikan contoh proses perhitungan panjang antrean pada salah satu pendekat sebagai contoh tahapan analisis.

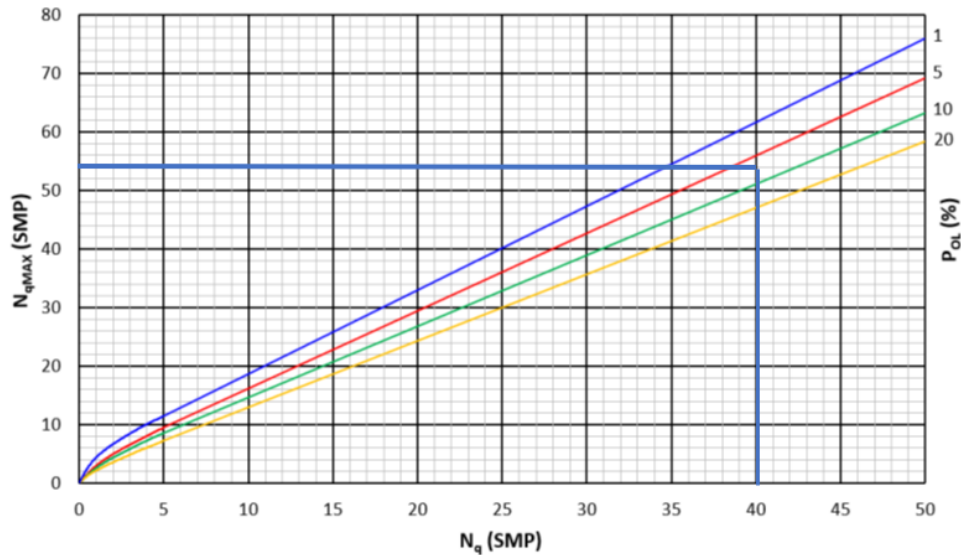
1. Pendekat Utara

Pendekat Utara masih memiliki nilai derajat kejenuhan (D_J) sebesar 1,67 yang berarti telah melampaui batas kinerja yang direkomendasikan, yaitu $D_J \geq 0,85$. Dengan kondisi tersebut, jumlah rata-rata kendaraan yang tidak terselesaikan pada fase hijau sebelumnya (N_{q1}), (N_{q2}), dan (N_q) dihitung menggunakan Persamaan 3.16 hingga Persamaan 3.18. Rincian perhitungan panjang antrean (P_A) untuk Pendekat Timur disajikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{a. } N_{q1} &= 0,25 \times s \times \left\{ (D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{s}} \right\} \\
 &= 0,25 \times 150 \times \left\{ (1,67 - 1) + \sqrt{(1,67 - 1)^2 + \frac{8 \times (1,67 - 0,5)}{150}} \right\} \\
 &= 53 \text{ SMP} \\
 \text{b. } N_{q2} &= S \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_J)} \times \frac{q}{3600} \\
 &= 150 \times \frac{(1 - 22)}{(1 - 22 \times 1,67)} \times \frac{403}{3600} \\
 &= 19 \text{ SMP} \\
 \text{c. } N_{q2} &= N_{q1} + N_{q2} \\
 &= 53 + 19 \\
 &= 72 \text{ SMP}
 \end{aligned}$$

Setelah nilai rata-rata antrean kendaraan (N_q) diperoleh, langkah berikutnya adalah menentukan nilai antrean maksimum (N_{qmax}). Penetapan N_{qmax} dilakukan dengan merujuk pada Gambar 3.17, yaitu grafik yang menunjukkan hubungan antara nilai N_q dan tingkat pembebanan *overloading* (P_{OL}). Nilai N_{qmax} yang diperoleh tersebut selanjutnya dijadikan acuan dalam proses

perhitungan panjang antrean. Adapun nilai N_{qmax} yang digunakan pada pendekatan Timur dalam analisis ditampilkan pada Gambar 5.13.



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

- a. POL = 5% s/d 10%
- b. N_{qmax} = 54 SMP
- c. $P_A = N_{qmax} \times \frac{20}{LM}$
 $= 54 \times \frac{20}{3}$
 $= 136,70 \text{ m}$

Rekapitulasi nilai panjang antrean (PA) untuk seluruh pendekatan dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Panjang Antrean (PA) Simpang 4 APILL UPN

Pendekat	LM	N_{q1}	N_{q2}	N_q	N_{qmax}	PA
	(m)	(SMP)	(SMP)	(SMP)	(SMP)	(m)
Utara	3,00	53	19	60	60	173,33
Timur	7,9	1	35	40	54	136,70
Selatan	2,60	73	29	93	93	253,84
Barat	10,90	4	69	78	78	126,60

5.3.8 Perhitungan Rasio Kendaraan Henti (R_{KH})

Rasio kendaraan yang harus berhenti pada suatu pendekat merupakan parameter yang menggambarkan persentase kendaraan yang tidak mampu melintasi simpang karena terhenti oleh fase sinyal merah. Nilai R_{KH} dihitung menggunakan Persamaan 3.20.

Selain itu, analisis ini juga memperhitungkan jumlah kendaraan yang mengalami hambatan berhenti (N_{KH}), yaitu kendaraan yang tidak berhasil melewati simpang pada fase hijau sebelumnya dan tertahan hingga siklus berikutnya. Contoh perhitungan nilai R_{KH} dan N_{KH} pada salah satu pendekat disajikan pada uraian berikut.

1. Pendekat Utara

$$\begin{aligned}
 \text{a. } R_{KH} &= 0,9 \times 3600 \times \frac{Nq}{q \times s} \\
 &= 0,9 \times 3600 \times \frac{60}{403 \times 150} \\
 &= 1,39 \\
 \text{a. } N_{KH} &= R_{KH} \times q \\
 &= 1,393 \times 403 \\
 &= 562 \text{ smp}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi nilai rasio kendaraan henti (R_{KH}) dan jumlah kendaraan yang terhenti (N_{KH}) pada seluruh pendekat disajikan pada Tabel 5.17.

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Rasio Kendaraan Henti (R_{KH}) dan Jumlah Kendaraan Terhenti (N_{KH}) Simpang 4 APILL UPN

Pendekat	s	q	N_q	R_{KH}	N_{KH}
	(detik)	(SMP/jam)	(SMP)		(SMP)
Utara	150	403	60	1,39	562
Timur		918	40	1,08	1166
Selatan		532	93	1,34	713
Barat		1694	78	0,88	1490

5.3.9 Perhitungan Tundaan Simpang (T_i)

Nilai tundaan (T_i) dihitung sebagai hasil penambahan antara tundaan geometri rata-rata (T_G) dan tundaan lalu lintas rata-rata (T_{LL}), sesuai dengan Persamaan 3.21 hingga 3.23. Pada bagian berikut disajikan contoh perhitungan besarnya tundaan pada salah satu pendekat Simpang 4 APILL UPN dalam kondisi eksisting.

1. Pendekat Utara

$$a. T_{LL} = S \times \left(\frac{0.5 \times (1 - RH)^2}{(1 - RH \times DJ)} + \frac{Nq1 \times 3600}{C} \right)$$

$$= 150 \times \left(\frac{0.5 \times (1 - 22)^2}{(1 - 22 \times 1.39)} + \frac{53 \times 3600}{241} \right)$$

$$= 646,579 \text{ det/SMP}$$

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

$$= (1 - 1,39) \times 0,52 \times 6 + (1,39 \times 4)$$

$$= 4,33 \text{ det/SMP}$$

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

$$= 646,579 + 4,33$$

$$= 650,915 \text{ det/SMP}$$

Rekapitulasi nilai tundaan (T_i) pada seluruh pendekat Simpang 4 APILL UPN dalam kondisi eksisting disajikan pada Tabel 5.18.

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Tundaan Simpang 4 APILL UPN

Pendekat	TG	TLL	Ti	Tundaan Simpang Rata-rata
	(det/SMP)	(det/SMP)	(det/SMP)	(det/SMP)
Utara	4,337	646,579	650,915	293,661
Timur	4,070	99,365	103,435	
Selatan	4,291	916,725	921,017	
Barat	3,897	110,848	114,745	

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

Berdasarkan hasil analisis kinerja simpang yang dihitung menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, diketahui bahwa pada kondisi eksisting nilai tundaan rata-rata pada masing-masing pendekat adalah sebagai berikut: Pendekat Utara sebesar 650,915 det/SMP, Pendekat Selatan sebesar 103,435 det/SMP, Pendekat Barat sebesar 921,0171 det/SMP, dan Pendekat Timur sebesar 220,7 det/SMP. Dari keempat nilai tersebut, diperoleh tundaan rata-rata keseluruhan Simpang 4 APILL UPN sebesar 114,745 det/SMP.

Mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015, simpang dengan tundaan lebih dari 60 detik/SMP termasuk dalam tingkat pelayanan F. Hasil analisis menunjukkan bahwa Simpang 4 APILL UPN pada kondisi eksisting berada pada tingkat pelayanan F, sehingga kinerjanya belum memenuhi standar. Oleh karena itu, diperlukan langkah perbaikan untuk meningkatkan kinerja simpang agar sesuai dengan ketentuan. Rekapitulasi hasil analisis kinerja eksisting Simpang 4 APILL UPN dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Kinerja Eksisting Simpang 4 APILL UPN

Pendekat	Derajat Kejuhan (D _J)	Panjang Antrean (P _A)	Tundaan Setiap Pendekat (T _i)	Tingkat Pelayanan Setiap Pendekat (LOS)	Tundaan Simpang Rata-rata	Tingkat Pelayanan Simpang
		(m)	(det/SMP)	(LOS)	(det/SMP)	(LOS)
Utara	1,673	446,667	650,915	F	293,661	F
Timur	0,677	118,987	103,435	F		
Selatan	1,945	715,385	921,017	F		
Barat	0,920	143,119	114,745	F		

5.3.11 Perbandingan Panjang Antrean Analisis PKJI 2023 dengan Panjang Antrean Terukur

Perbandingan antara hasil perhitungan panjang antrean menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan hasil observasi antrean kendaraan di lapangan ditampilkan pada Tabel 5.20.

Tabel 5. 20 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)	(%)
Utara	200	173,33	13,33
Timur	295	92,92	68,49
Selatan	360	253,84	29,48
Barat	465	126,60	72,77

5.4 Analisis Kinerja Jalinan Tunggal (*U-turn*) berdasarkan PKJI 2023

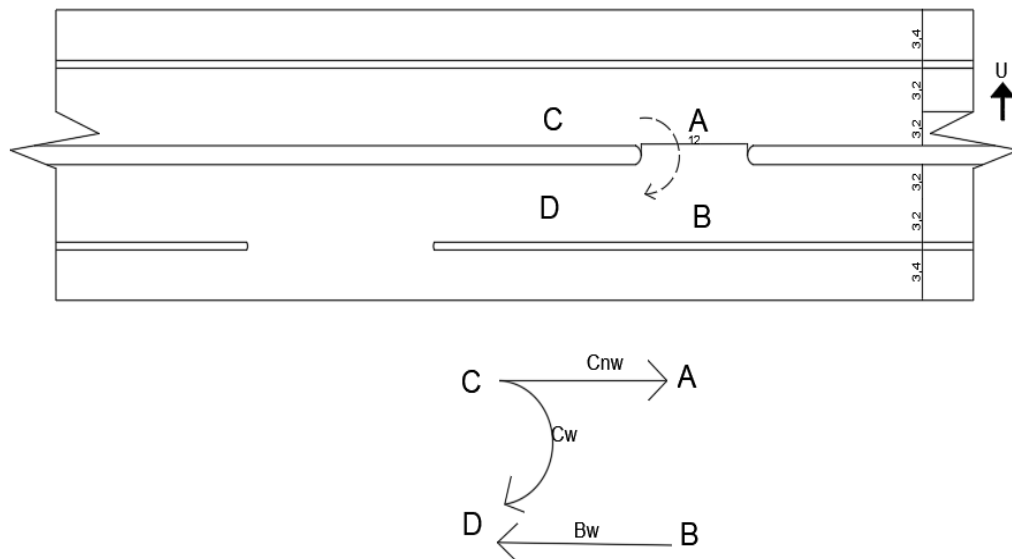
Analisis kinerja jalinan tunggal (*U-turn*) berdasarkan acuan PKJI 2023 menunjukkan bahwa kondisi operasional pada lokasi penelitian masih belum optimal. Nilai-nilai parameter utama, seperti volume kendaraan, kapasitas jalinan, serta derajat kejenuhan, mengindikasikan bahwa jalinan *U-turn* mengalami tekanan lalu lintas yang cukup tinggi pada jam puncak.

Proses analisis kinerja jalinan dilakukan dengan memanfaatkan *Microsoft Excel* yang disusun sesuai tahapan perhitungan pada PKJI 2023. Seluruh variabel input dimasukkan berdasarkan data volume kendaraan hasil survei lapangan yang dilaksanakan pada jam puncak sore hari tanggal 28 Juni 2025, yaitu pada periode waktu 16.25–17.25 WIB. Data tersebut mencakup pergerakan kendaraan pada setiap pendekat serta jumlah kendaraan yang melakukan manuver putar balik. Melalui pengolahan data ini diperoleh nilai-nilai parameter jalinan yang selanjutnya

dijadikan dasar untuk mengevaluasi tingkat kinerja *U-turn* pada kondisi aktual di lapangan.

5.4.1 Konversi Volume Jalinan Tunggal (*U-turn*)

Proses konversi volume jalinan tunggal sama seperti di konversi simpang dimana dilakukan dengan mengubah satuan kendaraan per jam (kend/jam) pada periode jam puncak menjadi satuan setara mobil penumpang per jam (SMP/jam). Konversi ini menggunakan nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) terlindung sebagaimana tercantum pada Tabel 5.11. Gambar 5.14 menyajikan denah arus jalinan tunggal (*U-turn*) yang menjadi acuan dalam proses perhitungan.



Gambar 5.14 Denah Arus Jalinan Tunggal (*U-turn*)

Setelah volume kendaraan pada jalinan tunggal dikonversi ke dalam satuan SMP/jam, langkah berikutnya adalah menentukan nilai rasio menjalin. Perhitungan ini dilakukan dengan membandingkan total arus menjalin, yaitu penjumlahan antara arus *weaving* (C_w), terhadap total arus yang tidak menjalin, yaitu arus *non-weaving* (C_{nw}) dan arus *non-diverging* (B_{nw}). Rasio ini menggambarkan proporsi kendaraan yang terlibat dalam proses menjalin dibandingkan dengan arus yang tidak terlibat, sehingga menjadi dasar dalam evaluasi kinerja jalinan tunggal sesuai PKJI 2023. Pada jalinan yang diamati, tidak ditemukan kendaraan sedang (KS) yang melakukan manuver *U-turn*, sehingga seluruh perhitungan mengacu pada

mobil (MP) dan sepeda motor (SM) yang teramati di lapangan. Seluruh komponen arus yang digunakan, meliputi Cw, Cnw, dan Bw, beserta hasil perhitungan rasio menjalin (Pw), dirangkum dalam Tabel 5.21 sebagai acuan pada tahapan analisis selanjutnya.

Tabel 5.21 Rekapitulasi Volume Arus Jalinan Tunggal

Arus	SM EMP (0,15)		MP EMP (1)		KS EMP (1,3)		Total	
	Kend/jam	Smp/jam	Kend/jam	Smp/jam	Kend/jam	Smp/jam	Kend/jam	Smp/jam
CW	113	17	0	0	134	134	247	151
BW	29	4	73	95	897	897	999	996
menjalin	142	21	0	0	1729	1729	1871	1750
CWN	16	2	69	90	1252	1252	1337	1344
tidak menjalin	16	2	69	90	1252	1252	1337	1344
Total	158	24	69	90	2981	2981	3208	3094

1. Rasio Menjalin (Pw)

$$\begin{aligned}
 Pw &= \frac{\text{Menjalin Total}}{\text{Tidak Menjalin Total}} \\
 &= \frac{1750}{1344} \\
 &= 1,30
 \end{aligned}$$

5.4.2 Parameter geometrik bagian jalinan (*U-turn*)

Data yang di dapatkan dari pengukuran langsung di lapangan guna memperoleh data geometrik aktual pada lokasi *U-turn* yang diteliti. Hasil pengukuran tersebut kemudian direkapitulasi dan disajikan dalam tabel, sehingga dapat menjadi dasar dalam menghitung parameter kapasitas jalinan serta mengevaluasi kinerja bagian jalinan secara keseluruhan. Rincian parameter geometrik jalinan pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5.22 Parameter Geometrik Bagian Jalinan (*U-turn*)

lebar masuk		Lebar masuk rata2 (W_e)	Lebar jalinan (W_w)	W_e/W_w	Panjang jalinan (L_w)	W_w/L_w
pendekat 1	pendek at 2					
(m)	(m)	(m)	(m)	-	(m)	-
6,4	6	6,2	6,4	0,97	200	0,034

5.4.3 Perhitungan Kapasitas Jalinan Tunggal (*U-turn*)

Perhitungan kapasitas jalinan tunggal (*U-turn*) yang terdiri dari kapasitas dasar (C_0) dan Kapasitas (C). Sesuai dengan Persamaan 3.24 dan 3.25 sesuai PKJI 2023, dengan memasukkan parameter geometrik dan data arus lalu lintas hasil survei. Perhitungan nilai C_0 dan C pada jalinan tunggal disajikan pada uraian berikut.

1. Kapasitas Dasar (C_0)

$$\begin{aligned}
 C_0 &= 135 \times W_w^{\{1.3\}} \times \left(1 + \frac{W_E}{W_w}\right)^{\{1.5\}} \times \left(1 - \frac{P_w}{3}\right)^{\{0.5\}} \times \left(1 + \frac{W_w}{L_w}\right)^{\{-1.8\}} \\
 &= 135 \times 6,4^{\{1.3\}} \times \left(1 + \frac{6,2}{6,4}\right)^{\{1.5\}} \times \left(1 - \frac{1,30}{3}\right)^{\{0.5\}} \times \left(1 + \frac{6,4}{200}\right)^{\{-1.8\}} \\
 &= 2961 \text{ SMP/jam}
 \end{aligned}$$

2. Kapasitas (C)

$$\begin{aligned}
 C &= C_0 \times F_{UK} \times F_{RSU} \\
 &= 2961 \times 1 \times 0,95 \\
 &= 2813 \text{ SMP/jam}
 \end{aligned}$$

5.4.3 Perhitungan Tundaan Jalinan Tunggal (*U-turn*)

Setelah memperoleh nilai kapasitas jalinan tunggal, baik kapasitas dasar (C_0) maupun kapasitas (C), yang dihitung berdasarkan Persamaan 3.24 dan 3.25 sesuai PKJI 2023 dengan memasukkan parameter geometrik serta data arus hasil survei lapangan, tahap berikutnya adalah menentukan nilai derajat kejenuhan (D_j) dan tundaan pada jalinan tersebut. Nilai D_j dihitung berdasarkan Persamaan 3.26 sedangkan tundaan ditentukan menggunakan Persamaan 3.27 dan 3.28 sesuai ketentuan PKJI 2023. Hasil perhitungan D_j serta tundaan pada jalinan tunggal *U-*

turn tersebut disajikan pada uraian berikut sebagai dasar penilaian kinerja keseluruhan.

1. Derajat kejenuhan (D_j)

$$\begin{aligned} D_j &= \frac{q}{c} \\ &= \frac{3094}{2813} \\ &= 1,100 \end{aligned}$$

2. Tundaan (T)

Karena $D_j > 0,6$ maka menggunakan Persamaan 3.28

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{(0,59186 - 0,52525 \times 1,100)} - (1 - 1,100) \times 2 \\ &= 71,298 \text{ det/SMP} \end{aligned}$$

5.4 Pemodelan Simpang Menggunakan Perangkat Lunak PTV Vissim

Setelah data primer dikumpulkan dan dianalisis menggunakan PKJI 2023 pada Simpang 4 APILL UPN, tahap lanjutan dilakukan melalui proses pemodelan di PTV Vissim. Penggunaan perangkat lunak ini dimaksudkan untuk merekonstruksi kondisi lapangan secara menyeluruh, baik secara visual maupun numerik. Dari hasil simulasi, diperoleh berbagai parameter lalu lintas, seperti volume kendaraan yang melintas, panjang antrean yang terbentuk, kecepatan rata-rata, serta besarnya tundaan pada simpang. Untuk memastikan kesesuaian hasil simulasi dengan kondisi nyata, dilakukan evaluasi menggunakan metode GEH dan MAPE. Jika nilai yang diperoleh belum memenuhi standar akurasi yang ditetapkan, model perlu dikalibrasi agar dapat merepresentasikan keadaan aktual dengan lebih tepat.

5.4.1 Hasil Simulasi Pemodelan Sebelum Kalibrasi

Pada bagian ini ditampilkan contoh hasil perhitungan menggunakan perangkat lunak PTV Vissim dalam kondisi default di pendekatan Utara, yaitu sebelum tahap kalibrasi dilakukan dengan menggunakan acuan Persamaan 3.29 dan Persamaan 3.30.

1. Perhitungan Volume Kendaraan

$$\begin{aligned}
 \text{GEH} &= \sqrt{\frac{(Q_{\text{simulasi}} - Q_{\text{eksisting}})^2}{0.5 \times (Q_{\text{eksisting}} + Q_{\text{simulasi}})}} \\
 &= \sqrt{\frac{(739 - 1223)^2}{0.5 \times (1223 + 739)}} \\
 &= 15,453
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Panjang Antrean

$$\begin{aligned}
 \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{200 - 380}{200} \right| \times 100\% \\
 &= 90\%
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Kecepatan

$$\begin{aligned}
 \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{38,53 - 31}{38,53} \right| \times 100\% \\
 &= 20\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan analisis, Tabel 5.23 menyajikan rincian hasil pemodelan volume lalu lintas serta uji validasi menggunakan metode GEH pada kondisi awal.

Tabel 5. 23 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)		
Utara	1223	739	15,453	Hasil Ditolak
Timur	3065	1181	40,889	Hasil Ditolak
Selatan	2662	1188	33,596	Hasil Ditolak
Barat	3668	1093	52,777	Hasil Ditolak

Hasil dari Simulasi awal volume kendaraan pada PTV Vissim mendapatkan nilai GEH yang berada di atas 5. Hasil ini menunjukkan bahwa model tersebut tidak memenuhi batas validasi GEH, karena kriteria aman diterapkan mensyaratkan nilai kurang dari 5 ($GEH < 5$).

Tabel 5.24 dan 5.25 menampilkan hasil pemodelan terkait panjang antrean dan kecepatan kendaraan, beserta proses validasinya dengan metode MAPE (*mean absolute percentage error*) pada kondisi awal.

Tabel 5. 24 Hasil Pemodelan Panjang Antrean Menggunakan Perangkat Lunak PTV Vissim Sebelum Kalibrasi

Pendekat	Panjang Antrean (PA) Eksisting	Panjang Antrean (PA) Pemodelan PTV Vissim	Nilai MAPE	Keterangan
	(m)	(m)		
Utara	200	380	90	tidak akurat
Timur	295	632	114	tidak akurat
Selatan	360	498	44	Cukup akurat
Barat	465	821	77	tidak akurat

Tabel 5. 25 Hasil Pemodelan Kecepatan Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM Sebelum Kalibrasi

Pendekat	Rata-rata Kecepatan Kendaraan Survei	Rata-rata Kecepatan Kendaraan Vissim	Nilai MAPE	Keterangan
	(m)	(m)		
Utara	38,53	31	20	Cukup Akurat
Timur	49,07	58	18	Cukup Akurat
Selatan	46,33	55	19	Cukup akurat
Barat	49,47	52	5	Sangat akurat

Berdasarkan informasi pada Tabel 5.24 dan Tabel 5.25, pemodelan panjang antrean dan kecepatan kendaraan dengan PTV Vissim pada kondisi awal menghasilkan nilai MAPE yang melampaui batas toleransi untuk panjang antrean, yaitu lebih dari 50%. Kondisi ini menunjukkan bahwa akurasi model masih belum memenuhi persyaratan, karena nilai MAPE yang dapat diterima harus berada di bawah 50%. Oleh sebab itu, diperlukan penyesuaian terhadap model agar hasil simulasi dapat mencerminkan keadaan lapangan dengan lebih tepat.

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 5.26.

Tabel 5. 26 Perubahan Komponen Perilaku Berkendara (*driving behaviour*) Setelah Kalibrasi

Parameter yang diubah	Komponen yang diubah	Default	Kalibrasi
		Nilai	
Car Following	<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
Car Following	<i>Look ahead distance (m)</i>	<i>Minimum</i>	0
		<i>maximum</i>	250
		<i>Observed Vehicles</i>	3
	<i>Look back distance (m)</i>	<i>Minimum</i>	0
		<i>maximum</i>	150
Lane change	<i>Waiting time before diffusion (s)</i>	60	130
	<i>Min. Headway (front/rear) (m)</i>	0,5	0,1

Lanjutan Tabel 5. 26 Perubahan Komponen Perilaku Berkendara (*driving behaviour*) Setelah Kalibrasi

Parameter yang diubah	Komponen yang diubah	Default	Kalibrasi
		Nilai	
<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>

Mengacu pada Tabel 5.26 yang menampilkan penyesuaian parameter perilaku berkendara (*driving behaviour*), dampak proses kalibrasi dapat diamati melalui perbandingan visual pada Gambar 5.15 dan Gambar 5.16, di mana kedua gambar tersebut menggambarkan kondisi model sebelum dan sesudah kalibrasi.



Gambar 5.15 Pemodelan Kondisi Awal (*default*) Sebelum Kalibrasi



Gambar 5.16 Pemodelan Kondisi Setelah Proses Kalibrasi

ditampilkan contoh perhitungan hasil uji validasi dengan metode GEH dan MAPE terhadap hasil pemodelan setelah proses kalibrasi selesai dilakukan.

1. Perhitungan Volume Kendaraan

$$\begin{aligned} \text{GEH} &= \sqrt{\frac{(Q_{\text{simulasi}} - Q_{\text{eksisting}})^2}{0.5 \times (Q_{\text{eksisting}} + Q_{\text{simulasi}})}} \\ &= \sqrt{\frac{(1110 - 1223)^2}{0.5 \times (1223 + 1110)}} \\ &= 3,309 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Panjang Antrean

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{200 - 280}{200} \right| \times 100\% \\ &= 40\% \end{aligned}$$

3. Perhitungan Kecepatan

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{38,53 - 37}{38,53} \right| \times 100\% \\ &= 4\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, Tabel 5.27 menampilkan detail pemodelan volume lalu lintas beserta hasil uji validasi menggunakan metode GEH setelah tahap kalibrasi dilakukan.

Tabel 5. 27 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)		
Utara	1223	1110	3,309	Hasil Terpenuhi dan Layak Diterima
Timur	3065	3031	0,616	Hasil Terpenuhi dan Layak Diterima
Selatan	2662	2506	3,069	Hasil Terpenuhi dan Layak Diterima
Barat	3668	3667	0,017	Hasil Terpenuhi dan Layak Diterima

Berdasarkan Tabel 5.27, hasil pemodelan volume kendaraan dengan PTV Vissim setelah proses kalibrasi memberikan nilai GEH di bawah 5. Hasil ini menunjukkan bahwa model sudah memenuhi standar validasi GEH, karena untuk batas maksimum yang diterima adalah nilai kurang dari 5 ($GEH < 5$).

Selanjutnya, Tabel 5.28 dan Tabel 5.29 menyajikan hasil pemodelan lalu lintas yang mencakup nilai panjang antrean kendaraan dan kecepatan kendaraan pada setiap pendekat simpang. Selain itu, tabel tersebut juga memuat hasil uji validasi model menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang dilakukan setelah tahap kalibrasi model selesai. Proses validasi ini bertujuan untuk menilai tingkat kesesuaian antara hasil pemodelan dengan kondisi aktual di lapangan, sehingga dapat memastikan bahwa model yang digunakan telah merepresentasikan kondisi lalu lintas secara akurat dan dapat digunakan sebagai dasar analisis lebih lanjut.

Tabel 5. 28 Hasil Pemodelan Panjang Antrean Menggunakan Perangkat Lunak PTV Vissim Setelah Kalibrasi

Pendekat	Panjang Antrean (PA) Eksisting	Panjang Antrean (PA) Pemodelan PTV Vissim	Nilai MAPE	Keterangan
	(m)	(m)		
Utara	200	280	40%	Cukup akurat
Timur	295	401	36%	Cukup akurat
Selatan	360	277	23%	Cukup akurat
Barat	465	512	10%	Cukup akurat

Tabel 5. 29 Hasil Pemodelan Kecepatan Menggunakan Perangkat Lunak PTV Vissim Setelah Kalibrasi

Pendekat	Rata-rata Kecepatan Kendaraan Hasil Survei	Rata-rata Kecepatan Kendaraan Pemodelan Vissim	Nilai MAPE	Keterangan
	(m)	(m)		
Utara	38,53	37	4%	Sangat akurat
Timur	49,07	47	4%	Sangat akurat
Selatan	46,33	46	1%	Sangat akurat
Barat	49,47	50	1%	Sangat akurat

Berdasarkan Tabel 5.28 dan Tabel 5.29, pemodelan panjang antrean dan kecepatan kendaraan setelah kalibrasi menghasilkan nilai MAPE yang berada di bawah batas ketentuan, yaitu kurang dari atau sama dengan 50%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model telah memenuhi syarat validasi MAPE, sehingga

prediksi yang dihasilkan dianggap cukup akurat dalam menggambarkan kondisi sebenarnya di lapangan.

5.4.3 Perbandingan Analisis Eksisting Metode PKJI dengan PTV Vissim

Analisis kondisi eksisting melalui metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 serta melalui simulasi pada perangkat lunak PTV Vissim menunjukkan adanya variasi pada beberapa parameter lalu lintas yang ditinjau. Perbedaan ini menggambarkan ketidaksamaan pendekatan antara metode perhitungan analitis dan model simulasi mikroskopik. Ringkasan hasil perbandingan kedua metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.30.

Tabel 5. 30 Perbandingan Hasil Analisis Metode PKJI 2023 dan PTV Vissim

Parameter	Satuan	PKJI 2023				PTV VISSIM			
		U	T	S	B	U	T	S	B
Derajat Kejenuhan	-	1,509	0,874	1,833	1,009	1,527	0,830	1,827	0,948
Rata-rata DJ Simpang	-	1,306				1,283			
Panjang Antrean	m	200	295	360	460	280	401	277	512
Tundaan	det/SMP	525,3	103,4	921,4	114,7	605,9	311,5	416,0	415,9
Tundaan Simpang	det/kend	293,661				257,836			
Tingkat Pelayanan Simpang	-	F				F			

Berdasarkan Tabel 5.30, terlihat bahwa terdapat beberapa perbedaan pada parameter yang dianalisis, terutama pada panjang antrean dan tundaan simpang. Hasil simulasi menggunakan Vissim menunjukkan nilai panjang antrean yang lebih besar dibandingkan hasil perhitungan analitis berdasarkan PKJI 2023. Sebaliknya,

nilai tundaan simpang yang dihitung melalui PKJI 2023 lebih tinggi daripada hasil yang diperoleh dari pemodelan Vissim. Perbedaan tersebut dapat terjadi karena PKJI 2023 menggunakan pendekatan matematis berbasis standar nasional, sedangkan Vissim menerapkan simulasi mikroskopik yang mempertimbangkan perilaku dinamis kendaraan dan kondisi aktual di lapangan.

5.5 Solusi Alternatif

Peningkatan kinerja lalu lintas pada Simpang 4 APILL UPN dilakukan melalui beberapa alternatif solusi yang dianalisis menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 serta disimulasikan secara mikroskopik dengan perangkat lunak Vissim. Dalam penelitian ini dikembangkan tiga skenario perbaikan. Alternatif pertama dilakukan dengan menyesuaikan waktu hijau pada tiap pendekat. Alternatif kedua pemindahan *U-turn* ke lampu APILL dengan pergeseran poros lajur yang ditambahkan pada pendekat Barat serta mengorbankan ruas jalan masuk dari arah Timur sesuai dengan Pedoman Perencanaan Teknis Geometrik Simpang (2024). Sementara itu, alternatif ketiga adalah kombinasi antara alternatif 1 dan 2.

5.5.1 Alternatif solusi 1

Alternatif pertama yang diterapkan untuk meningkatkan kinerja simpang adalah melakukan penyesuaian waktu siklus dengan mengoptimalkan durasi fase hijau pada sistem sinyal lalu lintas. Proses ini diawali dengan mempertahankan waktu siklus eksisting dan mengoptimalkan fase hijau melalui serangkaian uji coba berulang hingga diperoleh waktu hijau yang paling optimal, dengan memerhatikan perubahan nilai tundaan hasil pemodelan Vissim. Pengaturan urutan fase, waktu merah semua (W_{MS}), waktu kuning (W_K), dan waktu hilang hijau total (W_{HH}) tetap mengikuti kondisi eksisting. Ringkasan hasil uji coba penyesuaian waktu siklus (s) dan komposisi waktu isyarat hijau (W_{Hi}) ditampilkan pada Tabel 5.31 dan Gambar 5.17.

Tabel 5. 31 Penentuan Waktu Siklus (s) dan Waktu Hijau (W_{Hi}) pada Alternatif Solusi 1

Pengujian Ke-	Pendekat	Waktu Isyarat (det)			Waktu Siklus (det)	Urutan Fase	Tundaan (det/Kend)
		W_{Hi}	W_K	W_{MS}			
1	Utara	22	3	3	150	1	227,641
	Timur	32	3	3	150	2	
	Selatan	25	3	3	150	3	
	Barat	47	3	3	150	4	
2	Utara	23	3	3	150	1	221,347
	Timur	31	3	3	150	2	
	Selatan	24	3	3	150	3	
	Barat	49	3	3	150	4	
3	Utara	24	3	3	150	1	223,482
	Timur	30	3	3	150	2	
	Selatan	23	3	3	150	3	
	Barat	49	3	3	150	4	



Gambar 5.17 Diagram Waktu Siklus 150 detik untuk Alternatif 1

Dari Tabel 5.31, pengujian ke-2 menghasilkan waktu siklus yang paling optimal, karena memberikan nilai tundaan paling rendah dibandingkan uji coba lainnya. Oleh karena itu, alternatif solusi kedua menetapkan waktu siklus sebesar 150 dengan W_{HH} Utara 23 detik, W_{HH} Timur 31 detik, W_{HH} Selatan 24 detik, dan W_{HH} Barat 49 detik. Penyesuaian durasi siklus ini berdampak pada perubahan kapasitas serta nilai derajat kejenuhan. Rincian perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk skenario alternatif 1 ditampilkan pada bagian berikut.

1. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} \text{a. } C &= J \times \frac{WH}{S} \\ &= 1800 \times \frac{23}{150} \\ &= 275 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } D_j &= \frac{q}{c} \\ &= \frac{403}{275} \\ &= 1,460 \end{aligned}$$

2. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} \text{a. } C &= J \times \frac{WH}{S} \\ &= 4740 \times \frac{30}{150} \\ &= 1106 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } D_j &= \frac{q}{c} \\ &= \frac{918}{1106} \\ &= 0,968 \end{aligned}$$

3. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} \text{a. } C &= J \times \frac{WH}{S} \\ &= 1560 \times \frac{24}{150} \\ &= 250 \text{ SMP/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } D_j &= \frac{q}{c} \\ &= \frac{532}{250} \\ &= 2,131 \end{aligned}$$

4. Pendekat Barat

$$\text{a. } C = J \times \frac{WH}{S}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6540 \times \frac{49}{150} \\
 &= 2280 \text{ SMP/jam} \\
 \text{b. } D_j &= \frac{q}{c} \\
 &= \frac{1694}{2280} \\
 &= 0,793
 \end{aligned}$$

Sebagai bagian dari evaluasi kinerja lalu lintas, Tabel 5.32 menampilkan ringkasan hasil analisis kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (DJ) untuk Simpang 4 APILL UPN.

Tabel 5. 32 Rekapitulasi Analisis Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (DJ) Alternatif Solusi 1 Simpang 4 APILL UPN

Pendekat	Ruas Jalan	Kapasitas (SMP/Jam)	Derajat Kejenuhan	Keterangan
Utara	Jl. Prawiro kuat	276	1,460	Terjadi Kemacetan
Timur	Jl. Padjajaran	948	0,968	Terjadi Kemacetan
Selatan	Jl. Seturan Raya	250	2,131	Terjadi Kemacetan
Barat	Jl. Padjajaran	2136	0,793	Lumayan macet

Setelah dilakukan penyesuaian terhadap waktu siklus (s) dan waktu hijau (W_{Hi}) pada sistem pengendalian sinyal lalu lintas, tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi kinerja lalu lintas menggunakan Vissim. Simulasi ini dilaksanakan dengan menerapkan skenario alternatif solusi 1, yaitu penyesuaian pengaturan waktu siklus dan pembagian waktu hijau pada setiap fase sinyal lalu lintas. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh perubahan pengaturan sinyal terhadap kinerja simpang, khususnya dalam hal tundaan, antrean, dan derajat kejenuhan. Ringkasan hasil analisis serta pemodelan lalu lintas yang diperoleh dari simulasi tersebut disajikan dan dibahas secara rinci pada bagian berikut.

Tabel 5. 33 Rekapitulasi Hasil Pemodelan PTV Vissim Alternatif Solusi 1

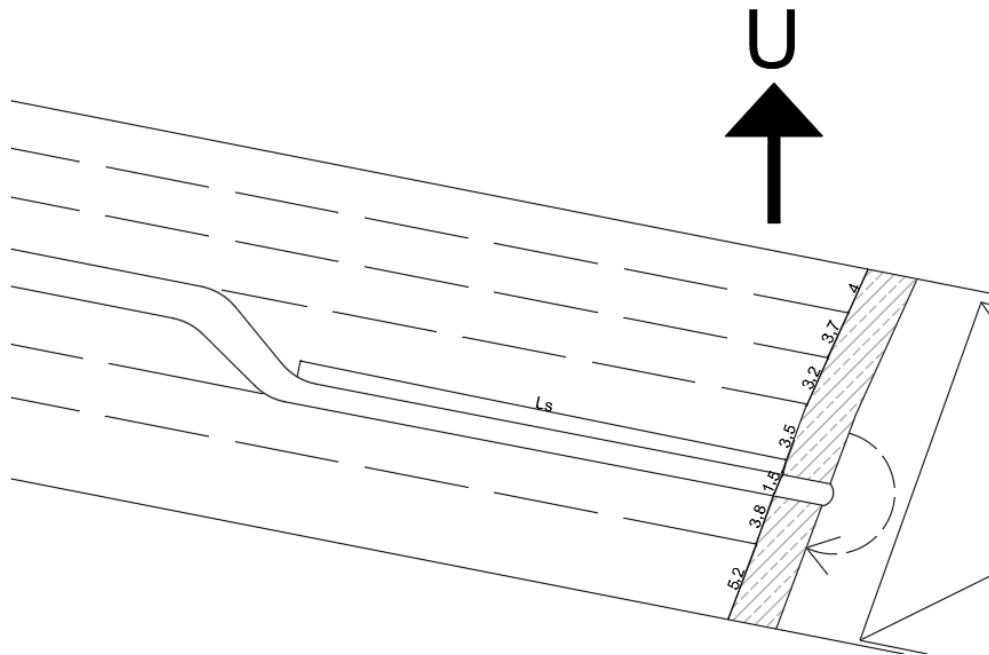
No	Parameter	Satuan	Kode Pendekat			
			U	T	S	B
1	Derajat Kejenuhan	-	1,460	0,968	2,131	0,793
2	Rata-rata Derajat kejenuhan simpang	-	1,338			
3	Panjang Antrean	m	280	455	282	480
4	Tundaan	det/Kend	474,178	373,521	389,015	136,027
5	Tundaan Simpang	det/Kend	221,347			
6	Tingkat Pelayanan Simpang	-	F			

Berdasarkan data pada Tabel 5.33, tundaan rata-rata pada simpang tercatat sebesar 221,347 detik per kendaraan dengan tingkat pelayanan berada pada kategori F. Penyesuaian waktu isyarat hijau (W_{Hi}) memberikan dampak pada penurunan panjang antrean di pendekat Barat, meskipun rata-rata derajat kejenuhan justru mengalami peningkatan hingga mencapai nilai 1,338. Walaupun telah diterapkan alternatif berupa penyesuaian waktu siklus (s) dan W_{Hi} , hasil evaluasi menunjukkan bahwa kinerja simpang masih berada pada tingkat pelayanan F, karena nilai $DJ > 0,85$ pada sebagian besar pendekat, kecuali pada pendekat Barat yang memiliki DJ sebesar 0,793 dan pada pendekat lain menunjukkan kondisi masih belum optimal.

5.5.2 Alternatif solusi 2

Alternatif kedua difokuskan pada rekayasa geometrik simpang melalui pemindahan lokasi *U-turn* menuju lampu APILL dengan melakukan pergeseran poros lajur pada pendekat Barat. Langkah ini bertujuan untuk mengurangi konflik lalu lintas yang terjadi akibat manuver putar balik pada lengan Barat, serta menciptakan alur pergerakan kendaraan yang lebih teratur pada area simpang. Penyesuaian ini dilakukan dengan mengacu pada Pedoman Perencanaan Teknis Geometrik Simpang (2024) dan memerlukan pengorbanan akses masuk dari arah

Timur agar kapasitas pendekat Barat dapat ditingkatkan. Skema pemindahan *U-turn* disajikan pada Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Skema Pemindahan *U-turn* untuk Alternatif 2

Tahapan berikutnya adalah menghitung kebutuhan ruang simpan kendaraan belok kanan pada pendekat Barat. Perhitungan panjang ruang simpan (L_s) dilakukan berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam Pedoman Perencanaan Teknis Geometrik Simpang (2024), guna memastikan kapasitas manuver belok kanan mampu menampung jumlah kendaraan yang berputar tanpa mengganggu arus lalu lintas utama. Nilai L_s diperoleh melalui penerapan Persamaan pada pedoman tersebut dan disajikan pada uraian perhitungan berikut.

$$L_s = 1,5 \times N \times S \quad (5.1)$$

Dengan :

N = Rata-rata jumlah kendaraan yang berbelok kanan pada suatu siklus dari fase sinyal (kendaraan), dan

S = Rata-rata jarak antar kendaraan (m). 6 m untuk mobil penumpang; 12 m kendaraan angkutan besar yang lain; 7 m

Dari data yang saya dapatkan yaitu dengan menggunakan kendaraan mobil penumpang (MP) yang dimana untuk rata rata kendaraan belok kanan pada suatu fase didapat 7 kendaraan pada rata rata fasenya, berikut adalah perhitungan L_s .

$$\begin{aligned} L_s &= 1,5 \times N \times S \\ &= 1,5 \times 7 \times 6 \\ &= 63 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena ada perubahan dimensi menyebabkan perubahan kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (D_j) pada pendekat Barat setelah dilakukan penambahan lebar efektif menjadi 13,5 m. Perubahan dimensi ini berpengaruh juga terhadap nilai arus jenuh (J_0), sehingga diperlukan perhitungan ulang untuk memperoleh kapasitas aktual pendekat. Hasil perhitungan kapasitas dan D_j dengan mempertimbangkan lebar efektif terbaru disajikan pada bagian berikut.

1. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} \text{a. } J_0 &= 600 \times L_e \\ &= 600 \times 13,5 \\ &= 8340 \text{ SMP/jam} \\ \text{b. } C &= J \times \frac{WH}{S} \\ &= 8340 \times \frac{41}{150} \\ &= 2280 \text{ SMP/jam} \\ \text{c. } D_j &= \frac{q}{c} \\ &= \frac{1694}{2280} \\ &= 0,743 \end{aligned}$$

Setelah seluruh perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan berdasarkan penambahan lebar efektif rampung dilakukan, tahap berikutnya adalah melakukan simulasi kinerja lalu lintas pada skenario Alternatif 2 dengan menggunakan Vissim. Pemodelan ini menerapkan pengaturan geometrik berupa pemindahan *U-turn* ke lampu APILL. Rekapitulasi hasil kinerjanya ditampilkan dalam Tabel 5.34,

sedangkan visualisasi kondisi simpang sesudah penerapan Alternatif 2 disajikan pada Gambar 5.19.

Tabel 5. 34 Rekapitulasi Hasil Pemodelan PTV Vissim Alternatif Solusi 2

No	Parameter	Satuan	Kode Pendekat			
			U	T	S	B
1	Derajat Kejenuhan	-	1,527	0,830	1,827	0,743
2	Rata-rata Derajat kejenuhan simpang	-	1,232			
3	Panjang Antrean	m	280	455	278	512
4	Tundaan	det/Kend	522,387	316,548	316,096	347,505
5	Tundaan Simpang	det/Kend	233,910			
6	Tingkat Pelayanan Simpang	-	F			



Gambar 5.19 Simulasi Rekayasa Geometri Alternatif 2

Dalam pada Tabel 5.33, rata-rata tundaan simpang tercatat mencapai 233,910 detik per kendaraan, yang masih menempatkan kinerja pada tingkat

pelayanan F. Penambahan lebar efektif dan pemindahan *U-turn* memberikan pengaruh positif terhadap pengurangan antrean pada pendekat Barat, dengan rata-rata derajat kejenuhan justru menurun hingga nilai 1,232. Meskipun alternatif tersebut telah diterapkan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa kondisi simpang secara keseluruhan masih berada pada kategori pelayanan F, karena sebagian pendekat memiliki nilai DJ di atas 0,85. Hanya pendekat Barat yang menunjukkan kinerja lebih baik dengan DJ sebesar 0,743, sedangkan pendekat lainnya masih belum menunjukkan kondisi yang optimal.

5.5.3 Alternatif solusi 3

Alternatif ketiga dilakukan dengan mengombinasikan dua pendekatan sebelumnya, yaitu penyesuaian waktu siklus pada sistem sinyal lalu lintas sebagaimana diterapkan pada Alternatif 1, dan rekayasa geometrik melalui pemindahan *U-turn* serta pergeseran poros lajur pada pendekat Barat sebagaimana dilakukan pada Alternatif 2. Kombinasi kedua strategi ini diharapkan mampu menyelaraskan efisiensi pengaturan sinyal dengan pengurangan konflik arus lalu lintas, sehingga kinerja simpang dapat meningkat secara lebih baik.

Perbedaan dalam alternatif 3 dengan alternatif 2 ada pada pendekat Barat yang dimana perubahan geometri menyebabkan nilai kapasitas (C) dan derajat jenuh (D_j) berubah berikut perhitungannya.

1. Pendekat Barat

$$\begin{aligned}
 \text{a. } C &= J \times \frac{WH}{S} \\
 &= 8340 \times \frac{49}{150} \\
 &= 2724 \text{ SMP/jam} \\
 \text{b. } D_j &= \frac{q}{c} \\
 &= \frac{1694}{2724} \\
 &= 0,622
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan rekapitulasi hasil kinerjanya ditampilkan dalam Tabel 5.35.

Tabel 5. 35 Rekapitulasi Hasil Pemodelan PTV Vissim Alternatif Solusi 3

No	Parameter	Satuan	Kode Pendekat			
			U	T	S	B
1	Derajat Kejenuhan	-	1,460	0,968	2,131	0,622
2	Rata-rata Derajat kejenuhan simpang	-	1,295			
3	Panjang Antrean	m	280	455	277	493
4	Tundaan	det/Kend	475,63	371,22	375,05	121,214
5	Tundaan Simpang	det/Kend	220,683			
6	Tingkat Pelayanan Simpang	-	F			

Mengacu pada Tabel 5.35, tundaan rata-rata pada simpang tercatat sebesar 220,683 detik per kendaraan dengan tingkat pelayanan masih berada pada kategori F. Penerapan kombinasi antara alternatif 1 dan 2 memengaruhi perubahan panjang antrean, waktu tundaan, serta derajat kejenuhan. Meskipun hasil evaluasi menunjukkan tingkat pelayanan masih berada pada kategori F. Nilai derajat kejenuhan memang meningkat menjadi 1,295, namun adanya pemindahan *U-turn* ke lampu APILL dan penyesuaian waktu hijau menyebabkan penurunan tundaan pada masing-masing pendekat secara signifikan, yang memperlihatkan bahwa kinerja simpang berada pada kondisi yang lebih baik dibandingkan sebelumnya.

5.6 Estimasi Dampak Tundaan Terhadap Biaya Bahan Bakar Kendaraan

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana tundaan pada Simpang 4 APILL UPN mempengaruhi efisiensi konsumsi bahan bakar kendaraan, dengan menerapkan metode LAPI-ITB dan Lamsal (ATISS-India) yang memiliki parameter perhitungan berbeda ketika kendaraan dalam kondisi diam atau antre akibat kemacetan. Perhitungan tersebut digunakan untuk mengestimasi kerugian ekonomi akibat pemborosan bahan bakar, yang kemudian menjadi dasar penyusunan langkah-langkah peningkatan kinerja simpang. Perbandingan hasil kedua metode dimaksudkan untuk memeriksa tingkat kesesuaian dan keandalan

data, sehingga diperoleh gambaran menyeluruh yang valid secara akademik. Melalui kajian ini, diharapkan dapat dihasilkan kontribusi yang relevan dalam perencanaan transportasi, khususnya dalam mengurangi dampak negatif tundaan terhadap biaya operasional kendaraan sekaligus mendukung kebijakan transportasi yang lebih efisien dan berkelanjutan.

5.5.1 Estimasi Biaya Bahan Bakar Kendaraan Berdasarkan LAPI-ITB

Durasi tundaan pada setiap pendekat di Simpang 4 APILL UPN diperoleh melalui perhitungan menggunakan PKJI 2023 serta pemodelan dengan VISSIM. Nilai tundaan tersebut menjadi dasar untuk menentukan jumlah konsumsi bahan bakar kendaraan ketika meninggalkan masing-masing pendekat. Estimasi kebutuhan bahan bakar dihitung dengan memanfaatkan Persamaan dari LAPI-ITB yang telah dikonversi ke satuan mobil penumpang. Pada tahap ini, besarnya konsumsi saat kendaraan dalam keadaan berhenti (*idle*) dihitung berdasarkan lama tundaan yang terjadi di setiap pendekat APILL, menggunakan rumus sebagai berikut.

$$F = 140 \times 10^{-2} \times \text{Tundaan}$$

Dengan :

F = Kosumsi bahan bakar saat kendaraan dalam kondisi diam (liter),
dan

Tundaan = Waktu tundaan total tiap pendekat (detik)

Berikut perhitungan LAPI-ITB.

1. Tundaan pada jam puncak berdasarkan PKJI 2023

a. Perhitungan konsumsi BBM pendekat Utara

$$\begin{aligned} F &= 140 \times 10^{-2} \times \text{Tundaan} \\ &= \frac{140 \times 10^{-2}}{3600} \times 650,915 \\ &= 0,253 \text{ Liter} \end{aligned}$$

b. Perhitungan kerugian BBM pendekat Utara

Pada Metode LAPI-ITB berlandaskan pada asumsi bahwa kebutuhan bahan bakar bersifat seragam untuk seluruh jenis kendaraan, tanpa mempertimbangkan perbedaan tipe maupun kapasitas mesin. Dalam perhitungan, semua kendaraan dianggap menggunakan bahan bakar

Pertalite. Berikut ditunjukkan contoh perhitungan kerugian konsumsi bahan bakar.

$$\begin{aligned} \text{biaya konsumsi BBM pendekat Barat} &= F (\text{liter/smp}) \times \text{Arus lalu lintas} \times \\ &\quad \text{Harga/liter} \\ &= 0,253 \times 403,15 \times \text{Rp } 10.000 \\ &= \text{Rp } 1.020.508 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan Konsumsi bahan bakar dengan metode LAPI ITB dapat dilihat pada Tabel 5.35 sebagai berikut

Tabel 5.35 Rekapitulasi Konsumsi Bahan Bakar Metode LAPI ITB (2003) Berdasarkan Tundaan (PKJI) Kondisi Eksisting

Pendekat	Tundaan (Detik/SMP)	Total Konsumsi bahan bakar (Liter/SMP)	Arus Lalu lintas	BBM (Liter / jam)	Total Biaya (Rp)	Total Biaya (Rp)
Utara	650,915	0,253	403	102,050	10.000	1.020.508
Timur	103,435	0,040	918	36,930	10.000	369.303
Selatan	921,017	0,358	532	190,494	10.000	1.904.943
Barat	114,745	0,045	1694	75,580	10.000	755.804
Total	-	0,696	3547	2469,156		4.050.560

Menurut pada Tabel 5.35, besarnya kerugian akibat tundaan pada Simpang 4 APILL UPN berdasarkan perhitungan menggunakan metode LAPI ITB mencapai Rp4.050.560 per jam.

1. Tundaan pada jam puncak berdasarkan pemodelan Vissim

Berikut Rekapitulasi hasil perhitungan Konsumsi bahan bakar dengan metode LAPI ITB dapat dilihat pada Tabel 5.36 sebagai berikut.

**Tabel 5.36 Rekapitulasi Konsumsi Bahan Bakar Metode LAPI ITB (2003)
Berdasarkan Tundaan Pemodelan Vissim Kondisi Eksisting**

Pendekat	Tundaan (Detik/SMP)	Total Konsumsi bahan bakar (Liter/SMP)	Arus Lalu lintas	BBM (Liter / jam)	Total Biaya (Rp)	Total Biaya (Rp)
Utara	605,941	0,204	403	82,348	10.000	823.476
Timur	311,578	0,121	918	111,246	10.000	1.112.456
Selatan	316,096	0,123	532	65,378	10.000	653.784
Barat	415,922	0,162	1694	273,960	10.000	2.739.598
Total	-	0,610	3547	532,931		5.329.313

Berdasarkan pada Tabel 5.36, besarnya kerugian akibat tundaan pada Simpang 4 APILL UPN berdasarkan perhitungan menggunakan metode LAPI ITB mencapai Rp5.329.313 per jam.

5.5.2 Estimasi Biaya Bahan Bakar Kendaraan Berdasarkan Lamsal (ATIS-India)

Dari hasil perhitungan tundaan menggunakan PKJI 2023 dan simulasi Vissim, diperoleh durasi tundaan pada setiap pendekat. Estimasi konsumsi bahan bakar selanjutnya dilakukan dengan metode Lamsal (ATIS-India) saat kendaraan berada pada kondisi berhenti (idle). Berdasarkan Tabel 3.9 kebutuhan bahan bakar dikategorikan menjadi tiga jenis, yaitu Sepeda Motor (SM), Mobil Penumpang (MP), dan Truk atau Bus (KS).

1. Tundaan pada simpang berdasarkan PKJI 2023

a. Perhitungan konsumsi BBM kendaraan pada jam puncak

Berikut ini adalah contoh perhitungan konsumsi bahan bakar per satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan pendekatan dari metode Lamsal (ATIS-India).

Tundaan Barat = 650,915 detik/smp

a). SM = 170 (ml/jam-smp)

$$= 170/3600 \text{ (ml/detik-smp)} \times 650,915 \text{ detik/smp}$$

$$= 0,0472 \text{ (ml/detik-smp)} \times 650,915 \text{ detik/smp}$$

$$= 0,031 \text{ (liter/smp)}$$

b). MP = 767 (ml/jam-smp)

$$= 767/3600 \text{ (ml/detik-smp)} \times 650,915 \text{ detik/smp}$$

$$= 0,2131 \text{ (ml/detik-smp)} \times 650,915 \text{ detik/smp}$$

$$= 0,139 \text{ (liter/smp)}$$

c). KS = 833 (ml/jam-smp)

$$= 833/3600 \text{ (ml/detik-smp)} \times 650,915 \text{ detik/smp}$$

$$= 0,2314 \text{ (ml/detik-smp)} \times 650,915 \text{ detik/smp}$$

$$= 0,151 \text{ (liter/smp)}$$

Ringkasan perhitungan konsumsi bahan bakar metode Lamsal (ATIS-India) disajikan pada Tabel 5.37 berikut.

Tabel 5.37 Rekapitulasi Konsumsi Bahan Bakar Simpang 4 APILL UPN Berdasarkan Metode ATIS-India (2013) Kondisi Eksisting

Pendekat	Tundaan (Detik/SMP)	Konsumsi BBM (Liter/SMP)			Jumlah Kendaraan (det/SMP)		
		SM	MP	KS	SM	MP	KS
Utara	650,915	0,031	0,139	0,151	967	249	7
Timur	103,435	0,005	0,022	0,024	2037	961	97
Selatan	921,017	0,043	0,196	0,213	1883	776	96
Barat	114,745	0,005	0,024	0,027	2347	1252	41
Total	1790,112	0,085	0,381	0,414	7234	3238	241

Berdasarkan pada Tabel 5.37, pendekat Selatan menunjukkan nilai tundaan paling tinggi, yaitu 921,017 detik/smp dengan konsumsi bahan bakar mencapai 0,043 liter/smp untuk sepeda motor, 0,196 liter/smp untuk mobil penumpang, dan 0,213 liter/smp untuk kendaraan sedang/berat.

b. Perhitungan kerugian BBM Kendaraan pada jam puncak

Metode Lamsal (ATIS-India) menggunakan asumsi bahwa kebutuhan bahan bakar dihitung berdasarkan kategori kendaraan yang berbeda. Seluruh kendaraan diasumsikan menggunakan bahan bakar pertalite maupun solar,

dengan harga satuan masing-masing yaitu Rp10.000 per liter untuk pertalite dan Rp6.800 per liter untuk solar.

Contoh perhitungan kerugian bahan bakar minyak pada pendekat Utara.

$$\begin{aligned} \text{Total biaya konsumsi BBM untuk SM} &= F (\text{liter/smp}) \times \text{Jumlah kendaraan} \\ &\quad (\text{smp/jam}) \times \text{Biaya per liter} \\ &= 0,031 \times 967 \times \text{Rp } 10.000 \\ &= \text{Rp}297.233 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya konsumsi BBM untuk MP} &= F (\text{liter/smp}) \times \text{Jumlah kendaraan} \\ &\quad (\text{smp/jam}) \times \text{Biaya per liter} \\ &= 0,139 \times 249 \times \text{Rp } 10.000 \\ &= \text{Rp}345.316 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya konsumsi BBM untuk KS} &= F (\text{liter/smp}) \times \text{Jumlah kendaraan} \\ &\quad (\text{smp/jam}) \times \text{Biaya per liter} \\ &= 0,151 \times 7 \times \text{Rp } 6.800 \\ &= \text{Rp}7.169 \end{aligned}$$

Ringkasan PKJI dan Vissim total kerugian akibat konsumsi bahan bakar pada Simpang 4 APILL UPN yang dihitung menggunakan metode Lamsal (ATIS-India) disajikan pada Tabel 5.38 dan Tabel 5.39 berikut.

Tabel 5.38 Jumlah Kerugian Konsumsi BBM dengan Metode Lamsal (ATIS-India tahun 2013) Berdasarkan Tundaan Hasil PKJI Kondisi Eksisting

Pendekat	Biaya Total Konsumsi BBM (Liter/Kend)			Total Biaya Pengeluaran (Rp/jam)
	SM Rp)	MP (Rp)	KS (Rp)	
Utara	297.233	345.316	7.169	649.719
Timur	99.496	211.780	15.787	327.063
Selatan	818.963	1.522.727	139.120	2.480.810
Barat	127.173	306.078	7.402	440.653
Total	1.342.865	2.385.901	169.478	3.898.244

Tabel 5.39 Jumlah Kerugian Konsumsi BBM dengan Metode Lamsal (ATIS-India tahun 2013) Berdasarkan Tundaan Hasil Pemodelan Vissim Kondisi Eksisting

Pendekat	Biaya Total Konsumsi BBM (Liter/Kend)			Total Biaya Pengeluaran (Rp/jam)
	SM (Rp)	MP(Rp)	KS(Rp)	
Utara	217.685	252.899	5.251	475.834
Timur	293.515	624.754	46.571	964.839
Selatan	255.668	475.372	43.431	774.471
Barat	464.388	1.117.683	27.031	1.609.102
Total	1.231.255	2.470.708	122.283	3.824.246

Berdasarkan hasil nilai tundaan yang diperoleh dari simulasi menggunakan perangkat lunak PTV Vissim pada penerapan alternatif solusi 1, alternatif 2, dan alternatif 3, estimasi kerugian yang dialami oleh pengguna kendaraan dapat ditentukan. Hasil rekapitulasi perhitungan kerugian tersebut disajikan secara rinci dalam Tabel 5.40.

Tabel 5.40 Total Kerugian BBM Solusi Alternatif

Solusi		Biaya Kosumsi Bahan Bakar (BBM) (Rp/jam)		Total (Rp/Jam)	
		LAPI- ITB	Lamsal	LAPI- ITB	Lamsal
Alternatif 1	U	743.419	429.575	3.777.618	3.065.610
	T	1.333.614	1.156.651		
	S	804.602	953.129		
	B	895.983	526.255		
Alternatif 2	U	819.001	473.249	4.891.931	3.572.360
	T	1.130.199	980.228		
	S	653.784	774.471		
	B	2.288.947	1.344.412		

Lanjutan Tabel 5.40 Total Kerugian BBM Solusi Alternatif

Solusi		Biaya Kosumsi Bahan Bakar (BBM) (Rp/jam)		Total (Rp/Jam)	
		LAPI- ITB	Lamsal	LAPI- ITB	Lamsal
Alternatif 3	U	745.705	430.896	3.645.240	2.968.289
	T	1.325.400	1.149.527		
	S	775.722	918.918		
	B	798.413	468.948		

5.7 Pembahasan

Hasil analisis menggunakan pedoman kapasitas jalan Indonesia (PKJI) 2023 serta simulasi melalui perangkat lunak Vissim menunjukkan adanya variasi temuan dalam penilaian kinerja simpang. Evaluasi menggunakan PKJI 2023 dilakukan melalui indikator derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan pada tiap pendekat. Sebaliknya, pemodelan dengan Vissim berfokus pada hasil simulasi yang menggambarkan perubahan panjang antrean dan waktu tundaan kendaraan secara dinamis berdasarkan perilaku mikroskopik lalu lintas yang lebih mendekati kondisi sebenarnya.

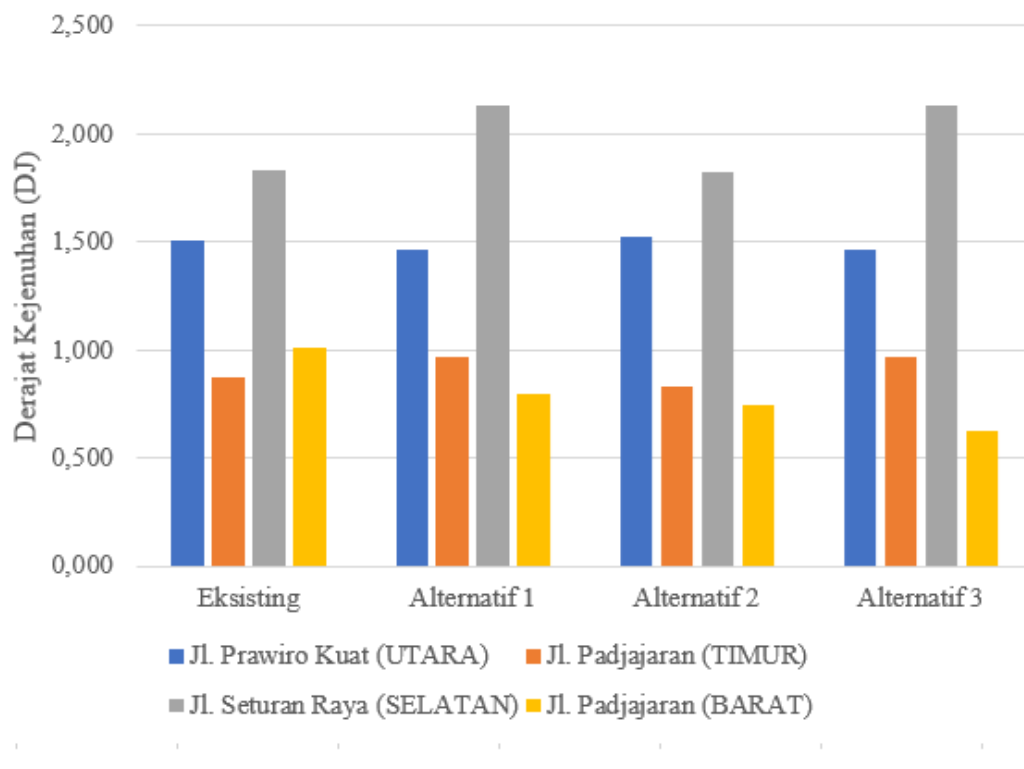
Selain penilaian kinerja lalu lintas, dilakukan pula analisis terhadap estimasi kerugian akibat konsumsi bahan bakar yang muncul dari tundaan di simpang. Estimasi tersebut menggunakan dua pendekatan, yaitu metode LAPI ITB (2003) dan Lamsal (ATIS-India 2013). Metode LAPI ITB menggunakan satu nilai konversi yang dianggap sama untuk semua jenis kendaraan, sedangkan metode Lamsal membedakan konsumsi berdasarkan tiga kategori kendaraan, sehingga menghasilkan estimasi yang lebih detail sesuai keragaman kendaraan yang melintasi Simpang 4 APILL UPN.

Kajian dilakukan pada empat skenario, yaitu kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3. Perbandingan kinerja simpang dan besarnya kerugian konsumsi bahan bakar pada masing-masing skenario dilakukan untuk memperoleh

gambaran menyeluruh mengenai performa lalu lintas pada kawasan simpang 4 APILL UPN.

5.7.1 Perbandingan Derajat Kejenuhan (DJ)

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai perbandingan antara volume lalu lintas dan kapasitas pada suatu pendekatan jalan. Perbandingan nilai derajat kejenuhan antara kondisi saat ini (eksisting) dan berbagai alternatif solusi ditampilkan pada Gambar 5.20 di bawah ini.

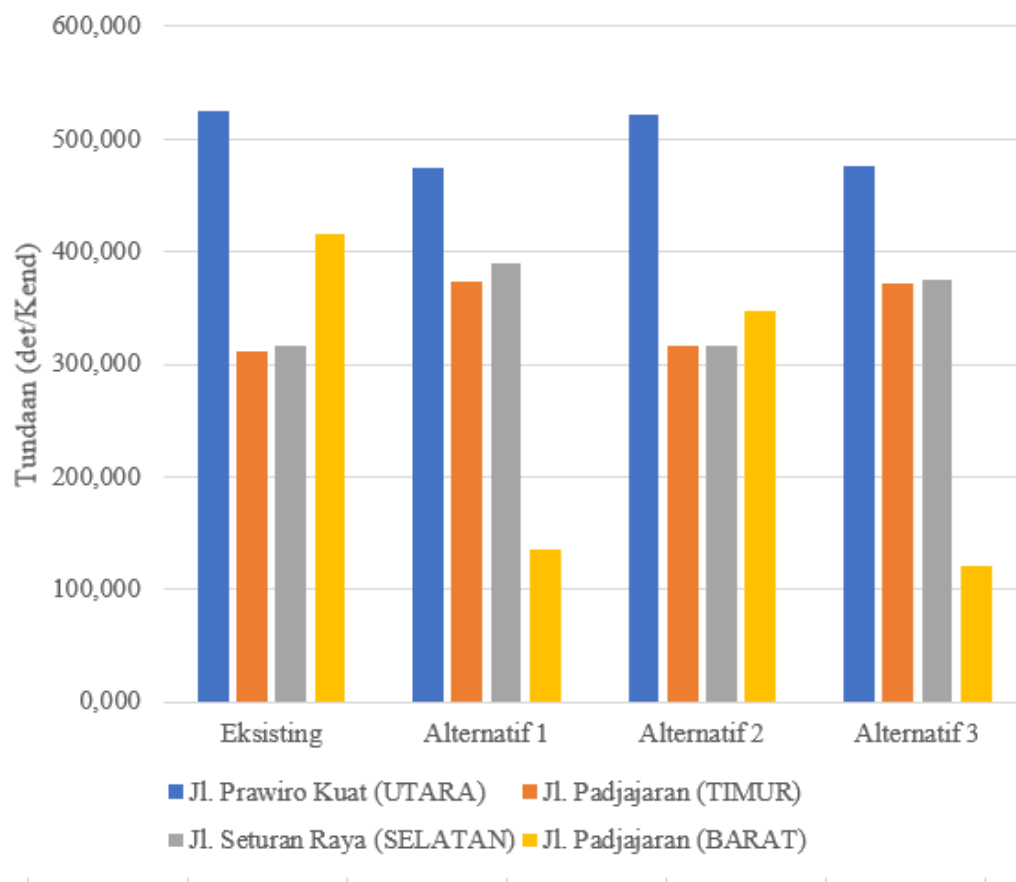


Gambar 5. 20 Perbandingan Derajat Kejenuhan Pada Setiap Pendekat Kondisi Eksisting Terhadap Alternatif Solusi

Gambar 5.20 merekap variasi nilai derajat kejenuhan di setiap pendekat Simpang 4 APILL UPN. Yang menunjukkan adanya perbedaan yang tidak jauh berbeda dalam nilai derajat kejenuhan antar kecuali di pendekat Barat yang mengalami penurunan yang berbeda beda.

5.7.2 Perbandingan Tundaan

Pada Simpang 4 APILL UPN, terdapat perbedaan nilai tundaan antara kondisi eksisting dengan berbagai alternatif solusi yang diuji. Perbedaan ini berdampak signifikan terhadap tingkat pelayanan simpang secara keseluruhan. Rincian perbandingan hasil tundaan dari pemodelan PTV Vissim untuk setiap pendekat dapat dilihat pada Gambar 5.21.

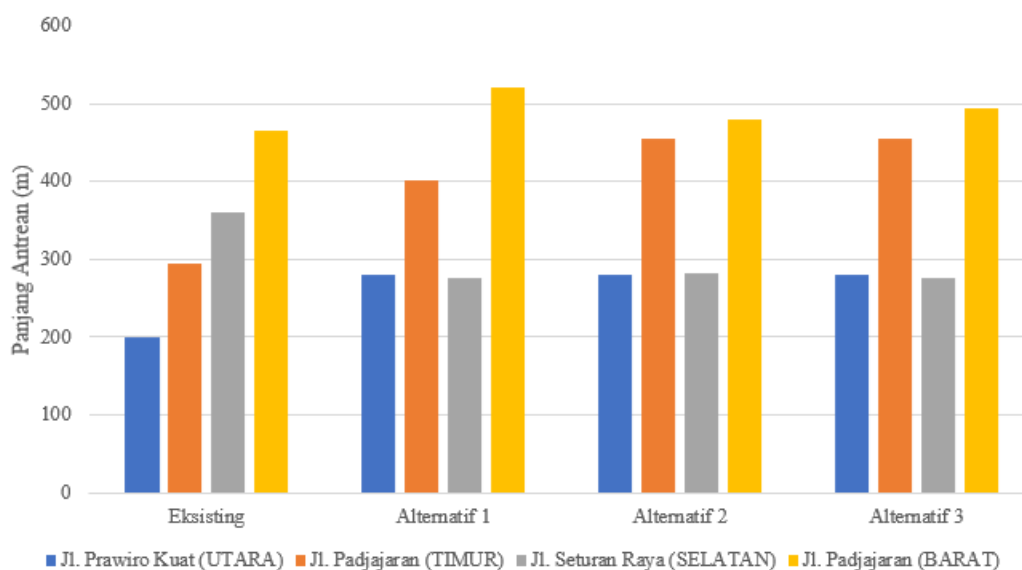


Gambar 5. 21 Perbandingan Tundaan Pada Setiap Pendekat Kondisi Eksisting Terhadap Alternatif Solusi

Berdasarkan Gambar 5.21, dapat dilihat bahwa alternatif ketiga menunjukkan penurunan tundaan yang paling signifikan, yang disebabkan oleh pergeseran poros yang menyebabkan penambahan kapasitas di pendekat Barat dengan nilai tundaan sebesar 220,683 det/Kend.

5.7.3 Perbandingan Panjang Antrean

Pada Simpang 4 APILL UPN, terdapat variasi panjang antrean antara kondisi eksisting dengan berbagai alternatif solusi yang diterapkan. Rincian hasil perbandingan panjang antrean dari pemodelan PTV Vissim untuk setiap pendekatan dapat dilihat pada Gambar 5.22.



Gambar 5. 22 Perbandingan Panjang Antrean Pada Kondisi Eksisting Terhadap Alternatif Solusi

Berdasarkan Gambar 5.22 berikut ini, menunjukkan sedikit perbedaan yang dalam nilai panjang antrian antar masing-masing skenario yang dianalisis, hal ini karena kondisi eksisting dipengaruhi oleh perilaku pengemudi dan gangguan lalu lintas nyata yang tidak sepenuhnya dapat direpresentasikan dalam simulasi.

5.7.4 Perbandingan Kinerja Keseluruhan

Berikut ini merupakan perbandingan kinerja keseluruhan antara kondisi eksisting dan berbagai skema alternatif solusi yang telah dimodelkan menggunakan perangkat lunak PTV Vissim. Hasil perbandingan tersebut disajikan secara rinci pada Tabel 5.41 sebagai bagian dari evaluasi dan upaya peningkatan kinerja simpang.

Tabel 5. 41 Perbandingan Kinerja Simpang 4 APILL UPN

Parameter	EKSISTING				ALTERNATIF 1				ALTERNATIF 2				ALTERNATIF 3			
Kode Pendekat	U	T	S	B	U	T	S	B	U	T	S	B	U	T	S	B
Derajat Kejuhan (DJ)	1,527	0,830	1,827	0,948	1,460	0,968	2,131	0,793	1,527	0,830	1,827	0,743	1,460	0,968	2,131	0,622
Rata-rata DJ	1,283				1,338				1,232				1,295			
Panjang Antrean (meter)	280	401	277	520	280	455	282	480	280	455	278	512	280	455	277	493
Tundaan Setiap Pendekat (det/kend)	605,9	311,5	316,0	415,9	474,1	373,5	389,0	136,0	522,3	316,5	316,0	347,5	475,6	371,2	371,2	375,0
Tundaan Simpang (det/kend)	257,836				221,347				233,910				220,683			
Persentase Penurunan Tundaan (%)	-				14,15%				9,28%				14,41%			
Tingkat Pelayanan	F				F				F				F			

Penelitian Fhadil (2019) yang dilakukan pada Simpang 4 APILL UPN menyatakan bahwa pada periode jam puncak, kinerja simpang berada pada kondisi jenuh hingga lewat jenuh (*over saturated*). Kondisi tersebut ditandai dengan nilai derajat kejenuhan yang melebihi batas yang direkomendasikan ($DJ > 0,85$) serta nilai tundaan rata-rata pada setiap lengan simpang yang lebih besar dari 60 detik, sehingga berdasarkan kriteria tingkat pelayanan dikategorikan ke dalam tingkat pelayanan F yang mencerminkan kondisi kinerja simpang yang buruk. Penelitian tersebut juga menyimpulkan bahwa penyesuaian pengaturan waktu siklus sinyal lalu lintas sudah tidak lagi efektif untuk diterapkan pada kondisi simpang yang telah *over saturated*. Oleh karena itu, peningkatan kinerja simpang dinilai memerlukan penambahan kapasitas, dengan solusi yang diusulkan berupa perubahan bentuk geometrik simpang dari simpang sebidang menjadi simpang tidak sebidang guna mengakomodasi besarnya arus lalu lintas yang melintas.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dalam penelitian ini, penyesuaian waktu siklus pada alternatif solusi 1 menunjukkan adanya perbaikan kinerja simpang dibandingkan dengan kondisi eksisting. Meskipun tingkat pelayanan simpang masih berada pada kategori F, hasil perhitungan dan simulasi menunjukkan bahwa nilai tundaan simpang serta nilai derajat kejenuhan rata-rata mengalami penurunan. Penurunan tersebut mengindikasikan bahwa penyesuaian pengaturan waktu siklus mampu mengurangi beban lalu lintas pada simpang dan meningkatkan efisiensi pergerakan kendaraan, meskipun belum cukup untuk mengubah kategori tingkat pelayanan. Dengan demikian, alternatif solusi 1 dinilai tetap memberikan dampak positif terhadap kinerja simpang, khususnya dalam menekan besarnya tundaan dan derajat kejenuhan, sehingga dapat menjadi langkah awal perbaikan sebelum diterapkan penanganan yang bersifat peningkatan kapasitas secara geometrik.

5.7.6 Pengaruh *U-turn* Pada Lengan Barat

Pada kondisi awal (eksisting) Simpang 4 APILL UPN, teridentifikasi beberapa aspek yang berpotensi untuk ditingkatkan guna memperbaiki kinerja simpang. Upaya perbaikan tersebut meliputi perubahan lokasi fasilitas putar balik

(*U-turn*), penyesuaian geometri simpang, serta pengaturan ulang waktu siklus sinyal lalu lintas. Berdasarkan pertimbangan tersebut, pada alternatif 3 dilakukan serangkaian simulasi atau uji coba sebagai langkah evaluasi untuk meningkatkan kinerja simpang dibandingkan dengan kondisi eksisting.

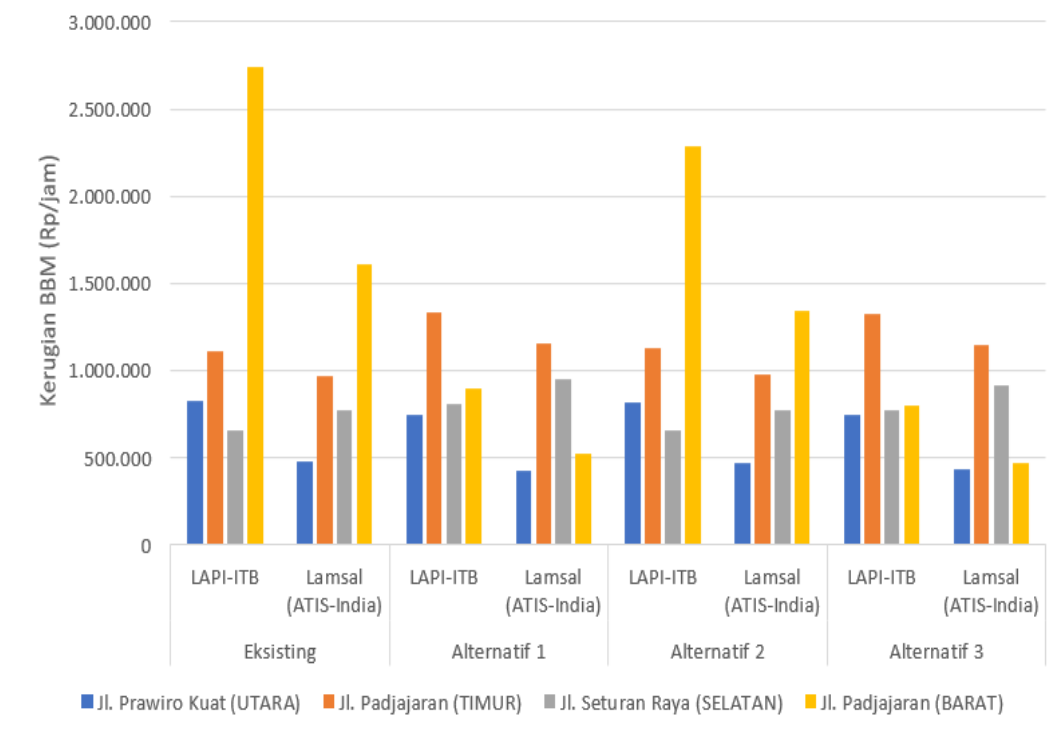
Konsep perubahan geometri yang diterapkan pada Alternatif 3 mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Gumelar (2019), yang mengkaji penataan ulang lokasi putaran balik (*U-turn*), pengaturan waktu siklus sinyal, serta modifikasi geometri Simpang Janti. Perubahan tersebut bertujuan untuk menurunkan nilai derajat kejenuhan, mengurangi panjang antrean dan tundaan pada ruas Jalan Adisucipto, Yogyakarta. Hasil penelitian Gumelar (2019) menunjukkan bahwa penerapan strategi tersebut mampu menurunkan derajat kejenuhan pada lengan Barat dan Timur simpang, meskipun terjadi peningkatan derajat kejenuhan pada lengan Selatan.

Berdasarkan hasil Alternatif 3 yang meliputi penyesuaian waktu siklus dan pergeseran poros lajur pada pendekat Barat. Penerapan skema ini walaupun mengalami kenaikan nilai derajat kejenuhan dari 1,283 menjadi 1,295 tetapi dengan skenario ini mampu menurunkan nilai derajat kejenuhan pada pendekat Barat dari kondisi eksisting sebesar 0,948 menjadi 0,622. Hasil pemodelan lalu lintas menggunakan perangkat lunak PTV Vissim juga menunjukkan adanya penurunan panjang antrean yang cukup signifikan pada pendekat Barat di karenakan penambahan lajur yang menyebabkan kapasitas (C) dari pendekat barat menjadi naik sebaliknya karena kapasitas (C) naik maka derajat kejenuhan (D_I) menjadi turun. Selain itu, nilai tundaan rata-rata simpang mengalami penurunan dari 257,836 detik/kendaraan menjadi 220,683 detik/kendaraan atau berkurang sebesar, pengurangan tundaan tersebut di sebabkan karena tundaan yang besar dari pendekat Barat di simpang 4 APILL UPN dari 415,922 detik/kendaraan menjadi 121,214 detik/kendaraan dan menyebabkan rata rata tundaan simpang menjadi.

5.7.6 Perbandingan Kerugian Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan

Hasil perhitungan menunjukkan adanya perbedaan nilai estimasi kerugian konsumsi bahan bakar yang diperoleh dari metode LAPI ITB dan metode Lamsal

(ATIS-India) pada beberapa kondisi yang dianalisis, yaitu kondisi eksisting serta skenario alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3. Perbedaan hasil tersebut disebabkan oleh perbedaan pendekatan perhitungan serta faktor konversi konsumsi bahan bakar yang digunakan pada masing-masing metode. Perbandingan nilai kerugian konsumsi bahan bakar untuk setiap kondisi tersebut disajikan pada Gambar 5.23.



Gambar 5.23 Diagram Perbandingan Kerugian Konsumsi Bahan Bakar

Berdasarkan pada hasil yang disajikan dalam Gambar 5.24, dapat diketahui adanya perbedaan yang cukup mencolok pada nilai estimasi kerugian konsumsi bahan bakar kendaraan antara kondisi eksisting dan berbagai skenario alternatif yang diterapkan. Dari seluruh skenario yang dianalisis, alternatif 3 menunjukkan nilai estimasi kerugian konsumsi bahan bakar yang paling rendah dibandingkan dengan kondisi lainnya.

Penelitian Fhadil (2019) menunjukkan simpang 4 APILL UPN selama dua hari pelaksanaan survei pada jam puncak, dengan metode LAPI-ITB total konsumsi

bahan bakar yang terbuang mencapai 444,653 liter, dengan estimasi kerugian ekonomi sebesar Rp3.173.725. Hasil analisis tersebut mengindikasikan bahwa kinerja simpang, khususnya parameter waktu tundaan, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap besarnya konsumsi bahan bakar kendaraan. Semakin tinggi nilai tundaan yang terjadi, maka semakin besar pula jumlah bahan bakar yang terbuang. Temuan ini sejalan dengan hipotesis awal penelitian tersebut, yang menyatakan bahwa konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor pada kondisi berhenti (*idle*) di simpang bersinyal sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu tundaan yang dialami kendaraan.

Penelitian Harahap (2024) pada Simpang APILL Ketandan, diperoleh bahwa pada kondisi eksisting saat jam puncak, total konsumsi bahan bakar yang terbuang mencapai 362,505 liter/jam dengan estimasi kerugian ekonomi sebesar Rp3.625.049 per jam berdasarkan metode LAPI-ITB. Sementara itu, menggunakan metode Lamsal (ATIS-India), konsumsi bahan bakar tercatat sebesar 150,168 liter/jam dengan nilai kerugian mencapai Rp1.449.790 per jam. Setelah dilakukan penerapan alternatif 3, terjadi penurunan konsumsi bahan bakar yang cukup signifikan. Mengacu pada metode LAPI-ITB, konsumsi bahan bakar menurun menjadi 188,904 liter/jam dengan estimasi kerugian sebesar Rp1.889.042 per jam, atau mengalami penurunan sebesar 47,89% dibandingkan kondisi eksisting. Penurunan serupa juga ditunjukkan oleh metode Lamsal (ATIS-India), di mana konsumsi bahan bakar berkurang menjadi 78,225 liter/jam dengan estimasi kerugian sebesar Rp756.369 per jam, atau menurun sebesar 47,83% dari kondisi awal. Hasil tersebut menegaskan bahwa waktu tundaan lalu lintas memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat konsumsi bahan bakar kendaraan di simpang bersinyal, di mana semakin besar nilai tundaan yang terjadi, maka semakin tinggi pula jumlah bahan bakar yang terbuang.

Penelitian yang dilakukan oleh Syawqy (2025) menunjukkan bahwa penerapan skenario alternatif melalui penyesuaian fase sinyal lalu lintas mampu menurunkan biaya kerugian konsumsi bahan bakar pada Simpang Kamdanen dibandingkan kondisi eksisting. Berdasarkan hasil pemodelan Alternatif 2 menggunakan perangkat lunak PTV Vissim, total kerugian konsumsi bahan bakar

tercatat sebesar Rp1.600.440,69 berdasarkan metode LAPI-ITB dan Rp718.434,98 menurut metode Lamsal (ATIS-India). Penurunan yang dihasilkan pada alternatif ini relatif terbatas, yaitu sekitar Rp68.365 untuk metode LAPI-ITB dan Rp34.213,80 untuk metode Lamsal dibandingkan kondisi awal. Sebaliknya, Alternatif 3 yang dianalisis menggunakan pendekatan PKJI 2023 menunjukkan kinerja yang jauh lebih efektif, dengan total kerugian konsumsi bahan bakar menurun menjadi Rp948.572,94 (LAPI-ITB) dan Rp427.338,60 (Lamsal). Jika dibandingkan dengan kondisi eksisting, alternatif ini mampu menurunkan kerugian sebesar Rp460.195,88 berdasarkan metode LAPI-ITB dan Rp208.631,62 berdasarkan metode Lamsal, sehingga dapat disimpulkan bahwa penyesuaian fase sinyal berbasis PKJI 2023 memberikan dampak yang signifikan terhadap efisiensi konsumsi bahan bakar di simpang bersinyal.

Implementasi solusi Alternatif 3, yang merupakan kombinasi antara penyesuaian pengaturan waktu siklus sinyal dan pergeseran poros lajur pada pendekat Barat Simpang 4 APILL UPN, menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan kondisi eksisting. Penerapan skenario ini mampu menurunkan nilai tundaan lalu lintas hingga mencapai 220,683 det/smp, sehingga berdampak positif terhadap kelancaran arus kendaraan di kawasan simpang. Penurunan nilai tundaan tersebut berkontribusi langsung terhadap peningkatan efisiensi konsumsi bahan bakar kendaraan. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode LAPI-ITB, estimasi kerugian konsumsi bahan bakar mengalami penurunan dari 4.050.561 Rp/jam pada kondisi eksisting menjadi 3.645.240 Rp/jam setelah penerapan Alternatif 3. Sementara itu, hasil perhitungan dengan metode Lamsal (ATIS-India) juga menunjukkan penurunan, yaitu dari 3.898.244 Rp/jam menjadi 2.968.289 Rp/jam. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi pengaturan waktu sinyal dan perubahan geometrik berupa pergeseran poros lajur efektif dalam mengurangi tundaan dan kerugian konsumsi bahan bakar pada simpang.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

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

1. Berdasarkan evaluasi kinerja Simpang 4 APILL UPN pada kondisi eksisting dengan mengacu pada PKJI 2023, diperoleh nilai derajat kejenuhan masing-masing pendekat, yaitu sebesar 1,509 pada Pendekat Utara, 0,874 pada Pendekat Timur, 0,833 pada Pendekat Selatan, 1,009 pada Pendekat Barat dan 1,100 pada *U-turn*. Secara keseluruhan, nilai derajat kejenuhan rata-rata simpang mencapai 1,306. Hasil survei lapangan menunjukkan panjang antrian kendaraan sebesar 200 m pada Pendekat Utara, 295 m pada Pendekat Timur, 360 m pada Pendekat Selatan, 465 m pada Pendekat Barat, dan 103 pada *U-turn*. Sementara itu, hasil simulasi kinerja lalu lintas menggunakan perangkat lunak Vissim menghasilkan nilai tundaan rata-rata simpang sebesar 257,836 detik/ kendaraan, yang mengindikasikan tingkat pelayanan simpang berada pada kategori F.
2. Berdasarkan hasil simulasi lalu lintas menggunakan perangkat lunak Vissim, alternatif penanganan yang dinilai paling optimal untuk Simpang 4 APILL UPN adalah alternatif ke-3. Alternatif ini menerapkan penyesuaian ulang waktu siklus sinyal dengan perubahan waktu hijau (W_{HI}) waktu siklus sebesar 23 detik pada Pendekat Utara, 30 detik pada Pendekat Timur, 24 detik pada Pendekat Selatan, dan 49 detik pada Pendekat Barat disertai dengan pergeseran poros lajur pada pendekat Barat yang berdasar dari Pedoman Perencanaan Teknis Geometrik Simpang (2024). Penerapan skema tersebut menghasilkan nilai derajat kejenuhan (D_j) sebesar 1,460 pada Pendekat Utara, 0,968 pada Pendekat Timur, 2,131 pada Pendekat Selatan, dan 0,622 pada Pendekat Barat. Selain itu, nilai tundaan rata-rata simpang mengalami penurunan menjadi 220,683 detik/kendaraan, yang masih termasuk dalam kategori tingkat pelayanan F.

3. Pada kondisi eksisting Simpang 4 APILL UPN saat jam puncak, total konsumsi bahan bakar yang terbuang selama satu jam tercatat sebesar 405,056 liter/jam dengan estimasi kerugian ekonomi mencapai Rp.4.050.561 per jam berdasarkan metode LAPI ITB. Sementara itu, hasil perhitungan menggunakan metode Lamsal (ATIS-India) menunjukkan nilai kerugian sebesar Rp.3.898.244 per jam. Setelah diterapkan skenario alternatif 3, terjadi penurunan yang cukup signifikan terhadap estimasi kerugian konsumsi bahan bakar. Berdasarkan metode LAPI ITB, konsumsi bahan bakar menurun menjadi 364,524 liter/jam dengan nilai kerugian sebesar Rp.3.645.240 per jam. Adapun menurut metode Lamsal (ATIS-India), konsumsi bahan bakar dengan estimasi kerugian Rp.2.968.289 per jam. Hasil tersebut menunjukkan bahwa besarnya tundaan lalu lintas memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap tingkat konsumsi bahan bakar di Simpang 4 APILL UPN, di mana semakin besar nilai tundaan yang terjadi, maka semakin tinggi pula jumlah bahan bakar yang terbuang.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil kajian kinerja simpang yang dilakukan dengan mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 serta didukung oleh hasil pemodelan menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM, diperoleh sejumlah rekomendasi yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam upaya peningkatan kinerja simpang. Rekomendasi tersebut diuraikan sebagai berikut.

1. Pemindahan putaran balik (*U-turn*) pada simpang berdampak positif karena menurunkan tundaan, Tetapi harus mempertimbangkan aspek keselamatan dahulu sebelum memindahkan putar baliknya. Hal ini dapat menjadi opsi untuk penempatan putaran balik (*U-turn*) pada Ruas Jl. Padjajaran.
2. Mengoptimalkan kesadaran dan kedisiplinan pengendara dalam mematuhi petunjuk arah pergerakan kendaraan yang ditetapkan melalui rambu lalu lintas, khususnya terkait perpindahan lajur dan manuver antar lengan pada Simpang 4 APILL UPN. Penerapan upaya ini dapat didukung dengan penggunaan sistem pengawasan berupa kamera CCTV yang terintegrasi dengan sistem tilang

elektronik (e-tilang) oleh pihak kepolisian, sehingga kepatuhan pengendara terhadap rambu penunjuk arah dapat meningkat secara efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahrys, V., 2018. *Hubungan tundaan dan panjang antrean terhadap konsumsi bahan bakar minyak pada pendekat simpang (studi kasus Simpang Antasari, Simpang Air Putih, Simpang Lembuswana dan Simpang Ahmad Yani)*. Kurva Mahasiswa, 1(1), pp.651–659.
- Bimantoro, A., 2016. *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan MKJI 1997 dan Vissim (Studi Kasus: Simpang Pingit Yogyakarta)*. Skripsi. Universitas Gadjah Mada.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005. *Pedoman perencanaan dan desain U-turn*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2023. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. <https://binamarga.pu.go.id/index.php/nspk/detail/09pbm2023-pedomankapasitas-jalan-indonesia->
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2024. *Perencanaan Teknis Geometrik Simpang*. <https://binamarga.pu.go.id/index.php/nspk/detail/08pbm2024-Pedoman-Perencanaan-Teknis-Geometrik-Simpang>.
- Fhadil, M., 2019. Analisis simpang bersinyal dan hubungan panjang antrean dan waktu tundaan terhadap konsumsi bahan bakar minyak (studi kasus: simpang bersinyal UPN Yogyakarta). Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.
- Firmansyah, M.R., Supiyono, S. & Subagyo, U. 2024. Kajian U turn di Jalan Soekarno Hatta Malang (Studi kasus depan Taman Krida) dengan metode PKJI 2023. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 5(3), pp.275-280.
- Google Earth. t.t. "Google Earth 2024." Diakses 15 Januari 2025. <https://earth.google.com/>.
- Gumelar, A., 2019. Pengaruh bukaan median (U-turn) terhadap kinerja jalan (studi kasus: Jalan Laksda Adisucipto arah barat-timur). Universitas Gadjah Mada.
- Gunawan, H. & Budi, G.S., 2017. Kajian emisi kendaraan di persimpangan Surabaya tengah dan timur serta potensi pengaruh terhadap kesehatan lingkungan setempat. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 5(2), pp.113-124.

- Gustavsson, F. N. 2007. *New Transportaion Research Progress*. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Halim, M., 2022. Analisis Dampak U-turn Terhadap Kinerja Lalu Lintas pada Jalan Ibrahim Adjie Kota Bandung. *Jurnal Media Transportasi*, 14(1), pp.10–18.
- Haryanto, A.F., 2024. Evaluasi kinerja simpang bersinyal Borobudur Plaza Kota Yogyakarta. *Undergraduate thesis*. Yogyakarta: Universitas Islam *Indonesia*.
- Kementrian Perhubungan. 2015. Peraturan Menteri Perhubungan Republik *Indonesia* Nomor 96 Tentang *Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. *Jakarta*.
- Kurniawan, I., 2023. Analisis Pengaruh U-Turn terhadap Kinerja Lalu Lintas di Jalan Gajah Mada Kota Batam. *Jurnal Sigma Teknik Sipil*, 5(1), pp.24–33.
- Lamsal, A. (2013). *Toward geo-enabled economy. Automotive Traffic Information System India*.
- Nugroho, U. G.C., 2020. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Bantuan Perangkat Lunak Vissim Student Version (Studi Kasus: Simpang Sompok, Candisari, Semarang). *Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), pp.54–74.
- Pattiapon, C.G., 2020. Analisis kinerja putaran balik (U-turn) (*studi kasus: U-turn Jalan Wates KM 5 – depan Pasar Gamping*). Universitas Atma Jaya *Yogyakarta*.
- Pratama, H.B., 2021. Perbaikan fasilitas putaran balik dengan peningkatan kinerja simpang (*Studi kasus: Simpang UPN dan Jalan Padjajaran*) Upgrading of U-Turn facility with increasing road intersection performance. Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Islam *Indonesia*.
- PTV VISION, 2015, PTV Vissim 8User Manual. PTVAG, Karlsruhe, Germany
- Harahap, R. H. W., & Fauziah, M., 2025. Evaluasi kinerja simpang dan biaya konsumsi bahan bakar pada Simpang Empat Ketandan Ringroad Timur berdasarkan PKJI 2023 dan pemodelan VISSIM. *_Prosiding The 9th Civil Engineering Research Forum (The 9th CE ReForm)*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
- Sinambela, T.P., Kumaat, M. & Pandey, S.V., 2021. Analisa hubungan kinerja simpang bersinyal dengan konsumsi bahan bakar (*studi kasus: Simpang Jl. AA Maramis – Jl. Ringroad II*). *TEKNO*, 19(78).




- Syawqy, A.H., 2025. Analisis Kinerja Dan Biaya Konsumsi Bahan Bakar Pada Simpang Empat Bersinyal Kamdanen Kota Yogyakarta (*Studi Kasus: Simpang Empat Sleman, Yogyakarta*). Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Ulum, M.S., 2023. *Analisis Konsumsi Bahan Bakar Akibat Tundaan Lalu Lintas pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Patung Sapi Kota Pasuruan)*. Malang: Tugas Akhir, Institut Teknologi Nasional Malang. Tersedia di: <https://eprints.itn.ac.id/14005>.
- Wangsa, G.D., 2023. Analisis koordinasi simpang bersinyal Simpang Pasar Pon dan Simpang Nonongan melalui pendekatan PKJI 2023 dan VISSIM. *Undergraduate thesis*. Bali: *Politeknik Transportasi Darat Bali*.

LAMPIRAN




Lampiran 1 Time Schedule Penelitian Evaluasi

No.	Bulan Ke-		1				2				3				4				
	Minggu Ke-		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
	Kegiatan	Jam																	Bobot(%)
1	Pengumpulan Data																		
	a. Data Sekunder	6	3.3	1.6%	1.6%														
	b. Data Primer	27	14.8			7.4%	7.4%												
2	Analisis Data PKJI																		
	a. Eksisting U-turn	15	8.2				8.2%												
	b. Eksisting Simpang	18	9.9					4.9%	4.9%										
3	Pemodelan Eksisting VISSIM																		
	a. Eksisting U-turn	15	8.2							4.1%	4.1%								
	b. Eksisting Simpang	20	11.0							3.7%	3.7%	3.7%							
4	Alternatif Skenario																		
		15	8.2								8.2%								
5	Kalibrasi dan Validasi																		
		10	5.5									5.5%							
6	Analisis BBM																		
		12	6.6										6.6%						
7	Analisis Pembahasan																		
		20	11.0											5.5%	5.5%				
8	Penyusunan Laporan																		
		24	13.2													3.3%	3.3%	3.3%	3.3%
	Total Jam	182	100	3	3	13.5	13.5	15	9	15.67	14.17	29.17	22	10	10	6	6	6	6
	Mingguan (%)			1.6	1.6	7.4	7.4	8.2	4.9	8.6	7.8	16.0	12.1	5.5	5.5	3.3	3.3	3.3	3.3
	Kumulatif (%)			1.6	3.3	10.7	18.1	26.4	31.3	39.9	47.7	63.7	75.8	81.3	86.8	90.1	93.4	96.7	100.0




Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Rabu

Nama Simpang : Simpang 4 APILL UPN												
Dari : Lengan Utara												
Waktu	Arah : Belok Kiri (LT) 				Arah : Lurus (ST) 				Arah : Belok Kanan (RT) 			
	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda
06.00-06.15	9	1	0		46	4	0		59	10	0	
06.15-06.30	13	4	0		49	2	0		66	23	0	
06.30-06.45	9	4	0		40	13	0		185	23	0	
06.45-07.00	8	0	1		48	12	0		173	18	1	
07.00-07.15	4	3	0		67	16	0		92	19	0	
07.15-07.30	3	0	0		77	20	0		96	13	0	
07.30-07.45	11	3	0		84	12	0		72	19	0	
07.45-08.00	2	0	0		93	12	0		84	18	0	
08.00-08.15	3	4	0		94	10	0		100	18	0	
08.15-08.30	3	6	0		82	12	0		96	18	1	
08.30-08.45	4	2	0		80	19	0		135	19	0	
08.45-09.00	7	2	0		126	17	0		130	19	0	
11.00-11.15	2	3	0		104	22	0		136	25	1	
11.15-11.30	5	2	0		78	12	1		85	15	0	
11.30-11.45	8	1	0		85	15	0		94	19	0	
11.45-12.00	4	6	0		83	11	0		99	16	1	
12.00-12.15	7	3	0		90	14	0		79	9	0	
12.15-12.30	8	6	0		95	17	0		80	16	0	
12.30-12.45	9	5	0		93	21	0		99	17	0	
12.45-13.00	9	3	0		77	17	0		95	12	1	
13.00-13.15	7	5	0		72	10	0		91	11	0	
13.15-13.30	7	4	0		84	7	0		79	10	0	
13.30-13.45	7	3	0		80	11	0		83	19	0	
13.45-14.00	5	2	0		88	10	0		92	11	0	
14.00-14.15	5	1	0		72	10	0		79	15	0	
15.00-15.15	6	6	0		77	12	0		83	19	0	
15.15-15.30	9	5	0		72	16	0		98	27	0	
15.30-15.45	20	6	0		84	19	1		77	20	0	
15.45-16.00	15	8	0		109	17	0		92	16	0	
16.00-16.15	7	8	0		115	20	0		96	13	0	
16.15-16.30	13	6	0		103	15	0		83	15	0	
16.30-16.45	12	7	0		101	16	0		67	20	0	
16.45-17.00	10	3	0		98	13	0		76	17	0	
17.00-17.15	10	4	0		115	15	0		93	13	0	
17.15-17.30	11	6	0		86	17	0		100	20	0	
17.30-17.45	25	7	0		93	14	0		72	14	0	




Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Rabu

Nama Simpang : Simpang 4 APILL UPN												
Dari : Lengan Timur												
Waktu	Arah : Belok Kiri (LT) 				Arah : Lurus (ST) 				Arah : Belok Kanan (RT) 			
	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda
06.00-06.15	48	8	1		98	77	13		14	7	0	
06.15-06.30	56	8	0		110	82	13		18	7	0	
06.30-06.45	54	15	0		125	89	17		38	12	0	
06.45-07.00	62	21	0		139	77	22		70	17	0	
07.00-07.15	59	29	0		101	90	26		61	17	0	
07.15-07.30	61	58	0		112	91	21		55	18	0	
07.30-07.45	66	30	0		131	80	22		87	31	0	
07.45-08.00	71	41	0		144	81	22		70	21	0	
08.00-08.15	91	25	0		132	73	30		92	27	0	
08.15-08.30	93	24	0		128	66	32		50	30	0	
08.30-08.45	84	28	0		117	70	29		72	28	0	
08.45-09.00	82	21	0		100	58	21		65	18	0	
11.00-11.15	87	28	0		193	97	17		51	21	0	
11.15-11.30	62	42	1		113	143	15		80	32	0	
11.30-11.45	61	33	0		119	106	20		57	28	0	
11.45-12.00	91	36	0		138	145	18		88	34	0	
12.00-12.15	77	25	0		142	137	17		92	29	0	
12.15-12.30	83	38	1		136	124	12		75	24	0	
12.30-12.45	68	29	0		118	129	12		100	32	0	
12.45-13.00	80	32	1		114	120	21		61	17	0	
13.00-13.15	96	32	0		124	126	17		86	24	0	
13.15-13.30	100	27	1		137	103	19		62	21	0	
13.30-13.45	101	30	0		140	100	16		88	28	0	
13.45-14.00	139	28	0		120	112	24		59	19	0	
15.00-15.15	46	10	0		190	121	19		92	26	0	
15.15-15.30	58	14	0		168	158	16		55	19	0	
15.30-15.45	70	20	0		190	185	15		98	15	0	
15.45-16.00	56	20	0		214	188	14		69	15	0	
16.00-16.15	109	29	0		263	187	25		82	16	0	
16.15-16.30	129	37	0		241	169	20		106	16	0	
16.30-16.45	115	28	0		243	186	19		76	25	0	
16.45-17.00	118	26	0		268	203	24		98	24	0	
17.00-17.15	111	27	0		215	199	22		129	35	0	
17.15-17.30	97	17	0		250	173	14		112	31	0	
17.30-17.45	113	18	0		283	186	20		91	26	0	
17.45-18.00	99	16	0		180	125	12		57	21	0	




Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Rabu

Nama Simpang : Simpang 4 APILL UPN														
Dari	Lengan Selatan													
Waktu	Arah	Belok Kiri (LT) 				Arah	Lurus (ST) 			Arah	Belok Kanan (RT) 			
		Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	
06.00-06.15	62	33	2		50	24	0		62	31	0			
06.15-06.30	53	39	2		55	27	0		69	34	0			
06.30-06.45	57	49	3		62	30	0		77	37	0			
06.45-07.00	61	55	2		53	27	0		67	33	1			
07.00-07.15	73	48	2		57	31	0		71	40	2			
07.15-07.30	66	52	5		61	27	0		77	36	0			
07.30-07.45	58	53	0		73	40	0		92	47	0			
07.45-08.00	60	54	0		66	38	0		83	44	0			
08.00-08.15	67	49	1		58	31	0		73	38	0			
08.15-08.30	51	56	1		60	35	0		75	43	0			
08.30-08.45	88	55	0		67	40	0		83	50	1			
08.45-09.00	83	49	1		51	26	0		64	33	2			
11.00-11.15	91	46	0		88	49	0		110	59	0			
11.15-11.30	78	49	0		83	44	0		104	55	0			
11.30-11.45	80	36	0		91	46	0		113	56	0			
11.45-12.00	77	51	2		78	40	0		97	50	2			
12.00-12.15	91	39	0		80	30	0		87	31	0			
12.15-12.30	97	36	0		77	27	0		90	35	0			
12.30-12.45	182	40	0		91	39	0		92	37	0			
12.45-13.00	187	43	0		97	40	0		109	45	0			
13.00-13.15	164	60	1		80	42	0		99	50	1			
13.15-13.30	166	51	0		85	43	0		106	57	3			
13.30-13.45	162	52	0		90	48	0		113	61	0			
13.45-14.00	157	52	2		94	52	0		118	63	0			
15.00-15.15	179	75	0		94	45	0		118	53	1			
15.15-15.30	208	76	0		97	47	0		121	61	0			
15.30-15.45	231	70	0		90	39	0		112	47	2			
15.45-16.00	187	57	1		88	41	0		111	52	0			
16.00-16.15	251	82	1		95	45	0		118	53	1			
16.15-16.30	261	76	0		86	36	0		107	45	1			
16.30-16.45	274	76	0		89	37	0		112	47	2			
16.45-17.00	285	75	0		90	38	0		113	46	0			
17.00-17.15	241	69	0		93	37	0		116	47	0			
17.15-17.30	252	61	0		87	33	0		108	41	0			
17.30-17.45	241	57	0		82	30	0		103	38	0			
17.45-18.00	217	55	0		75	27	0		93	34	1			




Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Rabu

Nama Simpang : Simpang 4 APILL UPN												
Dari : Lengan Barat												
Waktu	Arah : Belok Kiri (LT) 				Arah : Lurus (ST) 				Arah : Belok Kanan (RT) 			
	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda
06.00-06.15	13	7	0		145	104	25		44	32	0	
06.15-06.30	15	5	1		128	71	15		39	20	0	
06.30-06.45	36	10	2		158	77	13		48	26	0	
06.45-07.00	53	13	3		166	93	22		51	28	1	
07.00-07.15	52	14	4		155	85	36		47	28	1	
07.15-07.30	65	18	5		153	82	23		47	26	0	
07.30-07.45	82	31	6		145	74	27		44	20	0	
07.45-08.00	58	25	7		138	83	32		42	24	0	
08.00-08.15	74	28	8		128	73	33		39	23	0	
08.15-08.30	53	28	9		110	70	46		34	17	0	
08.30-08.45	60	28	10		107	66	23		33	18	0	
08.45-09.00	55	22	11		120	67	37		37	16	3	
11.00-11.15	50	24	12		139	98	41		64	26	2	
11.15-11.30	79	28	13		176	108	14		71	56	0	
11.30-11.45	66	27	14		164	112	22		81	57	1	
11.45-12.00	71	26	15		176	94	20		54	50	0	
12.00-12.15	81	24	16		168	108	18		52	38	1	
12.15-12.30	67	21	17		154	99	15		85	54	0	
12.30-12.45	84	26	18		140	65	19		61	43	1	
12.45-13.00	74	18	19		120	98	23		68	67	0	
13.00-13.15	73	22	20		148	84	25		86	55	0	
13.15-13.30	58	21	21		126	79	20		100	72	0	
13.30-13.45	74	26	22		138	108	17		86	55	0	
13.45-14.00	68	16	23		127	90	27		128	93	1	
15.00-15.15	75	21	24		233	74	20		91	64	0	
15.15-15.30	69	19	25		253	105	16		165	84	0	
15.30-15.45	83	13	26		209	92	18		141	60	0	
15.45-16.00	81	11	27		192	81	16		187	90	0	
16.00-16.15	107	15	28		264	62	21		233	113	2	
16.15-16.30	115	16	29		196	140	24		253	119	0	
16.30-16.45	78	19	30		221	150	17		209	98	0	
16.45-17.00	97	19	31		227	139	23		192	113	0	
17.00-17.15	81	30	32		210	192	24		264	127	0	
17.15-17.30	73	24	33		256	197	13		200	74	0	
17.30-17.45	72	24	34		217	194	21		208	73	0	
17.45-18.00	81	22	35		119	164	16		198	80	0	




Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Jumat

Nama Simpang :												
Dari : Lengan Utara												
Waktu	Arah : Belok Kiri (LT) 				Arah : Lurus (ST) 				Arah : Belok Kanan (RT) 			
	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda
06.00-06.15	5	0	0		45	12	0		20	6	0	
06.15-06.30	6	1	0		30	10	0		7	5	0	
06.30-06.45	10	2	0		38	7	0		39	1	0	
06.45-07.00	18	1	0		57	4	0		58	7	0	
07.00-07.15	9	0	0		69	3	0		51	4	0	
07.15-07.30	8	1	0		105	7	0		46	5	0	
07.30-07.45	4	0	0		88	8	0		67	6	0	
07.45-08.00	3	1	0		79	10	0		69	10	0	
08.00-08.15	4	2	0		94	10	0		61	11	0	
08.15-08.30	7	1	0		87	5	0		86	14	0	
08.30-08.45	2	1	0		96	15	0		72	6	1	
08.45-09.00	3	0	0		74	11	0		60	6	0	
11.00-11.15	3	2	0		85	5	0		85	8	0	
11.15-11.30	7	1	0		71	10	0		73	12	0	
11.30-11.45	9	0	0		59	15	0		66	15	0	
11.45-12.00	7	3	0		75	16	0		57	11	0	
12.00-12.15	6	5	0		59	14	0		46	8	1	
12.15-12.30	7	5	0		69	11	0		49	14	0	
12.30-12.45	9	4	0		67	12	0		59	9	0	
12.45-13.00	8	3	0		65	13	0		62	4	0	
13.00-13.15	6	4	0		78	8	0		70	16	0	
13.15-13.30	8	4	0		81	13	0		74	10	0	
13.30-13.45	8	4	0		69	13	0		89	14	0	
13.45-14.00	7	4	0		73	18	0		68	13	0	
14.00-14.15	6	1	0		82	17	0		63	8	0	
15.00-15.15	6	5	0		86	14	0		75	12	0	
15.15-15.30	10	6	0		99	16	0		91	16	0	
15.30-15.45	23	5	0		105	21	0		87	14	0	
15.45-16.00	18	8	0		93	17	0		71	7	1	
16.00-16.15	19	10	0		91	23	0		67	8	0	
16.15-16.30	11	9	0		117	15	0		80	9	0	
16.30-16.45	15	6	0		105	19	0		74	13	1	
16.45-17.00	11	6	0		90	19	0		87	11	0	
17.00-17.15	19	6	0		83	53	0		104	16	0	
17.15-17.30	20	8	0		77	11	0		79	16	1	
17.30-17.45	23	6	0		73	16	0		70	13	0	
17.45-18.00	0	0	0		0	0	0		0	0	0	




Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Jumat

Nama Simpang :												
Dari : Lengan Timur												
Waktu	Arah : Belok Kiri (LT) 				Arah : Lurus (ST) 				Arah : Belok Kanan (RT) 			
	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda
06.00-06.15	36	7	0		110	74	17		12	8	0	
06.15-06.30	38	18	0		102	78	11		16	6	0	
06.30-06.45	52	19	2		121	94	15		33	11	0	
06.45-07.00	65	14	0		134	67	17		57	15	0	
07.00-07.15	59	13	3		150	78	27		56	15	0	
07.15-07.30	45	10	0		162	84	17		61	20	0	
07.30-07.45	65	12	1		159	73	22		76	28	0	
07.45-08.00	76	7	0		148	73	21		63	24	0	
08.00-08.15	31	11	0		130	66	35		80	30	0	
08.15-08.30	64	10	0		132	68	22		56	27	0	
08.30-08.45	74	15	0		113	73	33		63	25	0	
08.45-09.00	78	10	3		98	54	15		60	20	0	
11.00-11.15	38	20	2		102	86	20		47	26	0	
11.15-11.30	45	21	1		121	75	13		73	27	0	
11.30-11.45	51	24	1		134	90	17		62	26	0	
11.45-12.00	71	17	0		104	61	17		77	28	0	
12.00-12.15	65	16	1		83	70	18		86	26	0	
12.15-12.30	48	21	2		84	60	14		60	21	0	
12.30-12.45	72	15	2		75	77	16		87	27	0	
12.45-13.00	55	13	4		84	83	24		70	19	0	
13.00-13.15	24	13	3		36	68	22		75	21	0	
13.15-13.30	37	12	0		70	63	20		55	23	0	
13.30-13.45	78	21	0		110	71	17		79	24	0	
13.45-13.00	46	24	0		145	123	16		66	17	0	
15.00-15.15	24	4	2		122	119	20		80	23	0	
15.15-15.30	65	9	0		148	163	13		73	21	0	
15.30-15.45	74	13	2		170	159	14		86	12	0	
15.45-16.00	65	11	6		194	174	19		77	14	0	
16.00-16.15	65	20	2		160	150	12		113	14	0	
16.15-16.30	85	13	0		194	152	15		119	18	0	
16.30-16.45	74	17	5		156	130	19		72	20	0	
16.45-17.00	67	20	4		112	140	15		92	21	0	
17.00-17.15	85	21	2		130	168	21		112	28	0	
17.15-17.30	58	18	4		125	138	20		95	27	0	
17.30-17.45	49	16	0		164	107	20		83	22	0	
17.45-18.00	69	13	0		155	140	16		78	24	0	




Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Jumat

Nama Simpang :												
Dari : Lengan Selatan												
Waktu	Arah : Belok Kiri (LT) 				Arah : Lurus (ST) 				Arah : Belok Kanan (RT) 			
	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda
06.00-06.15	60	26	0		46	22	0		65	29	0	
06.15-06.30	70	30	0		60	29	0		73	34	0	
06.30-06.45	81	36	0		56	33	0		69	31	1	
06.45-07.00	57	37	0		48	25	0		71	35	2	
07.00-07.15	69	45	0		61	28	0		75	40	2	
07.15-07.30	76	37	1		57	31	0		80	36	1	
07.30-07.45	82	52	0		67	37	0		87	41	0	
07.45-08.00	85	38	0		72	42	0		90	46	0	
08.00-08.15	61	41	1		62	33	0		77	38	1	
08.15-08.30	72	44	0		54	32	0		84	43	1	
08.30-08.45	85	51	0		70	43	0		89	49	1	
08.45-09.00	62	30	0		55	29	0		70	32	1	
11.00-11.15	98	63	0		80	40	0		108	52	0	
11.15-11.30	106	56	1		89	44	0		101	49	0	
11.30-11.45	118	58	2		95	49	0		111	57	2	
11.45-12.00	88	48	2		70	37	0		98	47	1	
12.00-12.15	95	49	0		85	44	0		92	50	1	
12.15-12.30	106	56	1		79	42	0		83	56	0	
12.30-12.45	83	55	0		82	35	0		73	59	2	
12.45-13.00	97	44	2		70	50	0		75	61	1	
13.00-13.15	92	47	0		77	41	0		83	49	1	
13.15-13.30	103	59	2		88	52	0		99	56	1	
13.30-13.45	107	60	0		84	39	0		95	59	1	
13.45-13.00	118	57	0		100	57	0		70	65	1	
15.00-15.15	114	51	1		88	39	0		85	57	0	
15.15-15.30	100	62	0		102	49	0		79	53	1	
15.30-15.45	110	68	0		84	37	0		82	48	2	
15.45-16.00	94	67	1		93	43	0		86	43	1	
16.00-16.15	161	94	2		90	48	0		99	40	2	
16.15-16.30	190	86	0		80	33	0		94	47	1	
16.30-16.45	207	85	0		94	35	0		81	49	0	
16.45-17.00	217	91	1		86	41	0		112	45	1	
17.00-17.15	228	47	0		98	35	0		97	49	1	
17.15-17.30	217	42	0		92	30	0		87	42	0	
17.30-17.45	88	38	0		78	32	0		77	38	1	
17.45-18.00	66	39	0		72	29	0		79	36	1	




Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Jumat

Nama Simpang :												
Dari : Lengan Barat												
Waktu	Belok Kiri (LT) 				Lurus (ST) 				Belok Kanan (RT) 			
	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda
06.00-06.15	12	8	0		145	65	25		44	32	0	
06.15-06.30	11	6	0		128	32	15		39	20	0	
06.30-06.45	13	6	0		158	38	13		48	26	0	
06.45-07.00	14	7	0		166	54	22		51	28	1	
07.00-07.15	13	7	0		155	46	36		47	28	1	
07.15-07.30	13	6	0		153	43	23		47	26	0	
07.30-07.45	12	5	0		145	35	27		44	20	0	
07.45-08.00	12	6	0		138	44	32		42	24	0	
08.00-08.15	11	5	0		128	34	33		39	23	0	
08.15-08.30	9	7	0		110	31	46		34	25	0	
08.30-08.45	9	5	0		107	27	23		33	22	0	
08.45-09.00	10	4	0		120	28	37		37	23	3	
11.00-11.15	17	7	0		208	78	41		64	41	2	
11.15-11.30	19	13	0		231	148	14		71	56	0	
11.30-11.45	22	10	0		174	177	22		81	63	0	
11.45-12.00	15	13	0		86	142	20		54	53	0	
12.00-12.15	16	14	0		74	127	16		59	55	1	
12.15-12.30	20	12	0		82	143	16		67	60	1	
12.30-12.45	22	11	0		90	137	15		69	53	2	
12.45-13.00	18	8	0		162	162	10		76	51	0	
13.00-13.15	24	8	0		192	168	25		86	61	0	
13.15-13.30	27	10	0		238	227	20		100	77	0	
13.30-13.45	23	15	0		192	164	17		86	57	0	
13.45-13.00	35	15	0		300	273	27		128	93	1	
15.00-15.15	25	16	0		279	244	20		91	59	0	
15.15-15.30	45	17	0		295	240	16		165	84	0	
15.30-15.45	38	15	0		261	150	18		141	60	0	
15.45-16.00	51	16	0		261	197	16		187	90	0	
16.00-16.15	59	19	0		274	264	27		214	109	2	
16.15-16.30	69	17	0		336	252	24		253	118	0	
16.30-16.45	57	17	0		234	206	17		209	95	0	
16.45-17.00	52	18	0		177	203	24		192	113	1	
17.00-17.15	72	19	0		370	229	24		264	125	0	
17.15-17.30	55	18	0		205	125	14		200	74	2	
17.30-17.45	57	15	0		232	137	21		208	78	0	
17.45-18.00	54	16	0		199	173	16		198	83	0	




Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Sabtu

Nama Simpang : Simpang 4 APILL UPM												
Dari : Lengan Utara												
Waktu	Arah : Belok Kiri (LT) 				Arah : Lurus (ST) 				Arah : Belok Kanan (RT) 			
	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda
06.00-06.15	9	1	0		42	18	0		46	14	0	
06.15-06.30	10	3	0		56	17	0		49	9	0	
06.30-06.45	8	3	0		67	15	0		51	10	0	
06.45-07.00	7	2	0		75	10	0		57	9	0	
07.00-07.15	10	1	0		82	11	0		63	9	0	
07.15-07.30	13	2	0		101	12	0		77	9	0	
07.30-07.45	12	4	0		122	19	0		93	14	0	
07.45-08.00	11	7	1		123	17	0		94	13	0	
08.00-08.15	19	4	0		107	19	0		82	14	0	
08.15-08.30	20	3	2		109	13	0		80	16	0	
08.30-08.45	21	8	0		121	16	0		92	12	1	
08.45-09.00	15	5	0		95	17	0		73	13	0	
11.00-11.15	10	9	0		79	15	0		104	13	0	
11.15-11.30	13	7	0		83	18	0		78	14	0	
11.30-11.45	15	6	0		98	24	1		85	19	1	
11.45-12.00	17	4	0		77	19	0		75	16	0	
12.00-12.15	12	2	0		95	17	1		80	18	0	
12.15-12.30	11	8	0		82	15	0		88	13	0	
12.30-12.45	10	1	0		87	13	0		72	24	0	
12.45-13.00	9	1	0		87	16	0		93	22	0	
13.00-13.15	17	6	0		75	16	2		79	17	0	
13.15-13.30	20	4	0		72	18	0		83	14	0	
13.30-13.45	14	4	0		81	23	0		98	17	0	
13.45-14.00	19	6	0		77	23	0		77	17	0	
15.00-15.15	11	5	0		75	22	0		98	18	0	
15.15-15.30	15	7	1		73	22	0		77	15	0	
15.30-15.45	20	8	0		85	20	0		95	15	0	
15.45-16.00	17	7	0		98	22	0		88	20	0	
16.00-16.15	24	16	0		92	26	0		96	26	0	
16.15-16.30	25	12	0		105	28	0		109	22	0	
16.30-16.45	19	13	1		107	27	0		115	28	3	
16.45-17.00	27	11	0		109	23	0		103	24	0	
17.00-17.15	26	14	0		121	24	0		101	23	3	
17.15-17.30	29	14	0		100	22	0		83	21	0	
17.30-17.45	19	9	0		94	18	0		98	29	1	
17.45-18.00	14	6	0		86	21	0		52	15	0	




Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Sabtu

Nama Simpang : Simpang 4 APILL UPM												
Dari : Lengan Timur												
Waktu	Arah : Belok Kiri (LT) 				Arah : Lurus (ST) 				Arah : Belok Kanan (RT) 			
	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda
06.00-06.15	43	14	0		118	91	15		15	6	0	
06.15-06.30	49	12	0		132	98	16		19	7	0	
06.30-06.45	57	9	0		150	107	21		40	13	0	
06.45-07.00	48	16	0		145	92	21		68	19	0	
07.00-07.15	73	15	0		137	108	30		67	18	0	
07.15-07.30	45	10	0		140	109	25		49	17	0	
07.30-07.45	92	13	0		120	95	23		63	19	0	
07.45-08.00	94	17	0		114	97	27		76	19	0	
08.00-08.15	50	12	0		132	87	36		71	36	0	
08.15-08.30	93	16	0		129	79	38		45	32	0	
08.30-08.45	70	19	0		140	84	34		52	30	0	
08.45-09.00	106	20	0		120	70	25		48	16	0	
11.00-11.15	93	26	0		162	115	33		56	19	0	
11.15-11.30	84	22	0		167	173	16		49	13	0	
11.30-11.45	82	22	0		179	108	25		50	19	0	
11.45-12.00	75	22	0		158	87	21		92	15	0	
12.00-12.15	69	17	0		154	98	18		103	32	0	
12.15-12.30	80	20	0		179	77	15		48	24	0	
12.30-12.45	82	17	0		198	97	15		52	33	0	
12.45-13.00	73	20	0		186	83	18		56	15	0	
13.00-13.15	54	21	0		179	76	20		47	12	0	
13.15-13.30	137	99	0		158	96	15		50	17	0	
13.30-13.45	140	82	0		158	91	13		95	12	0	
13.45-13.00	120	86	0		154	108	15		53	14	0	
15.00-15.15	179	84	0		189	102	8		96	28	0	
15.15-15.30	186	73	0		178	103	12		51	15	0	
15.30-15.45	179	71	0		199	113	11		73	16	0	
15.45-16.00	198	76	0		215	118	13		71	12	0	
16.00-16.15	189	89	0		225	125	20		76	19	0	
16.15-16.30	202	91	0		229	134	14		89	15	0	
16.30-16.45	182	101	0		215	139	20		95	26	0	
16.45-17.00	179	68	0		219	141	16		113	29	0	
17.00-17.15	174	65	0		235	128	17		105	24	0	
17.15-17.30	159	53	0		187	118	12		94	26	0	
17.30-17.45	147	29	0		195	110	10		89	21	0	
17.45-18.00	154	25	0		181	108	13		94	17	0	

Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Sabtu

Nama Simpang : Simpang 4 APILL UPM												
Dari : Lengan Selatan												
Waktu	Arah : Belok Kiri (LT) 				Arah : Lurus (ST) 				Arah : Belok Kanan (RT) 			
	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda
06.00-06.15	66	35	0		50	24	0		62	31	0	
06.15-06.30	73	36	0		55	27	0		69	34	0	
06.30-06.45	82	41	0		62	30	0		77	37	0	
06.45-07.00	71	38	0		53	27	0		67	33	1	
07.00-07.15	75	46	0		57	31	0		71	40	2	
07.15-07.30	81	39	1		61	27	0		77	36	0	
07.30-07.45	97	51	0		88	40	0		92	47	0	
07.45-08.00	87	48	0		84	38	0		83	44	0	
08.00-08.15	77	40	1		100	31	0		73	38	0	
08.15-08.30	79	43	0		88	35	0		75	43	0	
08.30-08.45	88	52	0		102	40	0		83	50	1	
08.45-09.00	68	36	0		98	26	0		64	33	2	
11.00-11.15	116	62	0		88	49	0		110	59	0	
11.15-11.30	110	56	1		83	44	0		104	55	0	
11.30-11.45	120	57	3		91	46	0		113	56	0	
11.45-12.00	103	55	2		78	40	0		97	50	2	
12.00-12.15	115	58	0		80	44	0		103	44	0	
12.15-12.30	102	64	2		88	45	0		110	41	0	
12.30-12.45	121	55	0		83	48	0		108	50	1	
12.45-13.00	115	74	0		79	44	0		120	48	1	
13.00-13.15	105	52	2		80	42	0		99	50	1	
13.15-13.30	112	59	0		85	43	0		106	57	3	
13.30-13.45	119	61	1		90	48	0		113	61	0	
13.45-13.00	124	66	0		94	52	0		118	63	0	
15.00-15.15	168	59	1		94	45	0		82	53	1	
15.15-15.30	225	63	0		97	47	0		89	61	0	
15.30-15.45	264	81	0		90	39	0		91	47	2	
15.45-16.00	176	80	1		88	41	0		93	52	0	
16.00-16.15	276	77	2		95	56	0		90	53	1	
16.15-16.30	269	86	0		86	61	0		87	45	1	
16.30-16.45	283	87	0		89	50	0		101	47	2	
16.45-17.00	291	100	0		90	59	0		105	46	0	
17.00-17.15	287	88	0		93	60	0		102	47	0	
17.15-17.30	179	90	0		87	33	0		99	41	0	
17.30-17.45	208	71	0		82	30	0		94	38	0	
17.45-18.00	231	82	0		90	27	0		81	34	1	

Lampiran 2 Formulir Survei Data Volume Lalu Lintas Sabtu

Nama Simpang : Simpang 4 APILL UPM												
Dari : Lengan Barat												
Waktu	Arah : Belok Kiri (LT) 				Arah : Lurus (ST) 				Arah : Belok Kanan (RT) 			
	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda	Roda 2&3	Roda 4	Roda >4	Sepeda
06.00-06.15	12	8	0		145	104	25		34	32	0	
06.15-06.30	11	6	0		128	71	15		33	20	0	
06.30-06.45	13	6	0		158	77	13		37	25	0	
06.45-07.00	14	7	0		166	93	22		51	28	1	
07.00-07.15	13	7	0		155	85	36		77	29	1	
07.15-07.30	13	6	0		153	82	23		58	25	0	
07.30-07.45	12	5	0		145	74	27		72	30	0	
07.45-08.00	12	6	0		138	83	32		42	21	0	
08.00-08.15	11	5	0		128	73	33		39	23	0	
08.15-08.30	9	7	0		110	70	46		34	28	0	
08.30-08.45	9	5	0		107	66	23		33	22	0	
08.45-09.00	10	4	0		120	67	37		37	23	3	
11.00-11.15	17	7	0		208	117	41		64	41	2	
11.15-11.30	19	13	0		231	187	14		71	56	0	
11.30-11.45	22	10	0		264	216	22		81	63	0	
11.45-12.00	15	13	0		176	181	20		54	53	0	
12.00-12.15	16	14	0		164	166	16		59	55	1	
12.15-12.30	20	12	0		172	172	16		153	60	1	
12.30-12.45	22	11	0		180	170	15		191	53	2	
12.45-13.00	18	8	0		203	201	10		159	51	0	
13.00-13.15	24	8	0		215	196	25		147	61	0	
13.15-13.30	27	10	0		227	223	20		100	77	0	
13.30-13.45	23	15	0		217	205	17		86	57	0	
13.45-13.00	35	15	0		229	175	27		128	93	1	
15.00-15.15	25	16	0		219	135	11		119	59	0	
15.15-15.30	45	17	0		241	133	12		165	84	0	
15.30-15.45	55	15	0		255	136	11		229	96	0	
15.45-16.00	70	16	0		262	139	12		214	108	0	
16.00-16.15	81	19	0		271	155	18		206	106	2	
16.15-16.30	87	17	0		284	162	15		219	152	0	
16.30-16.45	99	17	0		298	161	17		209	151	0	
16.45-17.00	78	18	0		312	174	11		217	108	1	
17.00-17.15	100	19	0		321	165	25		123	108	0	
17.15-17.30	89	18	0		296	155	14		195	91	2	
17.30-17.45	57	15	0		266	146	19		187	80	0	
17.45-18.00	54	16	0		209	127	16		181	83	0	

Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Rabu

UTARA							
PAGI			SIANG			SORE	
Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)
06:00	20		11:00	57		15:00	25
06:02	25		11:02	25		15:02	55
06:05	25		11:05	30		15:05	55
06:07	30		11:07	25		15:07	25
06:10	10		11:10	35		15:10	35
06:12	35		11:12	25		15:12	35
06:15	10		11:15	30		15:17	50
06:17	25		11:17	25		15:20	73
06:20	30		11:20	55		15:22	35
06:22	15		11:22	35		15:25	50
06:25	10		11:25	55		15:28	45
06:27	20		11:27	25		15:30	30
06:30	0		11:30	50		15:33	35
06:32	15		11:32	45		15:35	35
06:35	25		11:35	52		15:38	45
06:37	23		11:37	25		15:40	35
06:40	50		11:40	53		15:43	30
06:42	20		11:42	35		15:45	40
06:45	10		11:45	35		15:48	30
06:47	25		11:47	15		15:50	30
06:50	50		11:50	50		15:53	15
06:52	20		11:52	43		15:58	55
06:55	30		11:55	45		15:55	60
06:57	5		11:57	15		16:00	55
07:00	15		12:00	65		16:03	95
07:02	25		12:02	30		16:05	65
07:05	15		12:05	35		16:08	35
07:07	20		12:07	35		16:10	35
07:10	10		12:10	23		16:13	30
07:12	15		12:12	15		16:15	45
07:15	20		12:15	35		16:18	30
07:17	20		12:17	45		16:20	60
07:20	20		12:20	25		16:23	0
07:22	33		12:22	25		16:25	65
07:25	35		12:25	30		16:28	65
07:27	23		12:27	35		16:30	110
07:30	32		12:30	27		16:33	95
07:32	10		12:32	40		16:35	95
07:35	52		12:35	20		16:38	80
07:37	35		12:37	25		16:40	85
07:40	45		12:40	35		16:43	60
07:42	40		12:42	65		16:45	115
07:45	45		12:45	65		16:48	110
07:47	35		12:47	45		16:50	125
07:50	55		12:50	45		16:52	155
07:52	35		12:52	65		16:55	130
07:55	48		12:55	110		16:58	130
07:57	25		12:57	80		17:00	90
08:00	45		13:00	65		17:03	75
08:02	37		13:02	90		17:05	95
08:05	25		13:05	155		17:07	75
08:07	30		13:07	70		17:10	65
08:10	40		13:10	55		17:12	25
08:12	25		13:12	40		17:15	70
08:15	45		13:15	60		17:17	55
08:17	35		13:17	75		17:20	65
08:20	20		13:20	45		17:23	40
08:22	37		13:22	85		17:25	45
08:25	34		13:25	55		17:28	55
08:27	30		13:27	50		17:30	20
08:30	50		13:30	70		17:33	25
08:32	57		13:32	105		17:35	10
08:35	20		13:35	120		17:38	15
08:37	25		13:37	85		17:40	15
08:40	5		13:40	100		17:43	65
08:42	30		13:42	105		17:45	45
08:45	25		13:45	65		17:48	45
08:47	35		13:47	65		17:50	25
08:50	25		13:50	55		17:53	25
08:52	50		13:52	70		17:55	35
08:55	25		13:55	75		17:58	25
08:57	35		13:57	50		18:00	40
09:00	20		14:00	60			

Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Rabu

TIMUR							
PAGI			SIANG			SORE	
Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)
06:00	25		11:00	130		15:00	55
06:02	40		11:02	215		15:02	95
06:05	35		11:05	225		15:05	80
06:07	55		11:07	230		15:07	85
06:10	45		11:10	165		15:10	95
06:12	50		11:12	185		15:12	65
06:15	55		11:15	195		15:17	75
06:17	60		11:17	210		15:20	65
06:20	50		11:20	105		15:22	30
06:22	30		11:22	45		15:25	70
06:25	35		11:25	25		15:28	160
06:27	45		11:27	25		15:30	145
06:30	45		11:30	25		15:33	85
06:32	45		11:32	65		15:35	125
06:35	45		11:35	75		15:38	125
06:37	50		11:37	95		15:40	120
06:40	55		11:40	110		15:43	25
06:42	30		11:42	105		15:45	25
06:45	75		11:45	100		15:48	60
06:47	55		11:47	135		15:50	50
06:50	95		11:50	110		15:53	60
06:52	70		11:52	35		15:58	25
06:55	45		11:55	115		15:55	65
06:57	50		11:57	75		16:00	30
07:00	30		12:00	70		16:03	145
07:02	60		12:02	60		16:05	75
07:05	55		12:05	80		16:08	110
07:07	50		12:07	70		16:10	85
07:10	35		12:10	110		16:13	45
07:12	35		12:12	75		16:15	105
07:15	45		12:15	125		16:18	105
07:17	40		12:17	145		16:20	105
07:20	60		12:20	130		16:23	50
07:22	60		12:22	100		16:25	45
07:25	55		12:25	135		16:28	80
07:27	45		12:27	125		16:30	65
07:30	40		12:30	150		16:33	85
07:32	45		12:32	135		16:35	105
07:35	40		12:35	180		16:38	85
07:37	35		12:37	155		16:40	110
07:40	55		12:40	200		16:43	95
07:42	65		12:42	125		16:45	120
07:45	60		12:45	160		16:48	125
07:47	40		12:47	105		16:50	155
07:50	35		12:50	140		16:52	185
07:52	65		12:52	190		16:55	210
07:55	65		12:55	115		16:58	240
07:57	60		12:57	135		17:00	210
08:00	65		13:00	125		17:03	155
08:02	35		13:02	120		17:05	185
08:05	55		13:05	130		17:07	135
08:07	50		13:07	105		17:10	115
08:10	45		13:10	95		17:12	105
08:12	55		13:12	55		17:15	60
08:15	50		13:15	105		17:17	110
08:17	45		13:17	75		17:20	50
08:20	35		13:20	115		17:23	55
08:22	55		13:22	130		17:25	60
08:25	70		13:25	80		17:28	50
08:27	35		13:27	105		17:30	65
08:30	70		13:30	160		17:33	55
08:32	45		13:32	85		17:35	65
08:35	35		13:35	135		17:38	90
08:37	50		13:37	125		17:40	35
08:40	95		13:40	150		17:43	35
08:42	85		13:42	85		17:45	25
08:45	75		13:45	105		17:48	50
08:47	105		13:47	100		17:50	50
08:50	115		13:50	105		17:53	50
08:52	55		13:52	65		17:55	55
08:55	65		13:55	90		17:58	45
08:57	45		13:57	70		18:00	50
09:00	85		14:00	95			

Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Rabu

SELATAN							
PAGI			SIANG			SORE	
Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)
06:00	3		11:00	160		15:00	595
06:02	5		11:02	115		15:02	485
06:05	17		11:05	150		15:05	465
06:07	11		11:07	115		15:07	395
06:10	25		11:10	65		15:10	325
06:12	20		11:12	45		15:12	375
06:15	27		11:15	65		15:17	365
06:17	35		11:17	60		15:20	340
06:20	41		11:20	40		15:22	225
06:22	36		11:22	55		15:25	265
06:25	28		11:25	175		15:28	235
06:27	25		11:27	135		15:30	145
06:30	24		11:30	125		15:33	155
06:32	45		11:32	115		15:35	155
06:35	20		11:35	115		15:38	105
06:37	46		11:37	127		15:40	205
06:40	52		11:40	125		15:43	175
06:42	33		11:42	125		15:45	201
06:45	55		11:45	75		15:48	165
06:47	40		11:47	45		15:50	145
06:50	28		11:50	47		15:53	165
06:52	19		11:52	80		15:58	140
06:55	39		11:55	86		15:55	155
06:57	71		11:57	85		16:00	135
07:00	27		12:00	65		16:03	195
07:02	41		12:02	75		16:05	165
07:05	95		12:05	83		16:08	195
07:07	55		12:07	120		16:10	225
07:10	52		12:10	95		16:13	205
07:12	45		12:12	130		16:15	210
07:15	51		12:15	145		16:18	155
07:17	35		12:17	146		16:20	235
07:20	26		12:20	155		16:23	275
07:22	38		12:22	115		16:25	280
07:25	35		12:25	80		16:28	290
07:27	40		12:27	175		16:30	280
07:30	36		12:30	205		16:33	325
07:32	55		12:32	305		16:35	285
07:35	53		12:35	355		16:38	270
07:37	40		12:37	345		16:40	240
07:40	25		12:40	275		16:43	220
07:42	40		12:42	205		16:45	190
07:45	35		12:45	225		16:48	225
07:47	61		12:47	320		16:50	210
07:50	29		12:50	215		16:52	205
07:52	45		12:52	195		16:55	160
07:55	43		12:55	235		16:58	225
07:57	57		12:57	230		17:00	180
08:00	26		13:00	255		17:03	145
08:02	65		13:02	215		17:05	145
08:05	55		13:05	190		17:07	95
08:07	66		13:07	195		17:10	130
08:10	28		13:10	145		17:12	125
08:12	60		13:12	180		17:15	85
08:15	31		13:15	195		17:17	100
08:17	73		13:17	235		17:20	85
08:20	48		13:20	255		17:23	115
08:22	37		13:22	280		17:25	120
08:25	63		13:25	245		17:28	145
08:27	60		13:27	285		17:30	105
08:30	35		13:30	270		17:33	115
08:32	55		13:32	245		17:35	95
08:35	37		13:35	200		17:38	110
08:37	50		13:37	185		17:40	45
08:40	52		13:40	205		17:43	70
08:42	60		13:42	200		17:45	65
08:45	35		13:45	175		17:48	60
08:47	55		13:47	170		17:50	60
08:50	48		13:50	205		17:53	41
08:52	60		13:52	205		17:55	65
08:55	36		13:55	260		17:58	115
08:57	67		13:57	245		18:00	125
09:00	35		14:00	240			

Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Rabu

BARAT							
PAGI			SIANG			SORE	
Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)
06:00	30		11:00	25		15:00	445
06:02	45		11:02	55		15:02	415
06:05	50		11:05	55		15:05	475
06:07	55		11:07	75		15:07	480
06:10	45		11:10	70		15:10	470
06:12	35		11:12	45		15:12	465
06:15	15		11:15	35		15:17	460
06:17	10		11:17	45		15:20	445
06:20	30		11:20	75		15:22	440
06:22	35		11:22	155		15:25	425
06:25	25		11:25	75		15:28	335
06:27	55		11:27	65		15:30	315
06:30	65		11:30	45		15:33	320
06:32	45		11:32	55		15:35	300
06:35	55		11:35	55		15:38	275
06:37	50		11:37	50		15:40	275
06:40	55		11:40	95		15:43	280
06:42	40		11:42	85		15:45	245
06:45	55		11:45	45		15:48	250
06:47	50		11:47	50		15:50	185
06:50	55		11:50	60		15:53	220
06:52	50		11:52	65		15:58	255
06:55	65		11:55	65		15:55	230
06:57	65		11:57	85		16:00	215
07:00	45		12:00	85		16:03	205
07:02	25		12:02	95		16:05	205
07:05	25		12:05	95		16:08	220
07:07	45		12:07	105		16:10	190
07:10	45		12:10	105		16:13	200
07:12	65		12:12	65		16:15	150
07:15	65		12:15	85		16:18	165
07:17	55		12:17	105		16:20	155
07:20	50		12:20	85		16:23	170
07:22	50		12:22	75		16:25	175
07:25	55		12:25	125		16:28	175
07:27	35		12:27	215		16:30	185
07:30	45		12:30	205		16:33	215
07:32	35		12:32	205		16:35	205
07:35	115		12:35	205		16:38	240
07:37	45		12:37	215		16:40	215
07:40	45		12:40	195		16:43	260
07:42	45		12:42	245		16:45	230
07:45	50		12:45	225		16:48	240
07:47	50		12:47	215		16:50	285
07:50	60		12:50	245		16:52	290
07:52	55		12:52	305		16:55	315
07:55	65		12:55	245		16:58	285
07:57	95		12:57	315		17:00	390
08:00	95		13:00	335		17:03	400
08:02	65		13:02	355		17:05	415
08:05	65		13:05	365		17:07	440
08:07	55		13:07	345		17:10	445
08:10	50		13:10	405		17:12	410
08:12	45		13:12	425		17:15	385
08:15	35		13:15	465		17:17	340
08:17	65		13:17	385		17:20	375
08:20	85		13:20	355		17:23	260
08:22	85		13:22	340		17:25	265
08:25	135		13:25	365		17:28	250
08:27	95		13:27	375		17:30	235
08:30	45		13:30	380		17:33	285
08:32	55		13:32	355		17:35	305
08:35	65		13:35	325		17:38	320
08:37	60		13:37	295		17:40	330
08:40	35		13:40	300		17:43	320
08:42	95		13:42	275		17:45	295
08:45	85		13:45	240		17:48	310
08:47	75		13:47	235		17:50	255
08:50	75		13:50	240		17:53	205
08:52	50		13:52	275		17:55	210
08:55	35		13:55	230		17:58	160
08:57	55		13:57	225		18:00	180
09:00	75		14:00	235			

Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Jumat

UTARA							
PAGI			SIANG			SORE	
Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)
06:00	25		11:00	47		15:00	35
06:02	20		11:02	15		15:02	45
06:05	35		11:05	35		15:05	55
06:07	30		11:07	25		15:07	30
06:10	15		11:10	35		15:10	35
06:12	35		11:12	35		15:12	30
06:15	15		11:15	35		15:17	60
06:17	20		11:17	30		15:20	73
06:20	25		11:20	55		15:22	35
06:22	5		11:22	30		15:25	45
06:25	20		11:25	55		15:28	55
06:27	25		11:27	30		15:30	35
06:30	0		11:30	50		15:33	25
06:32	15		11:32	55		15:35	45
06:35	15		11:35	52		15:38	40
06:37	23		11:37	30		15:40	45
06:40	45		11:40	48		15:43	25
06:42	15		11:42	30		15:45	70
06:45	10		11:45	40		15:48	30
06:47	20		11:47	15		15:50	35
06:50	55		11:50	50		15:53	20
06:52	15		11:52	53		15:58	45
06:55	25		11:55	50		15:55	55
06:57	10		11:57	15		16:00	65
07:00	15		12:00	55		16:03	95
07:02	35		12:02	25		16:05	60
07:05	10		12:05	30		16:08	35
07:07	20		12:07	30		16:10	35
07:10	15		12:10	33		16:13	30
07:12	15		12:12	15		16:15	45
07:15	20		12:15	30		16:18	60
07:17	20		12:17	40		16:20	70
07:20	10		12:20	25		16:23	0
07:22	33		12:22	20		16:25	95
07:25	25		12:25	30		16:28	65
07:27	23		12:27	25		16:30	80
07:30	37		12:30	37		16:33	75
07:32	15		12:32	40		16:35	85
07:35	47		12:35	10		16:38	70
07:37	25		12:37	25		16:40	75
07:40	50		12:40	35		16:43	70
07:42	40		12:42	45		16:45	115
07:45	45		12:45	35		16:48	130
07:47	30		12:47	55		16:50	125
07:50	50		12:50	50		16:52	145
07:52	25		12:52	65		16:55	130
07:55	43		12:55	100		16:58	150
07:57	30		12:57	80		17:00	90
08:00	55		13:00	75		17:03	85
08:02	27		13:02	110		17:05	105
08:05	25		13:05	175		17:07	65
08:07	25		13:07	90		17:10	85
08:10	40		13:10	65		17:12	25
08:12	25		13:12	50		17:15	70
08:15	50		13:15	60		17:17	65
08:17	35		13:17	55		17:20	60
08:20	15		13:20	85		17:23	40
08:22	37		13:22	105		17:25	50
08:25	29		13:25	75		17:28	55
08:27	20		13:27	60		17:30	20
08:30	55		13:30	70		17:33	25
08:32	47		13:32	95		17:35	10
08:35	20		13:35	100		17:38	15
08:37	30		13:37	125		17:40	15
08:40	10		13:40	100		17:43	60
08:42	25		13:42	75		17:45	50
08:45	35		13:45	75		17:48	40
08:47	25		13:47	85		17:50	35
08:50	15		13:50	55		17:53	25
08:52	45		13:52	70		17:55	40
08:55	15		13:55	75		17:58	25
08:57	25		13:57	90		18:00	40
09:00	25		14:00	80			

Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Jumat

TIMUR							
PAGI			SIANG			SORE	
Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)
06:00	15		11:00	150		15:00	55
06:02	40		11:02	195		15:02	95
06:05	35		11:05	225		15:05	60
06:07	60		11:07	190		15:07	65
06:10	45		11:10	185		15:10	75
06:12	50		11:12	165		15:12	70
06:15	60		11:15	175		15:17	65
06:17	55		11:17	190		15:20	85
06:20	50		11:20	145		15:22	30
06:22	30		11:22	75		15:25	80
06:25	35		11:25	65		15:28	150
06:27	55		11:27	55		15:30	145
06:30	40		11:30	65		15:33	115
06:32	55		11:32	45		15:35	125
06:35	55		11:35	55		15:38	95
06:37	40		11:37	85		15:40	80
06:40	55		11:40	110		15:43	25
06:42	30		11:42	95		15:45	35
06:45	45		11:45	80		15:48	60
06:47	75		11:47	135		15:50	60
06:50	55		11:50	120		15:53	65
06:52	60		11:52	35		15:58	35
06:55	75		11:55	95		15:55	55
06:57	45		11:57	65		16:00	70
07:00	25		12:00	50		16:03	145
07:02	65		12:02	80		16:05	95
07:05	55		12:05	40		16:08	100
07:07	45		12:07	50		16:10	115
07:10	45		12:10	100		16:13	55
07:12	40		12:12	75		16:15	85
07:15	50		12:15	135		16:18	105
07:17	40		12:17	125		16:20	75
07:20	60		12:20	110		16:23	90
07:22	70		12:22	70		16:25	65
07:25	55		12:25	145		16:28	70
07:27	55		12:27	125		16:30	85
07:30	40		12:30	140		16:33	95
07:32	50		12:32	115		16:35	145
07:35	40		12:35	160		16:38	85
07:37	55		12:37	165		16:40	150
07:40	65		12:40	170		16:43	95
07:42	65		12:42	165		16:45	140
07:45	55		12:45	130		16:48	115
07:47	45		12:47	125		16:50	165
07:50	30		12:50	160		16:52	195
07:52	55		12:52	210		16:55	210
07:55	60		12:55	85		16:58	260
07:57	60		12:57	125		17:00	210
08:00	60		13:00	95		17:03	145
08:02	25		13:02	150		17:05	175
08:05	65		13:05	140		17:07	155
08:07	60		13:07	135		17:10	95
08:10	55		13:10	65		17:12	105
08:12	60		13:12	95		17:15	100
08:15	50		13:15	105		17:17	100
08:17	50		13:17	115		17:20	60
08:20	65		13:20	115		17:23	65
08:22	50		13:22	130		17:25	55
08:25	60		13:25	80		17:28	40
08:27	45		13:27	125		17:30	55
08:30	65		13:30	140		17:33	55
08:32	45		13:32	105		17:35	75
08:35	35		13:35	135		17:38	90
08:37	50		13:37	85		17:40	65
08:40	65		13:40	130		17:43	25
08:42	75		13:42	85		17:45	25
08:45	75		13:45	95		17:48	50
08:47	75		13:47	110		17:50	55
08:50	115		13:50	105		17:53	55
08:52	65		13:52	75		17:55	50
08:55	95		13:55	90		17:58	25
08:57	75		13:57	70		18:00	70
09:00	55		14:00	125			

Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Jumat

SELATAN							
PAGI			SIANG			SORE	
Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)
06:00	13		11:00	140		15:00	565
06:02	10		11:02	125		15:02	485
06:05	17		11:05	160		15:05	485
06:07	11		11:07	95		15:07	395
06:10	25		11:10	75		15:10	335
06:12	15		11:12	75		15:12	385
06:15	17		11:15	45		15:17	345
06:17	25		11:17	65		15:20	320
06:20	41		11:20	40		15:22	255
06:22	66		11:22	85		15:25	285
06:25	23		11:25	165		15:28	235
06:27	25		11:27	145		15:30	165
06:30	14		11:30	125		15:33	165
06:32	35		11:32	105		15:35	175
06:35	20		11:35	85		15:38	105
06:37	51		11:37	117		15:40	195
06:40	52		11:40	115		15:43	185
06:42	33		11:42	115		15:45	211
06:45	50		11:45	65		15:48	155
06:47	45		11:47	55		15:50	165
06:50	28		11:50	37		15:53	125
06:52	9		11:52	60		15:58	130
06:55	44		11:55	116		15:55	125
06:57	61		11:57	75		16:00	125
07:00	22		12:00	65		16:03	195
07:02	41		12:02	105		16:05	145
07:05	85		12:05	63		16:08	155
07:07	75		12:07	140		16:10	235
07:10	52		12:10	105		16:13	235
07:12	55		12:12	140		16:15	190
07:15	41		12:15	135		16:18	175
07:17	25		12:17	146		16:20	215
07:20	31		12:20	145		16:23	255
07:22	38		12:22	95		16:25	260
07:25	35		12:25	70		16:28	280
07:27	40		12:27	195		16:30	270
07:30	41		12:30	195		16:33	315
07:32	55		12:32	305		16:35	275
07:35	58		12:35	325		16:38	280
07:37	40		12:37	365		16:40	230
07:40	25		12:40	265		16:43	230
07:42	45		12:42	205		16:45	200
07:45	35		12:45	225		16:48	225
07:47	71		12:47	310		16:50	210
07:50	49		12:50	195		16:52	175
07:52	25		12:52	195		16:55	180
07:55	53		12:55	205		16:58	245
07:57	62		12:57	220		17:00	160
08:00	46		13:00	235		17:03	185
08:02	45		13:02	185		17:05	165
08:05	45		13:05	200		17:07	95
08:07	61		13:07	195		17:10	110
08:10	18		13:10	155		17:12	95
08:12	55		13:12	140		17:15	115
08:15	31		13:15	235		17:17	110
08:17	63		13:17	265		17:20	105
08:20	53		13:20	265		17:23	115
08:22	42		13:22	260		17:25	100
08:25	58		13:25	245		17:28	115
08:27	60		13:27	255		17:30	115
08:30	35		13:30	230		17:33	105
08:32	60		13:32	215		17:35	105
08:35	42		13:35	190		17:38	100
08:37	55		13:37	205		17:40	75
08:40	57		13:40	195		17:43	60
08:42	60		13:42	170		17:45	55
08:45	40		13:45	185		17:48	65
08:47	50		13:47	190		17:50	70
08:50	58		13:50	165		17:53	61
08:52	60		13:52	235		17:55	75
08:55	36		13:55	250		17:58	125
08:57	62		13:57	225		18:00	125
09:00	35		14:00	250			

Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Jumat

BARAT							
PAGI			SIANG			SORE	
Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)
06:00	35		11:00	45		15:00	425
06:02	45		11:02	55		15:02	445
06:05	45		11:05	75		15:05	455
06:07	75		11:07	85		15:07	480
06:10	55		11:10	40		15:10	490
06:12	45		11:12	85		15:12	455
06:15	15		11:15	35		15:17	470
06:17	10		11:17	25		15:20	465
06:20	40		11:20	65		15:22	440
06:22	30		11:22	155		15:25	395
06:25	30		11:25	55		15:28	345
06:27	35		11:27	55		15:30	335
06:30	35		11:30	85		15:33	300
06:32	65		11:32	45		15:35	310
06:35	45		11:35	60		15:38	275
06:37	55		11:37	55		15:40	255
06:40	45		11:40	65		15:43	280
06:42	30		11:42	85		15:45	255
06:45	55		11:45	45		15:48	220
06:47	45		11:47	55		15:50	225
06:50	55		11:50	65		15:53	250
06:52	50		11:52	45		15:58	265
06:55	75		11:55	85		15:55	240
06:57	65		11:57	65		16:00	225
07:00	55		12:00	65		16:03	185
07:02	35		12:02	95		16:05	195
07:05	35		12:05	115		16:08	210
07:07	50		12:07	105		16:10	170
07:10	35		12:10	95		16:13	200
07:12	60		12:12	75		16:15	170
07:15	65		12:15	55		16:18	185
07:17	35		12:17	125		16:20	155
07:20	45		12:20	125		16:23	170
07:22	50		12:22	65		16:25	135
07:25	50		12:25	145		16:28	135
07:27	30		12:27	215		16:30	195
07:30	35		12:30	215		16:33	235
07:32	25		12:32	225		16:35	235
07:35	135		12:35	165		16:38	270
07:37	75		12:37	205		16:40	255
07:40	45		12:40	215		16:43	260
07:42	55		12:42	215		16:45	220
07:45	55		12:45	225		16:48	260
07:47	55		12:47	195		16:50	265
07:50	55		12:50	245		16:52	300
07:52	65		12:52	305		16:55	285
07:55	65		12:55	265		16:58	245
07:57	105		12:57	335		17:00	360
08:00	65		13:00	335		17:03	400
08:02	75		13:02	385		17:05	415
08:05	45		13:05	385		17:07	410
08:07	65		13:07	375		17:10	445
08:10	50		13:10	405		17:12	420
08:12	55		13:12	445		17:15	345
08:15	45		13:15	465		17:17	330
08:17	65		13:17	385		17:20	345
08:20	45		13:20	365		17:23	260
08:22	95		13:22	350		17:25	225
08:25	105		13:25	355		17:28	250
08:27	105		13:27	395		17:30	225
08:30	65		13:30	370		17:33	275
08:32	45		13:32	325		17:35	295
08:35	65		13:35	325		17:38	310
08:37	60		13:37	285		17:40	350
08:40	75		13:40	280		17:43	340
08:42	85		13:42	265		17:45	295
08:45	45		13:45	270		17:48	270
08:47	75		13:47	275		17:50	245
08:50	55		13:50	250		17:53	195
08:52	45		13:52	245		17:55	220
08:55	75		13:55	260		17:58	190
08:57	65		13:57	245		18:00	210
09:00	85		14:00	245			

Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Sabtu

UTARA							
PAGI			SIANG			SORE	
Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)
06:00	30		11:00	62		15:00	80
06:02	35		11:02	30		15:02	80
06:05	40		11:05	40		15:05	60
06:07	40		11:07	30		15:07	40
06:10	20		11:10	40		15:10	40
06:12	40		11:12	40		15:12	40
06:15	25		11:15	40		15:17	65
06:17	30		11:17	40		15:20	78
06:20	40		11:20	70		15:22	50
06:22	20		11:22	40		15:25	60
06:25	25		11:25	70		15:28	60
06:27	30		11:27	40		15:30	40
06:30	10		11:30	60		15:33	40
06:32	30		11:32	60		15:35	50
06:35	30		11:35	62		15:38	50
06:37	38		11:37	40		15:40	50
06:40	60		11:40	58		15:43	40
06:42	30		11:42	40		15:45	85
06:45	8		11:45	50		15:48	40
06:47	30		11:47	20		15:50	40
06:50	60		11:50	65		15:53	30
06:52	30		11:52	58		15:58	60
06:55	40		11:55	60		15:55	70
06:57	20		11:57	30		16:00	100
07:00	30		12:00	70		16:03	150
07:02	40		12:02	40		16:05	70
07:05	20		12:05	40		16:08	40
07:07	30		12:07	40		16:10	50
07:10	20		12:10	38		16:13	40
07:12	20		12:12	25		16:15	60
07:15	30		12:15	45		16:18	85
07:17	35		12:17	50		16:20	105
07:20	25		12:20	40		16:23	10
07:22	48		12:22	30		16:25	120
07:25	40		12:25	45		16:28	110
07:27	28		12:27	40		16:30	125
07:30	42		12:30	42		16:33	130
07:32	25		12:32	55		16:35	130
07:35	62		12:35	25		16:38	125
07:37	40		12:37	40		16:40	110
07:40	60		12:40	40		16:43	105
07:42	45		12:42	100		16:45	140
07:45	60		12:45	80		16:48	165
07:47	40		12:47	60		16:50	180
07:50	60		12:50	60		16:52	200
07:52	40		12:52	120		16:55	175
07:55	58		12:55	135		16:58	165
07:57	40		12:57	125		17:00	145
08:00	60		13:00	120		17:03	120
08:02	42		13:02	135		17:05	120
08:05	40		13:05	210		17:07	100
08:07	40		13:07	105		17:10	100
08:10	50		13:10	90		17:12	80
08:12	40		13:12	95		17:15	75
08:15	55		13:15	95		17:17	70
08:17	40		13:17	90		17:20	70
08:20	30		13:20	100		17:23	55
08:22	42		13:22	120		17:25	60
08:25	44		13:25	110		17:28	60
08:27	35		13:27	105		17:30	10
08:30	60		13:30	115		17:33	20
08:32	62		13:32	130		17:35	20
08:35	30		13:35	135		17:38	20
08:37	40		13:37	140		17:40	20
08:40	20		13:40	145		17:43	70
08:42	40		13:42	130		17:45	60
08:45	40		13:45	120		17:48	50
08:47	40		13:47	100		17:50	40
08:50	30		13:50	90		17:53	40
08:52	60		13:52	95		17:55	45
08:55	30		13:55	90		17:58	40
08:57	40		13:57	105		18:00	55
09:00	30		14:00	115			

Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Sabtu

TIMUR							
PAGI			SIANG			SORE	
Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)
06:00	30		11:00	185		15:00	80
06:02	45		11:02	240		15:02	110
06:05	80		11:05	250		15:05	105
06:07	70		11:07	245		15:07	100
06:10	60		11:10	220		15:10	110
06:12	60		11:12	210		15:12	75
06:15	65		11:15	220		15:17	100
06:17	70		11:17	245		15:20	100
06:20	60		11:20	160		15:22	85
06:22	40		11:22	100		15:25	125
06:25	50		11:25	80		15:28	185
06:27	60		11:27	80		15:30	180
06:30	55		11:30	80		15:33	140
06:32	60		11:32	100		15:35	150
06:35	60		11:35	100		15:38	140
06:37	55		11:37	110		15:40	135
06:40	60		11:40	135		15:43	80
06:42	40		11:42	130		15:45	80
06:45	90		11:45	115		15:48	85
06:47	90		11:47	160		15:50	65
06:50	110		11:50	135		15:53	70
06:52	95		11:52	80		15:58	80
06:55	100		11:55	130		15:55	90
06:57	60		11:57	100		16:00	85
07:00	40		12:00	95		16:03	170
07:02	75		12:02	115		16:05	130
07:05	70		12:05	95		16:08	125
07:07	60		12:07	85		16:10	130
07:10	50		12:10	125		16:13	100
07:12	50		12:12	110		16:15	120
07:15	60		12:15	180		16:18	130
07:17	50		12:17	180		16:20	120
07:20	65		12:20	145		16:23	105
07:22	85		12:22	125		16:25	80
07:25	70		12:25	160		16:28	105
07:27	60		12:27	180		16:30	120
07:30	45		12:30	175		16:33	140
07:32	60		12:32	150		16:35	160
07:35	55		12:35	195		16:38	140
07:37	80		12:37	210		16:40	165
07:40	90		12:40	215		16:43	120
07:42	70		12:42	180		16:45	155
07:45	70		12:45	175		16:48	160
07:47	50		12:47	150		16:50	200
07:50	45		12:50	195		16:52	220
07:52	70		12:52	225		16:55	245
07:55	75		12:55	140		16:58	295
07:57	65		12:57	160		17:00	265
08:00	70		13:00	140		17:03	200
08:02	80		13:02	165		17:05	200
08:05	80		13:05	175		17:07	190
08:07	65		13:07	150		17:10	150
08:10	60		13:10	110		17:12	120
08:12	70		13:12	110		17:15	115
08:15	60		13:15	120		17:17	125
08:17	60		13:17	130		17:20	65
08:20	80		13:20	140		17:23	80
08:22	65		13:22	145		17:25	65
08:25	95		13:25	125		17:28	95
08:27	80		13:27	160		17:30	90
08:30	75		13:30	195		17:33	70
08:32	90		13:32	140		17:35	100
08:35	90		13:35	160		17:38	125
08:37	60		13:37	140		17:40	90
08:40	110		13:40	165		17:43	80
08:42	110		13:42	130		17:45	80
08:45	120		13:45	140		17:48	60
08:47	130		13:47	145		17:50	65
08:50	140		13:50	150		17:53	60
08:52	80		13:52	120		17:55	65
08:55	120		13:55	115		17:58	80
08:57	100		13:57	125		18:00	85
09:00	100		14:00	140			

Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Sabtu

SELATAN							
PAGI			SIANG			SORE	
Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)
06:00	18		11:00	175		15:00	620
06:02	20		11:02	160		15:02	500
06:05	32		11:05	185		15:05	520
06:07	26		11:07	140		15:07	450
06:10	30		11:10	120		15:10	380
06:12	30		11:12	90		15:12	420
06:15	32		11:15	100		15:17	390
06:17	40		11:17	70		15:20	375
06:20	46		11:20	55		15:22	270
06:22	81		11:22	100		15:25	300
06:25	33		11:25	200		15:28	280
06:27	40		11:27	190		15:30	200
06:30	29		11:30	160		15:33	180
06:32	50		11:32	150		15:35	200
06:35	25		11:35	140		15:38	140
06:37	61		11:37	152		15:40	230
06:40	62		11:40	150		15:43	220
06:42	38		11:42	150		15:45	226
06:45	65		11:45	110		15:48	210
06:47	50		11:47	100		15:50	190
06:50	38		11:50	82		15:53	180
06:52	24		11:52	105		15:58	175
06:55	49		11:55	141		15:55	180
06:57	76		11:57	120		16:00	150
07:00	32		12:00	90		16:03	220
07:02	86		12:02	120		16:05	200
07:05	140		12:05	118		16:08	210
07:07	100		12:07	155		16:10	250
07:10	62		12:10	150		16:13	250
07:12	60		12:12	155		16:15	245
07:15	86		12:15	180		16:18	200
07:17	80		12:17	161		16:20	270
07:20	36		12:20	170		16:23	300
07:22	43		12:22	130		16:25	305
07:25	50		12:25	125		16:28	315
07:27	45		12:27	220		16:30	325
07:30	51		12:30	240		16:33	360
07:32	80		12:32	340		16:35	310
07:35	68		12:35	380		16:38	295
07:37	55		12:37	400		16:40	265
07:40	80		12:40	320		16:43	275
07:42	50		12:42	220		16:45	245
07:45	80		12:45	280		16:48	280
07:47	76		12:47	355		16:50	235
07:50	84		12:50	250		16:52	230
07:52	80		12:52	210		16:55	205
07:55	58		12:55	250		16:58	280
07:57	72		12:57	265		17:00	205
08:00	81		13:00	270		17:03	200
08:02	80		13:02	240		17:05	180
08:05	60		13:05	235		17:07	140
08:07	71		13:07	220		17:10	165
08:10	33		13:10	200		17:12	140
08:12	70		13:12	195		17:15	140
08:15	36		13:15	250		17:17	145
08:17	78		13:17	280		17:20	130
08:20	63		13:20	300		17:23	150
08:22	47		13:22	295		17:25	145
08:25	68		13:25	290		17:28	160
08:27	70		13:27	300		17:30	150
08:30	80		13:30	285		17:33	160
08:32	65		13:32	270		17:35	140
08:35	52		13:35	245		17:38	145
08:37	60		13:37	230		17:40	100
08:40	62		13:40	230		17:43	95
08:42	65		13:42	225		17:45	90
08:45	50		13:45	210		17:48	70
08:47	60		13:47	205		17:50	75
08:50	63		13:50	220		17:53	86
08:52	70		13:52	250		17:55	90
08:55	51		13:55	275		17:58	160
08:57	72		13:57	280		18:00	170
09:00	80		14:00	285			

Lampiran 3 Formulir Survei Panjang Antrian Sabtu

BARAT							
PAGI			SIANG			SORE	
Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)		Pukul Terjadi Antrian	Panjang Antrian (m)
06:00	45		11:00	80		15:00	480
06:02	50		11:02	90		15:02	460
06:05	60		11:05	100		15:05	500
06:07	100		11:07	120		15:07	515
06:10	60		11:10	85		15:10	505
06:12	50		11:12	100		15:12	490
06:15	30		11:15	90		15:17	485
06:17	20		11:17	80		15:20	480
06:20	45		11:20	110		15:22	485
06:22	40		11:22	210		15:25	450
06:25	40		11:25	100		15:28	390
06:27	80		11:27	100		15:30	350
06:30	80		11:30	100		15:33	345
06:32	80		11:32	100		15:35	325
06:35	80		11:35	70		15:38	290
06:37	60		11:37	60		15:40	300
06:40	60		11:40	120		15:43	305
06:42	45		11:42	100		15:45	270
06:45	60		11:45	90		15:48	275
06:47	60		11:47	60		15:50	240
06:50	70		11:50	70		15:53	275
06:52	65		11:52	90		15:58	290
06:55	90		11:55	110		15:55	265
06:57	80		11:57	100		16:00	270
07:00	60		12:00	120		16:03	240
07:02	40		12:02	130		16:05	240
07:05	40		12:05	130		16:08	235
07:07	60		12:07	140		16:10	205
07:10	80		12:10	140		16:13	215
07:12	70		12:12	110		16:15	195
07:15	80		12:15	110		16:18	200
07:17	80		12:17	150		16:20	200
07:20	60		12:20	140		16:23	185
07:22	60		12:22	110		16:25	190
07:25	60		12:25	160		16:28	190
07:27	40		12:27	240		16:30	210
07:30	50		12:30	260		16:33	270
07:32	80		12:32	240		16:35	250
07:35	160		12:35	220		16:38	285
07:37	100		12:37	230		16:40	270
07:40	100		12:40	250		16:43	275
07:42	60		12:42	260		16:45	275
07:45	60		12:45	270		16:48	285
07:47	60		12:47	250		16:50	300
07:50	65		12:50	260		16:52	345
07:52	70		12:52	320		16:55	330
07:55	100		12:55	300		16:58	300
07:57	120		12:57	360		17:00	415
08:00	110		13:00	390		17:03	425
08:02	110		13:02	410		17:05	450
08:05	100		13:05	420		17:07	465
08:07	90		13:07	400		17:10	460
08:10	60		13:10	430		17:12	465
08:12	80		13:12	460		17:15	400
08:15	80		13:15	480		17:17	375
08:17	90		13:17	440		17:20	390
08:20	100		13:20	390		17:23	295
08:22	140		13:22	385		17:25	280
08:25	160		13:25	400		17:28	285
08:27	140		13:27	410		17:30	280
08:30	80		13:30	405		17:33	310
08:32	60		13:32	380		17:35	340
08:35	100		13:35	350		17:38	355
08:37	65		13:37	340		17:40	375
08:40	90		13:40	325		17:43	365
08:42	110		13:42	300		17:45	330
08:45	100		13:45	295		17:48	325
08:47	100		13:47	290		17:50	300
08:50	100		13:50	295		17:53	250
08:52	60		13:52	300		17:55	245
08:55	90		13:55	275		17:58	215
08:57	70		13:57	280		18:00	225
09:00	100		14:00	290			

Lampiran 4 Formulir Survei *Driving Behavior*

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

Lampiran 4 Formulir Survei Hambatan Samping

Utara :Hambatan Samping Sedang														
NO	Waktu	sisi sebelah Kiri						sisi sebelah Kanan						
		Pejalan Kaki		Kendaraan Berhenti		Kendaraan Keluar Masuk		Pejalan Kaki		Kendaraan Berhenti		Kendaraan Keluar Masuk		
		Orang	Bobot (0,5)	Kend	Bobot (1,0)	Kend	Bobot (0,7)	Orang	Bobot (0,5)	Kend	Bobot (1,0)	Kend	Bobot (0,7)	
1	16.15-16.30	6	3	24	24	41	28,7	4	2	15	15	43	30,1	
2	16.30-16.45	7	3,5	14	14	26	18,2	5	2,5	16	16	37	25,9	
3	16.45-17.00	10	5	21	21	44	30,8	13	6,5	15	15	39	27,3	
4	17.00-17.15	8	4	15	15	29	20,3	7	3,5	17	17	44	30,8	
			15,5		74		98		14,5		63		114,1	
						Total =	379,1							
Timur :Hambatan Samping Rendah														
NO	Waktu	sisi sebelah Kiri						sisi sebelah Kanan						
		Pejalan Kaki		Kendaraan Berhenti		Kendaraan Keluar Masuk		Pejalan Kaki		Kendaraan Berhenti		Kendaraan Keluar Masuk		
		Orang	Bobot (0,5)	Kend	Bobot (1,0)	Kend	Bobot (0,7)	Orang	Bobot (0,5)	Kend	Bobot (1,0)	Kend	Bobot (0,7)	
1	16.15-16.30	2	1	1	1	25	17,5	2	1	4	4	26	18,2	
2	16.30-16.45	0	0	1	1	34	23,8	1	0,5	2	2	43	30,1	
3	16.45-17.00	3	1,5	2	2	29	20,3	0	0	1	1	38	26,6	
4	17.00-17.15	0	0	1	1	21	14,7	2	1	3	3	35	24,5	
			2,5		5		76,3		2,5		10		99,4	
						Total =	195,7							
Barat :Hambatan Samping Rendah														
NO	Waktu	sisi sebelah Kiri						sisi sebelah Kanan						
		Pejalan Kaki		Kendaraan Berhenti		Kendaraan Keluar Masuk		Pejalan Kaki		Kendaraan Berhenti		Kendaraan Keluar Masuk		
		Orang	Bobot (0,5)	Kend	Bobot (1,0)	Kend	Bobot (0,7)	Orang	Bobot (0,5)	Kend	Bobot (1,0)	Kend	Bobot (0,7)	
1	16.15-16.30	3	1,5	4	4	28	19,6	3	1,5	2	2	4	2,8	
2	16.30-16.45	0	0	4	4	22	15,4	0	0	3	3	5	3,5	
3	16.45-17.00	2	1	2	2	19	13,3	5	2,5	1	1	4	2,8	
4	17.00-17.15	2	1	4	4	23	16,1	0	0	3	3	5	3,5	
			3,5		14		64,4		4		9		12,6	
						Total =	107,5							
Selatan :Hambatan Samping Sedang														
NO	Waktu	sisi sebelah Kiri						sisi sebelah Kanan						
		Pejalan Kaki		Kendaraan Berhenti		Kendaraan Keluar Masuk		Pejalan Kaki		Kendaraan Berhenti		Kendaraan Keluar Masuk		
		Orang	Bobot (0,5)	Kend	Bobot (1,0)	Kend	Bobot (0,7)	Orang	Bobot (0,5)	Kend	Bobot (1,0)	Kend	Bobot (0,7)	
1	16.15-16.30	11	5,5	21	21	30	21	11	5,5	21	21	31	21,7	
2	16.30-16.45	15	7,5	19	19	17	11,9	12	6	19	19	23	16,1	
3	16.45-17.00	10	5	22	22	23	16,1	19	9,5	25	25	25	17,5	
4	17.00-17.15	8	4	16	16	29	20,3	7	3,5	10	10	31	21,7	
			22		78		69,3		24,5		75		77	
						Total =	345,8							

Lampiran 5 Formulir Survei Kecepatan

Utara					
SEPEDA MOTOR (SM)		MOBIL PENUMPANG (MP)		KENDARAAN SEDANG (KS)	
NO	KECEPATAN	NO	KECEPATAN	NO	KECEPATAN
	(km/jam)		(km/jam)		(km/jam)
1	44.1	1	39.2		
2	43.5	2	38.5		
3	45.2	3	40.1		
4	42.8	4	37.8		
5	46.0	5	39.9		
6	43.0	6	38.0		
7	44.7	7	39.6		
8	41.9	8	37.0		
9	45.5	9	39.4		
10	44.3	10	38.8		
11	43.8				
12	45.9				
13	42.5				
14	44.4				
15	43.2				
16	45.0				
17	42.0				
18	44.8				
19	43.6				
20	44.2				

Lampiran 5 Formulir Survei Kecepatan

Timur					
SEPEDA MOTOR (SM)		MOBIL PENUMPANG (MP)		KENDARAAN SEDANG (KS)	
NO	KECEPATAN	NO	KECEPATAN	NO	KECEPATAN
	(km/jam)		(km/jam)		(km/jam)
1	56.8	1	50.1	1	41.8
2	55.5	2	49.0	2	40.5
3	57.9	3	51.2	3	42.5
4	54.2	4	48.2	4	41.0
5	58.5	5	50.8	5	40.2
6	55.0	6	48.5		
7	57.2	7	50.5		
8	53.8	8	47.8		
9	58.0	9	50.3		
10	56.5	10	49.5		
11	55.8				
12	58.2				
13	54.5				
14	56.9				
15	55.2				
16	57.5				
17	54.0				
18	57.0				
19	55.6				
20	56.3				

Lampiran 5 Formulir Survei Kecepatan

Selatan					
SEPEDA MOTOR (SM)		MOBIL PENUMPANG (MP)		KENDARAAN SEDANG (KS)	
NO	KECEPATAN	NO	KECEPATAN	NO	KECEPATAN
	(km/jam)		(km/jam)		(km/jam)
1	53.2	1	47.5	1	39.2
2	52.0	2	46.5		
3	54.5	3	48.8		
4	51.0	4	45.8		
5	55.0	5	48.2		
6	52.5	6	46.0		
7	54.0	7	47.9		
8	50.5	8	45.2		
9	54.2	9	48.0		
10	53.0	10	47.0		
11	52.8				
12	54.8				
13	51.5				
14	53.5				
15	52.2				
16	54.5				
17	51.0				
18	53.8				
19	52.5				
20	53.2				

Lampiran 5 Formulir Survei Kecepatan

Barat					
SEPEDA MOTOR (SM)		MOBIL PENUMPANG (MP)		KENDARAAN SEDANG (KS)	
NO	KECEPATAN	NO	KECEPATAN	NO	KECEPATAN
	(km/jam)		(km/jam)		(km/jam)
1	57.8	1	50.3	1	42.0
2	56.5	2	49.2	2	40.8
3	59.0	3	51.5	3	42.8
4	55.2	4	48.5	4	41.2
5	59.5	5	51.0	5	40.5
6	56.0	6	48.8		
7	58.5	7	50.8		
8	54.8	8	48.0		
9	59.2	9	50.5		
10	57.5	10	49.5		
11	56.8				
12	59.0				
13	55.5				
14	57.9				
15	56.2				
16	58.8				
17	55.0				
18	58.2				
19	56.5				
20	57.3				

Lampiran 6 Formulir *U-turn* (Jam Puncak)

Hari: Sabtu

Sesi: Sore

WAKTU	Putar Balik (U-Turn)	
	Panjang Antrean (m)	Waktu Tundaan (detik)
16.15-16.30	20	9
	8	13
	12	33
	16	12
	60	45
	55	38
	58	10
16.30-16.45	45	20
	20	35
	60	32
	100	51
	85	24
16.45-17.00	36	52
	12	50
	41	15
	32	49
	50	60
	8	35
17.00-17.15	10	12
	16	18
	21	15
	12	13

Hari: Sabtu

Sesi: Sore

WAKTU	VOLUME PUTAR BALIK	
	SM	MP
16:15 – 16:30	40	26
16:30 – 16:45	45	31
16:45 – 17:00	38	25
17:00 – 17:15	30	12