TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA SIMPANG APILL MM UGM

(PERFORMANCE EVALUATION OF MM UGM SIGNALIZED INTERSECTIONS)

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

M. Fadil Maulana

20511114

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2025

TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA SIMPANG APILL MM UGM
(PERFORMANCE EVALUATION OF MM UGM SIGNALIZED INTERSECTIONS)

Disusun oleh

M FADIL MAULANA
20511114

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

Diuji pada tanggal 26 Februari 2025
Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Pravogo Afang Pravitno, S.T., M.Sc.	**Ir. Subarkah, M.T.**	**Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.**
NIK: 205111303	**NIK: 865110101**	**NIK: 215111307**

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

6/3 2025

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

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 27 Februari 2025

Yang membuat pernyataan,



M. Fadil Maulana

(20511114)

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) dengan judul "Evaluasi Kinerja Simpang APILL MM UGM" dengan lancar. Shalawat serta salam selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam, keluarga, sahabat dan pengikut beliau hingga akhir zaman

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak kendala yang ada, namun berkat kritik, saran, serta dukungan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Berkaitan dengan hal ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulis yang telah memberikan ilmunya, membantu, menasehati, mengarahkan, dan juga membimbing selama proses pengerjaan Tugas Akhir berlangsung.
2. Bapak Ir. Subarkah, M.T. selaku dosen penguji tugas akhir penulis
3. Bapak Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T. selaku dosen penguji tugas akhir penulis
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D (Eng)., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Seluruh dosen FTSP UII yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama menempuh studi di Program Studi Teknik Sipil, FTSP UII.
6. Ayah penulis Alm. Drs. M. Dedy Supriadi, dan Ibu penulis Eem Emilia yang setiap saat selalu memberi dukungan, arahan dan semangat, serta bantuan secara materiil maupun non-materiil untuk menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. M. Adrian Nugraha dan M. Raihan Revansyah, saudara kandung penulis yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

8. Ibil, Bang Ken, Habib, Ishom, Bintang, Fadel, Vito, Deni, Dadung, Sigit, Akmal, Alip, Mine, Aldi, Khairul, Hanif, Roby, Rama, teman-teman KKN, teman teman SMA, Mas Anyong, Bang Arsyad dan semua sahabat penulis yang selalu membantu dan menemani penulis.
9. Teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2020 Universitas Islam Indonesia. Terima kasih telah membersamai dan saling membantu.

Dengan ini, penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya. Namun, saya sendiri sadar bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih ada kesalahan dari saya sendiri. Oleh karena itu, saya berharap bagi pembaca supaya dapat memberikan kritik dan saran yang membangun supaya penulis menjadi lebih baik di masa mendatang.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR TABEL x

DAFTAR GAMBAR xiii

DAFTAR LAMPIRAN xvi

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xvii

ABSTRAK xx

ABSTRACT xxi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 5

1.3 Tujuan Penelitian 5

1.4 Manfaat Penelitian 5

1.5 Batasan Penelitian 6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 8

2.1 Tinjauan Umum 8

2.2 Evaluasi Kinerja Simpang APILL dan Alternatif Penanganannya 8

2.3 Evaluasi Kinerja Simpang APILL Menggunakan *Software* PTV VISSIM 12

BAB III LANDASAN TEORI 16

3.1 Simpang 16
3.1.1 Jenis Simpang 16
3.1.2 Tipe Simpang 16
3.2 Simpang APILL 17
3.3 Kinerja Simpang 18
3.4 Tipe Pendekat 19
3.5 Lebar Pendekat Efektif 20
3.6 Arus Lalu Lintas 22
3.7 Arus Jenuh 23
3.7.1 Arus Jenuh Dasar 23
3.7.2 Faktor koreksi ukuran kota 24
3.7.3 Faktor koreksi hambatan samping 24
3.7.4 Faktor koreksi kelandaian 26
3.7.5 Faktor koreksi parkir 27
3.7.6 Faktor koreksi belok kanan 28
3.7.7 Faktor koreksi belok kiri 28
3.8 Rasio Arus terhadap Arus Jenuh 30
3.9 Penentuan Waktu Sinyal 31
3.9.1 Waktu Siklus dan Waktu Hijau 31
3.10 Kapasitas 34
3.11 Derajat Kejenuhan 35
3.12 Perilaku Lalu Lintas 35
3.12.1 Panjang Antrean 35
3.12.2 Rasio Kendaraan Terhenti 38
3.12.3 Tundaan 39

3.13 Tingkat Pelayanan Ruas Jalan pada Simpang 40
3.14 Pemodelan Lalu Lintas dengan *Software* PTV VISSIM 41
3.15 Validasi 42
3.15.1 Uji GEH 42
3.15.2 Uji MAPE 43
BAB IV METODE PENELITIAN 45
4.1 Lokasi Penelitian 45
4.2 Data Penelitian 45
4.3 Metode Pengambilan Data 46
4.3.1 Alat yang Digunakan 50
4.3.2 Waktu Pelaksanaan Survei 50
4.4 Analisis Data 51
4.5 Bagan Alir Penelitian 53
BAB V DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN 55
5.1 Data Hasil Pengamatan 55
5.1.1 Data Volume Lalu Lintas 55
5.1.2 Data Geometri Simpang APILL MM UGM 58
5.1.3 Data Fase dan Sinyal Simpang 59
5.1.4 Data Kecepatan Kendaraan 59
5.1.5 Data *Driving Behavior* 60
5.1.6 Data Hambatan Samping 63
5.1.7 Panjang Antrean 66
5.2 Data Sekunder 67
5.2.1 Data Jumlah Penduduk Kabupaten Sleman 67
5.2.2 Peta Lokasi Penelitian 67

5.3 Analisis Kinerja Simpang APILL MM UGM Berdasarkan PKJI 2023 67
5.3.1 Analisis Volume Lalu Lintas 67
5.3.2 Analisis Lebar Pendekat Efektif 71
5.3.3 Analisis Arus Jenuh 72
5.3.4 Analisis Kapasitas 76
5.3.5 Analisis Derajat Kejenuhan 77
5.3.6 Analisis Perilaku Lalu Lintas 78
5.4 Pemodelan Lalu Lintas dengan *Software* PTV VISSIM 86
5.5 Kalibrasi dan Validasi Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM 102
5.5.1 Hasil Pemodelan Sebelum Kalibrasi 102
5.5.2 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi 104
5.6 Alternatif Solusi 108
5.6.1 Alternatif solusi I 108
5.6.2 Alternatif solusi II 114
5.6.3 Alternatif Solusi III 120
5.7 Pembahasan 126
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 134
6.1 Kesimpulan 134
6.2 Saran 135
DAFTAR PUSTAKA 136
LAMPIRAN 139

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Evaluasi Kinerja Simpang APILL dan Alternatif Penanganannya 11
Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Evaluasi Kinerja Simpang APILL Menggunakan *Software* PTV VISSIM 15

Tabel 3.1 Tipe Simpang 17
Tabel 3.2 Klasifikasi Tundaan 19
Tabel 3.3 Faktor Ekuivalensi Mobil Penumpang 23
Tabel 3.4 Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK}) 24
Tabel 3.5 Faktor Hambatan Samping 25
Tabel 3.6 Pembobotan Hambatan Samping 26
Tabel 3.7 Kriteria Kelas Hambatan Samping 26
Tabel 3.8 Waktu Siklus (s) yang Layak 33
Tabel 3.9 Standar Tingkat Pelayanan untuk Ruas Jalan pada Simpang 41
Tabel 3.10 Ketentuan Nilai *Error* Rumus Statistik Geoffrey E. Havers 43
Tabel 3.11 Kesimpulan Uji MAPE 44
Tabel 4.1 Data Penelitian 46
Tabel 5.1 Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Simpang APILL MM UGM 56
Tabel 5.2 Data Geometri Simpang APILL MM UGM 58
Tabel 5.3 Data Sinyal Lalu Lintas Simpang APILL MM UGM 59
Tabel 5.4 Data Kecepatan Kendaraan 60
Tabel 5.5 Data *Driving Behavior* 61
Lanjutan Tabel 5.6 Data *Driving Behavior* 62
Lanjutan Tabel 5.7 Data *Driving Behavior* 63
Tabel 5.8 Volume Lalu Lintas Simpang APILL MM UGM 69
Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Arus Jenuh (J) 76
Tabel 5.10 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J) 78
Tabel 5.11 Rekapitulasi Analisis Perilaku Lalu Lintas 85

Tabel 5.12 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Volume Sebelum Kalibrasi 103
Tabel 5.13 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Panjang Antrean Sebelum Kalibrasi 103
Tabel 5.14 Perubahan Komponen *Driving Behaviour* Setelah Kalibrasi 105
Tabel 5.15 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi pada Parameter Volume 107
Tabel 5.16 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi pada Parameter Panjang Antrean 107
Tabel 5.17 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi pada Parameter Tundaan 108
Tabel 5.18 Penentuan Waktu Hijau pada Alternatif Solusi I 109
Tabel 5.19 Waktu Hijau pada Alternatif Solusi I 110
Tabel 5.20 Waktu Hijau pada Kondisi Eksisting 110
Tabel 5.21 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J) 112
Tabel 5.22 Panjang Antrean Alternatif I 113
Tabel 5.23 Tundaan Alternatif I 113
Tabel 5.24 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif I 114
Tabel 5.25 Waktu Siklus Alternatif Solusi II 115
Tabel 5.26 Waktu Siklus Kondisi Eksisting 115
Tabel 5.27 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J) 118
Tabel 5.28 Panjang Antrean Alternatif II 119
Tabel 5.29 Tundaan Alternatif II 119
Tabel 5.30 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif II 120
Tabel 5.31 Waktu Siklus Alternatif Solusi III 122
Tabel 5.32 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J) 123
Tabel 5.33 Panjang Antrean Alternatif III 124
Tabel 5.34 Tundaan Alternatif III 124
Tabel 5.35 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif III 125
Tabel 5.36 Perbandingan Penyesuaian Waktu Hijau 126
Tabel 5.37 Perbandingan Penyesuaian Waktu Siklus 127
Tabel 5.38 Perbandingan Derajat Kejenuhan 129
Tabel 5.39 Perbandingan Panjang Antrean 129

Tabel 5.40 Perbandingan Panjang Antrean 130
Tabel 5.41 Perbandingan Nilai Tundaan Simpang 131
Tabel 5.42 Persentase Perbandingan Nilai Tundaan Simpang 131
Tabel 5.43 Perbandingan Tingkat Pelayanan 132

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Keadaan Simpang pada Lengan Utara 2
Gambar 1. 2 Keadaan Simpang pada Lengan Barat 2
Gambar 1. 3 Keadaan Simpang pada Lengan Selatan 3
Gambar 1. 4 Keadaan Simpang pada Lengan Timur 3
Gambar 1. 5 Ilustrasi Penerapan *Contraflow* 4
Gambar 3. 1 Konflik-Konflik Primer dan Sekunder pada Simpang APILL Empat Lengan 18
Gambar 3. 2 Penentuan Tipe Pendekat 20
Gambar 3. 3 Lebar Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas 21
Gambar 3. 4 Faktor Koreksi Kelandaian (F_G) 27
Gambar 3. 5 Faktor Koreksi untuk Pengaruh Parkir (F_P) 28
Gambar 3. 6 Faktor Koreksi untuk Belok Kanan (F_{bka}), pada Pendekat Tipe P dengan Jalan Dua Arah, dan L_E Ditentukan oleh L_M 29
Gambar 3. 7 Faktor Koreksi untuk Belok Kiri (F_{BKi}) untuk Pendekat Tipe P Tanpa B_{KIJT}, dan L_E Ditentukan oleh L_M 30
Gambar 3. 8 Grafik Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian 32
Gambar 3. 9 Jumlah Antrean Maksimum Akibat Overloading 37
Gambar 4. 1 Lokasi Simpang APILL MM UGM 45
Gambar 4. 2 Lokasi Penempatan Kamera Survei 48
Gambar 4. 3 Bagan Alir Analisis Data 52
Gambar 4. 4 Bagan Alir Penelitian 53
Gambar 5. 1 Grafik Data Volume Lalu Lintas Pagi Simpang APILL MM UGM 57
Gambar 5. 2 Grafik Data Volume Lalu Lintas Siang Simpang APILL MM UGM 57
Gambar 5. 3 Grafik Data Volume Lalu Lintas Sore Simpang APILL MM UGM 57
Gambar 5. 4 Denah Simpang APILL MM UGM 58
Gambar 5. 5 Diagram Waktu Siklus Simpang APILL MM UGM 59
Gambar 5. 6 Diagram Sinyal Lalu Lintas Simpang APILL MM UGM 59

Gambar 5. 7 Hambatan Samping Jalan Kaliurang (Utara) pada Simpang APILL MM UGM 64
Gambar 5. 8 Hambatan Samping Jalan Agro (Timur) pada Simpang APILL MM UGM 65
Gambar 5. 9 Hambatan Samping Jalan Persatuan (Selatan) pada Simpang APILL MM UGM 65
Gambar 5. 10 Hambatan Samping Jalan Teknika (Barat) pada Simpang APILL MM UGM 66
Gambar 5. 11 Distribusi Volume Lalu Lintas Simpang APILL MM UGM 68
Gambar 5. 12 *Vehicle Behavior* 87
Gambar 5. 13 *Units* 87
Gambar 5. 14 Input *Background Image* 88
Gambar 5. 15 Input *Background Image* 88
Gambar 5. 16 Pengaturan Skala 89
Gambar 5. 17 Pembuatan *Links* 90
Gambar 5. 18 Pembuatan *Connectors* 90
Gambar 5. 19 *Vehicle Input* Pada Ruas Jalan 91
Gambar 5. 20 Input *Vehicle Composition* 91
Gambar 5. 21 Input Kecepatan 92
Gambar 5. 22 Input *Vehicle Route* 92
Gambar 5. 23 Input *Signal Control* 93
Gambar 5. 24 Input *Signal Group* 93
Gambar 5. 25 Penyesuaian *Intergreen* 94
Gambar 5. 26 Input Diagram Fase 94
Gambar 5. 27 Input *Signal Head* 95
Gambar 5. 28 Pemasangan *Reduced Speed Areas* 95
Gambar 5. 29 Input Parameter *Following* 96
Gambar 5. 30 Input Parameter *Lane Change* 96
Gambar 5. 31 Input Parameter *Lateral* 97
Gambar 5. 32 Input Parameter *Signal Control* 97
Gambar 5. 33 Input *Data Collection Point* 98

Gambar 5. 34 Input *Vehicle Travel Times* 98
Gambar 5. 35 Input *Queue Counters* 99
Gambar 5. 36 Penyesuaian *Data Collection Measurement* 99
Gambar 5. 37 Penyesuaian *Delay Measurement* 100
Gambar 5. 38 Pengaturan *Evaluation Configuration* 100
Gambar 5. 39 *Result List* 101
Gambar 5. 40 *Simulation Parameters* 101
Gambar 5. 41 Hasil Simulasi *PTV VISSIM* 102
Gambar 5. 42 Kondisi Sebelum Kalibrasi 106
Gambar 5. 43 Kondisi Setelah Kalibrasi 106
Gambar 5. 44 Diagram Waktu Siklus Simpang APILL MM UGM Alternatif I 110
Gambar 5. 45 Diagram Waktu Siklus Simpang APILL MM UGM Alternatif II 115
Gambar 5. 46 Perubahan Fase Simpang APILL MM UGM 116
Gambar 5. 47 Ilustrasi Penerapan *Contraflow* Pada Lengan Barat 121
Gambar 5. 48 Diagram Waktu Siklus Simpang APILL MM UGM Alternatif III 122
Gambar 5. 49 Perbandingan Waktu Hijau 127
Gambar 5. 50 Perbandingan Waktu Siklus 128

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Survei Simpang 140
Lampiran 2 Data Survei Panjang Antrean 165
Lampiran 3 Data Survei Kecepatan 167
Lampiran 4 Data Survei *Driving Behaviour* 172
Lampiran 5 Dokumentasi Survei 177

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

APILL = Alat pemberi isyarat lalu lintas

A_H = Angka henti

B_{KA} = Arus kendaraan belok kanan

B_{KI} = Arus kendaraan belok kiri

B_{KIJT} = Arus kendaraan belok kiri jalan terus

BRT = *Bus rapid transit*

C = Kapasitas

C_0 = Kapasitas dasar

DIY = Daerah istimewa yogyakarta

det = Detik

D_J = Derajat kejenuhan

EMP = Ekuivalensi mobil penumpang

F_{BKA} = Faktor koreksi belok kanan

F_{BKI} = Faktor koreksi belok kiri

F_{HS} = Faktor hambatan samping

F_{UK} = Faktor ukuran kota

F_P = Faktor Parkir

F_G = Faktor kelandaian

F_{JS} = Faktor jam sibuk

GEH = Geoffery E. Havers (Validasi dengan persamaan GEH)

J = Arus jenuh

J_0 = Arus jenuh dasar

k = Waktu jenuh

KAJI = Komite ahli jalan Indonesia

kend = Kendaraan

km = Kilometer

KS = Kendaraan sedang

KTB = Kendaraan tak bermotor

L_{BKIJT} = Lebar belok kiri jalan terus

L_E = Lebar efektif pendekat

LHRT = Lalu lintas harian rata-rata tahunan

L_K = Lebar keluar

L_M = Lebar masuk

LOS = *Level of service*

LRS = Arus kendaraan lurus

LRT = *Light rail transit*

m = Meter

MAPE = *Mean absolute percentage error*

MKJI = Manual kapasitas jalan Indonesia

MP = Mobil penumpang

MRT = *Mass rapid transit*

N_{KH} = Jumlah rata-rata kendaraan berhenti

N_q = Jumlah rata-rata antrean kendaraan

N_{q1} = Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

N_{q2} = Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan terhenti dalam selama fase merah

N_{qMAX} = Jumlah antrean kendaraan maksimal

P_A = Panjang antrean

P_B = Porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat

PKJI 2023 = Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia

POL = Panjang otomatis laju

PTV VISSIM = *Planning Transportasi Verkher in Stadten Simulations Model*

q = Arus lalu lintas

q_{JP} = Arus lalu lintas jam perencanaan

$R_{A/S}$ = Rasio arus simpang APILL

R_{BKa} = Rasio kendaraan belok kanan

R_{Bki} = Rasio kendaraan belok kiri

R_{BKIJT} = Rasio kendaraan belok kiri jalan terus

R_F = Rasio fase

R_H = Rasio hijau

R_{KH} = Rasio kendaraan terhenti

$R_{q/J}$ = Rasio arus terhadap arus jenuh

s = Waktu siklus

S_{bs} = Waktu siklus sebelum penyesuanan

skr = Satuan kendaraan ringan

SM = Sepeda motor

SMP = Satuan mobil penumpang

T = Tundaan

T_G = Tundaan geometri

T_{LL} = Tundaan lalu lintas

UGM = Universitas Gadjah Mada

W_{AH} = Waktu antar hijau

W_{HH} = Waktu hijau hilang total

Whi = Waktu hijau pada fase i

WIB = Waktu Indonesia bagian barat

W_K = Waktu isyarat kuning

W_M = Waktu isyarat merah semua

W_{MS} = Waktu isyarat merah semua

X_t = Data aktual perode t

ABSTRAK

Kemacetan lalu lintas di Simpang APILL MM UGM disebabkan oleh peningkatan jumlah kendaraan yang tidak sebanding dengan kapasitas jalan dan pengaturan APILL yang kurang optimal. Aktivitas akademika pada hari kerja dan wisatawan pada akhir pekan memperburuk kemacetan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja Simpang MM UGM dalam kondisi eksisting dan alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Pengumpulan data dilakukan melalui survei langsung meliputi data primer berupa volume kendaraan, waktu siklus, geometri simpang, kecepatan, *driving behavior*, panjang antrean, dan hambatan samping. Data sekunder seperti denah lokasi dan jumlah penduduk. Alternatif berupa penyesuaian waktu siklus sesuai PKJI 2023, perubahan fase menjadi 5 fase, penyesuaian waktu siklus menjadi 120 detik sesuai PKJI 2023 dan penerapan *contraflow* pada lengan barat. Evaluasi menggunakan PKJI 2023 dan pemodelan PTV VISSIM.

Hasil penelitian kondisi eksisting menunjukkan, derajat kejenuhan mencapai 1,44 pada pendekat utara, 1,22 pada barat, 1,31 pada selatan, dan 0,65 pada timur. Panjang antrean pada pendekat utara 170 m, barat 105 m, selatan 130 m, dan timur 80 m. Nilai tundaan simpang sebesar 195,35 det/smp dan tingkat pelayanan F. Solusi terbaik adalah penyesuaian waktu siklus menjadi 120 detik sesuai PKJI 2023 serta penerapan *contraflow* pada lengan barat. Nilai derajat kejenuhan pada pendekat utara 1,31, pada pendekat barat sebesar 1,28, pada pendekat selatan sebesar 1,47, dan pada pendekat timur sebesar 0,65. Nilai panjang antrean pada pendekat utara 138 m, barat 87 m selatan 161 m, dan timur 63 m. Nilai tundaan simpang di Simpang APILL MM UGM turun menjadi 87,016 det/smp dengan tingkat pelayanan F.

Kata Kunci : PKJI 2023, PTV VISSIM, Simpang APILL

ABSTRACT

Traffic congestion at the Signalized MM UGM Intersection is caused by an increase in the number of vehicles that exceeds road capacity and suboptimal traffic light settings. Academic activities on weekdays and tourist activities on weekends worsen the congestion. This study aims to analyze the performance of the MM UGM Intersection under existing conditions and alternative to address the problems at the intersection. Data collection was conducted through direct surveys including primary data such as traffic volume, signal cycle times, intersection geometry, vehicle speed, driving behavior, queue lengths, and side friction. Secondary data such as location maps and population statistics. Alternative includes adjusting signal cycle times according to PKJI 2023, changing the phases to 5 phases, adjusting signal cycle times changed to 120 seconds according to PKJI 2023 and implementing contraflow on the west approach. The evaluation was carried out using the Indonesian Highway Capacity Manual (2023) and modeled with PTV VISSIM. The results of existing conditions show a degree of saturation of 1.44 on the north approach, 1.22 on the west approach, 1.31 on the south approach, and 0.65 on the east approach. Queue lengths were recorded as 170 m on the north approach, 105 m on the west, 130 m on the south, and 80 m on the east. The intersection delay was 195.35 sec/pcu with a Level of Service (LOS) of F. The best solution was achieved by adjusting the cycle time to 120 seconds according to the ideal cycle time in PKJI 2023 and implementing contraflow on the west approach. The degree of saturation on the north approach is 1.31, 1.28 on the west, 1.47 on the south, and 0.65 on the east. Queue lengths were recorded as 138 m on the north, 87 m on the west, 161 m on the south, and 63 m on the east. The intersection delay at the Signalized MM UGM Intersection decreased to 87.016 sec/pcu with a Level of Service of F.

***Keywords**: PKJI 2023, PTV VISSIM, Signalized Intersection*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu permasalahan transportasi adalah kemacetan lalu lintas. Permasalahan ini terjadi pada beberapa wilayah di Indonesia, salah satunya di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Menurut Rahmayuda dkk. (2024) peningkatan jumlah penduduk akan berdampak pada bertambahnya jumlah kendaraan. Pertumbuhan kendaraan yang signifikan, yang tidak sebanding dengan infrastruktur yang ada, menjadi salah satu faktor penyebab masalah lalu lintas. Badan Pusat Statistik DIY (2023) menyatakan kenaikan jumlah kendaraan di DIY sebesar 3,27% dan kenaikan jumlah kendaraan di Kabupaten Sleman sebesar 1,22%. Kemacetan ini terjadi pada beberapa ruas jalan dan juga beberapa simpang yang ada di Kabupaten Sleman, salah satunya adalah Simpang dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) MM UGM. Simpang APILL ini merupakan titik bertemunya arus kendaraan dari berbagai ruas jalan yang berbeda. Dengan demikian, kemacetan kerap terjadi pada simpang APILL tersebut. Kemacetan yang terjadi pada Simpang APILL MM UGM diakibatkan oleh adanya aktivitas dari civitas akademika pada hari kerja. Selanjutnya pada akhir pekan, kemacetan yang terjadi pada Simpang APILL MM UGM diakibatkan oleh simpang tersebut merupakan jalur wisata yang dilalui oleh kendaraan yang akan menuju Kaliurang dan juga objek wisata lainnya. Kemacetan yang terjadi pada simpang APILL tersebut mengakibatkan tundaan yang cukup tinggi.

Kemacetan juga terjadi ketika kapasitas jalan tidak lagi mencukupi jumlah kendaraan yang melewati suatu ruas jalan, sehingga tidak ada ruang tersisa di jalan tersebut. Kapasitas jalan yang tidak mencukupi ditandai dengan meningkatnya jumlah kendaraan yang melewati jalan tersebut. Kecepatan lalu lintas akan terus menurun hingga tidak memungkinkan lagi untuk menambah arus atau volume lalu lintas. Setelah itu, arus lalu lintas akan terus berkurang sampai mencapai kondisi macet total, dimana arus tidak bergerak dan kepadatan sangat tinggi. Berdasarkan

penelitian sebelumnya yang berjudul Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal MM Kaliurang Sebagai Dasar Perancangan Simpang Untuk Mewujudkan Lingkungan Kampus *Educopolis* didapatkan data berupa nilai derajat kejenuhan (D_J) > 0,85 serta tundaan yang dihasilkan pada setiap lengan pendekat antara 40,1 – 60 detik/smp (Meldinizcha, 2014). Berikut merupakan Gambar 1.1 sampai dengan Gambar 1.4 yang menggambarkan kondisi di Simpang APILL MM UGM pada sore hari (16.00-17.00) yang merupakan jam sibuk pada hari kerja.



Gambar 1. 1 Keadaan Simpang pada Lengan Utara



Gambar 1. 2 Keadaan Simpang pada Lengan Barat



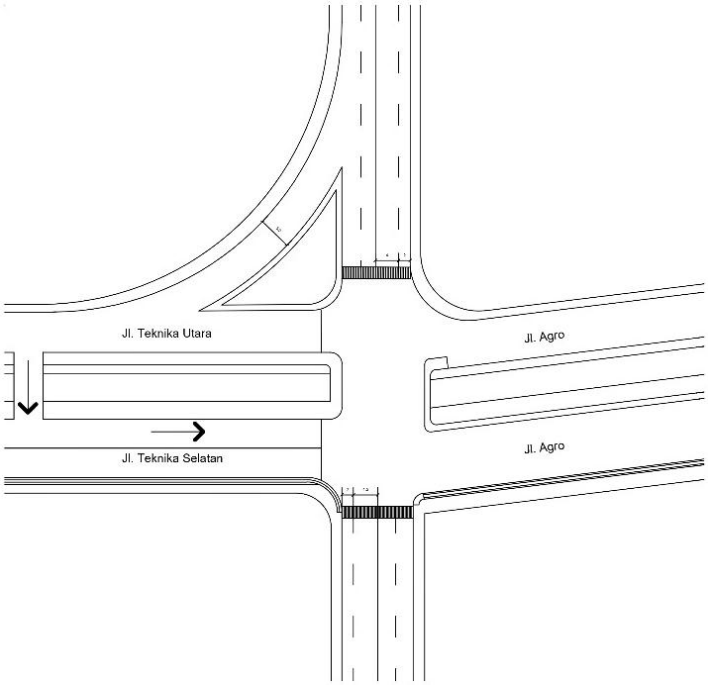
Gambar 1. 3 Keadaan Simpang pada Lengan Selatan



Gambar 1. 4 Keadaan Simpang pada Lengan Timur

Berdasarkan kondisi eksisting tersebut, perlu dilakukan suatu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut. *Contraflow* merupakan salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan yang ada pada simpang tersebut. Mekanisme teknis *contraflow* adalah dengan mengambil satu lajur berlawanan pada Jalan Teknika Selatan menuju Simpang APILL MM UGM. Penerapan *contraflow* ini bertujuan untuk menambah kapasitas layanan lalu lintas pada ruas Jalan Teknika Utara. Dengan demikian penerapan sistem *contraflow* ini diharapkan dapat mengurangi tundaan yang terjadi terutama pada lengan barat Simpang APILL MM UGM. Penerapan *contraflow* pada simpang APILL sebelumnya telah dilakukan oleh Pradana dkk. (2017). Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan kesimpulan berupa penerapan *contraflow* pada simpang APILL dapat mengurangi tundaan yang

terjadi pada Simpang Damkar Kota Cilegon. Berikut merupakan ilustrasi penerapan *contraflow* yang diterapkan di Simpang APILL MM UGM pada Gambar 1.5.



Gambar 1. 5 Ilustrasi Penerapan *Contraflow*

Selain itu, pengaturan APILL yang saat ini sudah dioperasikan di Simpang APILL MM UGM masih kurang optimal dalam mengatasi kemacetan, terlebih pada saat jam – jam sibuk. Pengaturan APILL yang masih kurang optimal berdampak pada panjang antrean yang terjadi. Panjang antrean adalah jumlah kendaraan yang mengantre atau berhenti akibat pengaturan sinyal lalu lintas. Berdasarkan penelitian sebelumnya, panjang antrean yang terjadi pada Simpang APILL MM UGM mencapai 225,03 m pada lengan utara, panjang antrean pada lengan barat sebesar 122 m, panjang antrean pada lengan timur sebesar 106 m, dan panjang antrean pada lengan selatan merupakan yang terpanjang yaitu mencapai 315 m (Meldinizcha, 2014).

Dari beberapa uraian di atas maka dilakukan penelitian mengenai evaluasi kinerja Simpang APILL MM UGM dengan beberapa alternatif solusi yang dilakukan yaitu penyesuaian waktu siklus berdasarkan waktu ideal menurut PKJI

2023, perubahan fase simpang menjadi 5 fase, dan penerapan *contraflow* pada lengan barat simpang dengan menggunakan waktu siklus penyesuaian. Penelitian ini berfokus pada perbandingan derajat kejenuhan (D_J), panjang antrean, serta tundaan pada Simpang APILL MM UGM setelah dilakukannya evaluasi kinerja. Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023) dan juga dilakukan pemodelan dengan menggunakan *software* PTV VISSIM.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja Simpang APILL MM UGM Sleman pada kondisi eksisting?
2. Bagaimana upaya peningkatan kinerja Simpang APILL MM UGM agar lebih optimal?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengevaluasi kinerja Simpang APILL MM UGM Sleman pada kondisi eksisting.
2. Menentukan alternatif penanganan terhadap kinerja Simpang APILL MM UGM.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah menambah ilmu pengetahuan mengenai transportasi bidang lalu lintas dan manajemen lalu lintas terutama dalam permasalahan perbandingan kinerja simpang APILL sebelum dan sesudah dilakukannya evaluasi serta dapat menjadi referensi untuk Pemerintah Kabupaten Sleman dan instansi Universitas Gadjah Mada (UGM) dalam mengevaluasi kinerja Simpang APILL MM UGM.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data geometri simpang didapatkan dengan cara pengukuran langsung di lokasi penelitian.
2. Analisis kinerja simpang APILL dilakukan dengan berpedoman kepada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan pemodelan menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM.
3. Data hambatan samping diperoleh dengan cara pengamatan secara langsung pada simpang yang diteliti, dan penentuan hambatan samping berdasarkan kepada PKJI 2023.
4. Parameter kinerja simpang APILL yang digunakan adalah tundaan.
5. Survei pengambilan data lalu lintas dilakukan selama dua hari dengan ketentuan satu hari kerja (*weekday*) yaitu Hari Senin dan satu hari libur (*weekend*) yaitu Hari Sabtu. Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta (2021) menyatakan bahwa pelaksanaan survei dilakukan 3 sesi yaitu sesi pagi (06.00-09.00 WIB), siang (11.00-13.00 WIB), dan sore (15.00-18.00) untuk mengetahui jam puncak volume kendaraan.
6. Pengelompokkan jenis kendaraan yang disurvei adalah sebagai berikut:
   a. Kendaraan ringan (MP).
   b. Kendaraan sedang (KS).

      Berdasarkan PKJI 2023, pada jaringan jalan kota BB dan TB sangat sedikit dan beroperasi pada jam-jam lengang terutama tengah malam, sehingga dalam perhitungan kapasitas praktis BB dan TB dianggap tidak ada atau sekalipun ada maka dalam perhitungan dikategorikan sebagai KS.
   c. Sepeda motor (SM).
   d. Kendaraan Tidak Bermotor (KTB)

      Dalam PKJI 2023, jenis Kendaraan Tidak Bermotor (KTB) tidak dikonversikan dalam arus lalu lintas karena dianggap sebagai hambatan samping yang pengaruhnya diperhitungkan terhadap kapasitas dalam faktor koreksi kapasitas akibat hambatan samping (FC_{HS}).

7. Penentuan tingkat pelayanan dilakukan dengan menggunakan Peraturan Kementerian Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan pustaka bertujuan untuk mengidentifikasi hal-hal yang relevan atau berkaitan antara penelitian yang sedang dilakukan dengan penelitian sebelumnya. Penelitian yang telah ada dapat menjadi referensi bagi penulis dalam menyusun penelitian ini. Peninjauan terhadap penelitian terdahulu juga berfungsi untuk membandingkan penelitian saat ini dengan penelitian sebelumnya, sehingga dapat dihindari kesamaan dalam metode dan lokasi penelitian.

2.2 Evaluasi Kinerja Simpang APILL dan Alternatif Penanganannya

Meldinizcha (2014) melakukan evaluasi terhadap Simpang Bersinyal MM Kaliurang sebagai dasar perancangan simpang untuk mewujudkan lingkungan kampus *educopolis* dan mendapat kesimpulan bahwa kondisi eksisting simpang tersebut pada jam puncak (13.00-14.00 WIB) menunjukkan hasil yang kurang baik seperti nilai derajat kejenuhan (D_J) > 0,85 yaitu pada lengan pendekat utara sebesar 0,92, pada lengan pendekat barat sebesar 0,935 dan pada lengan pendekat selatan sebesar 1,005, sedangkan pada lengan pendekat timur memiliki nilai yang memenuhi persyaratan yaitu 0,803. Simpang Bersinyal MM Kaliurang juga memiliki waktu tundaan (D) > 60 det/smp yaitu pada lengan pendekat utara sebesar 77,96 det/smp, pada lengan pendekat barat sebesar 125,75 det/smp, dan pada lengan pendekat selatan sebesar 69,74 det/smp. Setelah dilakukannya beberapa alternatif didapatkan satu alternatif yang paling efektif yaitu berupa pengaturan ulang *staging* pada lengan pendekat selatan, pengaturan ulang berupa larangan belok kiri jalan terus (B_{KIJT}) dan menerapkan belok kiri mengikuti lampu APILL. Setelah dilakukannya suatu perbaikan kinerja, mendapatkan kesimpulan berupa nilai derajat kejenuhan (D_J) < 0,85 dan waktu tundaan yang dihasilkan antara 40,1-60 det/smp yang artinya *Level Of Service* (LOS) simpang termasuk kategori LOS E menurut *Highway Capacity Manual* 1964.

Abdurrahim dkk (2019) melakukan penelitian tentang evaluasi kinerja simpang Bersinyal Gomong Mataram berdasarkan pada MKJI dan KAJI 1997 dan mendapat kesimpulan bahwa setelah dianalisis diperoleh nilai derajat kejenuhan (D_J) tertinggi sebesar 1,56 pada pendekat selatan dan waktu tundaan rata-rata tertinggi sebesar 1.089 det/smp. Ada empat alternatif perbaikan yang digunakan untuk meningkatkan kinerja simpang empat Gomong. Alternatif pertama adalah mengubah waktu siklus, alternatif kedua adalah mengubah fase simpang dari empat fase menjadi tiga fase, alternatif ketiga adalah melarang belok kanan pada pendekat utara dan selatan, dan alternatif ke empat adalah menambah lebar pendekat utara dan selatan masing-masing sebesar 1,5 meter. Alternatif pemecahan masalah yang direkomendasikan untuk mengatasi masalah di simpang ini adalah alternatif ke empat. Alternatif ini dipilih karena nilai derajat kejenuhannya masih di bawah 0,85. Selain itu, alternatif keempat ini juga tidak berpotensi menimbulkan masalah di simpang lain yang berdekatan karena tidak memerlukan pengalihan kendaraan.

Prayitno dkk. (2019) melakukan analisis tentang evaluasi kinerja simpang Bersinyal Jl. Raya Nginden-Jl. Raya Panjang Jiwo dan mendapatkan hasil berupa nilai derajat kejenuhan (D_J) tertinggi sebesar 1,49 pada pendekat timur dan waktu tundaan rata-rata tertinggi sebesar 978,71 skr/det yang berada pada tingkat pelayanan (LOS) F. Dihasilkan alternatif rekayasa yaitu mengubah waktu siklus dan fase. Setelah dilakukan suatu alternatif rekayasa didapatkan hasil yang efektif bahwa nilai derajat kejenuhan (D_J) turun menjadi 0,43 dan juga nilai dari waktu tundaan rata-rata menjadi 22,71 skr/det yang berada pada tingkat pelayanan (LOS) C.

Andriyanto dkk. (2020) melakukan evaluasi terhadap simpang bersinyal pada Jl. Asembagus – Jl. Seruni Kabupaten Situbondo dan memperoleh kesimpulan bahwa antrean yang terpanjang pada saat jam puncak (14.30–15.30 WIB) mencapai 125 m dan waktu tundaan rata-rata tertinggi pada saat jam puncak adalah 52,5 det/kend. Berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan, ditemukan bahwa kinerja simpang melebihi syarat yang ditentukan. Oleh karena itu, diperlukan suatu perencanaan perbaikan untuk meningkatkan kinerja simpang pada Jl. Asembagus – Jl. Seruni. Terdapat tiga skenario alternatif perbaikan yang dilakukan yaitu

alternatif pertama berupa optimasi sinyal, lalu alternatif yang kedua adalah pelebaran geometrik jalan, serta alternatif yang terakhir adalah optimasi sinyal dan pelebaran geometrik jalan. Setelah merencanakan ke tiga alternatif tersebut diambil alternatif yang ke dua yaitu pelebaran geometrik jalan yang memberikan perubahan tingkat pelayanan menjadi lebih baik pada semua pendekat berupa panjang antrean serta tundaan kendaraan mengalami penurunan yang cukup signifikan (berubah dari LOS E menjadi LOS D).

Perbandingan penelitian penulis dengan penelitian terdahulu terkait evaluasi kinerja simpang APILL dan alternatif penanganannya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Evaluasi Kinerja Simpang APILL dan Alternatif Penanganannya

	Penelitian Sebelumnya				Penelitian Ini
Aspek	Meldinizcha (2014)	Abdurrahim dkk (2019)	Prayitno dkk. (2019)	Andriyanto dkk. (2020)	Maulana (2024)
Judul	Evaluasi kinerja Simpang Bersinyal MM Kaliurang sebagai dasar perancangan simpang untuk mewujudkan lingkungan kampus *educopolis*	Evaluasi kinerja Simpang Bersinyal Gomong Mataram berdasarkan pada MKJI dan KAJI 1997	Analisis evaluasi kinerja Simpang Bersinyal Jl. Raya Nginden-Jl. Raya Panjang Jiwo menggunakan PKJI 2014	Evaluasi kinerja simpang pada Persimpangan Bersinyal Jl. Asembagus – Jl. Seruni Kabupaten Situbondo	Evaluasi kinerja Simpang APILL MM UGM
Tujuan Penelitian	Mengetahui perbandingan kinerja Simpang Bersinyal MM Kaliurang sebelum dan setelah dilakukan perbaikan kinerja menggunakan metode berdasarkan pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 199	Mengetahui perbandingan kinerja Simpang Gomong Mataram sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan kinerja dengan menggunakan metode yang berdasarkan pada MKJI dan KAJI 1997	Mengetahui perbandingan kinerja Simpang Bersinyal pada Jl. Raya Nginden-Jl. Raya Panjang Jiwo sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan kinerja dengan metode yang berdasarkan pada PKJI 2014	Mengetahui perbandingan kinerja Simpang Bersinyal pada Jl. Asembagus – Jl. Seruni, Kabupaten Situbondo sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan kinerja dengan metode yang berdasarkan pada PKJI 2014	Menentukan perbandingan kinerja Simpang APILL Pada Simpang APILL MM UGM sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan kinerja dengan menggunakan metode yang berdasarkan pada PKJI 2023 dan Pemodelan Perangkat Lunak PTV VISSIM
Lokasi	Simpang Bersinyal MM UGM, Yogyakarta	Simpang Bersinyal Gomong, Mataram	Jl. Raya Nginden-Jl. Raya Panjang Jiwo, Surabaya	Jl. Asembagus – Jl. Seruni, Kabupaten Situbondo	Simpang APILL MM UGM, Yogyakarta

Sumber: Meldinizcha (2014), Abdurrahim dkk (2019), Prayitno dkk. (2019), Andriyanto dkk. (2020), Maulana (2024)

2.3 Evaluasi Kinerja Simpang APILL Menggunakan *Software* PTV VISSIM

Indrian dkk. (2022) melakukan penelitian tentang evaluasi kinerja simpang bersinyal dengan menggunakan metode PKJI 2014 dan *software* PTV VISSIM 11. Penelitian ini mendapatkan kesimpulan bahwa saat kondisi eksisting di Simpang W.R Supratman pada waktu jam puncak (17.00-18.00 WIB) memiliki derajat kejenuhan (D_J) > 0,85 yaitu 1,03 dan tundaan rata-rata sebesar 71,70 det/smp (LOS F). Alternatif yang digunakan untuk memperbaiki kinerja simpang tersebut yaitu alternatif pertama menggunakan perubahan fase pada isyarat lampu, alternatif kedua melakukan pelebaran jalan, serta alternatif yang ketiga yaitu menggabungkan perubahan fase dan pelebaran jalan, ketiga alteratif tersebut dilakukan pemodelan menggunakan *software* PTV VISSIM. Hasil yang didapatkan setelah dilakukannya suatu alternatif yaitu dengan menggunakan alternatif pertama didapatkan nilai derajat kejenuhan (D_J) sebesar 0,90 dan waktu tundaan rata-rata sebesar 46,50 (LOS E). Untuk alternatif kedua didapatkan nilai derajat kejenuhan (D_J) sebesar 0,89 dan waktu tundaan rata-rata sebesar 46,37 (LOS E). Alternatif ketiga merupakan yang paling efektif diantara dua alternatif lain, nilai derajat kejenuhan (D_J) yang didapatkan dari alternatif ini yaitu 0,76 dan waktu tundaan rata-rata sebesar 20,32 (LOS C).

Nadia dkk. (2022) mengevaluasi kinerja simpang empat bersinyal kota Pasuruan menggunakan metode PKJI 2014 dan *software* PTV VISSIM dan setelah dilakukannya suatu analisis didapatkan kesimpulan bahwa nilai derajat kejenuhan (D_J) mendekati angka tidak stabil pada beberapa lengan yaitu pada lengan pendekat utara sebesar 0,36, pada lengan pendekat barat sebesar 0,77, pada lengan pendekat selatan sebesar 0,77, dan pada lengan pendekat timur sebesar 0,56, dan juga didapatkan nilai panjang antrean yaitu pada lengan pendekat utara sepanjang 18 m, pada lengan pendekat barat sepanjang 61 m, pada lengan pendekat selatan sepanjang 56 m, dan pada lengan pendekat timur sepanjang 34 m, serta waktu tundaan rata-rata pada semua lengan sebesar 44,67 (LOS E). Terdapat dua alternatif yang digunakan untuk meningkatkan kinerja dari simpang dengan pemodelan menggunakan *software* PTV VISSIM yaitu alternatif pertama berupa perubahan waktu sinyal lalu lintas, sedangkan untuk alternatif kedua yaitu melakukan

pelebaran jalan. Alternatif kedua merupakan alternatif yang paling efektif dalam meningkatkan kinerja simpang, nilai derajat kejenuhan (D_J) pada beberapa lengan menurun yaitu derajat kejenuhan (D_J) pada lengan pendekat barat berubah menjadi 0,38, pada lengan pendekat selatan berubah menjadi 0,67, pada lengan pendekat timur dan utara tidak mengalami perubahan yaitu sebesar 0,36 dan 0,56. Sama halnya dengan derajat kejenuhan (D_J), panjang antrean pada beberapa lengan juga mengalami perubahan yaitu pada lengan pendekat barat berubah menjadi sepanjang 20 m, pada lengan pendekat selatan berubah menjadi sepanjang 44 m, sedangkan pada lengan pendekat utara dan timur tidak mengalami perubahan. Waktu tundaan rata-rata pada simpang juga mengalami penurunan yaitu menjadi 16,97 (LOS E menjadi LOS C).

Andryani dkk. (2022) meneliti tentang penggunaan *software* PTV VISSIM untuk evaluasi simpang bersinyal pada simpang bersinyal di Simpang Tiga Pakem, Kabupaten Jember dan mendapatkan kesimpulan bahwa dengan analisis mikro simulasi menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM didapatkan nilai derajat kejenuhan (D_J) 0,84 dimana hampir semua pengemudi akan dibatasi oleh volume pelayanan yang berkaitan dengan kapasitas maksimum yang dapat diterima. Waktu tundaan pada simpang tersebut juga cukup tinggi, yaitu pada lengan pendekat utara sebesar 136 skr/det (LOS F), pada lengan pendekat selatan sebesar 147 skr/det (LOS F), dan pada lengan pendekat timur sebesar 156 skr/det (LOS F). Alternatif yang digunakan untuk menaikkan kinerja simpang adalah pengaturan lalu lintas berupa jumlah fase yang diperkecil sesuai dengan PKJI 2014, dengan jumlah fase yang diperkecil dapat menurunkan nilai derajat kejenuhan walaupun tidak terlalu signifikan yaitu menjadi 0,83 dan juga dapat mengurangi waktu tundaan yaitu pada lengan pendekat utara berubah menjadi 40 skr/det (LOS F menjadi LOS D), pada lengan pendekat selatan berubah menjadi 35 skr/det (LOS F menjadi LOS D), dan pada lengan pendekat timur berubah menjadi 36 skr/det (LOS F menjadi LOS D).

Prima dkk. (2023) melakukan evaluasi terhadap kinerja simpang Bersinyal Gunung Sabeulah, Tasikmalaya dan mendapatkan kesimpulan bahwa waktu tundaan pada simpang tersebut cukup tinggi, yaitu pada lengan pendekat utara sebesar 44,24 det/kend (LOS D), pada lengan pendekat barat sebesar 15,43 det/kend

(LOS B), pada lengan pendekat selatan sebesar 23,28 det/kend (LOS C), dan pada lengan pendekat timur sebesar 61,38 det/kend (LOS E). Dilakukannya 3 alternatif percobaan dengan pemodelan menggunakan *software* PTV VISSIM untuk menaikkan efektifitas kinerja simpang yaitu alternatif pertama perancangan kembali waktu siklus dan waktu hilang (*inter green*), alternatif kedua perubahan fase dari 2 fase menjadi 3 fase dan waktu hilang (*inter green*), dan alternatif ketiga perubahan fase dari 2 fase menjadi 3 fase dan waktu hilang (*inter green*), serta penambahan lebar jalan yaitu Jalan Bantar (arah barat) 1 meter dan Jalan Galunggung (arah timur) 1 meter. Setelah mengevaluasi kinerja Simpang Gunung Sabeulah di Kota Tasikmalaya, ditemukan bahwa alternatif yang paling efisien adalah alternatif 1, yaitu dengan melakukan pengaturan ulang waktu siklus dan waktu hilang (*inter green*), sehingga siklus awal 77 detik berubah menjadi 62 detik. Hasil alternatif 1 diperoleh waktu tundaan yang menurun yaitu pada lengan pendekat utara berubah menjadi 26,64 det/kend (LOS D berubah menjadi LOS C), pada lengan pendekat barat berubah menjadi 9,83 det/kend (LOS B berubah menjadi LOS A), pada lengan pendekat selatan berubah menjadi 18,47 det/kend (LOS C berubah menjadi LOS B), dan pada lengan pendekat timur berubah menjadi 44,24 det/kend (LOS E berubah menjadi LOS D).

Perbandingan penelitian penulis dengan penelitian terdahulu terkait evaluasi kinerja simpang APILL menggunakan *software* PTV VISSIM dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Evaluasi Kinerja Simpang APILL Menggunakan *Software* PTV VISSIM

	Penelitian Sebelumnya				Penelitian Ini
Aspek	Indrian dkk. (2022)	Nadia dkk. (2022)	Andryani dkk. (2022)	Prima dkk. (2023)	Maulana (2024)
Judul	Evaluasi kinerja Simpang Bersinyal menggunakan metode PKJI 2014 dan *software* PTV VISSIM 11 Pada Simpang W. R. Supratman, Kota Malang	Studi evaluasi Kinerja Simpang Empat Bersinyal Kebonagung, Kota Pasuruan dengan menggunakan metode PKJI 2014 dan *software* PTV VISSIM	Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dan Solusi Alternatif Menggunakan VISSIM pada Simpang Tiga Pakem, Kabupaten Jember	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan PTV VISSIM (Studi Kasus Simpang Gunung Sabeulah, Kota Tasikmalaya)	Evaluasi kinerja Simpang APILL MM UGM
Tujuan Penelitian	Mengetahui perbandingan kinerja Simpang W. R. Supratman, Kota Malang sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan kinerja dengan menggunakan metode yang berdasarkan pada PKJI 2014 dan pemodelan menggunakan *Software* VISSIM 11	Mengetahui perbandingan kinerja Simpang Bersinyal Kebonagung, Kota Pasuruan sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan kinerja dengan metode yang berdasarkan pada PKJI 2014 dan *Software* PTV VISSIM	Mengetahui perbandingan Kinerja Simpang Gomong Mataram sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan kinerja dengan metode yang berdasarkan pada PKJI 2014 dan *software* PTV VISSIM	Mengetahui perbandingan kinerja Simpang Gomong Mataram sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan kinerja dengan metode yang berdasarkan pada analisis mikrosimulasi *software* PTV VISSIM	Menentukan perbandingan kinerja Simpang APILL Pada Simpang APILL MM UGM sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan kinerja dengan menggunakan metode yang berdasarkan pada PKJI 2023 dan Pemodelan Perangkat Lunak PTV VISSIM
Lokasi	Simpang W. R. Supratman, Kota Malang	Simpang Empat Kebonagung, Kota Pasuruan	Simpang Tiga Pakem, Kabupaten Jember	Simpang Gunung Sabeulah, Kota Tasikmalaya	Simpang APILL MM UGM, Yogyakarta

Sumber: Indrian dkk. (2022), Nadia dkk. (2022), Andryani dkk. (2022), Prima dkk. (2023), Maulana (2024)

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Simpang

Simpang adalah titik pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan, yang bisa berupa simpang biasa, simpang dengan lampu lalu lintas (APILL), bundaran, atau simpang tak sebidang (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023). Simpang juga merupakan suatu bagian yang tidak terpisahkan dari sistem jalan, yaitu daerah dimana dua ruas jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, yang mencakup jalan itu sendiri dan fasilitas tepi jalan untuk mendukung pergerakan lalu lintas di dalam simpang tersebut (Ariesta dkk., 2020).

3.1.1 Jenis Simpang

Menurut (Prasetyo dkk., 2022) berdasarkan cara pengaturannya, jenis simpang dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu

1. Simpang APILL *(Signalised Intersection)* yaitu merupakan perpotongan jalan dimana pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap arah diatur oleh lampu lalu lintas sehingga kendaraan dapat melewati simpang secara bergantian
2. Simpang *(Unsignalised Intersection)* adalah persimpangan jalan yang tidak menggunakan lampu lalu lintas untuk pengaturannya. Pada simpang ini, pengendara harus menentukan sendiri apakah mereka cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti terlebih dahulu sebelum melanjutkan perjalanan melalui simpang tersebut.

3.1.2 Tipe Simpang

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), pengelompokan simpang berdasarkan jumlah lengan simpang, jumlah lajur jalan minor, dan jumlah lajur jalan mayor, diberi kode 3 (tiga) angka, angka kesatu menunjukkan jumlah lengan simpang, angka kedua menunjukkan jumlah lajur pada pendekat jalan minor, dan angka ketiga menunjukkan jumlah lajur pada pendekat jalan mayor, dapat ditambah huruf M pada angka ke empat, menunjukkan adanya median pada jalan mayor. Beberapa tipe simpang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tipe Simpang

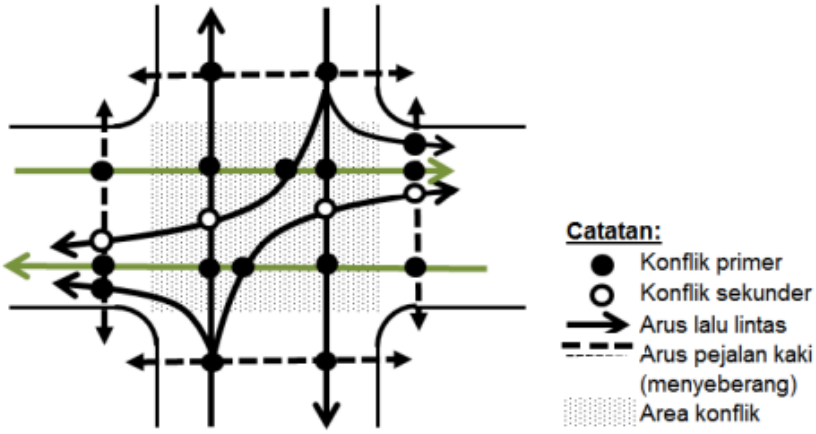
Tipe Simpang	Pendekat Jalan Mayor		Pendekat Jalan Minor	Tipe Simpang	Pendekat Jalan Mayor		Pendekat Jalan Minor
	Jumlah Lajur	Median	Jumlah Lajur		Jumlah Lajur	Median	Jumlah Lajur
422	1	Tidak ada	1	322	1	Tidak ada	1
424	2	Tidak ada	1	324	2	Tidak ada	1
424M	2	Ada	1	324M	2	Ada	1
444	2	Tidak ada	2	344	2	Tidak ada	2
444M	2	Ada	2	344M	2	Ada	2

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.2 Simpang APILL

Salah satu jenis simpang yang sering ditemui di daerah perkotaan adalah simpang APILL. Pada simpang ini, pengguna jalan dapat melintas sesuai dengan pengaturan lampu lalu lintas. Pengemudi diperbolehkan melanjutkan perjalanan ketika lampu lalu lintas diarah mereka berubah menjadi hijau (Arridha dkk., 2022). Simpang APILL adalah persimpangan jalan dimana pergerakan arus lalu lintas dari setiap arahnya diatur oleh lampu sinyal sehingga kendaraan melewati simpang secara bergantian. Tujuan penggunaan sinyal lalu lintas yaitu untuk memisahkan lintasan kendaraan yang datang dari berbagai arah yang saling berpotongan (Andika, 2022). APILL digunakan untuk menjaga kapasitas simpang selama jam sibuk dan mengurangi kecelakaan yang disebabkan oleh tabrakan antara kendaraan yang berlawanan. Penggunaan lampu lalu lintas dengan tiga warna merah, kuning, dan hijau berfungsi untuk mengatur pemisahan ruas jalan dari pergerakan lalu lintas yang saling berlawanan dalam aspek waktu (Purnama dkk., 2023). Pengaturan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) tidak hanya mencakup lampu isyarat hijau dan merah, tetapi juga lampu kuning sebagai peringatan bahwa fase telah berakhir, dan fase "merah semua" untuk memastikan kendaraan terakhir dari fase sebelumnya memiliki waktu untuk meninggalkan area simpang sebelum kendaraan pertama dari fase berikutnya masuk ke area yang sama (Direktorat Jenderal Bina

Marga, 2023). Konflik-konflik primer dan sekunder pada simpang APILL empat lengan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Konflik-Konflik Primer dan Sekunder pada Simpang APILL Empat Lengan

(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.3 Kinerja Simpang

Pada simpang, peningkatan volume kendaraan mempengaruhi kinerja dari segi keselamatan dan efisiensi, yang dapat ditingkatkan melalui pengendalian simpang. Berdasarkan Kementerian Perhubungan (2015) menyatakan bahwa tingkat pelayanan adalah ukuran kuantitatif dan kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional lalu lintas. Kementerian Perhubungan mendefinisikan enam tingkat pelayanan, dari A hingga F, untuk setiap ukuran tingkat pelayanan. Tingkat pelayanan A menunjukkan kondisi terbaik, sedangkan tingkat pelayanan F menunjukkan kondisi terburuk. Pengukuran Tingkat pelayanan berdasarkan biaya, dampak lingkungan, dan alasan lainnya, biasanya jalan raya umumnya tidak dirancang untuk memberikan kondisi tingkat pelayanan A selama periode puncak. Sebaliknya, jalan raya dirancang untuk memberikan beberapa tingkat pelayanan yang lebih rendah. Namun, pada volume lalu lintas yang rendah, tingkat pelayanan A dapat dicapai. Selain itu, kinerja sebuah simpang juga dapat diukur menggunakan beberapa parameter, yaitu derajat kejenuhan (D_J), tundaan, dan panjang antrean.

Dalam penelitian ini, kinerja digunakan sebagai dasar untuk menilai kinerja simpang APILL MM UGM (Prasetyo dkk., 2022).

Kinerja persimpangan merupakan ukuran kualitas kondisi lalu lintas yang dapat diterima di suatu persimpangan. Ukuran yang digunakan untuk menentukan kinerja persimpangan yaitu tundaan lalu lintas simpang (Ariesta dkk., 2020). Tingkat pelayanan pada kinerja simpang berdasarkan tundaan lalu lintas diklasifikasikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Klasifikasi Tundaan

Tingkat Pelayanan	Kondisi Tundaan
A	Tundaan kurang dari 5 detik per kendaraan
B	Tundaan lebih dari 5 detik sampai 15 detik per kendaraan
C	Tundaan lebih dari 15 detik sampai 25 detik per kendaraan
D	Tundaan lebih dari 25 detik sampai 40 detik per kendaraan
E	Tundaan lebih dari 40 detik sampai 60 detik per kendaraan
F	Tundaan lebih dari 60 detik per kendaraan

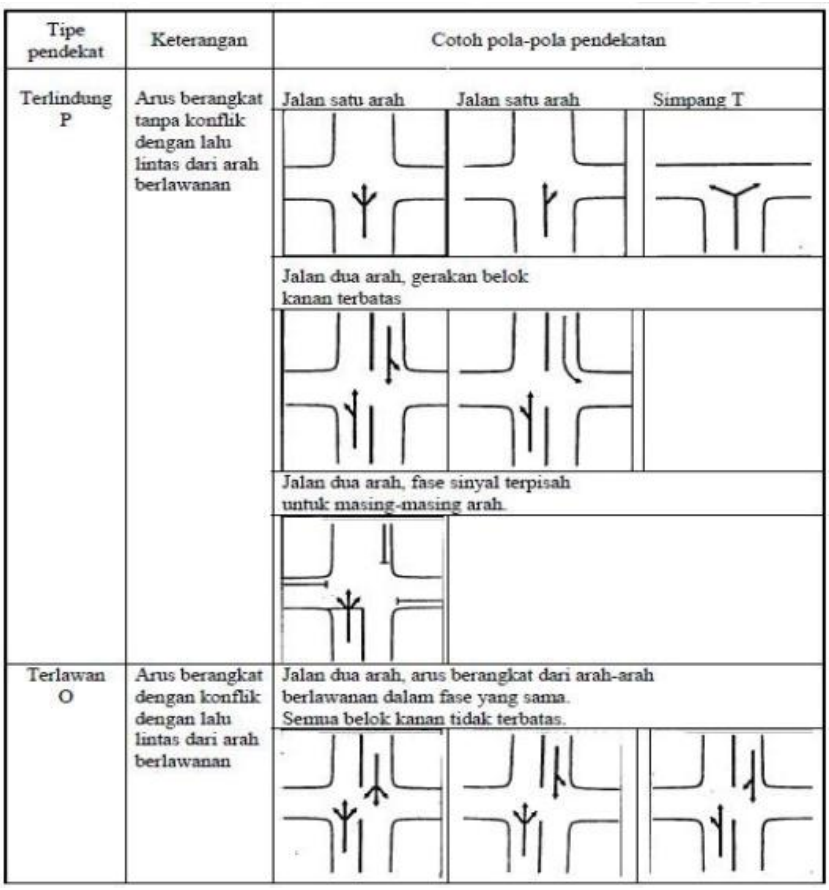
Sumber: Kementerian Perhubungan No.96 (2015)

Di persimpangan, kinerja lalu lintas didasarkan pada arus yang diukur selama periode satu jam. Arus lalu lintas selama satu jam ini merepresentasikan tingkat pelayanan dan bisa didasarkan pada pengukuran di lokasi penelitian atau lalu lintas rencana. Kriteria desain yang sering digunakan untuk menilai kinerja lalu lintas adalah D_J, dengan nilai D_J yang umum digunakan adalah $\leq$0,85 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023).

3.4 Tipe Pendekat

Jenis pendekat ditentukan oleh jalan yang diteliti. Ada dua jenis pendekat yaitu pendekat tipe P (terlindung) dan pendekat tipe O (terlawan). Pada pendekat

tipe P, arus lalu lintas berangkat tanpa adanya konflik dengan lalu lintas dari arah yang berlawanan. Gerakan ini bisa berasal dari jalan satu arah maupun dua arah, tetapi pada jalan dua arah, Gerakan belok kanan terbatas. Sebaliknya, pada pendekat tipe O, arus berangkat dengan konflik lalu lintas dari arah berlawanan. Gerakan ini hanya terjadi pada jalan dua arah dan Gerakan belok kanan tidak terbatas (Zulfahmi, 2019).



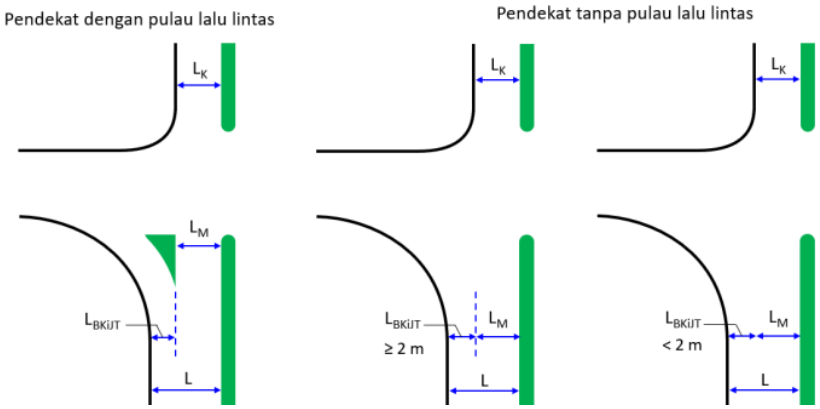
Gambar 3. 2 Penentuan Tipe Pendekat

(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.5 Lebar Pendekat Efektif

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

a. Untuk pendekat dengan pulau lalu lintas, arus belok kiri memiliki lebar lajur tersendiri sehingga lebar masuk (L_M) merupakan lebar antara tepi pulau lalu lintas dengan median yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 (kiri).
b. Untuk pendekat tanpa pulau lalu lintas, arus belok kiri jalan terus bisa membentuk lajur sendiri atau bisa bergabung dengan arus yang lurus tergantung dari ketersediaan ruang kendaraan yang belok kiri. Apabila L_{BKIJT} ≥2 m maka arus belok kiri dapat membentuk antrean sendiri sehingga $L_M = L - L_{BKIJT}$ (Gambar 3.3 tengah). Sedangkan apabila L_{BKIJT} kurang dari 2 meter maka arus belok kiri akan menyatu dengan arus lalu lintas yang lurus (Gambar 3.3 kanan).



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

(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Lebar efektif (L_E) dapat dihitung dengan menggunakan ketentuan sebagai berikut:

a. Jika L_{BKIJT} ≥2 m atau L_{BKIJT} merupakan lajur eksklusif, maka arus kendaraan B_{KIJT} dapat mendahului antrean kendaraan lurus dan belok kanan selama isyarat merah. L_E ditetapkan sebagai berikut:

   Langkah 1: Keluarkan arus B_{KIJT} (q_{BKIJT}) dari perhitungan dan selanjutnya arus yang dihitung adalah $q = q_{LRS} + q_{BKa}$

   Penentuan lebar efektif adalah sebagai berikut:

$$L_E = Min \begin{cases} L - L_{BKiJT} \\ L_M \end{cases} \quad (3.1)$$

Langkah 2: Periksa L_K (hanya untuk pendekat tipe P), jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa})$, maka $L_E = L_K$, dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekat ini didasarkan hanya bagian lalu lintas yang lurus saja yaitu q_{LRS}

b. Jika L_{BKIJT} <2 m, maka kendaraan B_{KIJT} dianggap tidak dapat mendahului antrean kendaraan lainnya selama isyarat merah. LE ditetapkan sebagai berikut:
Langkah 1: Sertakan q_{BKIJT} pada perhitungan selanjutnya.

$$L_E = Min \begin{cases} L \\ L_M + L_{BKiJT} \\ L\ x\ (1 + R_{BKiJT}) - L_{BKiJT} \end{cases} \quad (3.2)$$

Langkah 2: Periksa L_K (hanya untuk pendekat tipe P), jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa} - R_{BKIJT})$, maka $L_E = L_K$, dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk arus lalu lintas lurus saja.

3.6 Arus Lalu Lintas

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) data lalu lintas dibedakan menjadi dua jenis yaitu data arus lalu lintas eksisting dan data arus lalu lintas rencana. Data arus lalu lintas eksisting digunakan untuk mengevaluasi kinerja lalu lintas dengan menghitung arus lalu lintas per jam pada waktu-waktu tertentu, seperti saat jam sibuk pagi atau sore. Sementara itu, data arus lalu lintas rencana berupa arus lalu lintas jam perencanaan (q_{JP}) yang ditetapkan dari LHRT, faktor K, dan faktor jam sibuk (F_{JS}) digunakan sebagai dasar untuk menentukan lebar jalur atau jumlah lajur lalu lintas.

Arus lalu lintas yaitu jumlah kendaraan yang melewati suatu ruas jalan tertentu dalam waktu tertentu (Dewi dkk., 2023). Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), arus lalu lintas (q) dinyatakan dalam smp/jam untuk satu atau lebih periode, misalnya pada periode jam puncak pagi, siang, atau sore. Arus lalu lintas dalam kendaraan/jam dikonversi menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan nilai emp yang sesuai dengan masing-masing pendekat baik itu terlindung maupun terlawan. Tabel ekuivalen mobil penumpang (emp) untuk tiap jenis kendaraan bermotor dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Faktor Ekuivalensi Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	EMP untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Mobil Penumpang (MP)	1,00	1,00
Kendaraan Sedang (KS)	1,30	1,30
Sepeda Motor (SM)	0,15	0,40

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.7 Arus Jenuh

Arus jenuh (J) adalah kemampuan sebuah simpang untuk melewatkan kendaraan ketika lampu lalu lintas berwarna hijau, atau jumlah kendaraan yang dapat meninggalkan antrean pada suatu pendekat selama periode yang ditentukan, yang diukur dalam satuan smp/jam hijau (Kariyana dkk., 2019). Dalam Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), arus jenuh merupakan hasil perkalian antara arus jenuh dasar (J_0) dengan faktor-faktor koreksi untuk penyimpangan kondisi eksisting terhadap kondisi ideal. Arus jenuh simpang APILL dapat dihitung dengan Persamaan 3.3.

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

dengan :

J_0 = arus jenuh dasar,

F_{HS} = faktor koreksi hambatan samping,

F_{UK} = faktor koreksi ukuran kota,

F_G = faktor koreksi kelandaian,

F_P = faktor koreksi parkir,

F_{BKa} = faktor koreksi belok kanan, dan

F_{BKi} = faktor koreksi belok kiri.

3.7.1 Arus Jenuh Dasar

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), arus jenuh dasar merupakan besarnya arus lalu lintas keberangkatan antrean di dalam suatu pendekat

pada kondisi ideal (smp/jam). Arus jenuh dasar dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.4.

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

dengan :

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

L_E = lebar efektif pendekat (m).

3.7.2 Faktor koreksi ukuran kota

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), faktor koreksi ukuran kota merupakan faktor koreksi nilai kapasitas dasar sehubungan dengan ukuran kota yang dinyatakan oleh besarnya populasi. Faktor koreksi ukuran kota (F_{UK}) dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK})

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
0,1-0,5	0,83
<0,1	0,82

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.7.3 Faktor koreksi hambatan samping

Faktor koreksi hambatan samping adalah faktor koreksi nilai kapasitas dasar akibat tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan arus kendaraan tak bermotor (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023). Nilai faktor koreksi hambatan samping dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Faktor 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)

Kelas hambatan samping ditetapkan dari jumlah perkalian antara frekuensi kejadian setiap jenis hambatan samping dikalikan dan bobotnya. Frekuensi kejadian hambatan samping dihitung berdasarkan pengamatan di lokasi penelitian selama satu jam di sepanjang segmen yang diamati. Nilai pembobotan dan kriteria kelas hambatan samping ditentukan berdasarkan ketentuan nilai pembobotan dan kriteria kelas hambatan samping pada analisis ruas jalan perkotaan yang dapat dilihat pada Tabel 3.6 dan 3.7.

Tabel 3.6 Pembobotan Hambatan Samping

No.	Jenis hambatan samping utama	Bobot
1	Pejalan kaki di badan jalan dan yang menyeberang	0,5
2	Kendaraan umum dan kendaraan lainnya yang berhenti	1,0
3	Kendaraan keluar/masuk sisi atau lahan samping jalan	0,7
4	Arus kendaraan lambat (kendaraan tak bermotor)	0,4

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

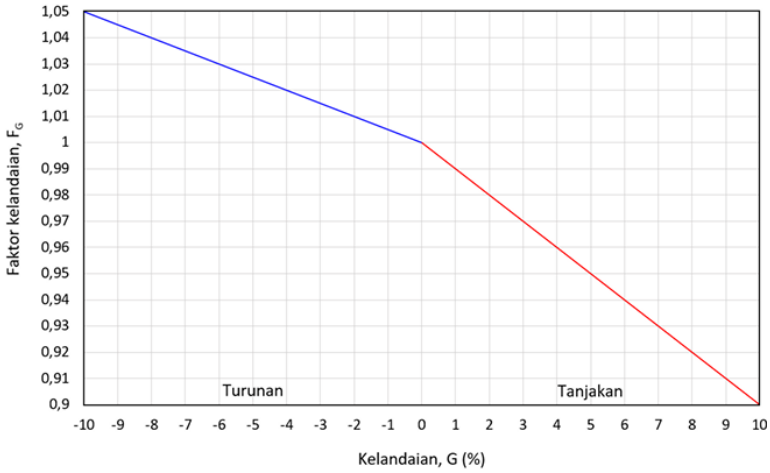
Tabel 3.7 Kriteria Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Jumlah nilai frekuensi kejadian (di kedua sisi jalan) dikali bobot	Kondisi Khusus
Sangat rendah (SR)	<100	Daerah permukiman; tersedia jalan lingkungan *(frontage road)*
Rendah (R)	100-299	Daerah permukiman; ada beberapa angkutan umum.
Sedang (S)	300-499	Daerah industri, beberapa toko di sepanjang sisi jalan
Tinggi (T)	500-899	Daerah komersial, ada aktivitas sisi jalan yang tinggi
Sangat Tinggi (ST)	≥ 900	Daerah komersial, ada aktivitas pasar di sisi jalan

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.7.4 Faktor koreksi kelandaian

Faktor koreksi kelandaian atau faktor gradien (F_G) merupakan faktor koreksi untuk kelandaian pendekat. Nilai kelandaian dinyatakan dalam bentuk persen. Ketika sebuah pendekat mengalami tanjakan maka persentasenya bernilai positif, sedangkan ketika pendekat mengalami turunan maka persentasenya bernilai negatif. Faktor kelandaian dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Faktor Koreksi Kelandaian (F_G)

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.7.5 Faktor koreksi parkir

Faktor koreksi parkir merupakan faktor koreksi yang dihitung berdasarkan jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama pada suatu pendekat. Faktor ini dipengaruhi oleh jarak garis henti ke kendaraan yang diparkir pertama, lebar pendekat, serta durasi lampu hijau pada pendekat tersebut. Perhitungan faktor koreksi parkir dapat dihitung dengan Persamaan 3.5.

$$F_P = \frac{\left[\frac{Lp}{3} - \frac{(L-2)\ x\left(\frac{Lp}{3} - WH\right)}{L}\right]}{WH} \quad (3.5)$$

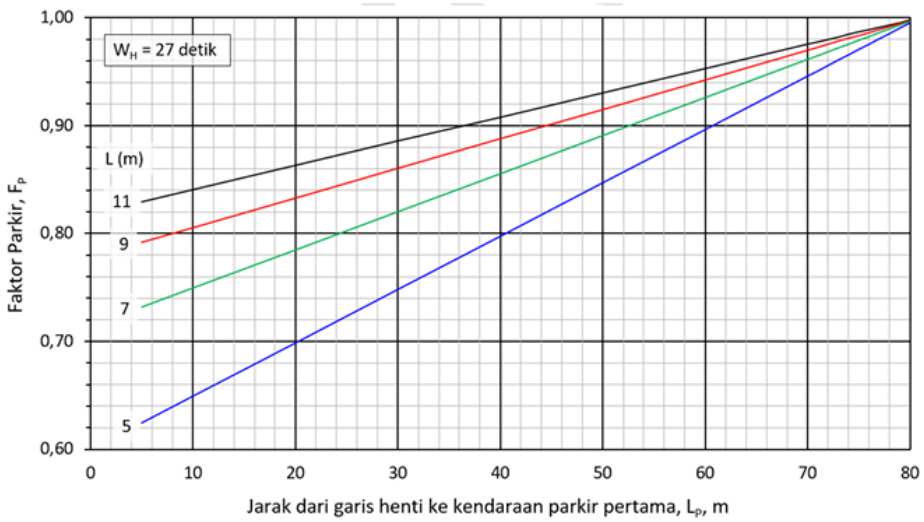
dengan :

L_p = jarak antara garis henti kendaraan yang parkir pertama pada lajur belok kiri atau panjang dari lajur belok kiri yang pendek (m),

L = lebar pendekat (m), dan

W_H = waktu hijau pada pendekat yang ditinjau (nilai normalnya 27 detik).

Selain menggunakan Persamaan di atas perhitungan faktor koreksi parkir juga dapat diketahui dengan grafik yang terdapat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Faktor Koreksi untuk Pengaruh Parkir (F_P)

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.7.6 Faktor koreksi belok kanan

Faktor koreksi belok kanan adalah faktor koreksi nilai kapasitas dasar akibat arus lalu lintas belok kanan. Faktor ini hanya berlaku untuk pendekat tipe P, tanpa median, tipe jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Perhitungan faktor belok kanan dapat dihitung dengan Persamaan 3.6.

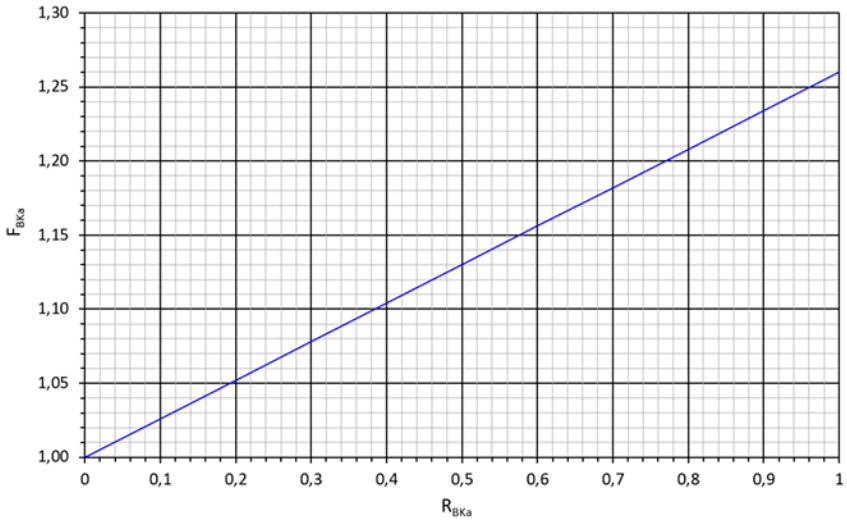
$$F_{BKa} = 1{,}0 + R_{BKa} \times 0{,}26 \quad (3.6)$$

dengan :

F_{BKa} = faktor koreksi belok kanan, dan

R_{BKa} = rasio kendaraan belok kanan.

Selain menggunakan Persamaan di atas, penentuan faktor koreksi belok kanan dapat ditentukan dengan grafik pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Faktor Koreksi untuk Belok Kanan (F_{bka}), pada Pendekat Tipe P dengan Jalan Dua Arah, dan L_E Ditentukan oleh L_M

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.7.7 Faktor koreksi belok kiri

Faktor koreksi belok kiri adalah faktor koreksi nilai kapasitas dasar akibat arus lalu lintas belok kiri. Faktor ini hanya berlaku untuk pendekat tipe P tanpa B_{KIJT} (belok kiri jalan terus). Hal ini disebabkan karena di pendekat terlindung tanpa B_{KIJT}, kendaraan yang berbelok kiri cenderung melambat sehingga mengurangi arus jenuh pada pendekat tersebut. Perhitungan faktor koreksi belok kiri dapat dihitung dengan Persamaan 3.7.

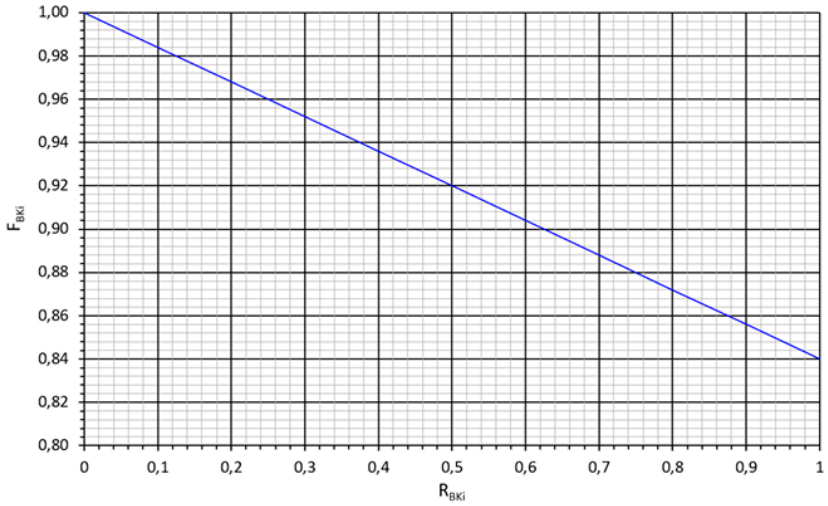
$$F_{BKi} = 1{,}0 - R_{BKi} \times 0{,}16 \quad (3.7)$$

dengan :

F_{BKi} = faktor koreksi belok kiri, dan

R_{BKi} = rasio kendaraan belok kiri.

Selain menggunakan Persamaan di atas, penentuan faktor koreksi belok kiri dapat ditentukan dengan grafik pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Faktor Koreksi untuk Belok Kiri (F_{BKi}) untuk Pendekat Tipe P Tanpa B_{KIJT}, dan L_E Ditentukan oleh L_M

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.8 Rasio Arus terhadap Arus Jenuh

Perhitungan rasio arus terhadap arus jenuh untuk tiap *approach* dirumuskan sebagai Persamaan 3.8 berikut :

$$R_{q/J} = \frac{q}{J} \tag{3.8}$$

dengan :

$R_{q/J}$ = rasio arus terhadap arus jenuh,

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

J = arus jenuh (smp/jam).

Nilai perbandingan arus kritis ($R_{q/J\ kritis}$) adalah nilai perbandingan arus tertinggi pada tiap fase. Dari jumlah nilai perbandingan arus kritis tiap fase didapat rasio arus simpang APILL ($R_{A/S}$). Rasio arus simpang APILL dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.9.

$$R_{A/S} = \Sigma i(R_{q/J\ kritis})_i \tag{3.9}$$

dengan :

$R_{q/J\ kritis}$ = perbandingan arus kritis,

$R_{A/S}$ = rasio arus simpang APILL, dan

i = indeks untuk fase ke i.

Rasio Fase (R_F) masing-masing fase sebagai rasio antara $R_{q/J\ kritis}$ dan $R_{A/S}$ dapat dihitung dengan Persamaan 3.10.

$$R_F = \frac{R_{q/J\ kritis}}{R_{A/S}} \tag{3.10}$$

dengan :

R_F = rasio fase,

$R_{q/J\ kritis}$ = perbandingan arus kritis, dan

$R_{A/S}$ = rasio arus simpang APILL.

3.9 Penentuan Waktu Sinyal

Penentuan waktu sinyal bertujuan untuk meminimalkan tundaan total dalam suatu persimpangan. Waktu sinyal ditentukan berdasarkan waktu siklus (c) dan waktu hijau (gi) pada setiap fase (i).

3.9.1 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian (S_{bs})

   Penentuan waktu siklus bertujuan untuk sistem kendali waktu tetap yang dapat dilakukan menggunakan rumus Webster dan Cobbe (1966). Rumus ini bertujuan meminimalkan tundaan total. Nilai S_{bs} ditetapkan menggunakan Persamaan 3.11.

$$S_{bs} = \frac{(1{,}5 \times W_{HH} + 5)}{(1 - \Sigma R_{q/J\ kritis})} \tag{3.11}$$

   dengan :

   S_{bs} = waktu siklus sebelum penyesuaian (detik),

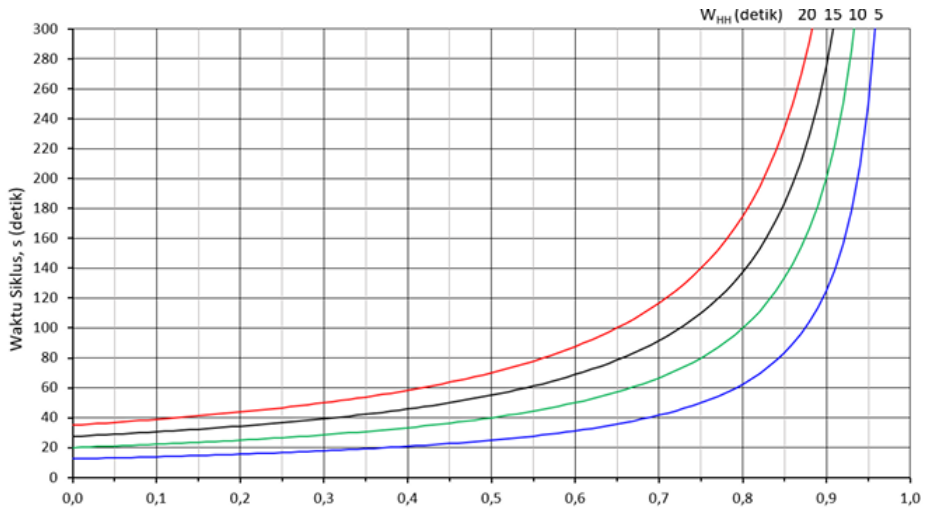
   W_{HH} = jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik),

$R_{q/J}$ = rasio arus,

$R_{q/J\ kritis}$ = nilai $R_{q/J}$ tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada fase yang sama, dan

$\Sigma R_{q/J\ kritis}$ = rasio arus simpang pada siklus tersebut.

Waktu siklus sebelum penyesuaian juga dapat diperoleh dari grafik yang terdapat pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Grafik Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Berdasarkan grafik pada Gambar 3.6 dijelaskan bahwa dalam menentukan waktu siklus, perlu mempertimbangkan rasio arus simpang ($R_{A/S}$) dan waktu hijau hilang total per siklus (W_{HH}). Jika alternatif fase sinyal dievaluasi, hasil yang paling efisien adalah yang menghasilkan nilai terendah dari ($R_{A/S}$ + W_{HH}/s). Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), terdapat waktu siklus yang disarankan untuk keadaan yang berbeda. Waktu siklus yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Waktu Siklus (s) 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)

Nilai waktu siklus yang lebih rendah dari yang disarankan digunakan untuk simpang APILL dengan lebar jalur pendekat <10 m dan nilai yang lebih tinggi untuk pendekat yang memiliki lebar >10 m. Waktu siklus yang lebih rendah dari yang disarankan cenderung menyebabkan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Waktu siklus yang lebih besar dari 130 detik harus dihindari, kecuali pada kasus sangat khusus (simpang yang sangat besar) karena hal ini sering mengakibatkan kapasitas keseluruhan simpang APILL menurun. Jika hasil perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi dari batas yang disarankan, menandakan bahwa kapasitas dari geometri simpang tersebut tidak mencukupi.

2. Waktu hijau

Tahap selanjutnya dari penentuan waktu sinyal adalah menetapkan waktu hijau (w_H) pada masing-masing fase (i). Perhitungan waktu hijau tiap fase dapat dihitung dengan Persamaan 3.12.

$$W_{Hi} = (s - w_{HH}) \times \frac{R_{q/J\ kritis}}{\Sigma i(R_{q/J\ kritis})_i} \quad (3.12)$$

dengan :

w_{Hi} = waktu hijau pada fase i (detik),

i = indeks untuk fase ke i,

w_{HH} = jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik),

$R_{q/J}$ = rasio arus,

$R_{q/J\ kritis}$ = nilai $R_{q/J}$ tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada fase yang sama, dan

$\Sigma R_{q/J\ kritis}$ = rasio arus simpang pada siklus tersebut.

Waktu hijau yang kurang dari 10 detik sebaiknya dihindari karena dapat meningkatkan pelanggaran lampu merah dan menyulitkan pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Selain itu, kendala lain yang mungkin terjadi adalah adanya penumpukan kendaraan pada ruas jalan yang memiliki fase hijau pendek, karena fase hijau tersebut tidak mampu melewatkan kendaraan dengan optimal.

3. Waktu siklus yang disesuaikan

   Waktu siklus yang disesuaikan didasarkan pada jumlah waktu hijau yang telah dibulatkan dan waktu hilang total (W_{HH}). Perhitungan waktu siklus yang disesuaikan dapat dihitung dengan Persamaan 3.13.

$$s = \Sigma W_{Hi} + W_{HH} \quad (3.13)$$

dengan :

w_{Hi} = waktu hijau pada fase i (detik), dan

w_{HH} = jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik).

3.10 Kapasitas

Kapasitas adalah jumlah arus lalu lintas maksimum yang dapat dilayani oleh suatu persimpangan dalam satuan waktu. Kapasitas simpang dinyatakan dalam satuan smp/jam. Perhitungan kapasitas pada simpang dihitung berdasarkan tiap pendekat atau kelompok lajur dalam suatu pendekat. Kapasitas simpang dapat dihitung dengan rumus pada Persamaan 3.14.

$$C = J \times \frac{w_H}{s} \quad (3.14)$$

dengan :

C = kapasitas simpang APILL (smp/jam),

J = arus jenuh (smp/jam),

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

s = waktu siklus (detik).

3.11 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (D_J) adalah indikator yang menunjukkan tingginya volume lalu lintas pada suatu persimpangan dan berperan dalam menentukan cara penanganannya (Prasetyo dkk., 2022). Dalam Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) derajat kejenuhan dinyatakan dengan rumus pada Persamaan 3.15.

$$D_J = \frac{Q}{C} \tag{3.15}$$

dengan :

D_J = derajat kejenuhan,

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

C = kapasitas.

3.12 Perilaku Lalu Lintas

3.12.1 Panjang Antrean

Antrean kendaraan merupakan fenomena lalu lintas yang umum terlihat sehari-hari, antrean kendaraan didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang berbaris pada suatu pendekat simpang dan dinyatakan dalam jumlah kendaraan atau satuan mobil penumpang (Andraiko dan Dwiyanto, 2023). Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) jumlah rata-rata antrean kendaraan (smp) pada awal isyarat lampu hijau (N_q) dihitung sebagai jumlah kendaraan terhenti (smp) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) ditambah jumlah kendaraan (smp) yang datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2}) dapat dihitung dengan tahapan – tahapan sebagai berikut.

1. Jumlah rata – rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1})

   Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.16 dan Persamaan 3.17.

   Jika $D_J \leq 0{,}5$ maka $N_{q1} = 0$ (3.16)

Jika D_J >0,5 maka

$$N_{q1} = 0{,}25\ x\ s\ x\ \left\{(D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8\ x\ (D_J - 0{,}5)}{s}}\right\} \quad (3.17)$$

dengan :

N_{q1} = jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (smp), dan

D_J = derajat kejenuhan.

2. Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2})

Jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.18.

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

dengan :

N_{q2} = jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (smp),

s = waktu siklus (s),

R_H = rasio hijau pendekat ($\frac{W_H}{s}$),

q = arus lalu lintas pendekat (smp/jam), dan

D_J = derajat kejenuhan.

3. Jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q)

Jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.19.

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \quad (3.19)$$

dengan :

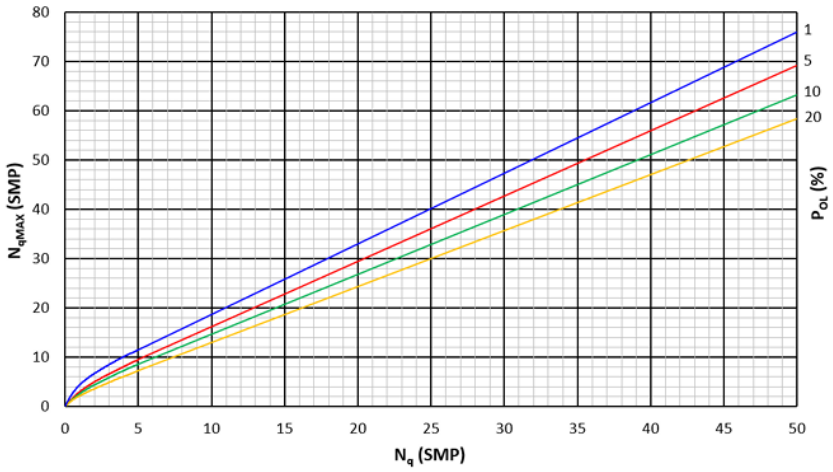
N_q = jumlah rata-rata antrean kendaraan (smp),

N_{q1} = jumlah rata-rata antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (smp), dan

N_{q2} = jumlah rata-rata antrean kendaraan yang datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (smp).

4. Jumlah rata-rata antrean kendaraan maksimum (N_{qMAX})

Jumlah rata-rata antrean kendaraan maksimum (N_{qMAX}) dapat ditentukan dengan menggunakan Gambar 3.7. Langkah yang perlu dilakukan adalah jumlahkan N_{q1} dan N_{q2} untuk mendapatkan N_q. Selanjutnya, lakukan koreksi untuk mengevaluasi *overloading* pada simpang. Jika diinginkan peluang untuk terjadinya *overloading* sebesar POL (%), maka tetapkan nilai N_{qMAX} menggunakan Gambar 3.9. Untuk perencanaan disarankan POL ≤5%, dan untuk analisis operasional, nilai POL = 5% sampai dengan 10% masih dapat diterima.



Gambar 3. 9 Jumlah Antrean Maksimum Akibat Overloading

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Panjang antrean (P_A) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.20.

$$P_A = N_q \, x \, \frac{20}{L_M} \tag{3.20}$$

dengan :

N_q = Jumlah rata-rata antrean kendaraan (smp),

20 = luas area rata-rata yang digunakan oleh satu mobil penumpang (smp) yaitu 20 m^2, dan

L_M = lebar pendekat (m).

3.12.2 Rasio Kendaraan Terhenti

Rasio kendaraan terhenti (R_{KH}) yaitu rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu simpang APILL terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut, dihitung menggunakan Persamaan 3.21.

$$R_{KH} = 0{,}9 \text{ x } \frac{N_q}{q \text{ x } s} \text{ x } 3600 \quad (3.21)$$

dengan :

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

s = waktu siklus, dalam detik, dan

q = arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau, dalam smp/jam.

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) adalah jumlah berhenti rata-rata per kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrean) sebelum melewati suatu simpang APILL, dihitung menggunakan Persamaan 3.22.

$$N_{KH} = q \times R_{KH} \quad (3.22)$$

Angka henti pada seluruh simpang diperoleh dengan membagi jumlah kendaraan yang terhenti pada semua pendekat di persimpangan dengan arus total simpang. Angka henti seluruh simpang APILL dapat dihitung dengan Persamaan 3.23.

$$R_{KH\,TOTAL} = \frac{(\Sigma N_{KH})}{q_{Total}} \quad (3.23)$$

dengan :

$R_{KH\ TOTAL}$ = angka henti seluruh simpang APILL, dan

N_{KH} = jumlah kendaraan terhenti.

3.12.3 Tundaan

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu simpang APILL apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa simpang APILL. Tundaan pada suatu simpang APILL terjadi karena 2 hal yaitu tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometri (T_G). Tundaan lalu lintas disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lain pada suatu simpang, sedangkan tundaan geometri disebabkan oleh perlambatan dan percepatan ketika gerakan membelok pada suatu simpang atau terhenti akibat lampu merah.

1. Tundaan lalu lintas

   Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat i dapat ditentukan dari Persamaan 3.24.

$$T_{LL} = s \times \frac{0{,}5 \times (1-R_H)^2}{(1-R_{H \times D_J})} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C} \quad (3.24)$$

   dengan :

   s = waktu siklus yang disesuaikan (detik),

   N_{q1} = jumlah kendaraan terhenti yang tersisa dari fase hijau sebelumnya,

   C = kapasitas (smp/jam), dan

   D_J = derajat kejenuhan.

2. Tundaan geometri

   Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat i dapat ditentukan dari Persamaan 3.25.

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (3.25)$$

dengan :

P_B = porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat, dan

R_{KH} = rasio kendaraan terhenti.

Tundaan (T) merupakan penjumlahan dari tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometri (T_G), yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.26.

$$T = T_{LL} + T_G \quad (3.26)$$

Tundaan rata-rata seluruh simpang (T_I) adalah perbandingan nilai tundaan dengan arus total (q_{Tot}) dalam satuan smp/jam seperti pada Persamaan 3.27.

$$T_I = \frac{\Sigma\,(qxT)}{q_{Total}} \quad (3.27)$$

3.13 Tingkat Pelayanan Ruas Jalan pada Simpang

Standar tingkat pelayanan untuk ruas jalan pada simpang adalah pedoman penting yang digunakan untuk menilai kinerja dan efisiensi persimpangan jalan. Penilaian ini didasarkan pada berbagai indikator seperti waktu tunggu kendaraan, kecepatan perjalanan, kepadatan lalu lintas, serta frekuensi dan durasi penundaan. Tingkat pelayanan dikategorikan dari A hingga F, dengan A mencerminkan kondisi optimal dimana lalu lintas mengalir lancar dengan sedikit atau tanpa penundaan, dan F menunjukkan kondisi yang sangat buruk dengan penundaan yang signifikan dan kemacetan tinggi.

Penetapan standar ini sangat penting dalam perencanaan, desain, dan pengelolaan infrastruktur jalan. Dengan memahami tingkat pelayanan yang ada, insinyur dan perencana lalu lintas dapat mengidentifikasi kebutuhan perbaikan dan merancang solusi yang sesuai untuk meningkatkan aliran lalu lintas dan mengurangi kemacetan. Standar ini juga membantu dalam menetapkan prioritas proyek pengembangan dan perbaikan jalan serta memastikan bahwa infrastruktur jalan dapat memberikan kenyamanan, efisiensi, dan keamanan optimal bagi semua pengguna jalan, baik pengemudi, pejalan kaki, maupun pengendara sepeda.

Berdasarkan Kementerian Perhubungan (2015) standar tingkat pelayanan untuk ruas jalan pada simpang terdapat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Standar Tingkat Pelayanan untuk Ruas Jalan pada Simpang

Klasifikasi Jalan	Tingkat Pelayanan
PRIMER	
Arteri	Minimal B
Kolektor	Minimal B
Lokal	Minimal C
Tol	Minimal B
SEKUNDER	
Arteri	Minimal C
Kolektor	Minimal C
Lokal	Minimal D
Lingkungan	Minimal D

Sumber: Kementerian Perhubungan (2015)

3.14 Pemodelan Lalu Lintas dengan *Software* PTV VISSIM

Pemodelan simulasi dalam rekayasa lalu lintas adalah proses pembuatan atau analisis model fisik arus lalu lintas untuk memprediksi perilakunya berdasarkan beberapa parameter. (Sandhyavitri dkk., 2021). VISSIM merupakan perangkat lunak yang berbasis mikro simulasi. PTV VISSIM dikembangkan oleh *PTV* (*Planning Transport Verkehr AG*) di Karlsruhe, Jerman. *VISSIM* berasal dari Jerman dan mempunyai nama "Verkehr Stadten – Simulations Modell" yang memiliki arti model simulasi lalu lintas perkotaan (Nugroho dan Dwiatmaja, 2020). Menurut Bintang (2022), PTV VISSIM digunakan untuk mengevaluasi berbagai langkah alternatif yang berdasarkan dari langkah rekayasa transportasi dan perencanaan efektivitas. Beberapa kegunaan PTV VISSIM dalam pemodelan adalah sebagai berikut.

1. Arteri Simulasi
    a. Model jaringan jalan
    b. Simulasi persimpangan terhadap semua mode kendaraan
    c. Analisa karakteristik antrean

d. Desain waktu sinyal

2. Simulasi Transportasi Publik
   a. Semua rincian model untuk bus, BRT, Trem, LRT, dan MRT
   b. Analisa peningkatan operasi publik transportasi tertentu
   c. Menguji dan mengoptimalkan secara standar waktu APILL transportasi publik menurut prioritas perencanaan
3. Simulasi Pejalan Kaki
   a. Model pejalan kaki di lingkungan multimodal
   b. Perencanaan evakuasi dari bangunan dan acara khusus
4. *Motorway* Simulasi
   a. Simulasi manajemen lalu lintas aktif dan sistem transportasi cerdas
   b. Uji dan menganalisis strategi zona kerja

3.15 Validasi

Validasi adalah proses pengujian data untuk memastikan data yang diperoleh adalah valid. Dalam melakukan validasi, data yang dibandingkan yaitu data dari hasil survei dengan data hasil analisis menggunakan metode PKJI 2023 dan pemodelan VISSIM (Dharmawan, 2023). Kalibrasi pada PTV VISSIM merupakan proses dalam membentuk nilai-nilai parameter yang sesuai sehingga model dapat mewakili kondisi lalu lintas yang semirip mungkin. Kalibrasi dilakukan apabila ternyata hasil validasi tidak memenuhi persyaratan (Bintang, 2021). Validasi dan kalibrasi dilakukan untuk memastikan kesesuaian antara data di lokasi penelitian dan data yang dimodelkan oleh perangkat lunak, dengan tujuan agar *output* dari pemodelan perangkat lunak menyerupai kondisi nyata di lokasi penelitian (Hutahaean dan Susilo, 2021).

3.15.1 Uji GEH

Proses validasi data dengan menggunakan rumus statistik Geoffrey E. Havers (GEH). Pada tahun 1970-an, Geoffrey E. Havers mengembangkan rumus GEH untuk menilai kecocokan model simulasi lalu lintas (Dharmawan, 2023). Rumus GEH merupakan rumus statistik yang dimodifikasi dari *chi-squared* dengan

menggabungkan perbedaan data relatif dan absolut (Hutahaean dan Susilo, 2021). Perhitungan rumus GEH dapat dilihat pada Persamaan 3.28.

$$\text{GEH} = \sqrt{\frac{2 \text{ x } (\text{q simulated} - \text{q observed})^2}{(\text{q simulated} + \text{q observed})}} \tag{3.28}$$

dengan :

$q_{simulated}$ = data volume arus lalu lintas hasil simulasi (kend/jam), dan

$q_{observed}$ = data volume arus lalu lintas hasil observasi (kend/jam).

Rumus GEH memiliki ketentuan khusus dari nilai error yang dihasilkan seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Ketentuan Nilai *Error* Rumus Statistik Geoffrey E. Havers

Nilai GEH	Keterangan
GEH < 5,0	Diterima
5,0 <= GEH <= 10,0	Peringatan: kemungkinan model *error* atau data buruk
GEH > 10,0	Ditolak

Sumber: Gustavsson (2007)

3.15.2 Uji MAPE

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah rata-rata dari perbedaan absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual, yang dinyatakan dalam bentuk persentase dari perbedaan tersebut. MAPE dihitung dengan mengambil kesalahan absolut setiap periode, yang diperoleh dari selisih antara data aktual dan hasil peramalan, kemudian membaginya dengan nilai data aktual. Hasil perhitungan ini kemudian dirata-rata untuk mendapatkan persentase absolut rata-ratanya (Wisesa dkk., 2018). Sebuah model dianggap memiliki kinerja sangat baik jika nilai MAPE berada di bawah 10%, dan memiliki kinerja baik jika nilai MAPE berada antara 10% dan 20% (Novita dkk., 2022). Rumus untuk menghitung MAPE dapat dilihat pada Persamaan 3.29.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} \frac{|x_t - f_t|}{x_t} \; x \; 100\% \tag{3.29}$$

dengan :

x_t = data aktual periode *t*, dan

f_t = Nilai *forecasting* pada periode *t*.

Hasil uji *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang bervariasi memiliki kesimpulan seperti pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Kesimpulan Uji MAPE

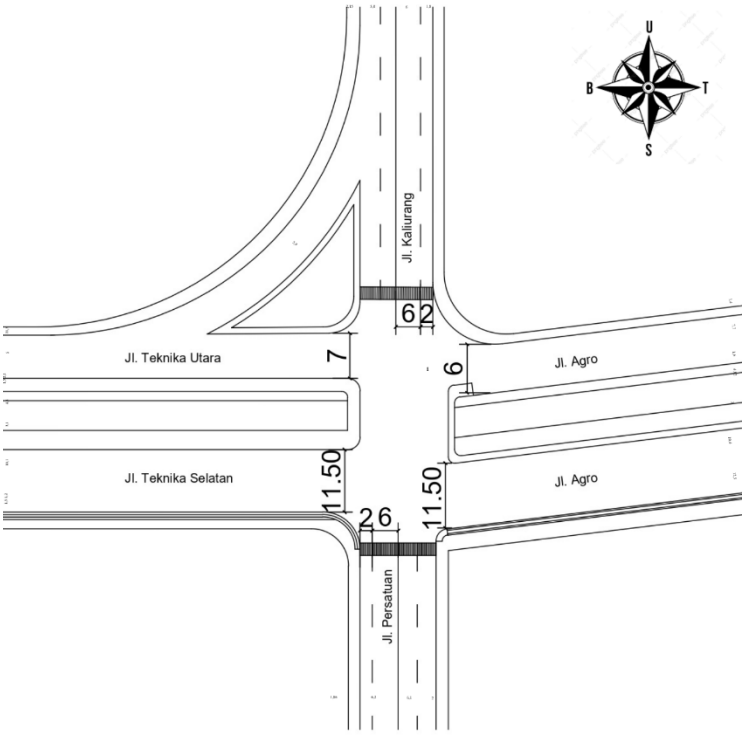
MAPE	Kesimpulan
< 10 %	Hasil prediksi sangat akurat
10 - 20 %	Hasil prediksi baik
20 - 50 %	Hasil prediksi layak
> 50 %	Hasil prediksi tidak akurat

Sumber: Gustavsson (2007)

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada Simpang APILL MM UGM yang menghubungkan Jalan Kaliurang, Jalan Agro, Jalan Persatuan, dan Jalan Teknika. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Lokasi Simpang APILL MM UGM

4.2 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung melalui observasi atau survei di lokasi penelitian. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dan dapat ditemukan

dalam buku atau sumber lainnya. Data dalam penelitian Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Penelitian

Data Primer	Data Sekunder
1. Volume lalu lintas 2. Waktu siklus simpang 3. Geometri simpang 4. Kecepatan kendaraan 5. *Driving behavior* 6. Panjang antrean 7. Hambatan samping	1. Denah lokasi Simpang APILL MM UGM 2. Jumlah penduduk Kabupaten Sleman Sleman untuk Penentuan Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK})

4.3 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data bertujuan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam penyusunan Tugas Akhir sehingga dapat dilakukan analisis data. Dalam penelitian ini, data-data yang dibutuhkan yaitu data primer dan data sekunder. Dalam penelitian ini, data primer diperoleh secara langsung melalui survei dan pengamatan di lokasi penelitian. Sedangkan data sekunder diperoleh melalui *software* Google Earth dan Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman. Data-data yang diperoleh di lokasi penelitian adalah sebagai berikut.

1. Survei Volume Lalu Lintas

   Survei volume lalu lintas dilakukan dengan menggunakan kamera yang ditempatkan di setiap pendekat. Kamera tersebut berfungsi untuk merekam kendaraan yang melintas dari setiap pendekat menuju tujuan mereka. Penggunaan kamera dalam survei ini dapat mengurangi *human error* saat pengambilan data, sehingga data yang diperoleh dari survei volume lalu lintas dapat mencerminkan kondisi sebenarnya di lokasi penelitian. Perhitungan volume kendaraan dibedakan berdasarkan jenis kendaraan dengan ketentuan sebagai berikut.

a. Sepeda motor (SM)

   Sepeda motor merupakan kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda dengan panjang <2,5 m.

b. Kendaraan ringan (MP)

   Mobil penumpang 4 (empat) tempat duduk, mobil penumpang 7 (tujuh) tempat duduk, mobil angkutan barang kecil, mobil angkutan barang sedang dengan panjang ≤5,5 m.

c. Kendaraan sedang (KS)

   Bus sedang dan mobil angkutan barang 2 (dua) sumbu dengan panjang ≤9,0 m.

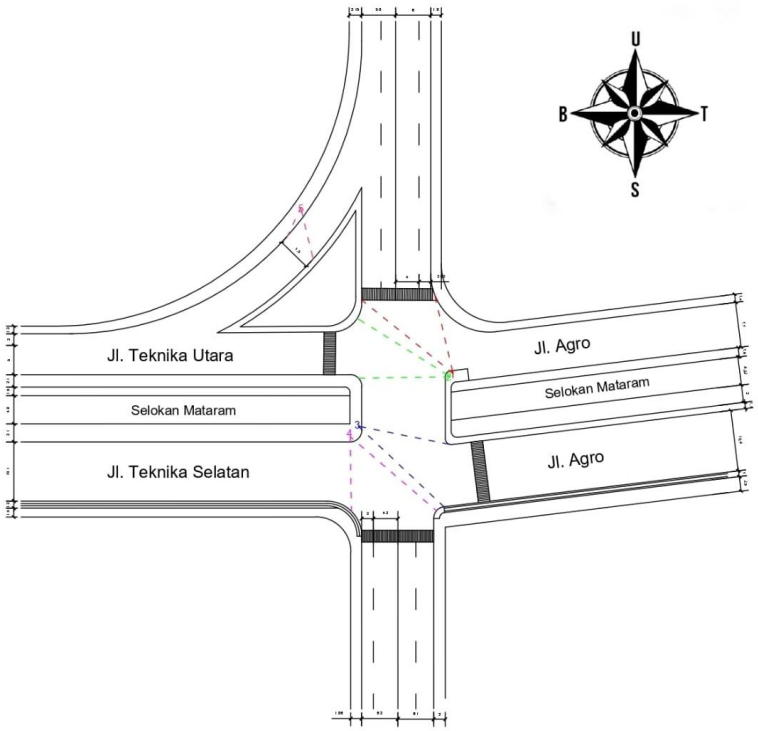
d. Kendaraan tidak bermotor (KTB)

   Setiap kendaraan yang digerakkan bukan oleh mesin atau peralatan teknis yang terpasang pada kendaraan tersebut seperti gerobak, sepeda, dan termasuk kendaraan yang ditarik oleh hewan dan digunakan untuk mengangkut orang dan/atau barang, masuk dalam kategori ini.

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

a. Arus kendaraan lurus (LRS)
b. Arus kendaraan belok kiri (B_{KI}) atau belok kiri jalan terus (B_{KIJT})
c. Arus kendaraan belok kanan (B_{KA})

Rekaman kamera kemudian direkap berdasarkan jenis kendaraan dan arah yang dituju oleh setiap pendekat untuk mengetahui jumlah kendaraan yang melintas di persimpangan. Perhitungan dilakukan dalam interval waktu setiap 15 menit karena dianggap masih memiliki tingkat ketelitian dan karakteristik yang sesuai dengan kondisi di lokasi penelitian. Adapun penempatan lokasi kamera pada survei volume lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4. 2 Lokasi Penempatan Kamera Survei

2. Waktu siklus simpang

   Waktu siklus persimpangan diperoleh melalui pengamatan langsung di lokasi penelitian. Penyurvei yang bertugas di setiap pendekat mencatat waktu sinyal APILL, termasuk lampu merah, kuning, hijau, dan merah semua. Data waktu sinyal dari setiap pendekat kemudian digabungkan untuk menentukan waktu siklus pada persimpangan APILL. Pengambilan data waktu siklus persimpangan dilakukan dalam beberapa sesi yaitu pagi, siang, dan sore.

3. Geometri simpang

   Survei geometri persimpangan bertujuan untuk memahami kondisi geometrik pada suatu persimpangan. Survei ini dilakukan menggunakan alat ukur *walking measure* dan observasi visual di lokasi penelitian. Data yang diperoleh dari pengukuran di lokasi penelitian meliputi lebar jalur. Sementara itu, dari observasi visual diperoleh data mengenai tipe persimpangan, tipe pendekat, jumlah jalur dan lajur, serta ada atau tidaknya median.

4. Kecepatan kendaraan

   Kecepatan kendaraan diperoleh melalui pengamatan langsung di lokasi penelitian. Pengamatan dilakukan di setiap pendekat dengan jarak yang telah ditentukan. Survei kecepatan kendaraan bertujuan untuk memodelkan persimpangan menggunakan perangkat lunak VISSIM. Dalam VISSIM, data kecepatan digunakan untuk memodelkan kecepatan kendaraan saat mendekati persimpangan. Lokasi survei berada pada setiap pendekat dengan jarak 50 meter dari panjang antrean terakhir, karena pada jarak ini kecepatan kendaraan tidak dipengaruhi oleh antrean. Prosedur survei kecepatan kendaraan melibatkan pengukuran waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk menempuh jarak 50 meter. Kecepatan kendaraan kemudian dihitung dengan membagi jarak tempuh dengan waktu yang diperlukan. Untuk pengambilan data kecepatan, diambil sampel 30 kendaraan dari setiap jenis kendaraan di setiap pendekat. Teorema limit pusat berlaku apabila ukuran sampel yang diambil dari suatu populasi memenuhi kriteria cukup besar. Dengan kata lain, teorema limit pusat mengandalkan ukuran sampel yang memadai untuk memberikan hasil yang akurat. Menurut Arsham (2023) untuk teorema limit pusat, ukuran sampel dikatakan besar jika lebih besar atau sama dengan 30 yang menjadi dasar pengambilan sampel dalam survei ini. Data kecepatan kendaraan diambil pada tiga sesi yaitu pagi, siang, dan sore.

5. *Driving behavior*

   Data *driving behavior* adalah parameter dalam *software* PTV VISSIM yang mempengaruhi interaksi antar kendaraan. Kalibrasi diperlukan untuk menyesuaikan perilaku berkendara dengan kondisi di lokasi penelitian saat ini. Data mengenai perilaku berkendara diperoleh dengan mengamati jarak antar kendaraan di lokasi penelitian. Dalam penelitian ini, data perilaku berkendara mencakup jarak antar kendaraan dari 80 sampel, yang terdiri dari 20 sampel jarak antar kendaraan depan-belakang saat kendaraan berhenti, 20 sampel jarak antar kendaraan depan-belakang saat kendaraan bergerak, 20 sampel jarak antar kendaraan samping-menyamping saat kendaraan berhenti, dan 20 sampel jarak antar kendaraan samping-menyamping saat kendaraan bergerak.

6. Panjang antrean

   Data panjang antrean digunakan untuk memvalidasi hasil analisis berdasarkan PKJI 2023 dan pemodelan VISSIM. Pengukuran panjang antrean dilakukan di setiap pendekat. Sebelum pengukuran, setiap pendekat diberi tanda setiap 5 meter untuk memudahkan pengukuran panjang antrean. Pengukuran panjang antrean didasarkan pada panjang antrean terakhir sebelum APILL berubah menjadi hijau di pendekat tersebut. Data panjang antrean diambil selama survei volume lalu lintas berlangsung.

7. Hambatan samping

   Data hambatan samping digunakan untuk menentukan tipe hambatan samping dalam perhitungan berdasarkan PKJI 2023. Pengumpulan data hambatan samping dilakukan dengan cara melakukan pengamatan langsung mengenai kondisi di lokasi penelitian. Pengambilan data ini dilakukan di setiap pendekat karena setiap pendekat memiliki karakteristik hambatan samping yang berbeda. Kendaraan tidak bermotor juga termasuk ke dalam penentuan hambatan samping.

4.3.1 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam pengambilan data di lokasi penelitian adalah sebagai berikut.

1. Alat tulis
2. Lakban
3. Formulir survei
4. *Walking measure*
5. *Handphone*
6. Kamera

4.3.2 Waktu Pelaksanaan Survei

Survei pengambilan data lalu lintas penelitian pada ini dilakukan selama dua hari dengan ketentuan satu hari kerja (*weekday*) yaitu hari Senin dan satu hari libur (*weekend*) yaitu hari Sabtu. Pengambilan data dilaksanakan selama 3 sesi yaitu sesi pagi, siang dan sore dengan rincian sebagai berikut.

1. Waktu pagi : 06.00 – 09.00 WIB

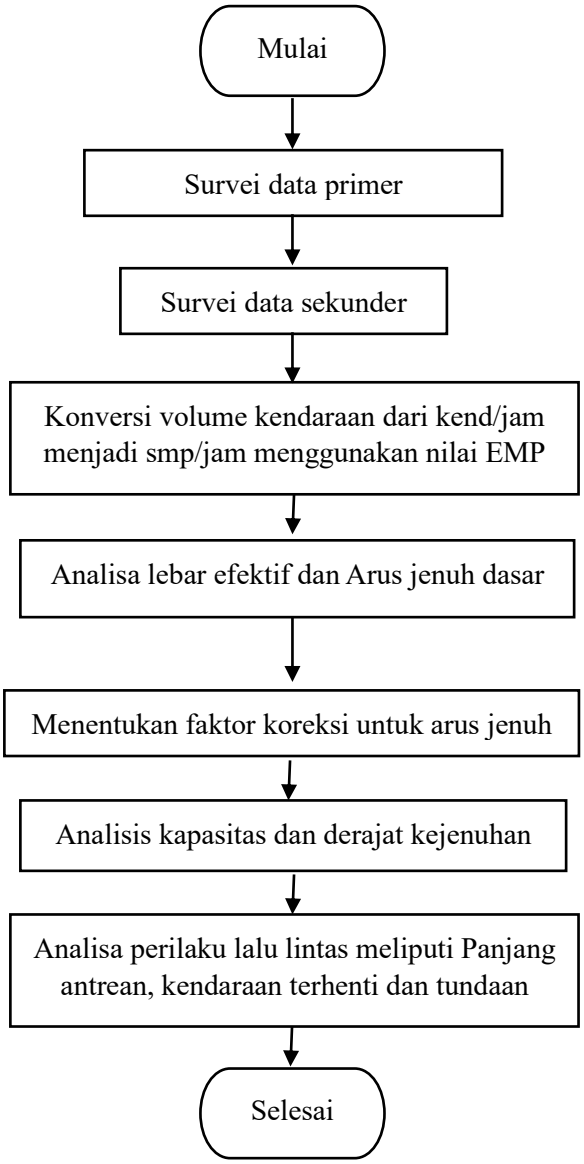
2. Waktu siang : 11.00 – 13.00 WIB
3. Waktu sore : 15.00 – 18.00 WIB

Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta (2021) menyatakan bahwa pelaksanaan survei dilakukan 3 sesi yaitu sesi pagi, siang, dan sore untuk mengetahui jam puncak volume kendaraan. Hal tersebut menjadi dasar dalam menentukan jam pelaksanaan survei dengan mempertimbangkan rentang waktu mewakili jam padat dan lengang selama 24 jam dalam seminggu selama satu tahun.

4.4 Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan bantuan *software* PTV VISSIM dan berdasarkan dari metode PKJI 2023. Data pada penelitian ini diperoleh dari survei langsung di lokasi penelitian. Data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis berdasarkan metode Pedoman Kinerja Jalan Indonesia (PKJI) 2023 menggunakan *software* Microsoft Excel. Setelah diketahui kinerja simpang pada kondisi eksisting, kemudian dicari beberapa alternatif solusi penanganan agar kinerja simpang dapat lebih optimal. Langkah untuk menganalisis data adalah antara lain :

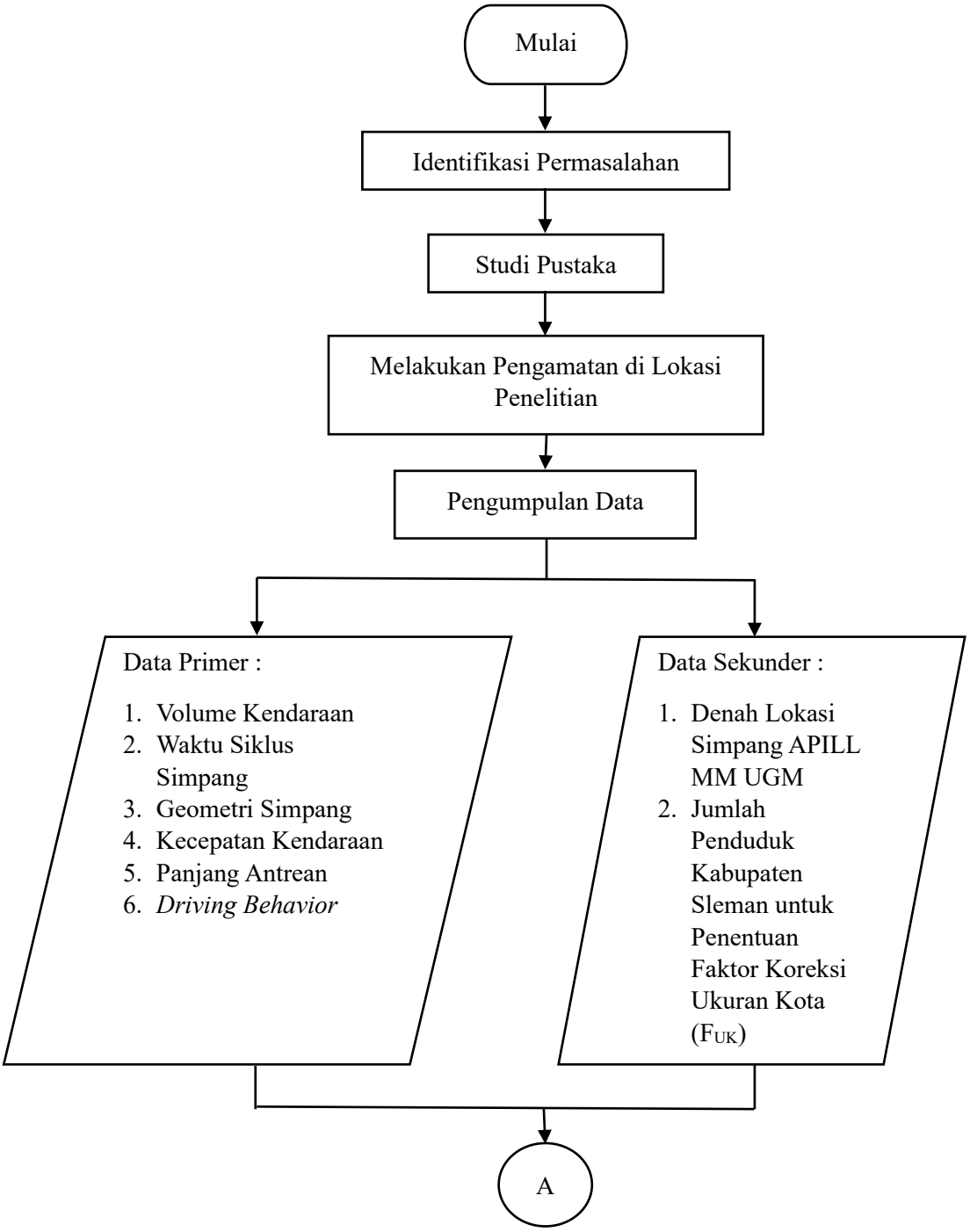
1. Melakukan perhitungan nilai-nilai seperti kapasitas, derajat kejenuhan (D_J), tundaan dan lain-lain berdasarkan rumus-rumus pada literatur yang tertulis dalam landasan teori yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.
2. Mengevaluasi dan menyimpulkan kinerja simpang pada kondisi eksisting.
3. Menentukan beberapa alternatif agar kinerja simpang dapat lebih optimal. Alternatif solusi yang dilakukan berupa penyesuaian waktu siklus, perubahan fase simpang menjadi 5 fase, dan penerapan *contraflow* pada lengan barat dengan menggunakan waktu siklus penyesuaian.
4. Dalam menentukan alternatif solusi, digunakan *software* VISSIM dalam pemodelannya.
5. Hasil alternatif solusi dibandingkan dengan kondisi eksisting sehingga diketahui alternatif yang paling efektif pada Simpang APILL MM UGM.



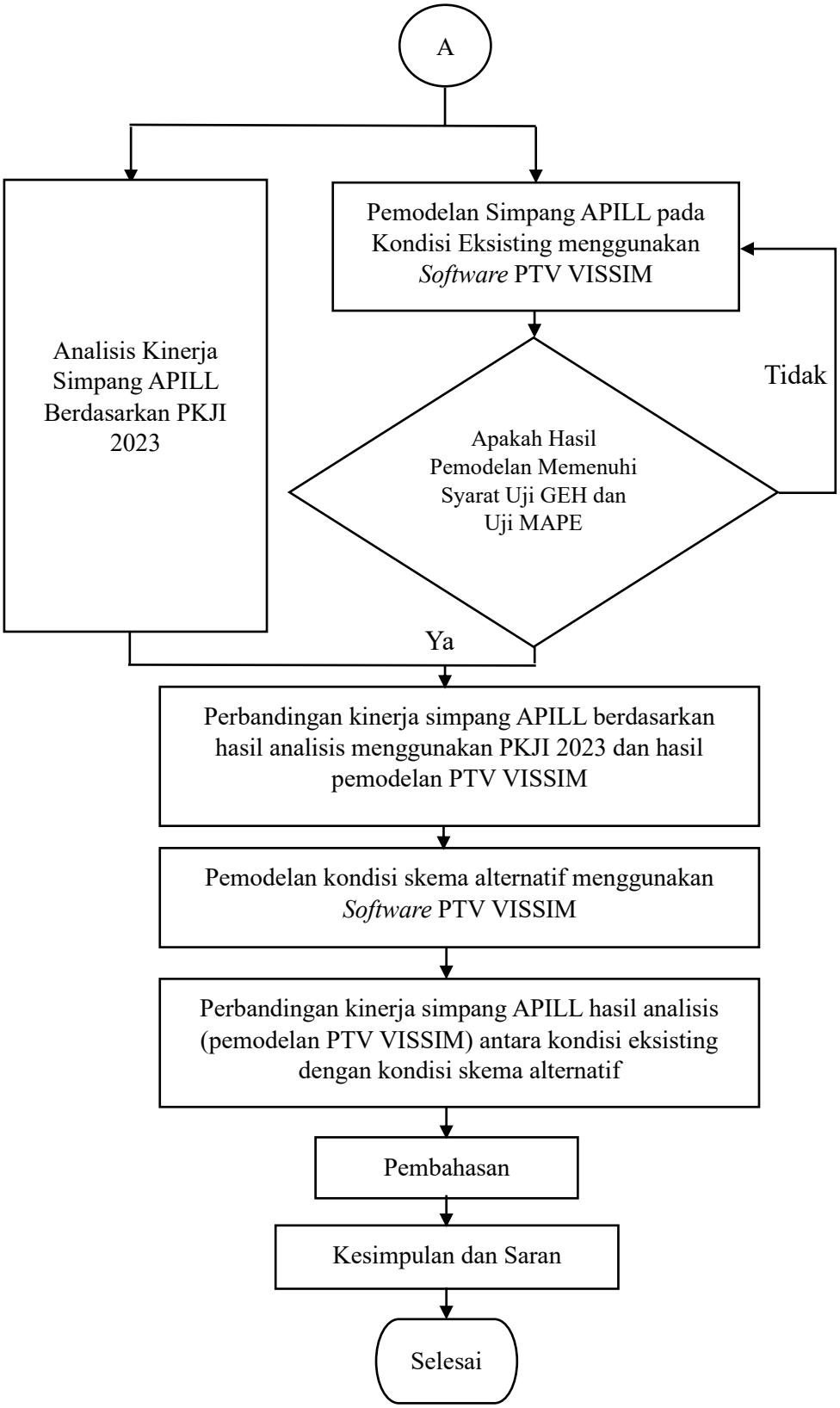
Gambar 4. 3 Bagan Alir Analisis Data

4.5 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4. 4 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.4 Bagan Alir Penelitian

BAB V
DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Hasil Pengamatan

Data hasil pengamatan diperoleh melalui survei langsung di simpang APILL, data volume lalu lintas dicatat dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam), dan kemudian dikonversi menjadi satuan mobil penumpang per jam (smp/jam) sesuai dengan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Selain volume lalu lintas, survei juga mencatat data lain seperti waktu siklus persimpangan, geometri persimpangan, kecepatan kendaraan, *driving behavior* , dan panjang antrean. Data ini kemudian digunakan untuk melakukan analisis berdasarkan PKJI 2023 serta pemodelan menggunakan *software* PTV VISSIM.

5.1.1 Data Volume Lalu Lintas

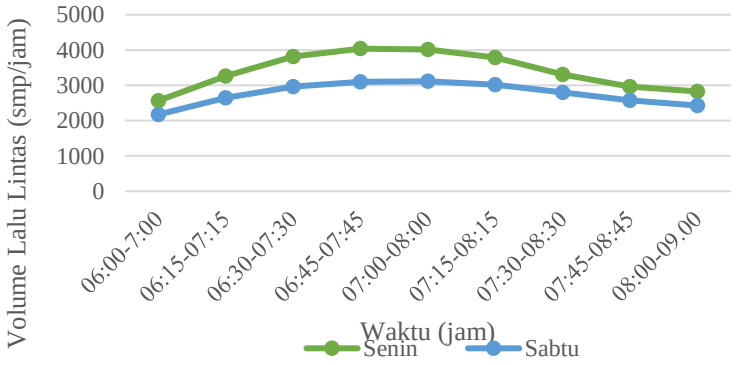
Sebelum melakukan survey pengumpulan data, dilakukan survey pendahuluan terlebih dahulu untuk menentukan waktu survey. Pengumpulan data volume lalu lintas dilakukan melalui survei lapangan selama dua hari pada saat cuaca cerah dan lalu lintas normal, yaitu pada Sabtu, 21 September 2024, yang mewakili kondisi akhir pekan, dan Senin, 23 September 2024, yang mewakili hari kerja. Survei ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran lengkap tentang variasi lalu lintas pada hari kerja dan hari libur, sehingga hasil yang diperoleh lebih representatif.

Berdasarkan Laporan Akhir Studi Evaluasi Kinerja Ruas Jalan dan Simpang Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta (2022) survei dilakukan selama 8 jam per hari, dibagi ke dalam tiga periode utama. Periode pagi dimulai pada pukul 06.00 hingga 09.00 WIB, periode siang berlangsung dari pukul 11.00 hingga 13.00 WIB, dan periode sore dilakukan antara pukul 15.00 hingga 18.00 WIB. Pada masing-masing periode, data lalu lintas dicatat secara detail dengan interval waktu setiap 15 menit. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa variasi lalu lintas yang terjadi dalam satu hari dapat terpantau dengan baik dan menghasilkan data yang akurat untuk setiap sesi waktu. Rekapitulasi data volume lalu lintas dapat dilihat

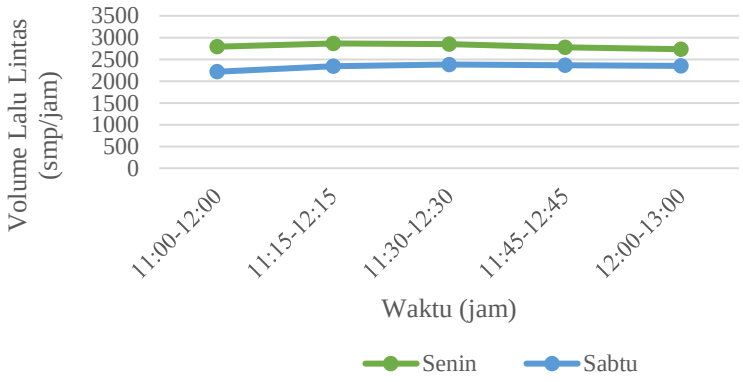
pada Tabel 5.1, serta untuk mempermudah pembacaan ditampilkan grafik jam puncak yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai 5.3.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Simpang APILL MM UGM

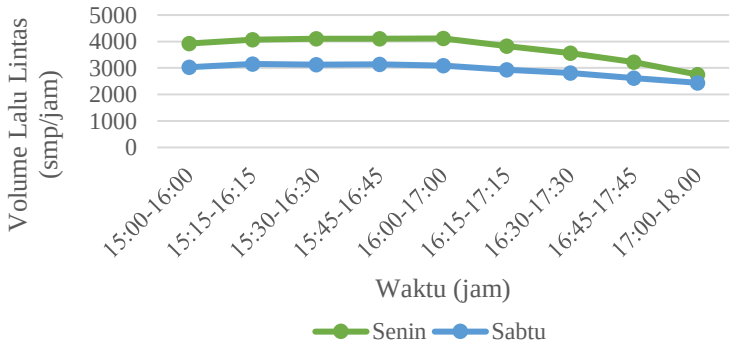
Sesi	Waktu (WIB)	Rekapitulasi Volume Simpang APILL MM UGM			
		Sabtu		Senin	
		kend/jam	smp/jam	kend/jam	smp/jam
Pagi	06:00-7:00	7553	2174	9050	2566
	06:15-07:15	9316	2646	11706	3265
	06:30-07:30	10402	2967	13682	3820
	06:45-07:45	10656	3099	14327	4040
	07:00-08:00	10346	3115	13842	4012
	07:15-08:15	9931	3022	12770	3791
	07:30-08:30	9201	2805	10974	3310
	07:45-08:45	8573	2574	9701	2963
	08:00-09.00	8147	2426	9302	2831
Siang	11:00-12:00	6954	2216	8589	2788
	11:15-12:15	7286	2346	8715	2865
	11:30-12:30	7421	2382	8639	2851
	11:45-12:45	7417	2368	8422	2777
	12:00-13:00	7401	2351	8293	2733
Sore	15:00-16:00	9347	3025	12701	3921
	15:15-16:15	9822	3152	13054	4074
	15:30-16:30	9944	3128	13184	4105
	15:45-16:45	9969	3142	13051	4100
	16:00-17:00	9871	3089	13016	4115
	16:15-17:15	9397	2929	12241	3828
	16:30-17:30	8977	2813	11509	3558
	16:45-17:45	8462	2623	10455	3219
	17:00-18.00	8020	2442	8951	2753



Gambar 5. 1 Grafik Data Volume Lalu Lintas Pagi Simpang APILL MM UGM



Gambar 5. 2 Grafik Data Volume Lalu Lintas Siang Simpang APILL MM UGM



Gambar 5. 3 Grafik Data Volume Lalu Lintas Sore Simpang APILL MM UGM

Berdasarkan rekapitulasi data pada Tabel 5.1 dan grafik jam puncak yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai 5.3, didapatkan jam puncak berdasarkan hasil survei yaitu pada Hari Senin pukul 16:00-17:00 WIB dengan volume jam puncak sebesar 4.115 smp/jam.

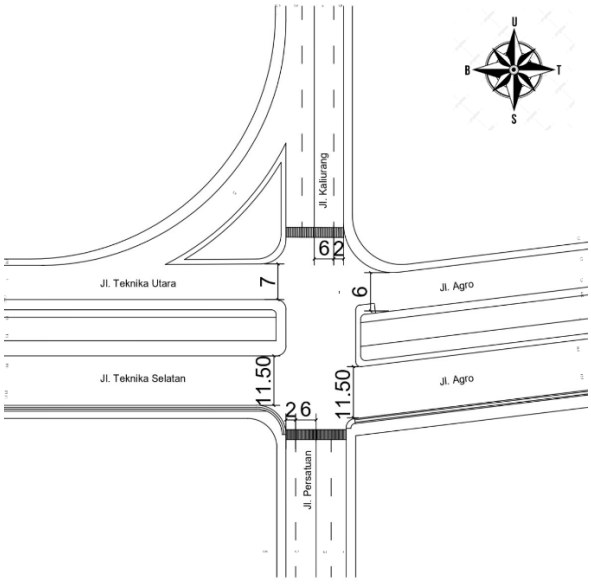
5.1.2 Data Geometri Simpang APILL MM UGM

Data geometri simpang APILL meliputi berbagai dimensi dan kondisi yang diperoleh melalui pengamatan langsung di lokasi penelitian yang mencakup kondisi simpang seperti lebar lajur setiap ruas, lebar pendekat per lajur, dan lebar median tiap lengan simpang (jika ada). Data ini digunakan dalam analisis dan pemodelan menggunakan perangkat lunak VISSIM.

Tabel 5.2 Data Geometri Simpang APILL MM UGM

Pendekat	Median	Belok Kiri Langsung	Lebar Pendekat Masuk (m)	Lebar Pendekat Keluar (m)
Jalan Teknika (Barat)	Ya	Ya	7	6
Jalan Persatuan (Selatan)	Tidak	Ya	6	6
Jalan Agro (Timur)	Ya	Ya	11,50	11,50
Jalan Kaliurang (Utara)	Tidak	Ya	6	6

Denah Simpang APILL MM UGM dapat dilihat pada Gambar 5.4.



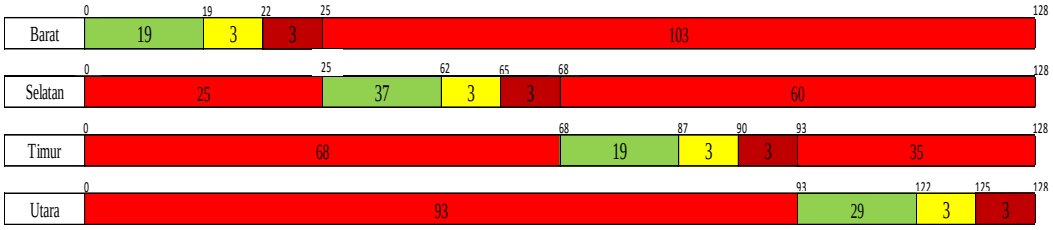
Gambar 5. 4 Denah Simpang APILL MM UGM

5.1.3 Data Fase dan Sinyal Simpang

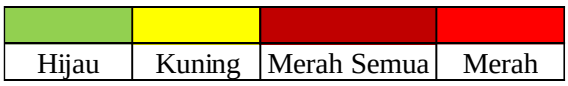
Data fase dan sinyal pada Simpang APILL MM UGM diperoleh melalui pengamatan secara langsung di lokasi penelitian, kemudian dihitung menggunakan *stopwatch smartphone* dan mencatat data waktu hijau, kuning, merah, dan merah semua pada APILL di tiap lengannya. Data yang telah didapatkan digunakan untuk mengetahui kondisi simpang pada kondisi eksisting. Data fase dan sinyal pada simpang dapat dilihat pada Tabel 5.3 serta pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6.

Tabel 5.3 Data Sinyal Lalu Lintas Simpang APILL MM UGM

Lengan	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Merah Semua (detik)	Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)	Urutan Fase
Jl. Teknika (Barat)	19	3	3	103	128	1
Jl. Persatuan (Selatan)	37	3	3	85	128	2
Jl. Agro (Timur)	19	3	3	103	128	3
Jl. Kaliurang (Utara)	29	3	3	93	128	4



Gambar 5. 5 Diagram Waktu Siklus Simpang APILL MM UGM



Gambar 5. 6 Diagram Sinyal Lalu Lintas Simpang APILL MM UGM

5.1.4 Data Kecepatan Kendaraan

Data kecepatan kendaraan dikumpulkan dengan mengukur waktu tempuh kendaraan ringan, seperti mobil penumpang, yang melintasi segmen jalan sepanjang 50 meter pada ruas-ruas yang diteliti. Pengumpulan data ini dilakukan

secara langsung di lapangan, dimana surveyor mencatat waktu tempuh kendaraan menggunakan *stopwatch* untuk setiap pendekat saat kendaraan mendekati simpang. Metode ini memberikan data kecepatan kendaraan yang akurat berdasarkan waktu perjalanan yang terukur pada jarak yang telah ditentukan di lokasi survei. Kecepatan yang digunakan dalam pemodelan PTV VISSIM merupakan hasil dari *trial and error* agar mendapatkan hasil yang valid. Data hasil pengamatan kecepatan kendaraan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Data Kecepatan Kendaraan

Lengan	Panjang Segmen (m)	Waktu Tempuh Rata-rata (det)	Kecepatan Rata-rata (km/jam)
Jl. Teknika (Barat)	50	5,910	30,495
Jl. Persatuan (Selatan)		6,561	27,463
Jl. Agro (Timur)		5,869	30,730
Jl. Kaliurang (Utara)		6,591	27,338

5.1.5 Data *Driving Behavior*

Driving behavior digunakan untuk mengatur interaksi antar kendaraan yang menjadi parameter dalam aplikasi PTV VISSIM. Kalibrasi diperlukan untuk menyesuaikan perilaku berkendara dengan kondisi di lokasi penelitian saat ini. Data mengenai perilaku berkendara diperoleh dengan mengamati jarak antar kendaraan di lokasi penelitian. Dalam penelitian ini, data perilaku berkendara mencakup jarak antar kendaraan dari 80 sampel, yang terdiri dari 20 sampel jarak antar kendaraan depan-belakang saat kendaraan berhenti, 20 sampel jarak antar kendaraan depan-belakang saat kendaraan bergerak, 20 sampel jarak antar kendaraan samping-menyamping saat kendaraan berhenti, dan 20 sampel jarak antar kendaraan samping-menyamping saat kendaraan bergerak. Data *driving behavior* dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Data *Driving Behavior*

Lokasi : Simpang APILL MM UGM		
Hari/Tanggal : Senin/ 23 September 2024		
UTARA		
No	Depan – Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	0,2	0,5
2	0,3	0,4
3	0,3	0,7
4	0,3	0,6
5	0,4	0,5
6	0,5	0,5
7	1,2	0,5
8	1	0,4
9	1,3	0,4
10	1,1	0,3
11	1,2	0,5
12	1,1	0,5
13	0,5	1
14	0,3	0,8
15	0,2	0,7
16	0,3	0,9
17	0,3	0,5
18	0,2	0,4
19	0,2	0,6
20	0,3	0,5
BARAT		
No	Depan – Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	0,3	0,3
2	0,2	0,2
3	0,4	0,3
4	0,2	0,3
5	0,4	0,4
6	0,2	0,5
7	0,3	0,4

Lanjutan Tabel 5.6 Data *Driving Behavior*

No	Depan – Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
8	0,4	0,6
9	1,5	0,5
10	1,3	0,4
11	1,6	1
12	1,5	1,5
13	1,2	1,3
14	1,3	1,3
15	2	1,4
16	1,3	1,2
17	1,4	1,2
18	1	1,3
19	1,2	1,4
20	1,1	1,2
SELATAN		
No	Depan – Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	0,3	0,3
2	0,4	0,3
3	0,3	0,4
4	0,5	0,5
5	0,5	0,3
6	0,8	0,4
7	1	0,5
8	1	0,4
9	1,3	0,5
10	1,4	1
11	1,5	1,3
12	1,5	1,2
13	1,6	1,2
14	1,5	1
15	1,3	1
16	1,4	0,5
17	0,3	0,5

Lanjutan Tabel 5.7 Data *Driving Behavior*

No	Depan – Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
18	0,4	0,6
19	0,5	0,7
20	0,4	0,6
TIMUR		
No	Depan – Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	1	1,5
2	1,3	0,5
3	1,2	0,6
4	1,5	0,7
5	2	0,5
6	2,2	0,3
7	2,4	0,4
8	1,5	0,3
9	0,5	0,3
10	0,3	0,5
11	0,3	1
12	0,2	1,3
13	0,2	1,2
14	0,4	1,4
15	0,3	1,6
16	0,2	2
17	0,5	0,3
18	0,4	0,5
19	0,4	0,4
20	0,2	0,6

5.1.6 Data Hambatan Samping

Pengambilan data hambatan samping dilakukan secara kualitatif yang ditampilkan dalam bentuk foto yang menggambarkan kondisi di lokasi penelitian pada setiap pendekat, yang berfungsi untuk menentukan tipe lingkungan jalan dan tingkat hambatan samping. Kelas hambatan samping dapat ditentukan dengan

menggunakan Tabel 5.6, berdasarkan ciri-ciri khusus yang dijelaskan serta gambar hambatan samping pada setiap lengan persimpangan yang ditampilkan dalam Gambar 5.7 hingga Gambar 5.10.

Tabel 5.6 Kriteria Kelas Hambatan Samping

KHS	Jumlah nilai frekuensi kejadian (di kedua sisi jalan) dikali bobot	Ciri-ciri khusus
Sangat Rendah (SR)	<100	Daerah Permukiman, tersedia jalan lingkungan *(frontage road)*
Rendah (R)	100-299	Daerah Permukiman, ada beberapa angkutan umum (angkutan kota)
Sedang (S)	300-499	Daerah Industri, ada beberapa toko di sepanjang sisi jalan
Tinggi (T)	500-899	Daerah Komersial, ada aktivitas sisi jalan yang tinggi
Sangat Tinggi (ST)	≥900	Daerah Komersial, ada aktivitas pasar sisi jalan

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Kondisi pendekat Utara (Jalan Kaliurang) pada Simpang APILL MM UGM dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5. 7 Hambatan Samping Jalan Kaliurang (Utara) pada Simpang APILL MM UGM

Berdasarkan Gambar 5.7 dan Tabel 5.6, tipe lingkungan Jalan Kaliurang (Utara) pada Simpang APILL MM UGM yaitu tipe daerah komersial dikarenakan terdapat banyak toko dan adanya aktivitas sisi jalan yang tinggi. Lengan utara Simpang APILL MM UGM termasuk ke dalam kelas hambatan samping tinggi.

Kondisi pendekat Timur (Jalan Agro) pada Simpang APILL MM UGM dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5. 8 Hambatan Samping Jalan Agro (Timur) pada Simpang APILL MM UGM

Berdasarkan Gambar 5.8 dan Tabel 5.6, tipe lingkungan Jalan Agro (Timur) pada Simpang APILL MM UGM yaitu tipe daerah pemukiman yang terdapat beberapa angkutan umum dengan kelas hambatan samping rendah.

Kondisi pendekat Selatan (Jalan Persatuan) pada Simpang APILL MM UGM dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5. 9 Hambatan Samping Jalan Persatuan (Selatan) pada Simpang APILL MM UGM

Berdasarkan Gambar 5.9 dan Tabel 5.6, tipe lingkungan Jalan Persatuan (Selatan) pada Simpang APILL MM UGM sama dengan Jalan Agro yaitu tipe daerah pemukiman yang terdapat beberapa angkutan umum dengan kelas hambatan samping rendah.



Gambar 5. 10 Hambatan Samping Jalan Teknika (Barat) pada Simpang APILL MM UGM

Kondisi pendekat Barat (Jalan Teknika) pada Simpang APILL MM UGM dapat dilihat pada Gambar 5.10. Berdasarkan Gambar 5.10 dan Tabel 5.6, tipe lingkungan Jalan Teknika (Barat) pada Simpang APILL MM UGM sama dengan Jalan Agro dan juga Jalan Persatuan yaitu tipe daerah pemukiman yang terdapat beberapa angkutan umum dengan kelas hambatan samping rendah.

5.1.7 Panjang Antrean

Data panjang antrean simpang diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan. Data ini mencakup panjang antrean maksimum selama jam puncak, yang dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Panjang Antrean Jam Puncak

Pendekat	Panjang Antrean Maksimum (m)
Jalan Teknika (Barat)	80
Jalan Persatuan (Selatan)	130
Jalan Agro (Timur)	105
Jalan Kaliurang (Utara)	170

Berdasarkan Tabel 5.7, data dan hasil survei lapangan menunjukkan panjang antrean maksimum saat jam puncak pada Jalan Teknika (Barat) sebesar 80 m, Jalan Persatuan (Selatan) sebesar 130 m, Jalan Agro (Timur) sebesar 105 m, Jalan Kaliurang (Utara) sebesar 170 m.

5.2 Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini mencakup peta lokasi penelitian dan jumlah penduduk Kabupaten Sleman.

5.2.1 Data Jumlah Penduduk Kabupaten Sleman

Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman (2024) data jumlah penduduk Kabupaten Sleman pada tahun 2023 tercatat sebanyak 1.157.290 jiwa.

5.2.2 Peta Lokasi Penelitian

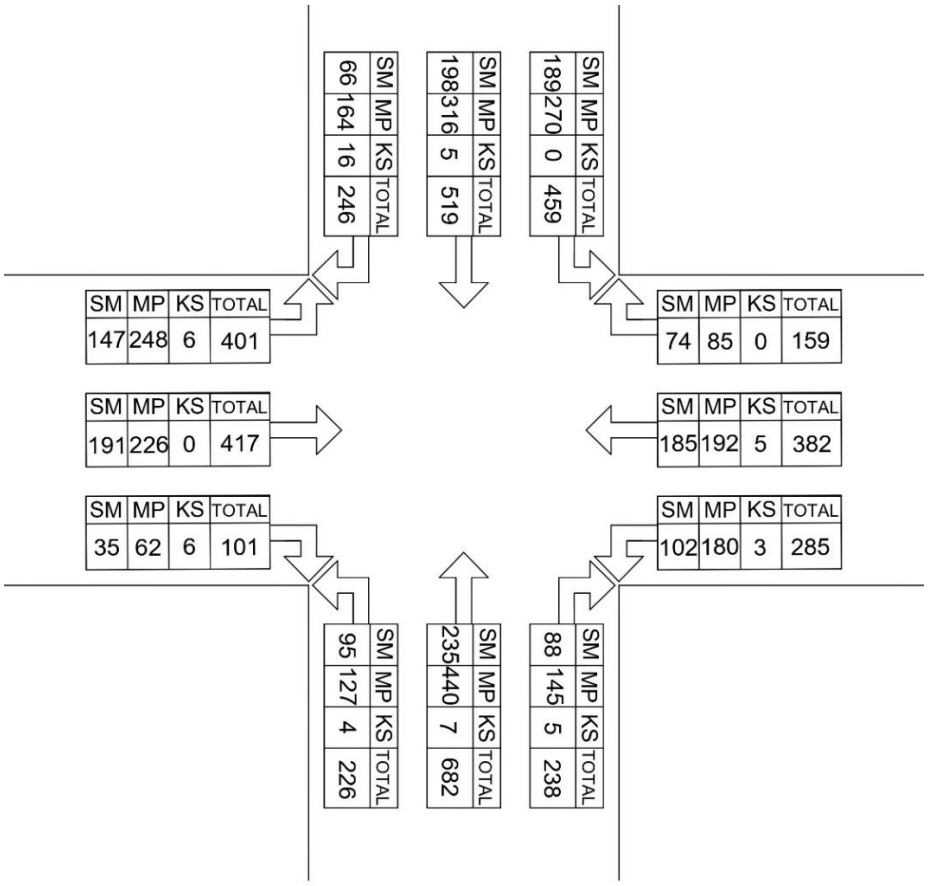
Penelitian dilakukan pada Simpang APILL MM UGM yang berada di Jl. Kaliurang, Jl. Agro, Jl. Persatuan, Jl. Teknika, Kelurahan Caturtunggal, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Visualisasi lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.

5.3 Analisis Kinerja Simpang APILL MM UGM Berdasarkan PKJI 2023

Analisis kinerja simpang APILL MM UGM mengacu kepada PKJI 2023 dengan tujuan untuk menghitung nilai kapasitas kendaraan, nilai derajat kejenuhan, dan tingkat pelayanan simpang, seperti panjang antrean, kendaraan yang terhenti, serta tundaan. Proses analisis dilakukan menggunakan data volume lalu lintas yang dihasilkan dari simulasi VISSIM.

5.3.1 Analisis Volume Lalu Lintas

Distribusi volume lalu lintas pada simpang APILL MM UGM saat jam puncak dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5. 11 Distribusi Volume Lalu Lintas Simpang APILL MM UGM

Data volume lalu lintas selanjutnya dikalikan dengan angka ekivalen mobil penumpang (EMP) menurut PKJI 2023 untuk menyamakan berbagai jenis kendaraan menjadi satu kesatuan yang kemudian berubah satuannya dari kendaraan/jam menjadi smp/jam. Nilai EMP ntuk sepeda motor (SM) adalah 0,15, nilai EMP untuk mobil penumpang (MP) adalah 1, dan nilai EMP untuk kendaraan sedang (KS) adalah 1,3. Sehingga data volume lalu lintas simpang APILL MM UGM dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Volume Lalu Lintas Simpang APILL MM UGM

Komposisi Lalu Lintas		MP		KS		SM		Kend Bermotor Total MV		Rasio Belok	Kend Tak Bermotor (Kend/Jam)
Arus Lalu Lintas	Arah	Mobil Penumpang (MP)		Kendaraan Sedang (KS)		Sepeda Motor (SM)					
Pendekat		Kend/Jam	emp 1 smp/jam	Kend/Jam	emp 1.3 smp/jam	Kend/Jam	emp 0.15 smp/jam	Kend/Jam	smp/jam		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jl. Kaliurang (utara)	Bki	270	270	0	0	1247	187	1517	457	0.38	8
	Lurus	316	316	3	4	1305	196	1624	516		
	Bka	164	164	11	14	422	63	597	242	0.20	
	Total	750	750	14	18	2974	446	3738	1214	0.58	
Jl. Persatuan (Selatan)	Bki	248	248	3	4	965	145	1216	397	0.37	7
	Lurus	226	226	0	0	1266	190	1492	416		
	Bka	221	221	2	3	221	33	444	257	0.24	
	Total	695	695	5	7	2452	368	3152	1069	0.61	
Jumlah Jl. Mayor Total A+B		1.445	1.445	19	25	5.426	814	6.890	2.284		15
Jl. Agro (Timur)	Bki	127	127	2	3	621	93	750	223	0.08	0
	Lurus	1552	1552	5	7	1552	233	3109	1791		
	Bka	570	570	3	4	570	86	1143	659	0.25	
	Total	2249	2249	10	13	2743	411	5002	2673	0.33	

Lanjutan Tabel 5.8 Volume Lalu Lintas Simpang APILL MM UGM

Komposisi Lalu Lintas		MP		KS		SM		Kend Bermotor Total MV		Rasio Belok	Kend Tak Bermotor (Kend/Jam)
Arus Lalu Lintas	Arah	Mobil Penumpang (MP)		Kendaraan Sedang (KS)		Sepeda Motor (SM)					
Pendekat		Kend/Jam	emp 1 smp/jam	Kend/Jam	emp 1.3 smp/jam	Kend/Jam	emp 0.15 smp/jam	Kend/Jam	smp/jam		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jl. Teknika (Barat)	Bki	180	180	2	3	665	100	847	282	0.35	0
	Lurus	192	192	3	4	1218	183	1413	379		
	Bka	85	85	0	0	475	71	560	156	0.19	
	Total	457	457	5	7	2358	354	2820	817	0.54	
Jumlah Jl. Minor Total C+D		2.706	2.706	15	20	5.101	765	7.822	3.491		0
Jln Mayor+Minor	Bki	825	825	7	9	3498	525	4330	1359	0.24	15
	Lurus	2286	2286	11	14	5341	801	7638	3101		
	Bka	1040	1040	16	21	1688	253	2744	1314	0.23	
	Total	4151	4151	34	44	10527	1579	14712	5774	0.46	

5.3.2 Analisis Lebar Pendekat Efektif

Pada setiap lengan pendekat Simpang APILL MM UGM memiliki L_{BKIJT} $\geq$2 m atau merupakan lajur eksklusif, maka arus kendaraan B_{KIJT} dapat mendahului antrean kendaraan lurus dan belok kanan selama isyarat merah. Oleh karena itu, nilai L_E ditetapkan sebagai berikut:

1. Pendekat Utara

   $L_E = L - L_{BKIJT}$

   $= 6 - 2$

   $= 4$ m

   $L_E = L_M$

   $= 4$ m

   Dengan demikian, nilai $L_E = 4$ m mengacu pada pemilihan nilai minimum.

2. Pendekat Barat

   $L_E = L - L_{BKIJT}$

   $= 7 – 2$

   $= 5$ m

   $L_E = L_M$

   $= 6$ m

   Dengan demikian, nilai $L_E = 5$ m mengacu pada pemilihan nilai minimum.

3. Pendekat Selatan

   $L_E = L - L_{BKIJT}$

   $= 6 - 2$

   $= 4$ m

   $L_E = L_M$

   $L_E = 4$ m

   Dengan demikian, nilai $L_E = 4$ m mengacu pada pemilihan nilai minimum.

4. Pendekat Timur

   $L_E = L - L_{BKIJT}$

   $= 11{,}50 - 2$

   $= 9{,}50$ m

   $L_E = L_M$

L_E = 9,50 m

Dengan demikian, nilai L_E = 9,50 m mengacu pada pemilihan nilai minimum.

5.3.3 Analisis Arus Jenuh

Dalam analisis arus jenuh, perlu menentukan beberapa hal, yaitu arus jenuh dasar, faktor koreksi ukuran kota, faktor koreksi hambatan samping, faktor koreksi kelandaian jalan, faktor koreksi untuk parkir, serta faktor koreksi untuk belok kanan dan belok kiri.

1. Arus Jenuh Dasar
   a. Pendekat Utara
      J_0 = 600 x L_E
      = 600 x 4
      = 2400
   b. Pendekat Barat
      J_0 = 600 x L_E
      = 600 x 5
      = 3000
   c. Pendekat Selatan
      J_0 = 600 x L_E
      = 600 x 4
      = 2400
   d. Pendekat Timur
      J_0 = 600 x L_E
      = 600 x 9,50
      = 5700
2. Faktor koreksi ukuran kota

   Faktor koreksi ukuran kota merupakan faktor koreksi nilai kapasitas dasar sehubungan dengan ukuran kota yang dinyatakan oleh besarnya populasi. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman (2024) data jumlah penduduk Kabupaten Sleman pada tahun 2023 tercatat sebanyak 1.157.290 jiwa. Berdasarkan Tabel 3.4, diperoleh faktor penyesuaian ukuran kota (F_{UK}) sebesar 1,00.

3. Perhitungan Faktor Koreksi Hambatan Samping

1) Pendekat Utara

Pendekat Utara pada Simpang APILL MM UGM merupakan Jalan Kaliurang. Lingkungan di sekitar jalan ini memiliki tipe lingkungan komersial (KOM), ditandai dengan adanya berbagai toko dan aktivitas ekonomi pada Jalan Kaliurang. Berdasarkan pengamatan secara kualitatif, hambatan samping yang berada di jalan tersebut termasuk tinggi. Tipe fase pada pendekat utara adalah fase terlindung. Berdasarkan Tabel 5.16, rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0,001. Berdasarkan Tabel 3.5, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0,93.

2) Pendekat Timur

Simpang APILL MM UGM Pendekat Timur merupakan Jalan Agro. Adapun lingkungan jalan tersebut memiliki tipe pemukiman (KIM) dikarenakan terdapat banyak pemukiman warga di sekitar Jalan Agro dan juga tersedia jalan lingkungan (*frontage road*). Berdasarkan pengamatan secara kualitatif, hambatan samping yang berada di jalan tersebut yaitu rendah. Tipe fase pada pendekat tersebut yaitu tipe terlindung. Berdasarkan Tabel 5.16, rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0,001. Berdasarkan Tabel 3.5, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0,98.

3) Pendekat Selatan

Pendekat Selatan pada Simpang APILL MM UGM merupakan Jalan Persatuan. Adapun lingkungan jalan tersebut merupakan tipe komersial (KOM). Berdasarkan pengamatan secara kualitatif, hambatan samping yang berada di jalan tersebut termasuk rendah. Tipe fase pada pendekat tersebut yaitu tipe terlindung. Berdasarkan Tabel 5.16, rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0,001. Berdasarkan Tabel 3.5, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0,95.

4) Pendekat Barat

Pendekat Barat pada Simpang APILL MM UGM merupakan Jalan Teknika. Berdasarkan pengamatan secara kualitatif, hambatan samping yang berada di jalan tersebut termasuk rendah. Tipe fase pada pendekat tersebut yaitu

tipe terlindung. Berdasarkan Tabel 5.16, rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0,001. Berdasarkan Tabel 3.5, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0,95.

4. Perhitungan Faktor Koreksi Kelandaian

   Jika diamati secara kualitatif, kelandaian jalan pada lokasi penelitian termasuk datar, sehingga kemiringan diasumsikan sebesar 0%. Berdasarkan Gambar 3.4, nilai faktor kelandaian Simpang APILL MM UGM pada tiap lengannya adalah 1.

5. Perhitungan Faktor Koreksi Parkir

   Berdasarkan pengamatan di lokasi, tidak terdapat kendaraan yang diparkir di sepanjang jalur menuju persimpangan, sehingga faktor penyesuaian parkir ditetapkan sebesar 1 untuk semua lengan pendekat.

6. Perhitungan Faktor Koreksi Belok Kanan

   a. Pendekat Utara

      Pendekat utara pada Simpang APILL MM UGM tidak memiliki median sehingga penentuan faktor penyesuaian belok kanan dihitung dengan Persamaan 3.6. Adapun perhitungan faktor penyesuaian belok kanan pada pendekat utara adalah sebagai berikut.

      F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} x 0,26

      = 1,0 + 0,20 x 0,26

      = 1,05

   b. Pendekat Timur

      Pendekat timur pada Simpang APILL MM UGM memiliki median sehingga faktor penyesuaian belok kanan pada pendekat timur sebesar 1.

   c. Pendekat Selatan

      Pendekat selatan pada Simpang APILL MM UGM tidak memiliki median sehingga penentuan faktor penyesuaian belok kanan dihitung dengan Persamaan 3.6. Adapun perhitungan faktor penyesuaian belok kanan pada pendekat selatan adalah sebagai berikut.

      F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} x 0,26

      = 1,0 + 0,24 x 0,26

= 1,06

d. Pendekat Barat

Pendekat barat pada Simpang APILL MM UGM memiliki median sehingga faktor penyesuaian belok kanan pada pendekat barat sebesar 1.

7. Perhitungan Faktor Koreksi Belok Kiri

Semua pendekat pada Simpang APILL MM UGM merupakan lengan pendekat yang memiliki tipe belok kiri jalan terus (BKIJT) sehingga faktor penyesuaian belok kiri pada tiap lengan sebesar 1.

Berdasarkan analisis arus jenuh dasar dan beberapa faktor penyesuaian di atas, maka didapatkan nilai arus jenuh pada Simpang APILL MM UGM dengan Persamaan 3.3 pada setiap pendekat sebagai berikut.

1. Pendekat Utara

J = J_0 x F_{HS} x F_{UK} x F_G x F_{BKa} x F_{BKi}

= 2400 x 0,93 x 1 x 1 x 1,05 x 1

= 2.344 smp/jam

2. Pendekat Barat

J = J_0 x F_{HS} x F_{UK} x F_G x F_{BKa} F_{BKi}

= 3000 x 0,95 x 1 x 1 x 1 x 1

= 2.850 smp/jam

3. Pendekat Timur

J = J_0 x F_{HS} x F_{UK} x F_G x F_{BKa} F_{BKi}

= 5700 x 0,98 x 1 x 1 x 1 x 1

= 5.586 smp/jam

4. Pendekat Selatan

J = J_0 x F_{HS} x F_{UK} x F_G x F_{BKa} F_{BKi}

= 2400 x 0,95 x 1 x 1 x 1,06 x 1

= 2.417 smp/jam

Rekapitulasi hasil perhitungan untuk menentukan arus jenuh (J) setiap pendekat pada Simpang APILL MM UGM dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Arus Jenuh (J)

Parameter	Satuan	Lengan Pendekat			
		Jl. Kaliurang (Utara)	**Jl. Teknika (Barat)**	**Jl. Persatuan (Selatan)**	**Jl. Agro (Timur)**
Arus (q)	smp/jam	765	518	920	541
Lebar Efektif (L_E)	m	4	5	4	9,50
Arus Jenuh Dasar (J_0)	smp/jam	2.400	3.000	2.400	5.700
Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{UK})	-	1	1	1	1
Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{HS})	-	0,93	0,95	0,95	0,98
Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)	-	1	1	1	1
Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)	-	1	1	1	1
Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{BKa})	-	1,05	1	1,06	1
Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{BKi})	-	1	1	1	1
Arus Jenuh (J)	smp/jam	2.344	2.850	2.417	5.586

5.3.4 Analisis Kapasitas

Analisis kapasitas pada simpang dihitung berdasarkan tiap pendekat atau kelompok lajur dalam suatu pendekat. Analisis kapasitas diperoleh menggunakan Persamaan 3.14, berikut merupakan perhitungan kapasitas tiap lengan pada Simpang APILL MM UGM.

1. Lengan Utara

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

$$C = 2344 \times \frac{29}{128}$$

$$C = 531 \text{ smp/jam}$$

2. Lengan Barat

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

$$C = 2850 \times \frac{19}{128}$$

$$C = 423 \text{ smp/jam}$$

3. Lengan Selatan

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

$$C = 2417 \times \frac{37}{128}$$

$$C = 699 \text{ smp/jam}$$

4. Lengan Timur

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

$$C = 5586 \times \frac{19}{128}$$

$$C = 829 \text{ smp/jam}$$

5.3.5 Analisis Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan didapatkan menggunakan rumus pada Persamaan 3.15. Berikut perhitungan derajat kejenuhan setiap lengan pada Simpang APILL MM UGM.

1. Lengan Utara

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

$$D_J = \frac{765}{531}$$

$$D_J = 1{,}44$$

2. Lengan Barat

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

$D_J = \frac{518}{423}$

$D_J = 1{,}22$

3. Lengan Selatan

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

$D_J = \frac{920}{699}$

$D_J = 1{,}31$

4. Lengan Timur

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

$D_J = \frac{541}{829}$

$D_J = 0{,}65$

Rekapitulasi hasil analisis kapasitas (C) dan juga derajat kejenuhan (D_J) pada Simpang APILL MM UGM dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J)

Lengan Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (D_J)	Kesimpulan
Jl. Teknika (Barat)	423	1,22	Terjadi Kemacetan
Jl. Persatuan (Selatan)	699	1,31	Terjadi Kemacetan
Jl. Agro (Timur)	829	0,65	Tidak Terjadi Kemacetan
Jl. Kaliurang (Utara)	531	1,44	Terjadi Kemacetan

5.3.6 Analisis Perilaku Lalu Lintas

Analisis perilaku lalu lintas meliputi panjang antrean, kendaraan terhenti, serta tundaan. Berikut merupakan perhitungan perilaku lalu lintas.

1. Panjang antrean
   a. Lengan utara
      1) Rasio waktu hijau

$R_H = \frac{W_{Hi}}{S}$

$R_H = \frac{29}{128}$

$R_H = 0{,}23$

Lengan Utara memiliki nilai derajat kejenuhan (D_J) > 0,5 maka digunakan Persamaan 3.17 untuk mencari N_{q1}.

2) Kendaraan terhenti yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1})

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

$$N_{q1} = 0{,}25\ x\ 128\ x\ \left\{(1{,}44 - 1) + \sqrt{(1{,}44 - 1)^2 + \frac{8\ x\ (1{,}44 - 0{,}5)}{128}}\right\}$$

$N_{q1} = 30$ smp

3) Kendaraan datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2})

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

$$N_{q2} = 128\ x\ \frac{(1 - 0{,}23)}{(1 - 0{,}23\ x\ 1{,}44)}\ x\ \frac{765}{3600}$$

$N_{q2} = 31$ smp

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

$N_q = 30 + 31$

$N_q = 61$ smp

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

$$P_A = 61\ x\ \frac{20}{4}$$

$P_A = 305$ m

b. Lengan barat

1) Rasio waktu hijau

$$R_H = \frac{W_{Hi}}{S}$$

$$R_H = \frac{19}{128}$$

$R_H = 0{,}15$

Lengan Barat memiliki nilai derajat kejenuhan (D_J) > 0,5 maka digunakan Persamaan 3.17 untuk mencari N_{q1}.

2) Kendaraan terhenti yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1})

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

N_{q1} $= 0{,}25\ x\ 128\ x\ \left\{(1{,}22-\ 1)\ +\ \sqrt{(1{,}22-1)^2+\frac{8\ x\ (1{,}22-0{,}5)}{128}}\right\}$

N_{q1} = 17 smp

3) Kendaraan datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2})

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

N_{q2} $= 128\ x\ \frac{(1-0{,}15)}{(1-0{,}15\ x\ 1{,}22)}\ x\ \frac{518}{3600}$

N_{q2} = 19 smp

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

N_q = 17 + 19

N_q = 36 smp

N_{qMAX} = 51 smp

Dikarenakan $N_q < N_{qMAX}$, maka digunakan nilai N_{qMAX} sebagai nilai N_q

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

P_A $= 51\ x\ \frac{20}{6}$

P_A = 170 m

c. Lengan Selatan

1) Rasio waktu hijau

R_H $= \frac{W_{Hi}}{S}$

R_H $= \frac{37}{128}$

R_H = 0,29

Lengan Selatan memiliki nilai derajat kejenuhan (D_J) > 0,5 maka digunakan Persamaan 3.17 untuk mencari N_{q1}.

2) Kendaraan terhenti yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1})

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

N_{q1} $= 0{,}25\ x\ 128\ x\ \left\{(1{,}31 - 1) + \sqrt{(1{,}31-1)^2 + \frac{8\ x\ (1{,}31-0{,}5)}{128}}\right\}$

N_{q1} $= 22$ smp

3) Kendaraan datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2})

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

N_{q2} $= 128\ x\ \frac{(1-0{,}29)}{(1-0{,}29\ x\ 1{,}31)}\ x\ \frac{920}{3600}$

N_{q2} $= 37$ smp

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

N_q $= 22 + 37$

N_q $= 59$ smp

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

P_A $= 59\ x\ \frac{20}{4}$

P_A $= 295$ m

d. Lengan timur

1) Rasio waktu hijau

R_H $= \frac{W_{Hi}}{S}$

R_H $= \frac{19}{128}$

R_H $= 0{,}15$

Lengan Timur memiliki nilai derajat kejenuhan (D_J) > 0,5 maka digunakan Persamaan 3.17 untuk mencari N_{q1}.

2) Kendaraan terhenti yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1})

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

N_{q1} $= 0{,}25\ x\ 128\ x\ \left\{(0{,}65 - 1) + \sqrt{(0{,}65-1)^2 + \frac{8\ x\ (0{,}65-0{,}5)}{128}}\right\}$

N_{q1} $= 1$ smp

3) Kendaraan datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2})

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

N_{q2} $= 128\ x\ \frac{(1-0,15)}{(1-0,15\ x\ 0,65)}\ x\ \frac{541}{3600}$

N_{q2} = 18 smp

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

N_q = 1 + 18

N_q = 19 smp

N_{qMAX} = 28 smp

Dikarenakan $N_q < N_{qMAX}$, maka digunakan nilai N_{qMAX} sebagai nilai N_q

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

P_A $= 28\ x\ \frac{20}{9,50}$

P_A = 59 m

2. Kendaraan terhenti

a. Lengan utara

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

R_{KH} $= 0,9 \text{ x } \frac{61}{765 \text{ x } 128} \text{ x } 3600$

R_{KH} = 2,02

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

N_{KH} $= 765 \times 2,02$

N_{KH} $= 1545,3 \approx 1546$ smp/jam

b. Lengan barat

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

R_{KH} $= 0,9 \text{ x } \frac{51}{518 \text{ x } 128} \text{ x } 3600$

R_{KH} = 2,49

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

N_{KH} $= 518 \times 2,49$

N_{KH} $= 1289,82 \approx 1290$ smp/jam

c. Lengan selatan

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

R_{KH} = 0,9 x $\frac{59,63}{920 \text{ x } 128}$ x 3600

R_{KH} = 1, 64

N_{KH} = q × R_{KH}

N_{KH} = 920 × 1,64

N_{KH} = 1508,80 ≈ 1509 smp/jam

d. Lengan timur

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

R_{KH} = 0,9 x $\frac{28}{541 \text{ x } 128}$ x 3600

R_{KH} = 1,31

N_{KH} = q × R_{KH}

N_{KH} = 541 × 1,31

N_{KH} = 708,71 ≈ 709 smp/jam

Angka henti pada seluruh simpang diperoleh dengan membagi jumlah kendaraan yang terhenti pada semua pendekat di persimpangan dengan arus total simpang. Angka henti seluruh simpang APILL dapat dihitung dengan Persamaan 3.23 sebagai berikut.

$R_{KH\ Total}$ = $\frac{(\Sigma N_{KH})}{q_{Total}}$

$R_{KH\ Total}$ = $\frac{(1546+1290+1509+709)}{765+518+920+541}$

$R_{KH\ Total}$ = 1,84

3. Tundaan

a. Lengan utara

T_{LL} = s x $\frac{0,5 \text{ x } (1-R_H)^2}{(1-R_H \text{ x } D_J)} + \frac{N_{q1} \text{ x } 3600}{C}$

T_{LL} = 128 x $\frac{0,5 \text{ x } (1-0,23)^2}{(1-0,23 \text{ x } 1,44)} + \frac{30 \text{ x } 3600}{531}$

T_{LL} = 260,13 det/smp

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

T_G = $(1 - 2,02)$x 0,46 x 6 + (2,02 x 4)

T_G = 5,26 det/smp

T = T_{LL} + T_G

$T = 309{,}92 + 5{,}26$

$T = 315{,}18$ det/smp

b. Lengan barat

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

$$T_{LL} = 128 \times \frac{0{,}5 \times (1-0{,}15)^2}{(1-0{,}15 \times 1{,}22)} + \frac{16{,}82 \times 3600}{423}$$

$T_{LL} = 199{,}74$ det/smp

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

$T_G = (1 - 2{,}49) \times 0{,}46 \times 6 + (2{,}49 \times 4)$

$T_G = 5{,}85$ det/smp

$T = T_{LL} + T_G$

$T = 199{,}74 + 5{,}85$

$T = 205{,}59$ det/smp

c. Lengan selatan

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

$$T_{LL} = 128 \times \frac{0{,}5 \times (1-0{,}29)^2}{(1-0{,}29 \times 1{,}31)} + \frac{22{,}18 \times 3600}{699}$$

$T_{LL} = 166{,}24$ det/smp

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

$T_G = (1 - 1{,}64) \times 0{,}46 \times 6 + (1{,}64 \times 4)$

$T_G = 4{,}79$ det/smp

$T = T_{LL} + T_G$

$T = 166{,}24 + 4{,}79$

$T = 171{,}03$ det/smp

d. Lengan timur

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

$$T_{LL} = 128 \times \frac{0{,}5 \times (1-0{,}15)^2}{(1-0{,}15 \times 0{,}65)} + \frac{0{,}42 \times 3600}{829}$$

$T_{LL} = 53{,}06$ det/smp

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

$T_G = (1 - 1{,}31) \times 0{,}46 \times 6 + (1{,}31 \times 4)$

T_G = 4,38 det/smp

T = T_{LL} + T_G

T = 53,06 + 4,38

T = 57,44 det/smp

Tundaan rata-rata seluruh simpang (T_I) adalah perbandingan nilai tundaan dengan arus total (q_{Tot}), dihitung menggunakan Persamaan 3.27 sebagai berikut.

$$T_I = \frac{\Sigma\,(qxT)}{q_{Total}}$$

$$T_I = \frac{(765 \text{ x } 315{,}18)+(518 \text{ x } 205{,}59)+(920 \text{ x } 171{,}03)+(541 \text{ x } 57{,}44)}{2744}$$

T_I = 195,35 det/smp

Rekapitulasi hasil analisis perilaku lalu lintas pada Simpang APILL MM UGM dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Analisis Perilaku Lalu Lintas

Parameter	Satuan	Jl. Kaliurang (utara)	Jl. Teknika (barat)	Jl. Persatuan (selatan)	Jl. Agro (timur)
Antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1})	smp	30	17	22	1
Antrean kendaraan yang datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2})	smp	31	19	37	18
Jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q)	smp	61	51	59	28
Panjang antrean (P_A)	m	305	170	295	59
Rasio kendaraan henti (R_{KH})		2,02	2,49	1,64	1,31
Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH})	smp/jam	1546	1290	1509	709
Angka henti seluruh simpang APILL ($R_{KH\ TOTAL}$)		1,84			
Tundaan lalu lintas (T_{LL})	det/smp	260,13	199,74	166,24	53,06
Tundaan geometri (T_G)	det/smp	5,26	5,85	4,79	4,38

Lanjutan Tabel 5.11 Rekapitulasi Analisis Perilaku Lalu Lintas

Parameter	Satuan	Jl. Kaliurang (utara)	Jl. Teknika (barat)	Jl. Persatuan (selatan)	Jl. Agro (timur)
Tundaan (T)	det/smp	315,18	205,59	171,03	57,44
Tingkat pelayanan		F	F	F	E
Tundaan rata-rata seluruh simpang (T_1)	det/smp	195,35			
Tingkat pelayanan simpang		F			

Berdasarkan hasil analisis menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, kondisi eksisting menunjukkan nilai tundaan (T) di Lengan Utara sebesar 315,18 det/smp, Lengan Barat sebesar 205,59 det/smp, lengan Selatan sebesar 171,03 det/smp, dan lengan Timur sebesar 57,44 det/smp, dengan rata-rata tundaan di seluruh simpang (T_1) mencapai 195,35 det/smp. Sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015, simpang yang memiliki nilai tundaan lebih dari 60 detik/smp berada pada tingkat pelayanan F. Maka, Lengan Utara, Selatan, dan Barat masing-masing berada pada tingkat pelayanan F, untuk Lengan Timur berada pada tingkat layanan E. Tingkat pelayanan keseluruhan simpang berada pada tingkat F. Pada penelitian ini, jalan yang terhubung dengan Simpang APILL MM UGM berperan sebagai jalan kolektor primer dan jalan lokal, maka sesuai Peraturan Menteri No. 96 Tahun 2015, tingkat pelayanan yang diharapkan untuk Simpang APILL MM UGM pada Lengan Utara dan Lengan Selatan setidaknya adalah B, sedangkan untuk Lengan Timur dan juga Lengan Barat setidaknya adalah D.

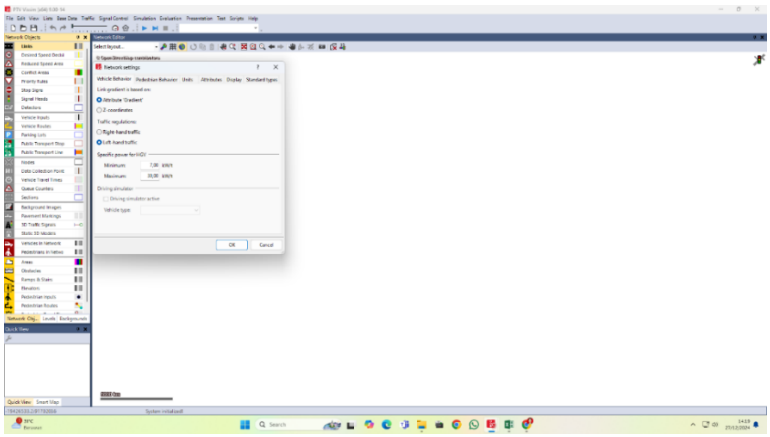
5.4 Pemodelan Lalu Lintas dengan *Software* PTV VISSIM

Software PTV VISSIM digunakan sebagai alat bantu untuk permodelan rekayasa lalu lintas pada Simpang APILL MM UGM. *Software* PTV VISSIM digunakan untuk memodelkan kondisi eksisting serta menyimulasikan berbagai alternatif solusi guna meningkatkan tingkat pelayanan pada Simpang APILL MM UGM. Hasil pemodelan mencakup data volume kendaraan, panjang antrean, dan

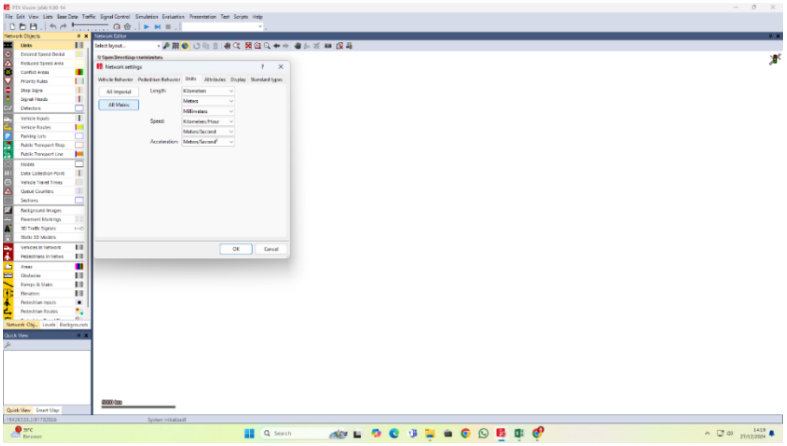
juga waktu tundaan pada Simpang APILL MM UGM. Berikut merupakan langkah pemodelan menggunakan *software* PTV VISSIM.

1. Pengaturan *network development*

   PTV VISSIM merupakan *software* yang berasal dari negara Jerman. Hal ini menyebabkan pengaturan *software* secara *default* menggunakan jalur kanan sebagai jalur berkendara. Oleh karena itu, diperlukan penyesuaian mengubah jalur berkendara menjadi sebelah kiri mengikuti kondisi di Indonesia serta mengubah satuan dengan cara klik *base data* pada *menu bar*, lalu klik *network setting*, *vehicle behavior* disesuaikan menjadi *left-hide traffic*, dan *units* disesuaikan menjadi *all metric*. Pengaturan *network development* dapat dilihat pada Gambar 5.12 dan Gambar 5.13.



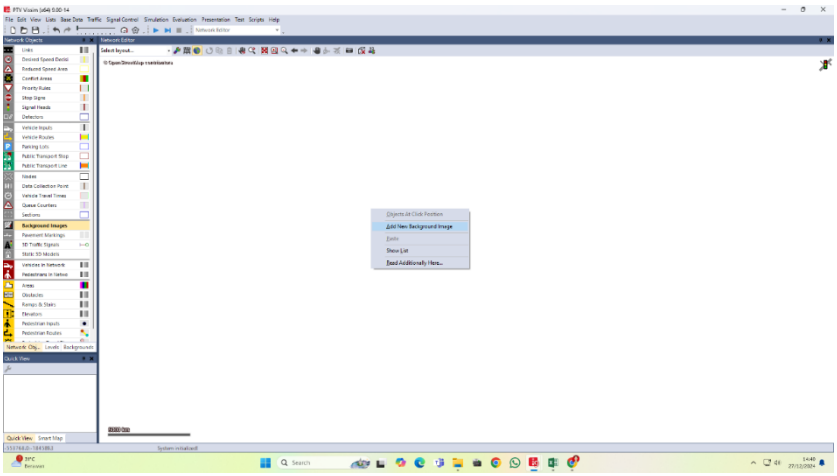
Gambar 5. 12 *Vehicle Behavior*



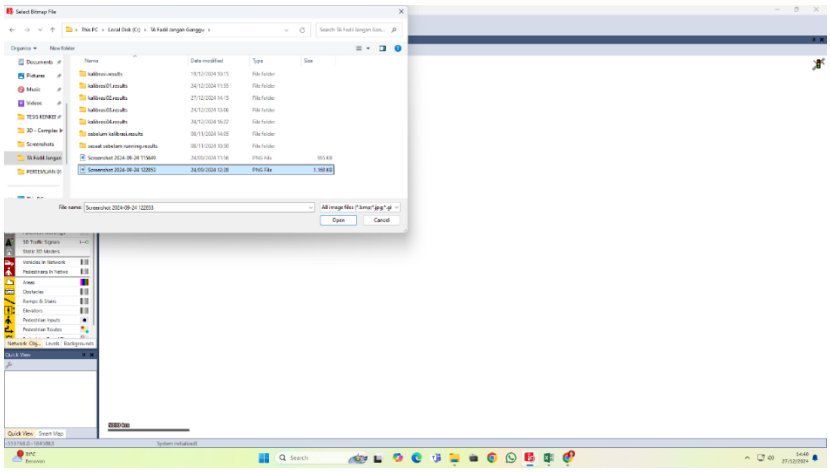
Gambar 5. 13 *Units*

2. Input *background image*

   Background image diambil dari *software* Google Maps pada lokasi penelitian, *background image* berfungsi sebagai gambar acuan untuk membuat pemodelan lalu lintas pada lokasi penelitian. Input *background image* dilakukan dengan cara klik menu *background image* pada *network object*, lalu klik kanan pada jendela *network editor*, pilih *add new background image*, pilih gambar peta lokasi penelitian yang digunakan untuk pemodelan, klik open, lalu *background image* akan muncul pada jendela *network editor*. Input *background image* dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan 5.15.



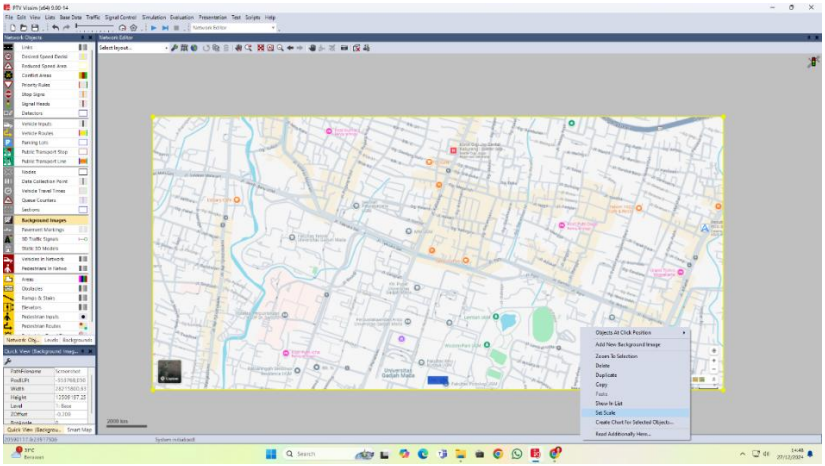
Gambar 5. 14 Input *Background Image*



Gambar 5. 15 Input *Background Image*

3. Pengaturan skala

   Pengaturan skala diperlukan agar skala pada *software* PTV VISSIM sama dengan skala pada gambar peta yang diambil dari *software* Google Maps. Pengaturan skala dilakukan dengan cara klik kanan pada *background image*, pilih *set scale*, tarik garis yang menjadi acuan skala pada *background image* sedetail mungkin, masukkan angka skala yang tertera pada gambar peta lokasi penelitian yang diambil dari *software* Google Maps, lalu klik ok. Pengaturan skala dapat dilihat pada Gambar 5.16.

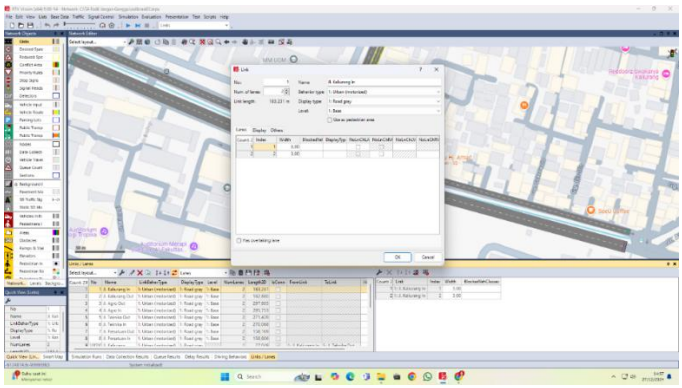


Gambar 5. 16 Pengaturan Skala

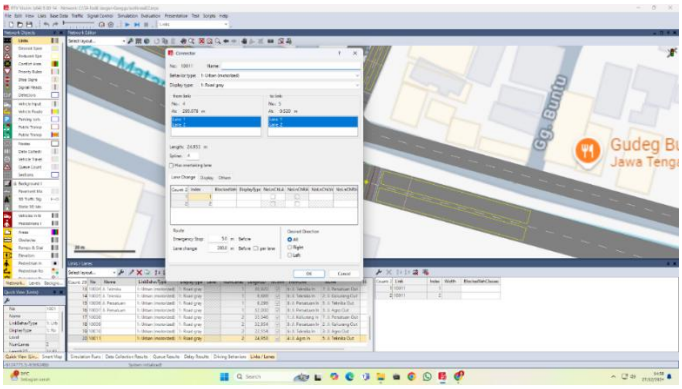
4. Pembuatan Jaringan Jalan (*links* dan *connectors*)

   Pembuatan jaringan jalan disesuaikan dengan lebar setiap lajur pada lokasi penelitian. Pembuatan jaringan jalan dilakukan dengan cara klik *link* pada *network object*, klik kanan pada mouse lalu tarik *link* sesuai dengan arah dan panjang yang dibutuhkan. Masukkan nama *link* (ruas julan), jumlah lajur, serta lebar dari masing-masing lajur, lalu klik ok. Setelah pembuatan link selesai, selanjutnya adalah pembuatan *connector*. *Connector* digunakan sebagai penghubung antar *link* agar kendaraan keluar sesuai arah masing-masing. Pembuatan *connector* dilakukan dengan cara klik tombol kanan mouse pada *link* asal, lalu arahkan pada *link* tujuan. Agar bentuk *connector* lebih halus perlu dilakukan penyesuaian dengan cara klik tombol kanan

mouse pada *connector*, lalu pilih *recalculate spline*. Pembuatan jaringan jalan dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18.

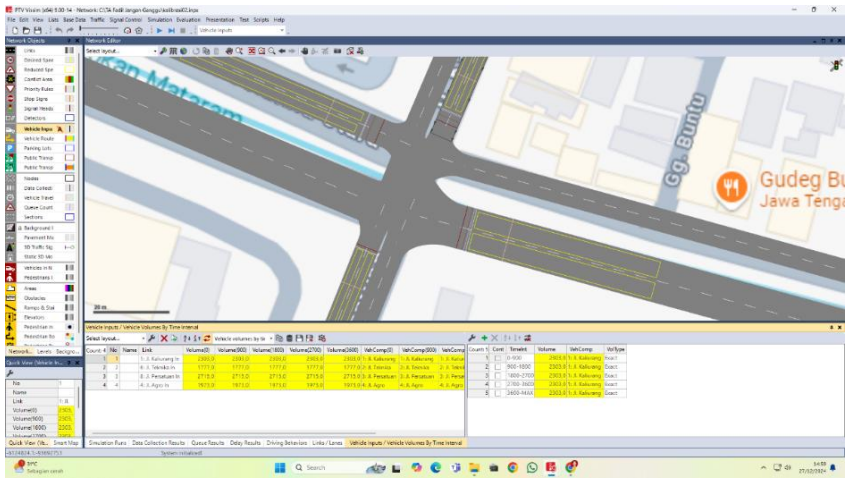


Gambar 5. 17 Pembuatan *Links*



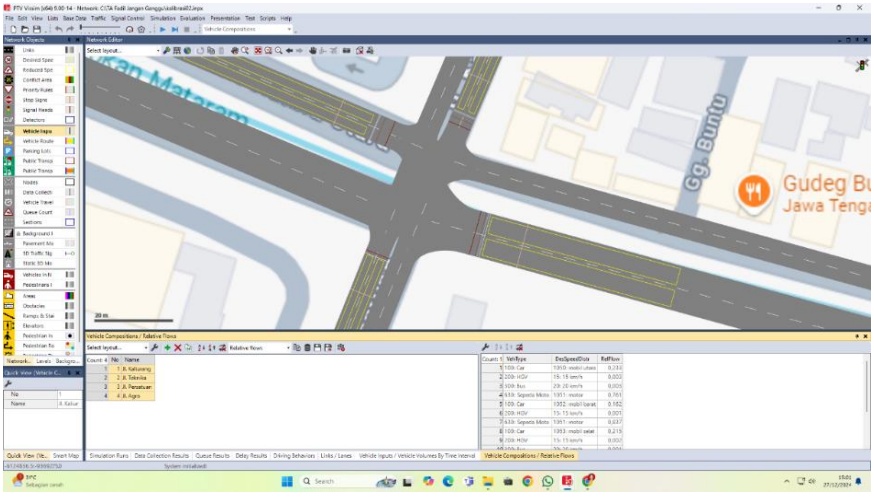
Gambar 5. 18 Pembuatan *Connectors*

5. Input data *vehicle input*, *vehicle composition*, kecepatan dan *vehicle routes*
   Vehicle input berfungsi untuk memasukkan data jumlah volume lalu lintas jam puncak dalam satuan kendaraan pada kondisi eksisting di lokasi penelitian. Input data *vehicle input* dilakukan dengan cara klik menu *vehicle input* pada *network object*, lalu klik tombol kanan mouse pada *link* (ruas jalan) yang menuju simpang, lalu pilih *add new vehicle input*, masukkan data volume pada masing-masing ruas jalan sesuai dengan hasil survei dalam jam puncak. Proses input data *vehicle input* dapat dilihat pada Gambar 5.19.

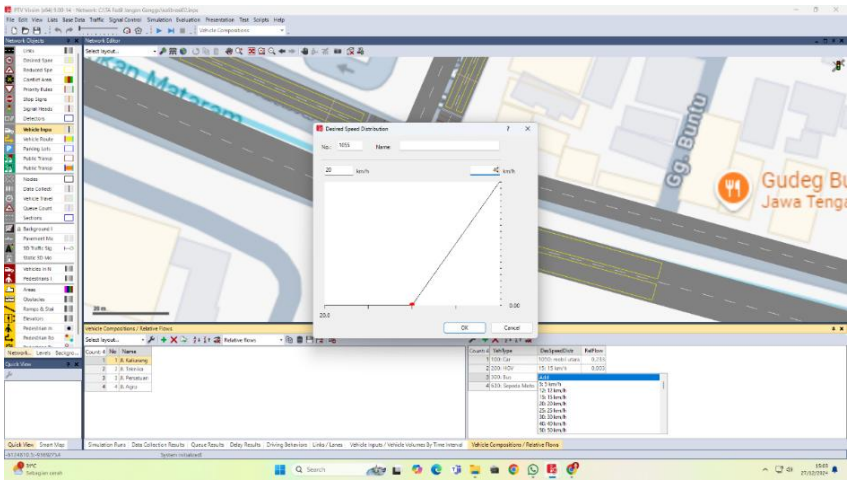


Gambar 5. 19 *Vehicle Input* Pada Ruas Jalan

Setelah melakukan *vehicle input*, selanjutnya memasukkan *vehicle composition* agar komposisi kendaraan sesuai dengan hasil survei. Input *vehicle composition* dilakukan dengan cara klik *traffic* pada *menu bar*, lalu pilih *vehicle composition*, data *vehicle composition* dimasukkan pada setiap lengan yang menuju simpang. Dalam penelitian ini terdapat 4 jenis kendaraan yang dimodelkan, yaitu *bike*, *car*, *bus*, dan *hgv*. Setelah memasukkan data *vehicle input*, lalu masukkan data kecepatan sesuai dengan hasil survei pada masing masing kendaraan. Input data *vehicle composition* dan kecepatan dapa dilihat pada gambar 5.20 dan Gambar 5.21.

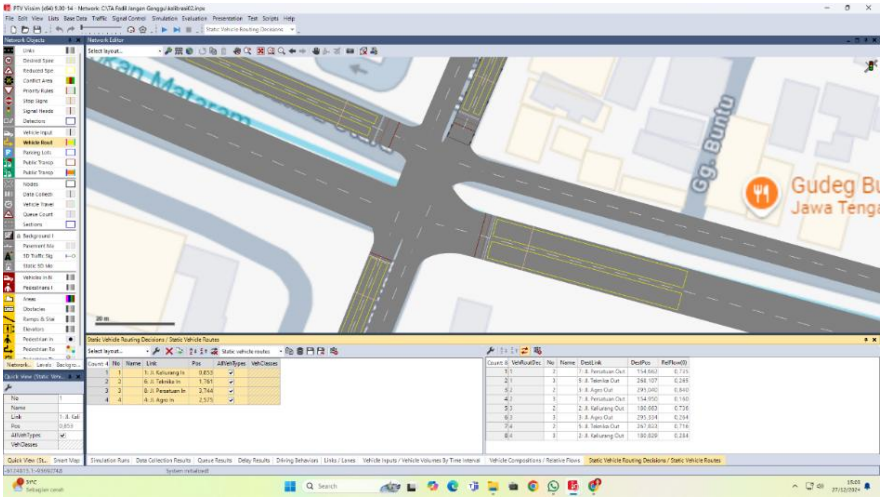


Gambar 5. 20 Input *Vehicle Composition*



Gambar 5. 21 Input Kecepatan

Proses input *vehicle route* dilakukan untuk membuat pergerakan kendaraan sesuai dengan data survei pada masing-masing arah. Input *vehicle route* dilakukan dengan cara klik *vehicle route* pada *network object*, lalu pilih lajur yang akan diinput data *vehicle route*. Input *vehicle route* dapat dilihat pada Gambar 5.22.

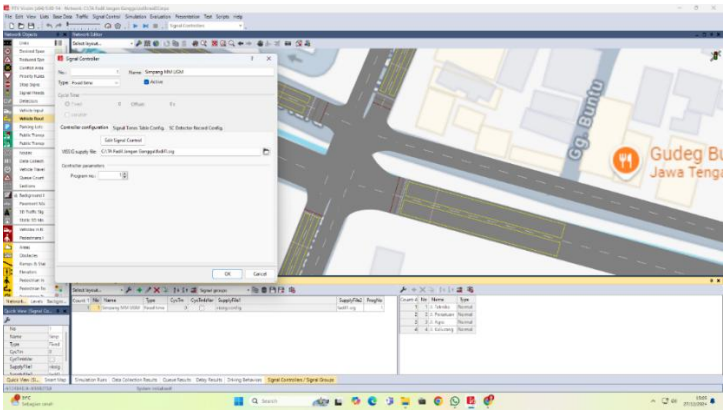


Gambar 5. 22 Input *Vehicle Route*

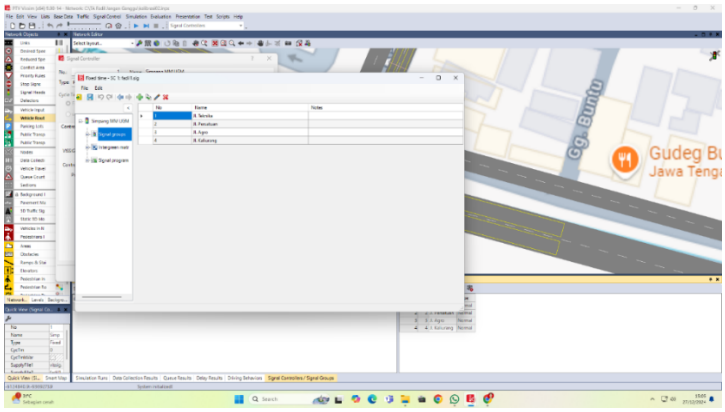
6. Input *signal controller*

   Data fase dan waktu siklus setiap lengan pada Simpang APILL MM UGM didapatkan dengan cara survei langsung di lokasi penelitian. Input *signal controller* dilakukan dengan cara klik *signal control* pada *menu bar*, lalu

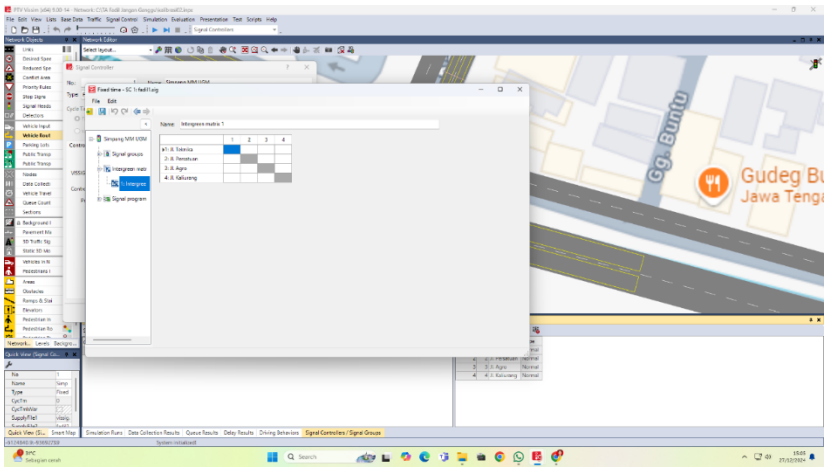
klik *signal controller*, ubah nama sesuai dengan lokasi penelitian, pada menu *type* pilih *fixed time*, lalu klik *edit signal control*. Selanjutnya, pada *signal group*, input jumlah lengan pada simpang dengan masing-masing waktu sinyal (*red-red/amber-green-amber*) dengan cara klik *add* (+) dan beri nama sesuai dengan lengan masing-masing, lalu input waktu siklus seperti waktu merah, waktu merah semua, waktu hijau, dan waktu kuning Setelah itu, lakukan penyesuaian *intergreen* dengan cara klik *add* (+) sebanyak jumlah lengan yang telah ditambahkan pada *signal group*. Setelah penyesuaian *intergreen*, input *signal program* (diagram fase) untuk menyesuaikan waktu siklus, lalu klik save, dan klik *ok*. Input dan pengaturan *signal controller* dapat dilihat pada Gambar 5.23 sampai Gambar 5.26.



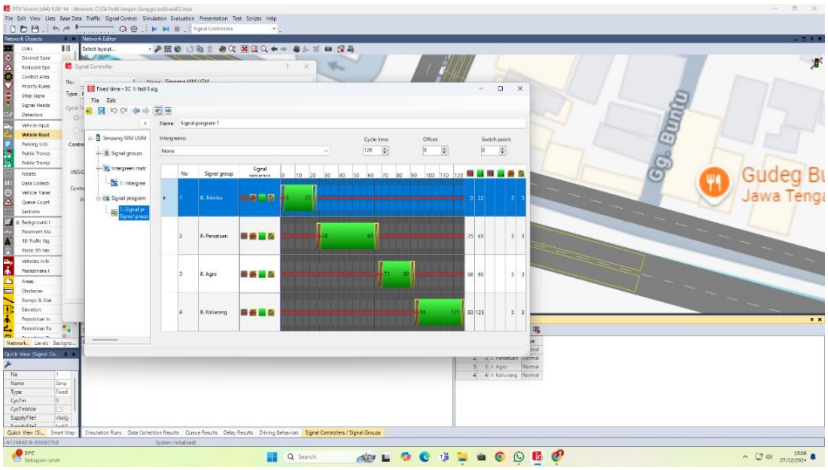
Gambar 5. 23 Input *Signal Control*



Gambar 5. 24 Input *Signal Group*

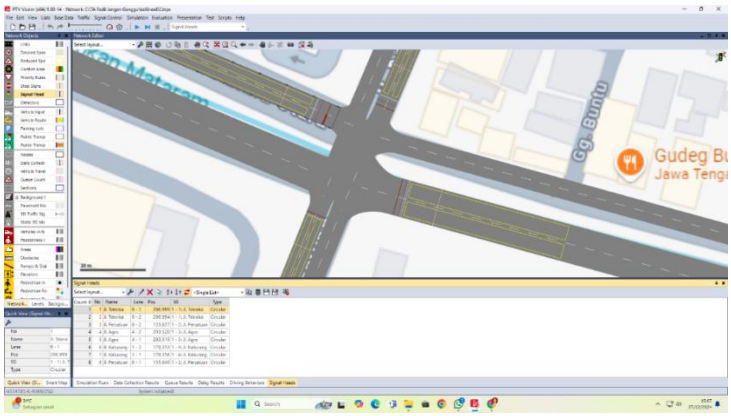


Gambar 5. 25 Penyesuaian *Intergreen*



Gambar 5. 26 Input Diagram Fase

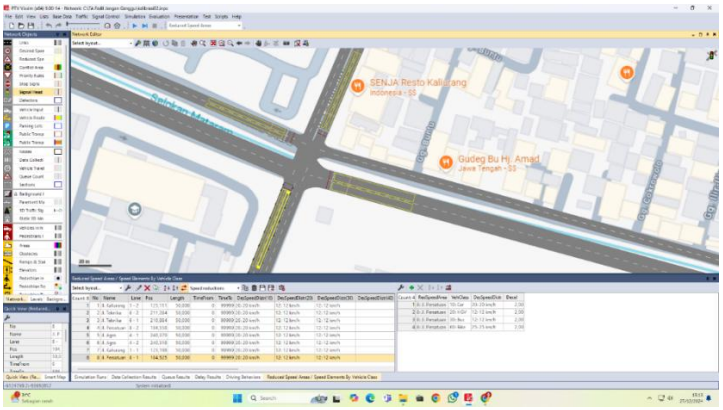
Setelah input dan pengaturan *signal controller* selesai, selanjutnya memasang APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) pada masing-masing lengan simpang. Pemasangan APILL dilakukan dengan cara klik *signal head* pada *network object*, lalu klik tombol kanan mouse pada setiap lengan yang akan dipasang APILL, ubah nama sesuai masing-masing lengan, lalu klik *ok*. Input *signal head* dapat dilihat pada Gambar 5.27.



Gambar 5. 27 Input *Signal Head*

7. Pemasangan *reduced speed areas*

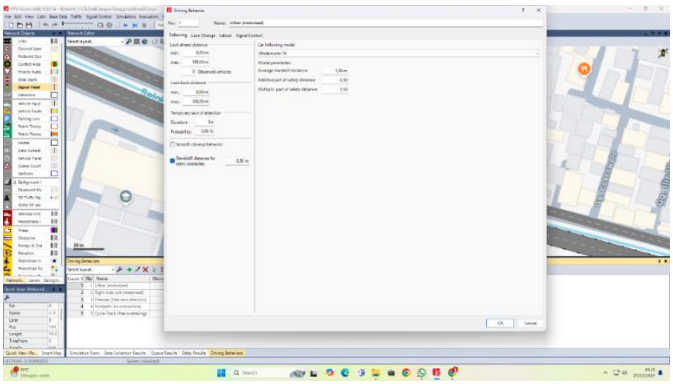
   Reduced speed areas adalah salah satu parameter kalibrasi untuk menyesuaikan kondisi pengemudi yang menurunkan kecepatan dalam berkendara di jalan raya apabila mendekati area tertentu seperti persimpangan. *Reduced speed areas* dilakukan dengan cara klik *reduced speed areas* pada *network object*, lalu pilih *reduced speed areas*. Selanjutnya klik tombol kanan mouse pada *link* yang akan dipasang *reduced speed areas*, lalu tarik sesuai panjang yang diinginkan, klik kanan pada *reduced speed areas* yang telah dipasang, lalu pilih *add*, atur kolom *vehclass* sesuai dengan kendaraan yang akan disesuaikan kecepatannya, lalu sesuaikan kecepatan pada kolom *desspeeddistr*. Pemasangan dan pengaturan *reduced speed areas* dapat dilihat pada Gambar 5.28.



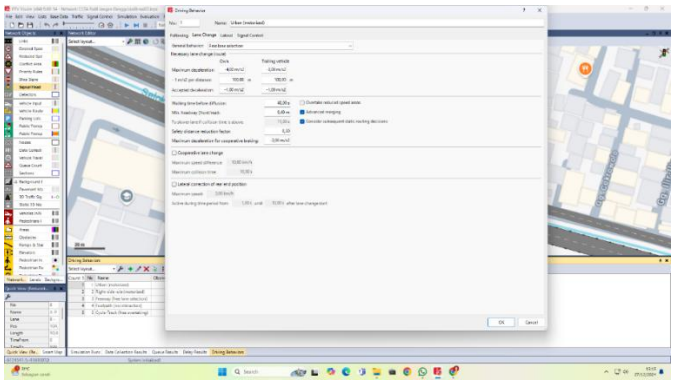
Gambar 5. 28 Pemasangan *Reduced Speed Areas*

8. Input *driving behavior*

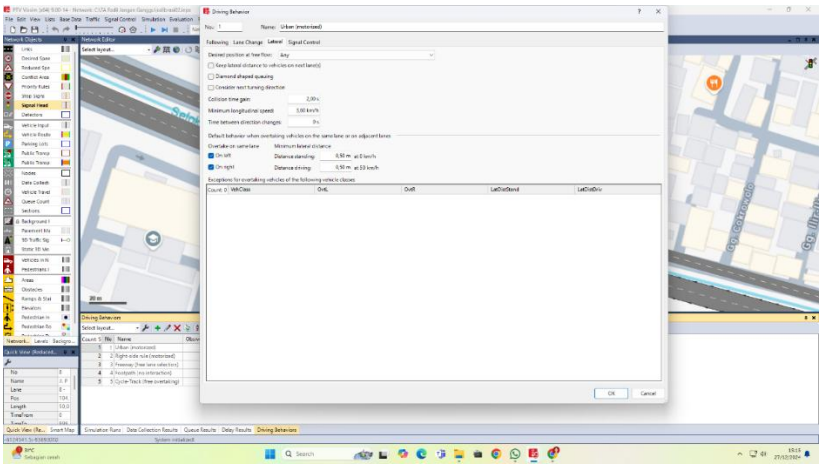
   Driving behavior merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi interaksi antar kendaraan, yang dapat menghasilkan perbedaan signifikan dalam pemodelan lalu lintas. Pada penelitian ini, data *driving behavior* didapatkan dengan cara survei langsung di lokasi penelitian. Jika menggunakan data survei secara langsung hasilnya tidak valid, maka perlu *trial and error* dengan mengubah setiap parameter pada *driving behavior* sampai mendapatkan hasil simulasi yang valid. Oleh karena itu, *driving behavior* perlu disesuaikan dengan kondisi di lokasi penelitian agar hasil pemodelan dapat menggambarkan keadaan di lokasi penelitian. Input *driving behavior* dilakukan dengan cara klik *base data* pada *menu bar*, lalu pilih *driving behavior*. Input *driving behavior* dapat dilihat pada Gambar 5.29 sampai Gambar 5.32.



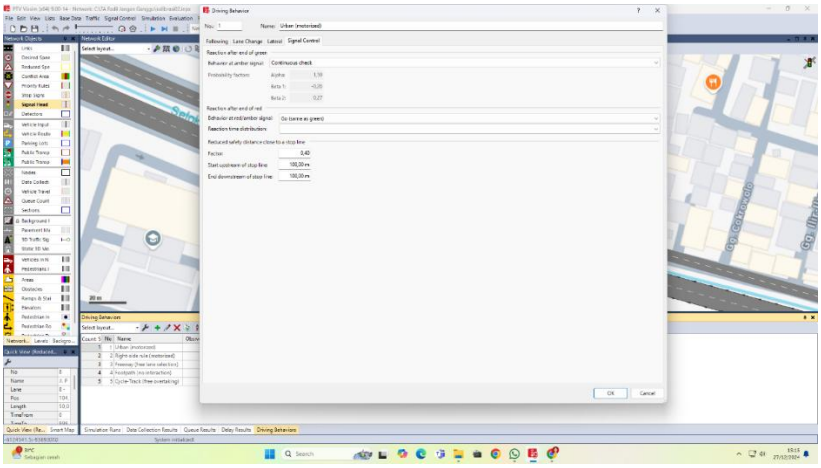
Gambar 5. 29 Input Parameter *Following*



Gambar 5. 30 Input Parameter *Lane Change*



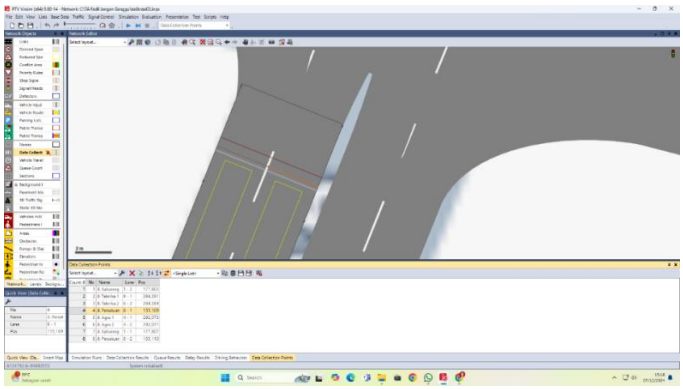
Gambar 5. 31 Input Parameter *Lateral*



Gambar 5. 32 Input Parameter *Signal Control*

9. Input *data collection point*

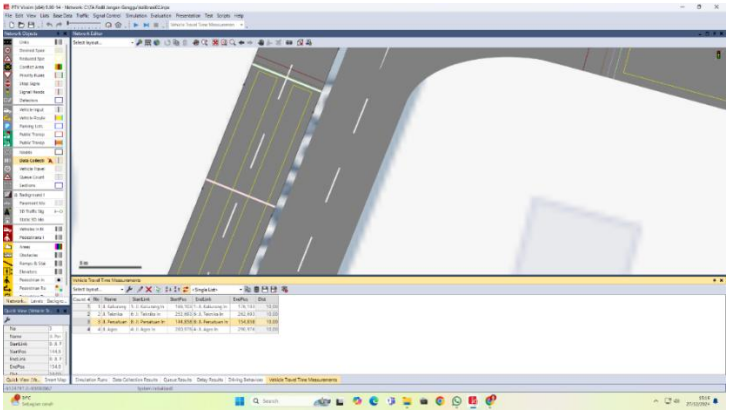
   Pada penelitian ini, jenis evaluasi yang diterapkan adalah *data collection point* (DCP) dikarenakan *output* yang digunakan adalah data volume kendaraan, panjang antrean pada setiap lengan, tundaan lalu lintas, serta kecepatan. Input DCP dilakukan dengan cara klik *data collection point* pada *network object*, klik tombol kanan mouse pada setiap lengan masuk simpang, ubah nama sesuai dengan masing-masing lengan, lalu klik *ok*. Input *data collection point* dapat dilihat pada Gambar 5.33.



Gambar 5. 33 Input *Data Collection Point*

10. Input *vehicle travel times*

    Vehicle travel times digunakan untuk menghitung kecepatan kendaraan dan juga tundaan (*delay*) kendaraan. Input *vehicle travel times* dilakukan dengan cara klik *vehicle travel times* pada *network object*, klik tombol kanan mouse pada setiap lengan masuk simpang, atur jarak yang ditentukan, ubah nama sesuai lengan masing-masing, lalu klik *ok*. Input *vehicle travel times* dapat dilihat pada Gambar 5.34.

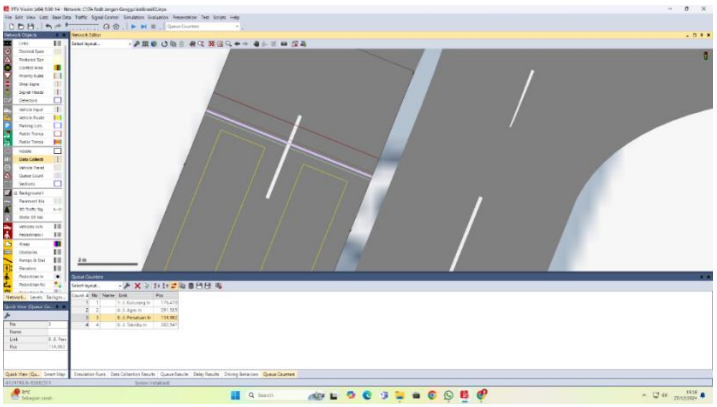


Gambar 5. 34 Input *Vehicle Travel Times*

11. Input *queue counters*

    Panjang antrean kendaraan yang terjadi pada lengan simpang dihitung menggunakan *queue counters*. Input *queue counters* dilakukan dengan cara klik *queue counters* pada *network object*, klik kanan pada setiap lengan

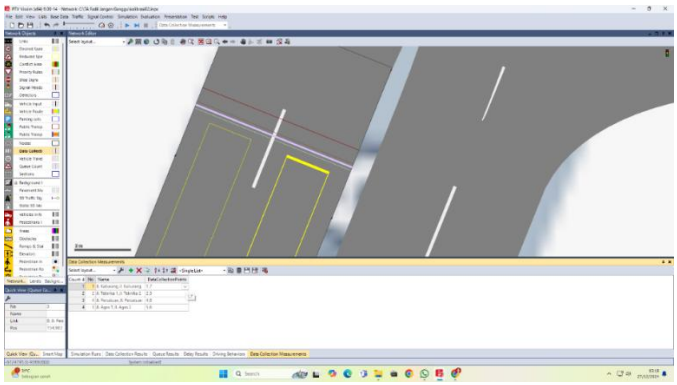
simpang, ubah nama sesuai lengan masing-masing, lalu klik *ok*. Input *queue counters* dapat dilihat pada Gambar 5.35.



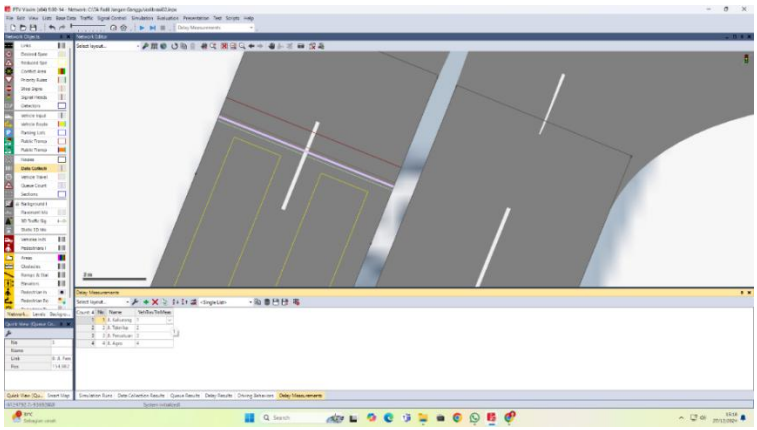
Gambar 5. 35 Input *Queue Counters*

12. Penyesuaian *measurement definition*

    Measurement definiton mengelompokkan *data collection measurement* dan *delay measurement*, sehingga *data collection point* dan *vehicle travel times* yang telah disesuaikan muncul pada hasil *running*. Penyesuaian *measurement definition* dilakukan dengan cara klik *evaluation* pada *menu bar*, lalu klik *measurement definition*, klik *data collection measurement* dan *delay measurement*, klik *add* sesuai dengan jumlah lengan simpang. Penyesuaian *measurement definition* dapat dilihat pada Gambar 5.36 dan Gambar 5.37.



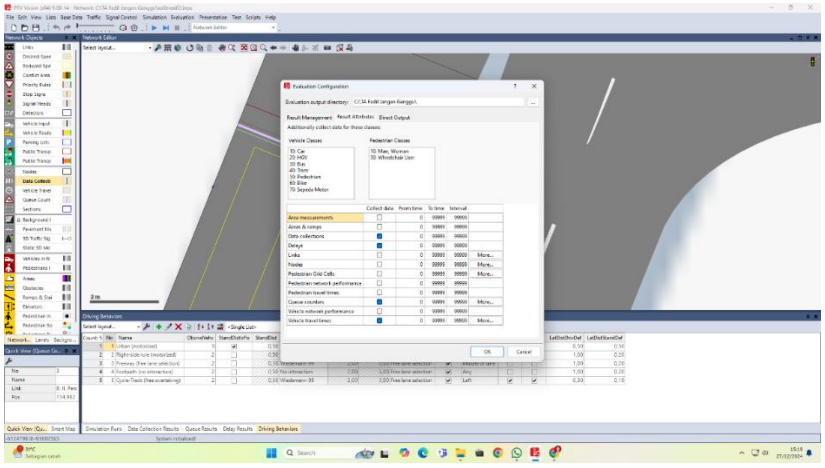
Gambar 5. 36 Penyesuaian *Data Collection Measurement*



Gambar 5. 37 Penyesuaian *Delay Measurement*

13. Pengaturan *evaluation configuration*

    Pengaturan *evaluation configuration* perlu dilakukan untuk menentukan parameter yang akan digunakan dalam proses *running*. Pengaturan *evaluation configuration* dilakukan dengan cara klik *evaluation* pada *menu bar*, lalu klik *configuration*, kemudian pilih data yang ingin dimunculkan. Pengaturan *evaluation configuration* dapat dilihat pada Gambar 5.38.

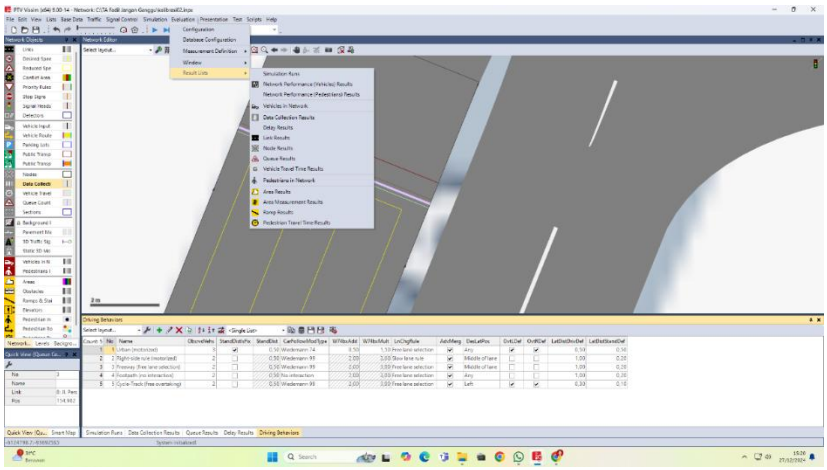


Gambar 5. 38 Pengaturan *Evaluation Configuration*

14. *Result list*

    Result list menampilkan data yang diperoleh setelah dilakukan *running*. *Result list* ditampilkan dengan cara klik *evaluation* pada *menu bar*, lalu klik

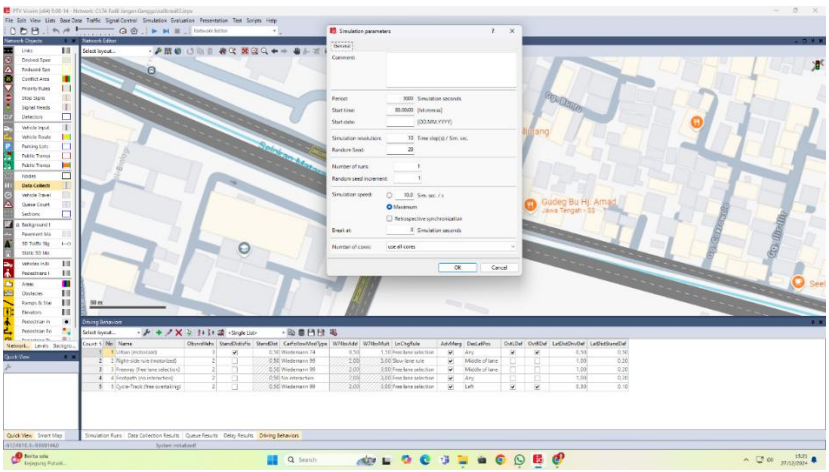
result list, pilih data yang ingin dimunculkan. *Result list* dapat dilihat pada Gambar 5.39.



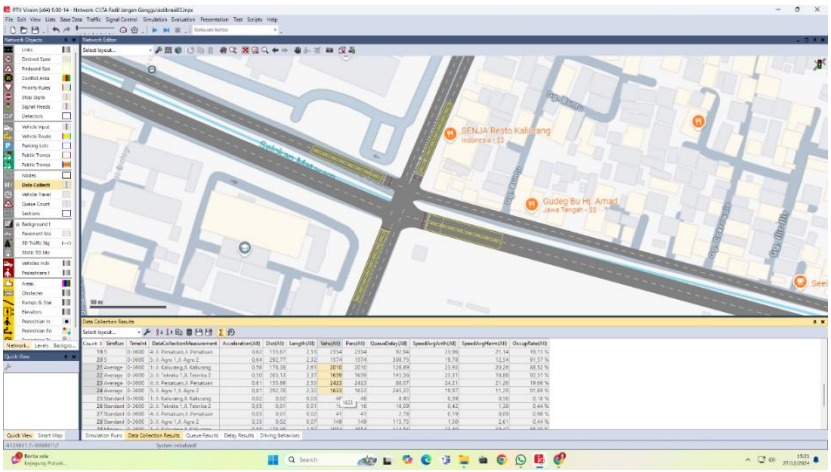
Gambar 5. 39 *Result List*

15. *Running simulation*

Apabila setiap tahapan pada pemodelan telah selesai dilakukan, maka dilanjutkan dengan melakukan *running* pemodelan selama satu jam. *Running simulation* dilakukan dengan cara klik *simulation* pada *menu bar*, lalu masukkan angka yang diinginkan pada kolom *random seed*. *Running simulation* dapat dilihat pada Gambar 5.40 dan 5.41.



Gambar 5. 40 *Simulation Parameters*



Gambar 5. 41 Hasil Simulasi *PTV VISSIM*

5.5 Kalibrasi dan Validasi Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM

Pemodelan menggunakan *software* VISSIM dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian lapangan. Data yang digunakan meliputi jumlah kendaraan saat jam puncak selama satu jam, kecepatan kendaraan, panjang antrean kendaraan, data geometri simpang, dan siklus waktu simpang. Setelah semua parameter diinput ke VISSIM, pemodelan dijalankan. Untuk mengonfirmasi keakuratan kalibrasi, proses validasi hasil pemodelan dengan PTV VISSIM dilakukan dengan membandingkan jumlah kendaraan yang keluar dari model dengan jumlah kendaraan yang dimasukkan ke dalam *software* tersebut.

5.5.1 Hasil Pemodelan Sebelum Kalibrasi

Output dari pemodelan dengan PTV VISSIM berupa volume kendaraan, panjang antrean kendaraan, data geometri persimpangan, dan siklus waktu simpang. Proses validasi perlu dilakukan agar hasil kalibrasi dapat dikatakan valid berdasarkan uji GEH dan MAPE. Parameter yang digunakan dalam uji GEH berupa data volume kendaraan dan parameter yang digunakan dalam uji MAPE berupa data panjang antrean dan tundaan simpang. Uji MAPE digunakan untuk mengetahui persentase kesalahan antara hasil perkiraan dan hasil sebenarnya selama periode tertentu. Dengan MAPE, kita bisa melihat kesalahan tersebut terlalu tinggi atau terlalu rendah. MAPE menghitung rata-rata kesalahan mutlak dalam periode tertentu, lalu mengalikan hasilnya dengan 100% untuk mendapat nilai

dalam bentuk persentase. Berikut merupakan data volume kendaraan dan panjang antrean hasil pemodelan menggunakan *software* VISSIM yang dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13.

Tabel 5.12 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Volume Sebelum Kalibrasi

Lengan Simpang	Volume Eksisting (kend/jam)	Volume PTV VISSIM (kend/jam)	Nilai GEH (%)	Kesimpulan
Jalan Teknika (Barat)	1973	621	37,54	Hasil Ditolak
Jalan Persatuan (Selatan)	2715	1074	37,70	Hasil Ditolak
Jalan Agro (Timur)	1777	606	33,92	Hasil Ditolak
Jalan Kaliurang (Utara)	2221	865	34,52	Hasil Ditolak

Berdasarkan Tabel 5.12, hasil pemodelan VISSIM sebelum kalibrasi untuk parameter volume kendaraan menunjukkan nilai GEH > 30, yang berarti pemodelan tersebut belum memenuhi persyaratan GEH yang diharapkan, yaitu GEH < 5.

Tabel 5.13 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Panjang Antrean Sebelum Kalibrasi

Lengan Simpang	Panjang Antrean Eksisting (m)	Panjang Antrean PTV VISSIM (m)	Nilai MAPE (%)	Kesimpulan
Jalan Teknika (Barat)	80	270,69	238	Hasil prediksi tidak akurat
Jalan Persatuan (Selatan)	130	161,40	24	Hasil prediksi layak
Jalan Agro (Timur)	105	295,90	182	Hasil prediksi tidak akurat
Jalan Kaliurang (Utara)	170	187,48	10	Hasil prediksi baik

Berdasarkan Tabel 5.13, hasil pemodelan VISSIM sebelum kalibrasi untuk parameter panjang antrean pada beberapa lengan menunjukkan nilai MAPE > 50%,

sehingga pemodelan tersebut belum memenuhi persyaratan MAPE yang diharapkan, yaitu MAPE < 50%.

5.5.2 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi

Hasil pemodelan pada *software* VISSIM masih menunjukkan data yang belum valid karena terdapat perbedaan antara kondisi lapangan dan hasil pemodelan di VISSIM. Salah satu penyebabnya adalah parameter *driving behaviour*. Perbedaan data disebabkan oleh *driving behaviour* yang berbeda antara pengaturan *default* VISSIM dan kondisi aktual di lapangan. Salah satu parameter yang dapat diubah dalam proses kalibrasi agar hasil pemodelan VISSIM sesuai atau mendekati kondisi nyata adalah parameter *driving behaviour*. *Driving behaviour* adalah cara pengemudi dalam mengendalikan kendaraannya, termasuk jarak antar kendaraan dan posisi kendaraan. *Driving behavior* didapatkan dengan cara *trial and error* untuk mendapatkan hasil yang valid. Kalibrasi ini terus dilakukan hingga hasil pemodelan VISSIM memenuhi syarat sehingga dapat dikatakan valid. Kalibrasi dilakukan dengan mengganti komponen-komponen pada parameter *driving behaviour* sebagai berikut.

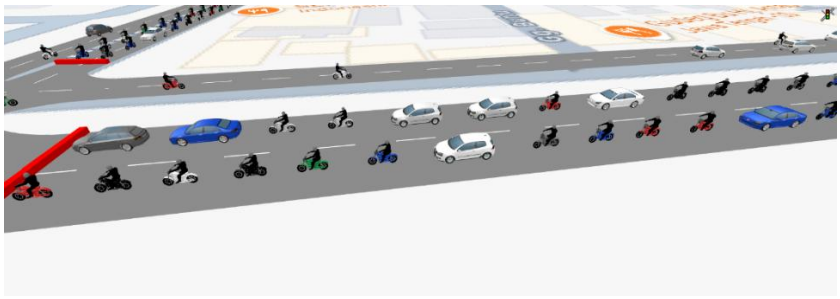
1. *Desire position at free flow,* untuk mengatur posisi kendaraan yang ada pada lajur (tengah/kanan/kiri/bebas)
2. *Overtake on same lane,* pengaturan perilaku pengemudi pada saat menyiap kendaraan di depannya, *on right* untuk menyiap dari sisi kanan sedangkan *on left* dari sisi kiri, bisa dipilih keduanya dengan cara meng-klik keduanya.
3. *Distance standing*, nilai minimum dari jarak pengemudi saat memberhentikan kendaraan terhadap kendaraan lain
4. *Distance driving*, untuk mengatur jarak aman lateral pengemudi dalam menyiap kendaraan lain dengan kecepatan 50 km/h
5. *Average standstill distance*, rata-rata jarak antar kendaraan saat berhenti
6. *Additive part of safety distance,* parameter untuk menentukan jarak aman saat kendaraan membuntuti kendaraan lain, dan
7. *Multiplicative part of safety distance,* parameter untuk menentukan jarak aman saat kendaraan membuntuti beberapa kendaraan lainnya.

Proses kalibrasi dilakukan dengan melalui *trial and error* untuk memastikan data dalam VISSIM dapat mereprentasikan kondisi di lapangan. Berdasarkan buku yang berjudul Aplikasi Permodelan Lalu Lintas PTV VISSIM 9.0 yang disusun oleh Primadona dkk. (2019), berikut parameter *driving behaviour* yang dapat diubah pada proses kalibrasi agar mendapatkan hasil yang valid, yang dapat dilihat pada Tabel 5.14.

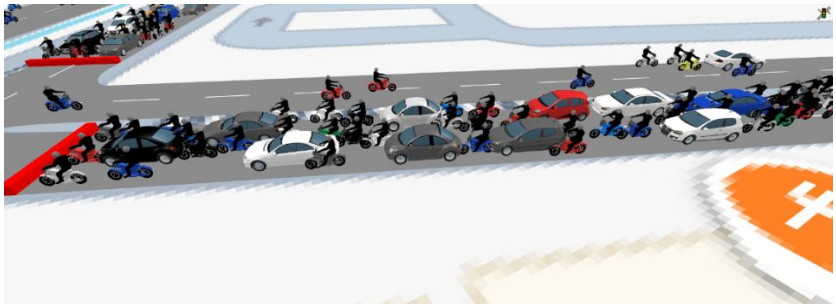
Tabel 5.14 Perubahan Komponen *Driving Behaviour* Setelah Kalibrasi

Parameter yang Diubah	**Komponan yang Diubah**		**Default**	**Kalibrasi**
			Nilai	
Car Following	*Average standstill distance (m)*		2,00	0,60
	Additive part of safety distance		2,00	0,70
	Multipliative. part of safety distance		3,00	0,80
	Look ahead distance (m)	*Minimum*	0	0
		Maximum	250	100
		Observed vehicles	4	5
	Look back distance (m)	*Minimum*	0	0
		Maximum	150	100
Lane Change	*Waiting time before diffusion (s)*		60	40
	Min. Headway (front/rear) (m)		0,5	0,40
Lateral	*Desired position at free flow*		*Middle of lane*	*Any*
	Minimum distance standing (m)		0,20	0,40
	Minimum distance driving (m)		1,00	0,50
	Overtake on same lane		*None*	*Left*
				Right
Signal Controller	*Behavior at red/amber signal*		*Stop (same as red)*	*Go (same as green)*

Berikut merupakan perbandingan secara visual antara sebelum dan setelah kalibrasi pada pemodelan VISSIM yang dapat dilihat pada Gambar 5.42 dan Gambar 5.43.



Gambar 5. 42 Kondisi Sebelum Kalibrasi



Gambar 5. 43 Kondisi Setelah Kalibrasi

Berdasarkan Gambar 5.42 yaitu kondisi sebelum dilakukan proses kalibrasi, pemodelan VISSIM cenderung menunjukkan jumlah kendaraan yang lebih sedikit dan jarak antar kendaraan yang lebih renggang dikarenakan pada parameter awal seperti data kecepatan, dan *driving behavior* belum disesuaikan untuk mencerminkan kondisi lalu lintas yang sebenarnya. Kalibrasi diperlukan untuk mengatur dan menyesuaikan parameter-parameter tersebut agar model dapat merepresentasikan data lalu lintas di lapangan secara lebih akurat. Berdasarkan Gambar 5.43 yaitu kondisi lalu lintas setelah dilakukan kalibrasi, menunjukan bahwa jumlah kendaraan yang lebih banyak dan jarak antar kendaraan yang lebih rapat, kondisi lalu lintas tersebut merepresentasikan lalu lintas yang ada di lapangan. Setelah dilakukannya proses kalibrasi selanjutnya adalah melakukan validasi.

Proses validasi dalam pemodelan VISSIM diperlukan untuk memastikan bahwa hasil kalibrasi dianggap valid sesuai dengan uji GEH dan MAPE. Uji GEH menggunakan parameter volume kendaraan sebagai data utama, sedangkan uji

MAPE menggunakan parameter panjang antrean dan tundaan. Kalibrasi yang dilakukan menunjukkan bahwa perubahan beberapa parameter *driving behavior* membuat hasil kalibrasi menjadi valid. Nilai GEH setelah kalibrasi dapat dilihat pada tabel 5.15.

Tabel 5.15 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi pada Parameter Volume

Nama Lengan	Volume Eksisting (kend/jam)	Volume PTV VISSIM (kend/jam)	Nilai GEH	Kesimpulan
Jl. Teknika (Barat)	1777	1705	1,73	Hasil diterima
Jl. Persatuan (Selatan)	2715	2469	4,83	Hasil diterima
Jl. Agro (Timur)	1973	1921	1,18	Hasil diterima
Jl. Kaliurang (Utara)	2221	2036	4,01	Hasil diterima

Berdasarkan Tabel 5.15, nilai GEH untuk volume kendaraan setelah kalibrasi menunjukkan angka di bawah 5, yang menandakan bahwa pemodelan tersebut dapat diterima dan tidak terdapat *error* dalam pemodelan serta memenuhi persyaratan uji GEH. Hasil pemodelan setelah kalibrasi pada parameter panjang antrean dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi pada Parameter Panjang Antrean

Nama Lengan	Panjang Antrean Eksisting (m)	Panjang Antrean PTV VISSIM (m)	Nilai MAPE (%)	Kesimpulan
Jl. Teknika (Barat)	105	65,44	38	Hasil prediksi layak
Jl. Persatuan (Selatan)	130	160,74	24	Hasil prediksi layak
Jl. Agro (Timur)	80	87,20	9	Hasil prediksi sangat akurat
Jl. Kaliurang (Utara)	170	183,19	8	Hasil prediksi sangat akurat

Berdasarkan Tabel 5.16, nilai MAPE untuk parameter panjang antrean setelah kalibrasi menunjukkan angka di bawah 50%, yang menandakan bahwa

pemodelan tersebut valid dan tidak terdapat *error* dalam pemodelan serta memenuhi persyaratan uji MAPE. Hasil pemodelan setelah kalibrasi pada parameter tundaan dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi pada Parameter Tundaan

Nama Lengan	Tundaan (det/smp)	Tundaan Simpang (det/smp)	Tundaan Simpang PTV VISSIM (det/kend)	Nilai MAPE (%)	Kesimpulan
Jl. Teknika (Barat)	205,59	195,35	101,40	48%	Hasil prediksi layak
Jl. Persatuan (Selatan)	171,03				
Jl. Agro (Timur)	57,44				
Jl. Kaliurang (Utara)	315,43				

Berdasarkan Tabel 5.17, nilai MAPE untuk parameter tundaan setelah kalibrasi menunjukkan angka di bawah 50%, yang menandakan bahwa pemodelan tersebut layak dan tidak terdapat *error* dalam pemodelan serta memenuhi persyaratan uji MAPE.

5.6 Alternatif Solusi

Alternatif solusi adalah metode untuk meningkatkan kinerja di Simpang APILL MM UGM. Proses ini dilakukan dengan menganalisis kinerja simpang menggunakan PKJI 2023, yang kemudian disimulasikan menggunakan *software* VISSIM. Terdapat 3 alternatif solusi untuk meningkatkan kinerja Simpang APILL MM UGM. Alternatif pertama adalah penyesuaian waktu siklus berdasarkan waktu ideal dalam PKJI 2023. Alternatif kedua adalah *trial* waktu hijau. Alternatif ketiga adalah penyesuaian waktu siklus dan penerapan *contraflow* pada Lengan Barat (Jalan Teknika).

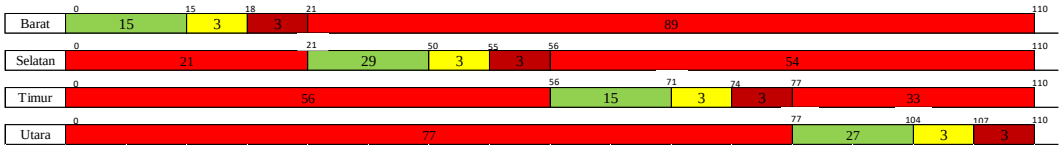
5.6.1 Alternatif solusi I

Alternatif pertama yang digunakan pada penelitian ini adalah penyesuaian waktu siklus dengan cara studi literatur dan didapatkan kondisi ideal waktu siklus berdasarkan PKJI 2023 untuk 4 fase adalah 80-130 detik. Setelah mengetahui kondisi ideal menurut PKJI, selanjutnya dilakukan *trial and error* waktu siklus sehingga diperoleh waktu optimal dengan mempertimbangkan nilai tundaan dengan

disimulasikan menggunakan *software* VISSIM. Waktu kuning dan merah semua mengikuti kondisi eksisting yaitu masing masing 3 detik. Hasil *trial and error* penyesuaian waktu siklus dan diagram waktu siklus alternatif solusi pertama dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan Gambar 5.44.

Tabel 5.18 Penentuan Waktu Hijau pada Alternatif Solusi I

Trial	Lengan	Waktu (detik)				Waktu siklus (dtk)	Urutan Fase	Tundaan (det/kend)
		Hijau	Kuning	Merah semua	Merah			
Trial 1	Jl. Teknika (Barat)	17	3	3	102	125	1	101,544
	Jl. Persatuan (Selatan)	34	3	3	85	125	2	
	Jl. Agro (Timur)	19	3	3	100	125	3	
	Jl. Kaliurang (Utara)	31	3	3	88	125	4	
Trial 2	Jl. Teknika (Barat)	17	3	3	96	120	1	91,478
	Jl. Persatuan (Selatan)	31	3	3	83	120	2	
	Jl. Agro (Timur)	18	3	3	97	120	3	
	Jl. Kaliurang (Utara)	30	3	3	84	120	4	
Trial 3	Jl. Teknika (Barat)	15	3	3	94	115	1	93,568
	Jl. Persatuan (Selatan)	31	3	3	78	115	2	
	Jl. Agro (Timur)	16	3	3	93	115	3	
	Jl. Kaliurang (Utara)	29	3	3	80	115	4	
Trial 4	Jl. Teknika (Barat)	15	3	3	89	110	1	94,519
	Jl. Persatuan (Selatan)	29	3	3	75	110	2	
	Jl. Agro (Timur)	15	3	3	89	110	3	
	Jl. Kaliurang (Utara)	27	3	3	77	110	4	



Gambar 5. 44 Diagram Waktu Siklus Simpang APILL MM UGM Alternatif I

Berdasarkan Tabel 5.18, Trial 2 adalah pewaktuan yang paling baik karena Simpang APILL MM UGM memiliki nilai tundaan lebih kecil dibandingkan dengan trial lainnya. Oleh karena itu, pewaktuan ini dipilih untuk menentukan waktu sinyal dalam alternatif 1. Waktu hijau pada alternatif 1 dan waktu hijau pada kondisi eksisting dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan Tabel 5.20.

Tabel 5.19 Waktu Hijau pada Alternatif Solusi I

Lengan	Waktu (detik)				Waktu siklus (dtk)	Urutan Fase
	Hijau	Kuning	Merah semua	Merah		
Jl. Teknika (Barat)	17	3	3	96	120	1
Jl. Persatuan (Selatan)	31	3	3	83	120	2
Jl. Agro (Timur)	18	3	3	97	120	3
Jl. Kaliurang (Utara)	30	3	3	84	120	4

Tabel 5.20 Waktu Hijau pada Kondisi Eksisting

Lengan	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Merah Semua (detik)	Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)	Urutan Fase
Jl. Teknika (Barat)	19	3	3	103	128	1
Jl. Persatuan (Selatan)	37	3	3	85	128	2
Jl. Agro (Timur)	19	3	3	103	128	3
Jl. Kaliurang (Utara)	29	3	3	93	128	4

Perbedaan alternatif 1 dengan kondisi eksisting yaitu pada jumlah waktu siklus, pada kondisi eksisting jumlah waktu siklus sebesar 128 detik, pada alternatif

1 jumlah waktu siklus menurun menjadi 120 detik. Waktu hijau pada pendekat utara mengalami kenaikan sebesar 1 detik dari 29 detik menjadi 30 detik, pendekat barat mengalami penurunan sebesar 2 detik dari 19 menjadi 17 detik, pendekat selatan mengalami penurunan sebesar 6 detik dari 37 menjadi 31 detik, dan pendekat timur mengalami penurunan sebesar 1 detik menjadi 18 detik.

Penyesuaian waktu siklus mempengaruhi nilai kapasitas serta derajat kejenuhan pada setiap lengan pendekat Simpang APILL MM UGM. Berikut adalah perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk setiap lengan pendekat pada alternatif I.

1. Lengan Utara

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

$$C = 2344 \times \frac{30}{120}$$

$$C = 586 \text{ smp/jam}$$

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

$$D_J = \frac{765}{586}$$

$$D_J = 1{,}31$$

2. Lengan Barat

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

$$C = 2850 \times \frac{17}{120}$$

$$C = 404 \text{ smp/jam}$$

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

$$D_J = \frac{518}{404}$$

$$D_J = 1{,}28$$

3. Lengan Selatan

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

$$C = 2417 \times \frac{31}{120}$$

$C = 625$ smp/jam

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

$D_J = \frac{920}{625}$

$D_J = 1{,}47$

4. Lengan Timur

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

$C = 5586 \times \frac{18}{120}$

$C = 838$ smp/jam

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

$D_J = \frac{541}{838}$

$D_J = 0{,}65$

Rekapitulasi hasil analisis kapasitas (C) dan juga derajat kejenuhan (D_J) pada Simpang APILL MM UGM dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J)

Lengan Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (D_J)	Kesimpulan
Jl. Teknika (Barat)	404	1,28	Terjadi Kemacetan
Jl. Persatuan (Selatan)	625	1,47	Terjadi Kemacetan
Jl. Agro (Timur)	838	0,65	Tidak Terjadi Kemacetan
Jl. Kaliurang (Utara)	586	1,31	Terjadi Kemacetan

Berdasarkan Tabel 5.21, nilai kapasitas pada Jalan Kaliurang (utara) sebesar 586 smp/jam, Jalan Teknika (barat) sebesar 404 smp/jam, Jalan Persatuan (selatan) sebesar 625 smp/jam, Jalan Agro (timur) sebesar 838 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Kaliurang (utara) sebesar 1,31, Jalan Teknika (barat) sebesar 1,28, Jalan Persatuan (selatan) sebesar 1,47, Jalan Agro (timur) sebesar 0,65.

Setelah dilakukannya penyesuaian waktu siklus, selanjutnya memodelkan kinerja Simpang APILL MM UGM dengan menerapkan alternatif I menggunakan *software* VISSIM. Adapun hasilnya sebagai berikut.

1. Panjang antrean

   Panjang antrean di tiap pendekat Simpang APILL MM UGM pada alternatif I dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Panjang Antrean Alternatif I

Nama Lengan	Panjang Antrean (m)
Jl. Teknika (barat)	61
Jl. Persatuan (selatan)	162
Jl. Agro (timur)	91
Jl. Kaliurang (utara)	133

Berdasarkan Tabel 5.22, panjang antrean untuk Jl. Kaliurang (utara) sebesar 133 m, untuk Jl. Teknika (barat) sebesar 61 m, untuk Jl. Persatuan (selatan) sebesar 162 m, untuk Jl. Agro (timur) sebesar 91 m.

2. Tundaan

   Tundaan di tiap pendekat Simpang APILL MM UGM pada alternatif I dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23 Tundaan Alternatif I

Nama Lengan	Tundaan VISSIM (det/kend)	Tundaan Simpang PTV VISSIM (det/kend)
Jl. Teknika (Barat)	109,601	91,478
Jl. Persatuan (Selatan)	130,878	
Jl. Agro (Timur)	40,622	
Jl. Kaliurang (Utara)	81,538	

Berdasarkan Tabel 5.23, tundaan untuk Jl. Kaliurang (utara) sebesar 81,538 det/kend, untuk Jl. Teknika (barat) sebesar 109,601 det/ kend, untuk Jl. Persatuan (selatan) sebesar 130,878 det/ kend, untuk Jl. Agro (timur) sebesar

40,622 det/ kend, untuk tundaan Simpang APILL MM UGM sebesar 91,478 det/ kend..

3. Tingkat pelayanan

   Tingkat pelayanan di Simpang APILL MM UGM pada alternatif I dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif I

Nama Lengan	Volume	Tundaan VISSIM (det/kend)	Tundaan rata-rata PTV VISSIM (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jl. Teknika (Barat)	1669	109,601	91,478	F
Jl. Persatuan (Selatan)	2270	130,878		
Jl. Agro (Timur)	1930	40,622		
Jl. Kaliurang (Utara)	2166	81,538		

Berdasarkan Tabel 5.24, didapatkan nilai tundaan simpang sebesar 91,478 detik/kendaraan sehingga tingkat pelayanannya adalah F.

Waktu siklus yang diterapkan dalam alternatif solusi ini berdasarkan pada waktu ideal menurut PKJI 2023 antara 80-130 detik, yaitu menggunakan penyesuaian waktu siklus dari 128 detik yang berkurang menjadi 120 detik dibandingkan kondisi eksisting. Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, hampir semua lengan pendekat menunjukkan kondisi jenuh karena nilai kejenuhannya lebih dari 0,85 kecuali lengan timur sebesar 0,65. Meskipun telah diterapkan alternatif solusi berupa penyesuaian waktu siklus, akan tetapi masih menunjukkan tingkat pelayanan F berdasarkan PM nomor 96 tahun 2015.

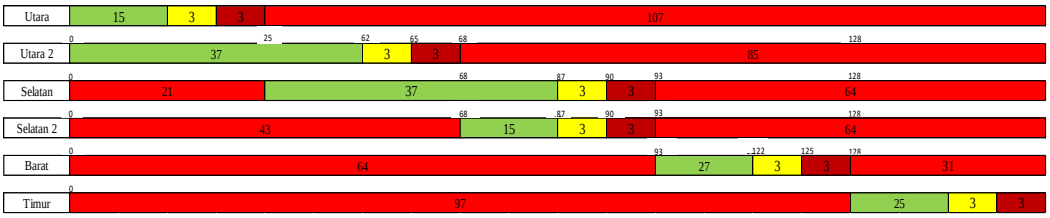
5.6.2 Alternatif solusi II

Alternatif solusi kedua pada penelitian ini adalah perubahan fase simpang dari 4 fase menjadi 5 fase. Pendekat dari arah utara dan selatan memiliki fase khusus untuk kendaraan yang berbelok ke kanan. Dalam alternatif ini, kendaraan dari kedua arah tersebut yang bergerak lurus atau berbelok ke kiri mendapatkan sinyal hijau pada waktu yang sama. Waktu siklus yang digunakan pada alternatif ini sama seperti waktu siklus pada kondisi eksisting yaitu 128 detik. Berdasarkan hasil *trial*

and error didapat waktu hijau paling optimal dengan mempertimbangkan nilai tundaan, panjang antrean, serta derajar kejenuhan. Hasil perubahan fase dan diagram waktu siklus alternatif solusi kedua dapat dilihat pada Tabel 5.25 dan Gambar 5.45.

Tabel 5.25 Waktu Siklus Alternatif Solusi II

Lengan	Waktu (detik)				Waktu siklus (dtk)	Urutan Fase
	Hijau	Kuning	Merah semua	Merah		
Jl. Kaliurang (Utara) (B_{KA}, B_{KI}, LRS)	15	3	3	107	128	1
Jl. Kaliurang (Utara 2) (B_{KI}, LRS)	37	3	3	85	128	2
Jl. Persatuan (Selatan) (B_{KI}, LRS)	37	3	3	85	128	2
Jl. Persatuan (Selatan 2) (B_{KA},B_{KI}, LRS)	15	3	3	107	128	3
Jl. Teknika (Barat)	27	3	3	95	128	4
Jl. Agro (Timur)	25	3	3	97	128	5



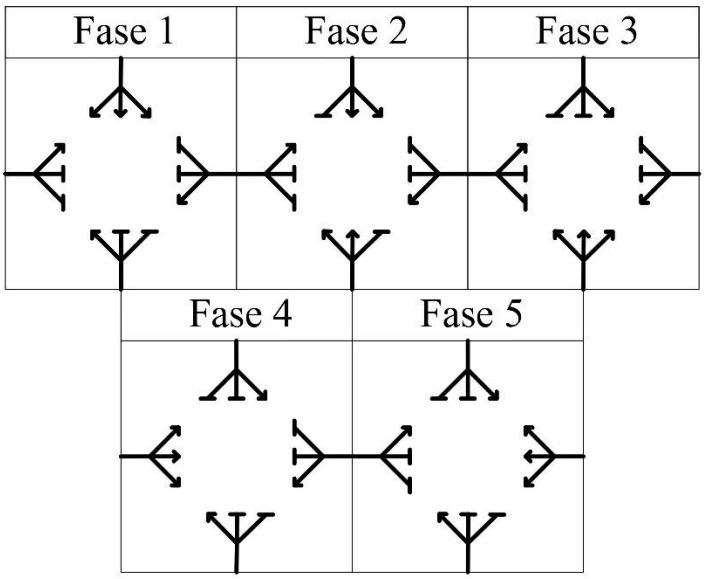
Gambar 5. 45 Diagram Waktu Siklus Simpang APILL MM UGM Alternatif II

Tabel 5.26 Waktu Siklus Kondisi Eksisting

Lengan	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Merah Semua (detik)	Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)	Urutan Fase
Jl. Teknika (Barat)	19	3	3	103	128	1
Jl. Persatuan (Selatan)	37	3	3	85	128	2
Jl. Agro (Timur)	19	3	3	103	128	3
Jl. Kaliurang (Utara)	29	3	3	93	128	4

Perbedaan alternatif 2 dengan kondisi eksisting yaitu pada jumlah fase dari 4 fase pada kondisi eksisting berubah menjadi 5 fase, pada alternatif 2 jumlah waktu siklus masih sama seperti kondisi eksisting yaitu 128 detik, akan tetapi terdapat perbedaan dalam waktu hijau antara kondisi eksisting dengan alternatif 2. Waktu hijau pada pendekat utara mengalami kenaikan sebesar 8 detik dari 29 detik menjadi 37 detik, pendekat barat mengalami kenaikan sebesar 8 detik dari 19 menjadi 27 detik, pendekat selatan tetap memakai 37 detik sama dengan kondisi eksisting, dan pendekat timur mengalami kenaikan sebesar 6 detik menjadi 25 detik.

Perubahan fase di Simpang APILL MM UGM untuk alternatif solusi II dapat dilihat pada Gambar 5.46.



Gambar 5. 46 Perubahan Fase Simpang APILL MM UGM

Berdasarkan Gambar 5.46, fase pertama yaitu APILL pada lengan utara waktu hijau untuk kendaraan yang belok kanan, lurus, dan belok kiri sedangkan lengan lainnya dalam waktu merah. Fase 2 yaitu APILL pada lengan utara dan lengan selatan waktu hijau untuk kendaraan yang lurus dan belok kiri sedangkan lengan lainnya waktu merah. Fase 3 yaitu APILL pada lengan selatan waktu hijau untuk kendaraan yang belok kanan, lurus, dan belok kiri sedangkan lengan lainnya waktu merah. Fase 4 yaitu APILL pada lengan barat waktu hijau sedangkan lengan

lainnya waktu merah. Fase 5 yaitu APILL pada lengan timur waktu hijau sedangkan lengan lainnya waktu merah. Seluruh lengan memiliki B_{KIJT} sehingga kendaraan yang belok kiri tidak terpengaruh APILL pada tiap fase.

Alternatif berupa perubahan fase simpang dari 4 fase menjadi 5 fase mempengaruhi nilai kapasitas serta derajat kejenuhan pada setiap lengan pendekat Simpang APILL MM UGM karena waktu hijau yang berubah. Berikut adalah perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk setiap lengan pendekat pada alternatif II.

1. Lengan Utara

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

$$C = 2344 \times \frac{37}{128}$$

$$C = 678 \text{ smp/jam}$$

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

$$D_J = \frac{765}{678}$$

$$D_J = 1{,}13$$

2. Lengan Barat

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

$$C = 2850 \times \frac{27}{128}$$

$$C = 601 \text{ smp/jam}$$

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

$$D_J = \frac{518}{601}$$

$$D_J = 0{,}85$$

3. Lengan Selatan

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

$$C = 2417 \times \frac{37}{128}$$

$$C = 699 \text{ smp/jam}$$

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

$D_J = \frac{920}{699}$

$D_J = 1{,}32$

4. Lengan Timur

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

$C = 5586 \times \frac{25}{128}$

$C = 1.091$ smp/jam

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

$D_J = \frac{541}{1091}$

$D_J = 0{,}50$

Rekapitulasi hasil analisis kapasitas (C) dan juga derajat kejenuhan (D_J) pada Simpang APILL MM UGM dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J)

Lengan Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (D_J)	Kesimpulan
Jl. Teknika (Barat)	601	0,85	Tidak Terjadi Kemacetan
Jl. Persatuan (Selatan)	699	1,32	Terjadi Kemacetan
Jl. Agro (Timur)	1.091	0,50	Tidak Terjadi Kemacetan
Jl. Kaliurang (Utara)	678	1,13	Terjadi Kemacetan

Berdasarkan Tabel 5.27, nilai kapasitas pada Jalan Kaliurang (utara) sebesar 678 smp/jam, Jalan Teknika (barat) sebesar 601 smp/jam, Jalan Persatuan (selatan) sebesar 699 smp/jam, Jalan Agro (timur) sebesar 1.091 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Kaliurang (utara) sebesar 1,13, Jalan Teknika (barat) sebesar 0,85, Jalan Persatuan (selatan) sebesar 1,32, Jalan Agro (timur) sebesar 0,50.

Setelah dilakukannya perubahan fase, selanjutnya memodelkan kinerja Simpang APILL MM UGM dengan menerapkan alternatif II menggunakan *software* VISSIM. Adapun hasilnya sebagai berikut.

1. Panjang antrean

   Panjang antrean di tiap pendekat Simpang APILL MM UGM pada alternatif II dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28 Panjang Antrean Alternatif II

Nama Lengan	Panjang Antrean (m)
Jl. Teknika (barat)	59
Jl. Persatuan (selatan)	163
Jl. Agro (timur)	58
Jl. Kaliurang (utara)	185

   Berdasarkan Tabel 5.25, panjang antrean untuk Jl. Kaliurang (utara) sebesar 185 m, untuk Jl. Teknika (barat) sebesar 59 m, untuk Jl. Persatuan (selatan) sebesar 163 m, untuk Jl. Agro (timur) sebesar 58 m.

2. Tundaan

   Tundaan di tiap pendekat Simpang APILL MM UGM pada alternatif II dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29 Tundaan Alternatif II

Nama Lengan	Tundaan VISSIM (det/kend)	Tundaan Simpang PTV VISSIM (det/kend)
Jl. Teknika (Barat)	37,989	118,143
Jl. Persatuan (Selatan)	212,231	
Jl. Agro (Timur)	37,762	
Jl. Kaliurang (utara)	210,569	

   Berdasarkan Tabel 5.29, tundaan untuk Jl. Kaliurang (utara) sebesar 210,569 det/kend, untuk Jl. Teknika (barat) sebesar 37,989 det/ kend, untuk Jl. Persatuan (selatan) sebesar 212,231 det/ kend, untuk Jl. Agro (timur) sebesar 37,762 det/ kend, untuk tundaan Simpang APILL MM UGM sebesar 118,143 det/ kend.

3. Tingkat pelayanan

   Tingkat pelayanan di Simpang APILL MM UGM pada alternatif II dapat dilihat pada Tabel 5.30.

Tabel 5.30 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif II

Nama Lengan	Volume	Tundaan VISSIM (det/kend)	Tundaan rata-rata PTV VISSIM (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jl. Teknika (Barat)	1737	37,989	118,143	F
Jl. Persatuan (Selatan)	1554	212,231		
Jl. Agro (Timur)	1937	37,762		
Jl. Kaliurang (utara)	1609	210,569		

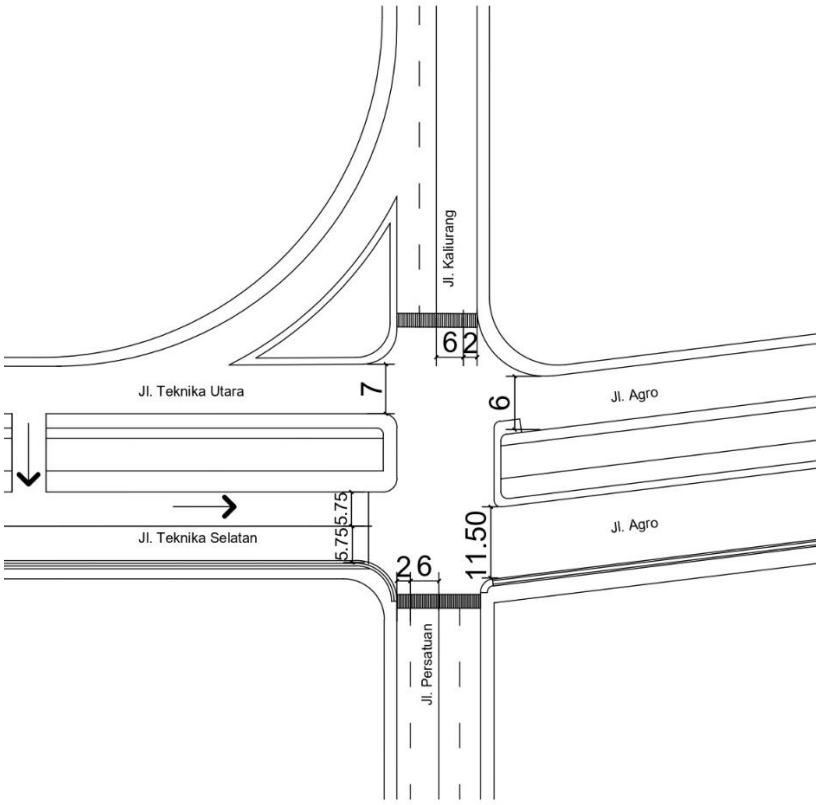
Berdasarkan Tabel 5.30, didapatkan nilai tundaan simpang sebesar 118,143 detik/kendaraan sehingga tingkat pelayanannya adalah F.

Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, meski mengalami penurunan pada semua lengan, akan tetapi hampir semua lengan pendekat menunjukkan kondisi jenuh karena nilai kejenuhannya lebih dari 0,85 kecuali lengan timur sebesar 0,50 dan lengan barat sebesar 0,85. Meskipun telah diterapkan alternatif solusi berupa perubahan fase simpang menjadi 5 fase dengan waktu siklus eksisting, akan tetapi masih menunjukkan tingkat pelayanan F berdasarkan PM nomor 96 tahun 2015.

5.6.3 Alternatif Solusi III

Alternatif solusi ketiga pada penelitian ini adalah menerapkan *contraflow* pada lengan barat Simpang APILL MM UGM dengan menggunakan waktu siklus penyesuaian. *Contraflow* merupakan teknik pengaturan lalu lintas yang memungkinkan kendaraan menggunakan jalur berlawanan arah guna meningkatkan kapasitas jalan saat terjadi kepadatan lalu lintas. *Contraflow* diterapkan untuk mengurangi nilai derajat kejenuhan, panjang antrean, serta tundaan pada lengan barat dengan cara menambah mengurangi lebar Jalan Teknika Selatan menjadi 5,75 agar dapat dilewati oleh kendaraan yang akan menuju Jalan Persatuan (Selatan). Dengan memanfaatkan satu lajur dari arah berlawanan, *contraflow* dapat

menambah kapasitas jalan dan mengurangi antrean kendaraan. Ilustrasi skema *contraflow* yang diterapkan dapat dilihat pada Gambar 5.47.

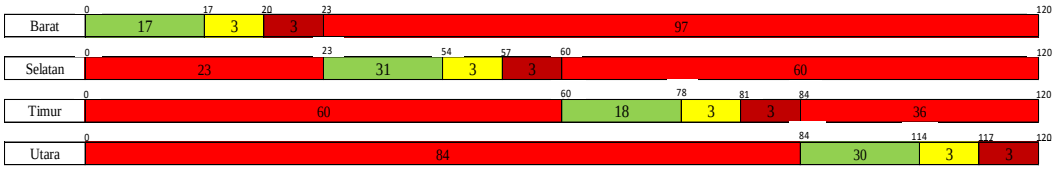


Gambar 5. 47 Ilustrasi Penerapan *Contraflow* Pada Lengan Barat

Penerapan *contraflow* dilakukan dengan cara mengurangi lebar ruas Jalan Teknika Selatan menjadi 5,75 m agar dapat digunakan sebagai jalur arus kendaraan Jalan Teknika Utara yang akan menuju Jalan Persatuan. Waktu siklus yang digunakan merupakan waktu siklus yang sama dengan alternatif 1 yaitu waktu siklus penyesuaian dari 128 detik menjadi sebesar 120 detik berdasarkan waktu ideal menurut PKJI 2023 untuk 4 fase yang selanjutnya disimulasikan menggunakan *software* VISSIM dengan waktu kuning dan merah semua mengikuti kondisi eksisting yaitu masing masing 3 detik. Hasil penyesuaian waktu siklus dan diagram waktu siklus alternatif solusi ketiga dapat dilihat pada Tabel 5.31 dan Gambar 5.48.

Tabel 5.31 Waktu Siklus Alternatif Solusi III

Lengan	Waktu (detik)				Waktu siklus (dtk)	Urutan Fase
	Hijau	Kuning	Merah semua	Merah		
Jl. Teknika (Barat)	17	3	3	96	120	1
Jl. Persatuan (Selatan)	31	3	3	83	120	2
Jl. Agro (Timur)	18	3	3	97	120	3
Jl. Kaliurang (Utara)	30	3	3	84	120	4



Gambar 5. 48 Diagram Waktu Siklus Simpang APILL MM UGM Alternatif III

Penyesuaian waktu siklus dan penerapan *contraflow* mempengaruhi nilai kapasitas serta derajat kejenuhan pada setiap lengan pendekat Simpang APILL MM UGM. Berikut adalah perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk setiap lengan pendekat pada alternatif III.

1. Lengan Utara

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

$$C = 2344 \times \frac{30}{120}$$

$$C = 586 \text{ smp/jam}$$

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

$$D_J = \frac{765}{586}$$

$$D_J = 1{,}31$$

2. Lengan Barat

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

$$C = 2850 \times \frac{17}{120}$$

$C = 404$ smp/jam

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

$D_J = \frac{518}{404}$

$D_J = 1{,}28$

3. Lengan Selatan

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

$C = 2417 \times \frac{31}{120}$

$C = 625$ smp/jam

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

$D_J = \frac{920}{625}$

$D_J = 1{,}47$

4. Lengan Timur

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

$C = 5586 \times \frac{18}{120}$

$C = 838$ smp/jam

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

$D_J = \frac{541}{838}$

$D_J = 0{,}65$

Rekapitulasi hasil analisis kapasitas (C) dan juga derajat kejenuhan (D_J) pada Simpang APILL MM UGM dapat dilihat pada Tabel 5.32.

Tabel 5.32 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J)

Lengan Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (D_J)	Kesimpulan
Jl. Teknika (Barat)	404	1,28	Terjadi Kemacetan
Jl. Persatuan (Selatan)	625	1,47	Terjadi Kemacetan
Jl. Agro (Timur)	838	0,65	Tidak Terjadi Kemacetan
Jl. Kaliurang (Utara)	586	1,31	Jl. Kaliurang (Utara)

Berdasarkan Tabel 5.32, nilai kapasitas pada Jalan Kaliurang (utara) sebesar 586 smp/jam, Jalan Teknika (barat) sebesar 404 smp/jam, Jalan Persatuan (selatan) sebesar 625 smp/jam, Jalan Agro (timur) sebesar 838. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Kaliurang (utara) sebesar 1,31, Jalan Teknika (barat) sebesar 1,28, Jalan Persatuan (selatan) sebesar 1,47, Jalan Agro (timur) sebesar 0,65.

Setelah dilakukannya penyesuaian waktu siklus, selanjutnya memodelkan kinerja Simpang APILL MM UGM dengan menerapkan alternatif III menggunakan *software* VISSIM. Adapun hasilnya sebagai berikut.

1. Panjang antrean

   Panjang antrean di tiap pendekat Simpang APILL MM UGM pada alternatif III dapat dilihat pada Tabel 5.33.

Tabel 5.33 Panjang Antrean Alternatif III

Nama Lengan	Panjang Antrean (m)
Jl. Kaliurang (utara)	138
Jl. Teknika (barat)	87
Jl. Persatuan (selatan)	161
Jl. Agro (timur)	63

   Berdasarkan Tabel 5.33, panjang antrean untuk Jl. Kaliurang (utara) sebesar 138 m, untuk Jl. Teknika (barat) sebesar 87 m, untuk Jl. Persatuan (selatan) sebesar 161 m, untuk Jl. Agro (timur) sebesar 63 m.

2. Tundaan

   Tundaan di tiap pendekat Simpang APILL MM UGM pada alternatif III dapat dilihat pada Tabel 5.34.

Tabel 5.34 Tundaan Alternatif III

Nama Lengan	Tundaan VISSIM (det/kend)	Tundaan Simpang PTV VISSIM (det/kend)
Jl. Teknika (Barat)	29,176	87,016
Jl. Persatuan (Selatan)	129,709	
Jl. Agro (Timur)	91,799	
Jl. Kaliurang (Utara)	82,819	

Berdasarkan Tabel 5.34, tundaan untuk Jl. Kaliurang (utara) sebesar 82,819 det/kend, untuk Jl. Teknika (barat) sebesar 29,176 det/ kend, untuk Jl. Persatuan (selatan) sebesar 129,709 det/ kend, untuk Jl. Agro (timur) sebesar 91,799 det/ kend, untuk tundaan Simpang APILL MM UGM sebesar 87,016 det/ kend.

3. Tingkat pelayanan

   Tingkat pelayanan di Simpang APILL MM UGM pada alternatif III dapat dilihat pada Tabel 5.35.

Tabel 5.35 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif III

Nama Lengan	Volume	Tundaan VISSIM (det/kend)	Tundaan rata-rata PTV VISSIM (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jl. Teknika (Barat)	1699	29,176	87,016	F
Jl. Persatuan (Selatan)	2304	129,709		
Jl. Agro (Timur)	1874	91,799		
Jl. Kaliurang (Utara)	2158	82,819		

Berdasarkan Tabel 5.35, didapatkan nilai tundaan simpang sebesar 87,016 detik/kendaraan sehingga tingkat pelayanannya adalah F.

Waktu siklus yang diterapkan dalam alternatif solusi ini berdasarkan pada PKJI 2023, menggunakan waktu siklus penyesuaian yang berkurang dari 128 detik menjadi 120 detik dan penerapan *contraflow* pada lengan barat Simpang APILL MM UGM. Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, meski mengalami penurunan pada beberapa lengan, akan tetapi hampir semua lengan pendekat menunjukkan kondisi jenuh karena nilai kejenuhannya lebih dari 0,85 kecuali lengan timur sebesar 0,65. Meskipun telah diterapkan alternatif solusi berupa penyesuaian waktu siklus dan penerapan *contraflow* pada lengan timur Simpang APILL MM UGM, akan tetapi masih menunjukkan tingkat pelayanan F berdasarkan PM nomor 96 tahun 2015.

5.7 Pembahasan

5.7.1 Kondisi Eksisting

Berdasarkan analisis kinerja Simpang APILL MM UGM pada kondisi eksisting berdasarkan PKJI 2023 diperoleh Derajat Kejenuhan (D_J) untuk Jalan Kaliurang (Utara) sebesar 1,44, untuk Jalan Teknika (Barat) sebesar 1,22, untuk Jalan Persatuan (Selatan) sebesar 1,31, dan Jalan Agro (Timur) sebesar 0,65. Panjang antrean di Simpang APILL MM UGM pada kondisi eksisting yaitu untuk Jalan Kaliurang (Utara) sebesar 170 m, untuk Jalan Teknika (Barat) sebesar 105 m, untuk Jalan Persatuan (Selatan) sebesar 130 m, dan Jalan Agro (Timur) sebesar 80 m. Nilai tundaan simpang pada kondisi eksisting di Simpang APILL MM UGM sebesar 195,35 det/smp dengan tingkat pelayanan (*Level of Service*) F. Kondisi eksisting perlu dievaluasi dengan mempertimbangkan berbagai aspek yang memengaruhi sistem yang ada, sehingga dapat diidentifikasi secara tepat area atau faktor tertentu yang memerlukan perbaikan, penyempurnaan, atau peningkatan. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan efisiensi lalu lintas serta memastikan kelancaran pergerakan kendaraan.

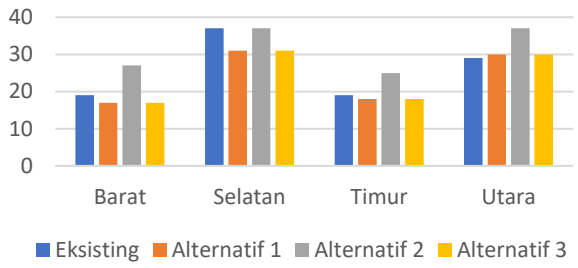
5.7.2 Kondisi Alternatif

Beberapa pilihan alternatif telah menunjukkan hasil yang berbeda. Untuk menentukan solusi yang paling efektif, diperlukan perbandingan antara setiap alternatif yang tersedia dengan kondisi eksisting saat ini. Dengan melakukan perbandingan ini, keunggulan dan kelemahan dari masing-masing opsi dapat di identifikasi sehingga dapat dipilih solusi yang paling optimal untuk diterapkan. Perbandingan penyesuaian waktu hijau tiap pendekat dapat dilihat pada Tabel 5.36 berikut.

Tabel 5.36 Perbandingan Penyesuaian Waktu Hijau

Pendekat	Waktu Hijau (detik)			
	Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3
Jl. Teknika (Barat)	19	17	27	17
Jl. Persatuan (Selatan)	37	31	37	31
Jl. Agro (Timur)	19	18	25	18
Jl. Kaliurang (Utara)	29	30	37	30

Perbandingan waktu hijau pada setiap pendekat dapat dilihat di histogram pada Gambar 5.49.



Gambar 5. 49 Perbandingan Waktu Hijau

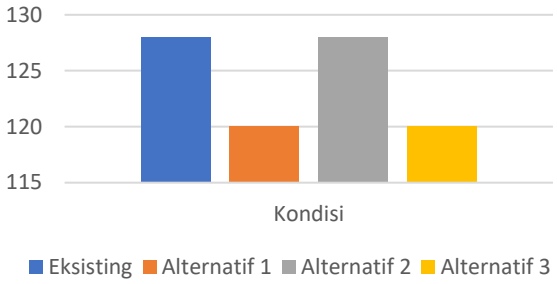
Berdasarkan Tabel 5.36 dan Gambar 5.49, waktu hijau tertinggi kondisi eksisting terdapat pada Jalan Persatuan (Selatan) sebesar 37 detik, alternatif I pada Jalan Persatuan (Selatan) sebesar 31 detik, alternatif 2 pada Jalan Persatuan (Selatan) dan Jalan Kaliurang (Utara) sebesar 37 detik, dan alternatif 3 pada Jalan Persatuan (Selatan) sebesar 31 detik.

Perbandingan waktu siklus kondisi eksisting dan alternatif dapat dilihat pada Tabel 5.37.

Tabel 5.37 Perbandingan Penyesuaian Waktu Siklus

Waktu Siklus (detik)			
Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
128	120	128	120

Perbandingan waktu siklus tiap pendekat pada kondisi eksisting dan alternatif solusi secara lebih jelas dapat dilihat pada Gamber 5.50 berikut.



Gambar 5. 50 Perbandingan Waktu Siklus

Berdasarkan Tabel 5.37 dan Gambar 5.50, waktu siklus pada kondisi eksisting sebesar 128 detik, alternatif solusi 1 sebesar 120 detik, alternatif solusi 2 sebesar 128 detik, alternatif solusi 3 sebesar 120 detik.

Dalam perbandingan hasil analisis dan pemodelan, kinerja simpang pada kondisi eksisting yang digunakan merupakan hasil pemodelan VISSIM. Hal ini dikarenakan validasi terhadap pemodelan tersebut telah menunjukkan bahwa hasilnya dapat merepresentasikan kondisi nyata di lapangan. Berikut ini adalah perbandingan antara hasil analisis dan pemodelan untuk kondisi eksisting serta beberapa alternatif solusi.

1. Derajat Kejenuhan

   Hasil analisis di Simpang APILL MM UGM pada kondisi eksisting dibandingkan dengan alternatif solusi menunjukkan adanya perbedaan. Salah satu perbedaannya adalah nilai derajat kejenuhan (D_J). Perbedaan ini disebabkan oleh variasi dalam waktu siklus dan durasi lampu hijau, yang berdampak pada perubahan nilai kapasitas di setiap pendekat. Perubahan kapasitas tersebut secara langsung mempengaruhi nilai derajat kejenuhan. Perbandingan derajat kejenuhan untuk setiap lengan pada kondisi eksisting dan alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.38.

Tabel 5.38 Perbandingan Derajat Kejenuhan

Lengan	Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3
Jl. Teknika (Barat)	1,22	1,28	0,85	1,28
Jl. Persatuan (Selatan)	1,31	1,47	1,32	1,47
Jl. Agro (Timur)	0,65	0,65	0,50	0,65
Jl. Kaliurang (Utara)	1,44	1,31	1,13	1,31

Berdasarkan Tabel 5.38, pada lengan barat, hanya alternatif solusi II yang mengalami penurunan sekaligus memenuhi batas nilai derajat kejenuhan berdasarkan PKJI 2023. Pada lengan selatan, seluruh alternatif solusi mengalami kenaikan nilai derajat kejenuhan. Pada lengan timur, hanya alternatif solusi II yang mengalami penurunan nilai derajat kejenuhan, pada lengan utara, seluruh alternatif mengalami penurunan nilai derajat kejenuhan, terutama pada alternatif solusi II yang mengalami penurunan derajat kejenuhan yang lebih baik dibanding alternatif lain. Berdasarkan hasil di atas, alternatif terbaik berdasarkan derajat kejenuhan adalah alternatif solusi II. Ini disebabkan oleh nilai derajat kejenuhannya lebih rendah dibanding dengan lengan lainnya. Selain itu, alternatif ini juga menunjukkan penurunan persentase hampir pada semua pendekat jika dibandingkan dengan alternatif solusi lainnya.

2. Panjang Antrean

   Dalam parameter panjang antrean terdapat perbedaan pada kondisi eksisting dengan alternatif solusi. Adapun perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39 Perbandingan Panjang Antrean

Lengan	Panjang Antrean (m)			
	Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3
Jl. Teknika (Barat)	105	61	59	87
Jl. Persatuan (Selatan)	130	162	163	161
Jl. Agro (Timur)	80	91	58	63
Jl. Kaliurang (Utara)	170	133	185	138

Persentase perbedaan antara kondisi eksisting dan setiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.40.

Tabel 5.40 Perbandingan Panjang Antrean

	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3
Jl. Teknika (Barat)	42%	43%	17%
Jl. Persatuan (Selatan)	-25%	-26%	-24%
Jl. Agro (Timur)	-14%	27%	20%
Jl. Kaliurang (Utara)	21%	-9%	18%

Berdasarkan Tabel 5.40, terlihat bahwa panjang antrean untuk setiap lengan mengalami perubahan, baik kenaikan maupun penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting. Pada alternatif solusi 1, lengan barat mengalami penurunan signifikan sebesar 42% dari kondisi eksisting, lengan selatan mengalami kenaikan sebesar 25% dari kondisi eksisting, lengan timur mengalami kenaikan panjang antrean sebesar 14% dari kondisi eksisting, dan lengan utara mengalami penurunan sebesar 21% dari kondisi eksisting. Untuk alternatif solusi 2, lengan barat mengalami penurunan yang signifikan sebesar 43% dari kondisi eksisting, lengan selatan naik sebesar 26% dari kondisi eksisting, lengan timur mengalami penurunan sebesar 27% dari kondisi eksisting, dan lengan utara mengalami kenaikan panjang antrean sebesar 9% dari kondisi eksisting. Sementara itu, pada alternatif solusi 3, lengan barat mengalami penurunan sebesar 17% dari kondisi eksisting, lengan selatan naik sebesar 24% dari kondisi eksisting, dan lengan timur turun sebesar 20% dari kondisi eksisting, dan lengan utara mengalami penurunan sebesar 18% dari kondisi eksisting.

Dari hasil tersebut, terlihat nilai waktu siklus dan waktu hijau mempengaruhi perubahan panjang antrean. Semakin rendah waktu siklus, semakin berkurang panjang antrean yang terjadi. Ini disebabkan karena waktu tunggu hijau semakin singkat, sehingga kendaraan bisa segera melewati simpang. Dengan demikian, alternatif solusi terbaik berdasarkan panjang antrean adalah alternatif

solusi 3, karena pada alternatif ini hanya lengan selatan yang mengalami kenaikan, sedangkan lengan lain mengalami penurunan.

3. Tundaan

   Terdapat perbedaan nilai tundaan pada kondisi eksisting dan kondisi alternatif solusi di Simpang APILL MM UGM. Perbandingan nilai tundaan Simpang APILL MM UGM dapat dilihat pada Tabel 5.41.

Tabel 5.41 Perbandingan Nilai Tundaan Simpang

Tundaan Simpang			
Eksisting	**Alternatif 1**	**Alternatif 2**	**Alternatif 3**
195,35	91,478	118,143	87,016

Persentasi perbandingan nilai tundaan simpang antara kondisi eksisting dan alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.42.

Tabel 5.42 Persentase Perbandingan Nilai Tundaan Simpang

Tundaan Simpang		
Alternatif 1	**Alternatif 2**	**Alternatif 3**
53%	40%	55%

Berdasarkan Tabel 5.42, terlihat bahwa nilai tundaan simpang pada setiap alternatif solusi menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting. Alternatif 1 mengalami penurunan sebesar 53%, alternatif solusi 2 mengalami penurunan sebesar 40%, dan alternatif 3 mengalami penurunan sebesar 55%. Alternatif solusi 3 merupakan alternatif dengan nilai tundaan simpang terendah, yaitu 87,016 detik/kendaraan. Penurunan ini disebabkan oleh penerapan alternatif solusi berupa *contraflow* pada lengan barat dengan penyesuaian waktu siklus menjadi 120 detik sesuai dengan waktu ideal berdasarkan PKJI 2023, yang mengakibatkan waktu siklus menjadi lebih singkat. Selain itu, waktu tundaan yang lebih rendah juga dipengaruhi oleh panjang antrean. Panjang antrean yang lebih pendek berakibat pada berkurangnya waktu tundaan simpang.

4. Tingkat Pelayanan

   Tingkat pelayanan Simpang APILL MM UGM pada kondisi eksisting berdasarkan PM nomor 96 tahun 2015 adalah F. Walaupun alternatif solusi yang diterapkan mampu mengurangi nilai tundaan secara signifikan, namun tidak terjadi perubahan pada Tingkat Pelayanan di Simpang APILL MM UGM. Perbandingan Tingkat pelayanan Simpang APILL MM UGM dapat dilihat pada Tabel 5.43.

Tabel 5.43 Perbandingan Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan			
Eksisting	**Alternatif 1**	**Alternatif 2**	**Alternatif 3**
F	F	F	F

Berdasarkan Tabel 5.43, Tingkat Pelayanan untuk alternatif solusi 1 adalah F, untuk alternatif solusi 2 adalah F, dan alternatif solusi 3 adalah F. Meskipun semua alternatif memiliki Tingkat Pelayanan yang sama, alternatif solusi 3 dianggap sebagai yang terbaik karena memiliki nilai tundaan yang lebih rendah dibandingkan dengan alternatif lainnya.

Berdasarkan alternatif yang telah dilakukan, alternatif solusi 3 merupakan pilihan yang menunjukkan perbaikan paling optimal dalam kinerja pelayanan simpang. Hal ini terlihat dari penurunan panjang antrean pada beberapa lengan, dan tundaan simpang yang paling baik dibandingkan dengan alternatif lainnya. Alternatif yang digunakan adalah penerapan *contraflow* pada lengan barat dengan menggunakan waktu siklus penyesuaian dari 128 detik menjadi 120 detik sesuai dengan waktu ideal menurut PKJI 2023 untuk 4 fase.

Berdasarkan hasil penelitian Prima dkk. (2023) tentang Analisis Kinerja Simpang APILL Menggunakan PTV VISSIM (Studi Kasus Simpang Gunung Sabeulah Kota Tasikmalaya), menggunakan alternatif solusi berupa merancang ulang waktu siklus dan waktu hilang (*inter green*), sehingga siklus yang awalnya 77 detik diperpendek menjadi 62 detik. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa arus lalu lintas maksimum di Simpang Gunung Sabeulah Kota Tasikmalaya pada

kondisi eksisting dan menggunakan sistem 2 fase adalah 1489 kendaraan/jam pada pendekat Utara (Jalan Mitra Batik), 1328 kendaraan/jam pada pendekat Selatan (Jalan Gunung Sabeulah), 705 kendaraan/jam pada pendekat Barat (Jalan Bantar), dan 1007 kendaraan/jam pada pendekat Timur (Jalan Galunggung). Analisis kinerja Simpang Gunung Sabeulah dalam kondisi eksisting menggunakan pemodelan software PTV VISSIM, menunjukkan panjang antrian rata-rata (QLen) sebesar 18,78 meter dan tundaan rata-rata sebesar 30,82 detik/kendaraan, menghasilkan Tingkat Pelayanan (*Level of Service*) C. Setelah dilakukan analisis kinerja Simpang Gunung Sabeulah, diterapkan alternatif solusi berupa perancangan ulang waktu siklus dan waktu hilang (*inter green*). Hasil dari alternatif solusi tersebut dapat menurunkan nilai panjang antrian rata-rata (*QLen*) menjadi 15,68 meter, dan tundaan rata-rata simpang menjadi 23,30 detik/kendaraan, dengan Tingkat Pelayanan (*Level of Service*) C.

Berdasarkan hasil penelitian Pradana dkk. (2017) tentang Studi Efektivitas *Contraflow* dan Pengaruhnya Terhadap Kinerja Simpang (Studi Kasus Jalan Kawasan Industri Krakatau Kota Cilegon). Penerapan sistem *contraflow* di Simpang Damkar Kota Cilegon setiap jam puncak sore di Jalan Asia Raya menunjukkan efektivitas yang cukup baik, meskipun masih memerlukan evaluasi lebih lanjut. Perbandingan kinerja simpang antara kondisi eksisting dan saat penerapan *contraflow* menunjukkan derajat kejenuhan 0,97, melebihi ketentuan MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) yaitu < 0,85. Meskipun tundaan rata-rata pada kondisi *contraflow* (68,88 detik/smp) lebih rendah dibandingkan kondisi eksisting (71,59 detik/smp), tundaan rata-rata pada masing-masing pendekat yaitu pendekat utara 74,35 detik/smp, pendekat barat 89,30 detik/smp, dan pendekat timur 65,39 detik/smp. Secara keseluruhan, tingkat pelayanan (*Level of Service*) pada simpang tersebut masih berada pada kategori F.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis berdasarkan PKJI 2023 serta pemodelan menggunakan *software* VISSIM diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan analisis kinerja Simpang APILL MM UGM pada kondisi eksisting dengan menggunakan PKJI 2023 diperoleh Derajat Kejenuhan (D_J) untuk Jalan Kaliurang (Utara) sebesar 1,44, untuk Jalan Teknika (Barat) sebesar 1,22, untuk Jalan Persatuan (Selatan) sebesar 1,31, dan Jalan Agro (Timur) sebesar 0,65. Panjang antrean di Simpang APILL MM UGM pada kondisi eksisting yaitu untuk Jalan Kaliurang (Utara) sebesar 170 m, untuk Jalan Teknika (Barat) sebesar 105 m, untuk Jalan Persatuan (Selatan) sebesar 130 m, dan Jalan Agro (Timur) sebesar 80 m. Nilai tundaan simpang pada kondisi eksisting di Simpang APILL MM UGM sebesar 195,35 det/smp dengan tingkat pelayanan F.
2. Setelah dilakukannya pemodelan menggunakan *software* VISSIM, diperoleh hasil bahwa alternatif solusi 3 adalah alternatif yang paling baik untuk memperbaiki kinerja Simpang APILL MM UGM. Alternatif solusi ini berupa penyesuaian waktu siklus dari 128 detik menjadi 120 detik sesuai dengan waktu siklus ideal menurut PKJI 2023 untuk 4 fase dan penerapan *contraflow* pada Lengan Barat. Penerapan *contraflow* pada Lengan Barat dilakukan dengan pertimbangan bahwa volume dari Lengan Barat yang tinggi namun memiliki kapasitas yang kecil dan memungkinkan untuk diterapkan *contraflow* pada ruas Jalan Teknika Selatan dengan syarat penertiban kendaraan yang parker di sekitar ruas jalan yang akan diterapkan *contraflow*.Hasil dari penerapan alternatif ini adalah nilai derajat kejenuhan (D_J) untuk Jalan Kaliurang (Utara) sebesar 1,31, untuk Jalan Teknika (Barat) sebesar 1,28, untuk Jalan Persatuan (Selatan) sebesar 1,47, dan Jalan Agro (Timur) sebesar 0,65. Panjang antrean di Simpang APILL MM UGM dengan menerapkan alternatif solusi 3 adalah untuk Jalan Kaliurang (Utara) menjadi 138 m, untuk Jalan Teknika (Barat) menjadi

87 m, untuk Jalan Persatuan (Selatan) menjadi 161 m, dan Jalan Agro (Timur) menjadi 63 m. Nilai tundaan simpang di Simpang APILL MM UGM dari 195,35 det/smp turun menjadi 87,016 det/smp dengan tingkat pelayanan F.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, berikut adalah beberapa saran yang dapat dijadikan bahan evaluasi maupun referensi untuk penelitian selanjutnya.

1. Untuk meningkatkan kinerja Simpang APILL MM UGM, kedepannya dapat memprioritaskan penggunaan angkutan massal dengan cara membatasi penggunaan kendaraan bermotor dan memperbanyak layanan angkutan massal guna meningkatkan kinerja simpang sehingga lalu lintas dapat berjalan lebih baik.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mempertimbangkan alternatif lain seperti penambahan pada aspek geometri simpang.
3. Untuk instansi terkait seperti Dinas Perhubungan dapat melakukan penertiban kepada kegiatan-kegiatan di sekitar simpang yang dapat menjadi hambatan samping agar dapat meningkatkan kapasitas simpang.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurrahim, A., & Sukarno, S. (2019). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Gomong Mataram Ber-Dasarkan Pada Mkji Dan Kaji 1997. *Jurnal Teknik Sipil*, *14*(4), 219–225. https://doi.org/10.24002/jts.v14i4.2003

Andika. (2022). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Untuk Meningkatkan Keselamatan Dengan Pengaturan Ulang Waktu Siklus Apill Di Simpang Empat Maya Kota Tegal. *Jurnal Universal Technic*, *1*(2), 84–95. https://doi.org/10.58192/unitech.v1i2.413

Andraiko, H., & Dwiyanto, P. (2023). Analisis tundaan dan panjang antrian di perlintasan Sebidang jalan untung suropati dan jalan kamboja Kota bandar lampung. *Jurnal Teknik Sipil*, *12*(1), 1–8.

Andriyanto, A., Imananto, E. I., & Ma'ruf, A. (2020). Evaluasi Kinerja Simpang Pada Persimpangan Bersinyal Jl. Asembagus – Jl. Seruni Kabupaten Situbondo. *Student Journal Gelagar*, *2*(1 SE-Articles), 9–17. https://ejournal.itn.ac.id/index.php/gelagar/article/view/2621

Andryani, F., Hamduwibawa, R. B., & Gunasti, A. (2022). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Dan Solusi Alternatif Menggunakan Vissim Pada Simpang Tiga Pakem, Kabupaten Jember. *Jurnal Smart Teknologi*, *4*(1), 126–138. http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST

Ariesta, M. A., Waloejo, B. S., & Agustin, I. W. (2020). Evaluasi Kinerja Persimpangan Bersinyal JL. Jend. Ahmad Yani Kota Bekasi. *Planning for Urban Region and Environment*, *9*(2), 139–146.

Arsham, H. (2023). Systems Simulation. *Systems Simulation: The Shortest Route to Applications*, *October*, 168–178. https://doi.org/10.1201/9781003432920-15. *Johns Hopkins University.*

Badan Pusat Statistik Daerah Istimewa Yogyakarta (2023). Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Kendaraan di D.I. Yogyakarta (unit), 2021–2023. Badan Pusat Statistik Daerah Istimewa Yogyakarta.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman. (2024). *Kabupaten Sleman Dalam Angka 2023*. *01*, 1–7. Kabupaten Sleman. Sleman.

Bintang, M. K. (2021). Kinerja Ruas Jalan Bhayangkara, Jalan Pajeksan, Jalan Ahmad Yani, Dan Jalan Kh. Ahmad Dahlan Setelah Penerapan Sistem Satu Arah Di Kawasan Malioboro Kota Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.

Dewi, K., Krisdiyanto, A., Yasak, I., & Rafferti.K, A. (2023). Analisis Pengaruh Penyempitan Jalan Dan Parkir Badan Jalan Terhadap Karakteristik Arus Lalu Lintas. *Jurnal Cahaya Mandalika ISSN 2721-4796 (Online)*, *4*(1), 71–89.

Dharmawan, A. T. (2023). *Monumen Jogja Kembali (Performance Evaluation Of Signalizedintersection At Monjali)*. Universitas Islam Indonesia.

F.V. Webster, & Cobbe, B. M. (1966). *Traffic signal. London: Her Majesty's Stationery Office Publisher*

Gustavsson, F. 2007. *New Transportation Research Progress. New York: Nova Science Publishers*.

Hutahaean, Y. G., & Susilo, B. H. (2021). *Evaluasi Simpang Bersinyal Taman Sari - Cikapayang Kota Bandung.Jurnal Teknik Sipil, 17(1), 01-87.*

Indrian, A. S., Sebayang, N., & Erfan, M. (2022). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode Pkji 2014 Dan Software Vissim 11 Pada Simpang W.R.Supratman Kota Malang. *Student Journal Gelagar*, *4*(2), 236–246.

Made Kariyana, I., Doddy Heka Ardana, P., & Sumarda, G. (2019). Analisis Arus Jenuh di Simpang Bersinyal dengan Metode Time Slice dan MKJI 1997 (Studi Kasus Simpang Sudirman-Yos Sudarso) Saturation Flow Analysis at Signalized Intersections with The Time Slice and IHCM 1997 Methods. *Universitas Mercu Buana Jakarta Tanjung Benoa-Bali*, *29*(December). https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19974.93761

Meldinizcha. (2014). *Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Mm Kaliurang Sebagai Dasar Perancangan Simpang Untuk Mewujudkan Lingkungan Kampus Educopolis* (Vol. 58, Issue 12). Universitas Gadjah Mada.

Nadia, S., Rokhmawati, A., & Rahmawati, A. (2022). Studi Evaluasi Kinerja Simpang Empat Bersinyal Kebonagung Kota Pasuruan Dengan Menggunakan Metode Pkji 2014 Dan Software Vissim. *Jurnal Rekayasa Sipil*, *12*(1), 13–22.

Novita, R., Yani, I., & Ali, G. (2022). Sistem Prediksi untuk Penentuan Jumlah Pemesanan Obat Menggunakan Regresi Linier. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, *2*(1), 62–70. https://doi.org/10.57152/malcom.v2i1.198

Nugroho, U., & Dwiatmaja, 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), 1–21.

Pradana, M. F., Bethary, R. T., & Maulana, D. (2017). Studi Efektivitas Contra Flow Dan Pengaruhnya Terhadap Kinerja Simpang (Studi Kasus Jalan Kawasan Industri Krakatau Kota Cilegon). *Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa |*, *6*(1), 33–43.

Prasetyo, H. E., Setiawan, A., & Pradana, A. (2022). Kinerja Simpang Empat Tak Bersinyal Berdasarkan Derajat Kejenuhan Pada Jalan Raya Mabes Hankam – Jalan Raya Setu, Jakarta Timur. *Konstruksia*, *13*(2), 135. https://doi.org/10.24853/jk.13.2.135-145

Prayitno, E. A., Abidin, Z., & Huda, M. (2019). Analisis Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jl. Raya Nginden - Jl. Raya Panjang Jiwo Menggunakan PKJI 2014. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, *2*(1), 23–28. https://doi.org/10.25139/jprs.v2i1.1491

Prima, G. R., Herlina, N., & Zainil Arif, I. (2023). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Ptv Vissim (Studi Kasus Simpang Gunung Sabeulah Kota Tasikmalaya). *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, *4*(1), 382–396. https://doi.org/10.51988/jtsc.v4i1.106

Primadona, P. J., Ikhsan, T. N., & Prasetyo, D. (2019). *Aplikasi Permodelan Lalu Lintas Ptv Vissim 9.0*. UII Press Yogyakarta.

Purnama, B. A., Jannah, A. N., & Prayogo, P. A. (2023). Evaluasi dan peningkatan kinerja simpang bersinyal Denggung Sleman. *Proceeding Civil Engineering Research Forum*, *2*(2), 357–368.

R Arridha, F., Fauzia, & Robby. (2022). Evaluasi Kinerja Suatu Simpang Bersinyal Di Kota Bandung, *Transportasi, 22(5), 249-254.*.

Rahmayuda, H., Jannah, A. N., & Prayitno, A. (2024). Jurnal Teknik Sipil Analisis Kinerja Dan Pemodelan Simpang Untuk Meningkatkan Kinerja Simpang Bersinyal Jokteng Wetan Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*, *13*(1), 2024–2086.

Republik Indonesia, Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas.

Sandhyavitri, A., Maulana, A., Ikhsan, M., Putra, A. I., Husaini, R. R., & Restuhadi, F. (2021). Simulation modelling of traffic flows in the central business district using PTV vissim in Pekanbaru, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, *2049*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/2049/1/012096

Wisesa, S. P., Prayogi, A. S., & Fahrudin, T. M. (2018). Pemodelan Dan Evaluasi Trend Forecasting Pada Kondisi Korban Kecelakaan Lalu Lintas. *Jurnal Sistem Cerdas*, *01*(02), 56–66.

Zulfahmi, F. (2019). *Evaluasi Kinerja Apill (Studi Kasus : Simpang Empat Jl. Sultan Agung – Jl. Senopati, Jl. Brigadir Jenderal Katamso – Jl. Mayor Suryotomo, Yogyakarta)*. 5–13.

LAMPIRAN

Lampiran 1
Data Survei Simpang

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Utara
Surveyor : Bintang Habib
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 3
Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~
Waktu/Cuaca : Senin/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	06:00-06:15	80	4				196	67	2		2	71	10	1	2	1
2	06:15-06:30	94	19				477	109			1	128	26	3		
3	06:30-06:45	197	41			1	547	118	2	1	4	242	43	1		1
4	06:45-07:00	345	59			1	585	90		1	2	313	50	2	1	
5	07:00-07:15	411	70			2	499	118	1		2	352	50	2		
6	07:15-07:30	384	84				531	106	1	1	1	366	50	1		2
7	07:30-07:45	300	78		1	2	462	96	3		4	259	60	1		2
8	07:45-08:00	275	75			1	460	73	2	1	3	195	62	1	1	
9	08.00-08.15	243	53		1	1	437	69			4	184	56	2		
10	08:15-08:30	92	25				283	46	1		2	47	8			
11	08:30-08:45	110	19				270	59	3	1	1	41	16			
12	08:45-09:00	156	19				329	79	2	1		66	19			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang	: Barat	Jumlah Lajur	: 2	Belok Kiri	: Langsung/~~Tidak Langsung~~
Surveyor	: Vito	Lebar Lajur	: 3,5	Waktu/Cuaca	: Senin/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	06:00-06:15	81	23	2		2	127	15			1	22	3			
2	06:15-06:30	56	16	2		1	185	12			1	26	3			1
3	06:30-06:45	116	13	1		1	322	29		1	3	43	5			1
4	06:45-07:00	146	24	2			465	45	1		1	49	8			
5	07:00-07:15	128	28	3		1	563	44			1	36	16			
6	07:15-07:30	110	34	2	1		488	50		1	3	52	21	1		1
7	07:30-07:45	123	29	4			386	59	1		1	59	19			1
8	07:45-08:00	117	31	3			313	55		1	1	41	17			
9	08.00-08.15	106	35	2	2	2	346	62				62	20			
10	08:15-08:30	97	32	2			298	48	1		1	59	18		1	
11	08:30-08:45	126	30	2		1	302	53				41	19			1
12	08:45-09:00	113	31	3			319	42	1			55	15			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang	: Selatan	Jumlah Lajur	: 2	Belok Kiri	: Langsung/~~Tidak Langsung~~
Surveyor	: Ishom	Lebar Lajur	: 6	Waktu/Cuaca	: Senin/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	06:00-06:15	35	9				94	29	1		1	19	4			
2	06:15-06:30	44	9				126	31	2			24	6		2	
3	06:30-06:45	93	21				223	42	1	1		37	5			
4	06:45-07:00	151	33				323	63	1		1	75	9			
5	07:00-07:15	230	40				303	74		1	2	96	13			
6	07:15-07:30	257	46				329	76	2			110	14		1	
7	07:30-07:45	177	31				382	64	1		1	93	15			
8	07:45-08:00	140	28		1		415	59	1		2	56	12			
9	08.00-08.15	126	32				259	45				54	6			
10	08:15-08:30	92	25			1	283	46	1		2	47	8			
11	08:30-08:45	110	19				270	59	3	1	1	41	16			
12	08:45-09:00	156	19				329	79	2	1		66	19			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Timur
Surveyor : Fadel
Deni
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 5,75
Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~
Waktu/Cuaca : Senin/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	06:00-06:15	59	8			2	117	12			1	35	7			1
2	06:15-06:30	105	4		1	4	161	23			2	50	15			
3	06:30-06:45	108	11				243	50			3	72	15		1	
4	06:45-07:00	187	17			3	295	45	1		2	92	33			
5	07:00-07:15	174	18		1	2	346	46			3	101	27			
6	07:15-07:30	168	29	1		3	251	32		3	2	107	25			
7	07:30-07:45	134	15			1	266	40	1	1	1	102	28			
8	07:45-08:00	133	21			1	248	50	1	1	1	98	38		1	1
9	08.00-08.15	83	19				229	46	1			109	29		1	
10	08:15-08:30	73	22				144	36		2	2	87	15			1
11	08:30-08:45	120	18			1	155	26		1	2	68	18			
12	08:45-09:00	113	16			3	315	61	1	1	1	158	37		4	

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Utara
Surveyor : Bintang Habib
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 6
Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~
Waktu/Cuaca : Senin/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	11.00-11.15	169	54		3		206	58	1	2	1	112	43	6		
2	11.15-11.30	141	33		2		230	80				115	31	2		1
3	11.30-11.45	194	35			2	257	57	3			129	50			
4	11.45-12.00	170	46				263	51		1		114	46			
5	12.00-12.15	158	44				195	59		2		106	53			
6	12,15-12.30	178	39		1	1	174	48	1		2	119	43			
7	12.30-12.45	191	50			2	211	46				127	41	1		
8	12.45-13.00	197	54				242	50		1		132	45			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Barat
Surveyor : Vito
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 3,5
Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~
Waktu/Cuaca : Senin/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	11.00-11.15	144	49	2			257	41				33	11			
2	11.15-11.30	164	30	5	2		263	37	2			35	13			
3	11.30-11.45	165	55	2		1	195	43			1	42	15			
4	11.45-12.00	177	44	1		2	174	34				49	19			
5	12.00-12.15	168	50	3	2		211	33				46	21		1	
6	12,15-12.30	160	49	2			242	36	1	1	1	44	16			
7	12.30-12.45	116	35	3	2		150	25			1	59	15			
8	12.45-13.00	170	47	2		1	161	17				63	18			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang	: Selatan	Jumlah Lajur	: 2	Belok Kiri	: Langsung/~~Tidak Langsung~~
Surveyor	: Ishom	Lebar Lajur	: 6	Waktu/Cuaca	: Senin/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	11.00-11.15	101	11				202	53		1		109	19			
2	11.15-11.30	129	29			1	203	52		1	2	85	26			
3	11.30-11.45	108	30				225	64				87	15			
4	11.45-12.00	128	25				196	61	2		1	96	20			
5	12.00-12.15	145	43		1	1	248	73			1	118	30			
6	12,15-12.30	96	26			1	193	53				98	26			
7	12.30-12.45	122	31				199	57		1	1	76	23			
8	12.45-13.00	103	22			1	214	62				79	20			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Timur
Surveyor : Fadel
Deni
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 5,75
Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~
Waktu/Cuaca : Senin/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	11.00-11.15	95	19			1	155	28				83	11		1	
2	11.15-11.30	106	29				143	22				79	25			
3	11.30-11.45	86	24		1		154	24	1			101	20	1		
4	11.45-12.00	109	23	1			203	24				105	26			
5	12.00-12.15	94	23				142	21				89	27			
6	12,15-12.30	90	26	1			149	26		1		76	24	2		
7	12.30-12.45	101	21				138	20				82	23			
8	12.45-13.00	81	20				148	22				91	18			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Utara
Surveyor : Bintang Habib
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 6
Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~
Waktu/Cuaca : Senin/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	15.00-15.15	213	39				272	72	2			137	47	3		
2	15.15-15.30	192	48		1	1	248	71		1	2	103	43	2		
3	15.30-15.45	214	45			2	353	64	2	3	1	125	44	4	3	
4	15.45-16.00	194	47		1	1	303	70	2	1	1	117	43	2		1
5	16.00-16.15	282	58			2	367	61			2	95	41	2	2	
6	16,15-16.30	328	72				332	82		1	4	95	32	3	2	
7	16.30-16.45	305	73				294	85				104	49			
8	16.45-17.00	332	67				312	88	2			128	42	1	1	
9	17.00-17.15	222	39			2	214	67				83	29			
10	17.15-17.30	189	41				182	44				97	35			1
11	17.30-17.45	159	30			1	137	59				102	36			
12	17.45-18.00	166	28				92	38				74	23			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Barat
Surveyor : Vito
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 3,5
Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~
Waktu/Cuaca : Senin/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	15.00-15.15	207	46	3	1		321	56	1	1	3	34	10			
2	15.15-15.30	227	60	2		1	297	51			3	35	13			
3	15.30-15.45	258	46	3	1	2	396	63	1	1	3	41	14		1	
4	15.45-16.00	227	61	2	1	2	404	57	1	2	1	50	19			
5	16.00-16.15	211	58	1			300	66			2	48	17		1	
6	16,15-16.30	237	52				268	53			2	46	11		1	1
7	16.30-16.45	254	66		1		325	51				62	15			
8	16.45-17.00	263	72	1		2	373	56				65	19			
9	17.00-17.15	197	41				231	38				39	13			
10	17.15-17.30	162	50	1			248	25				49	9			
11	17.30-17.45	137	39				167	33				41	11			
12	17.45-18.00	98	40				129	27				32	7			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang	: Selatan	Jumlah Lajur	: 2	Belok Kiri	: Langsung/~~Tidak Langsung~~
Surveyor	: Ishom	Lebar Lajur	: 6	Waktu/Cuaca	: Senin/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	15.00-15.15	135	11		1		368	96	1			168	28			
2	15.15-15.30	172	30				369	93	1			130	40			
3	15.30-15.45	144	31		1		409	115				134	23			
4	15.45-16.00	170	26				357	110	1			147	30			
5	16.00-16.15	193	45		1		451	131				181	45		1	
6	16,15-16.30	128	27				350	95		2		151	37			
7	16.30-16.45	163	32				362	102				117	34			
8	16.45-17.00	137	23		1		389	112	3			121	29		2	
9	17.00-17.15	152	31				342	95				122	25			
10	17.15-17.30	113	25		1		301	71				113	21			
11	17.30-17.45	102	16				279	88		2		124	13			
12	17.45-18.00	95	20				247	67				99	19			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Timur
Surveyor : Fadel
Deni
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 5,75
Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~
Waktu/Cuaca : Senin/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	15.00-15.15	172	38		1		343	62				127	10			
2	15.15-15.30	193	58				318	48	1			121	23			
3	15.30-15.45	156	47				343	52		1		154	19			
4	15.45-16.00	199	46		1		450	52	1	1		154	24			
5	16.00-16.15	171	46				316	46	1	1		115	25			
6	16,15-16.30	163	52				309	56				114	22			
7	16.30-16.45	183	42				286	43				109	21			
8	16.45-17.00	148	40		2		307	47	1			137	17			
9	17.00-17.15	129	31				315	35				102	12			
10	17.15-17.30	132	37		1		284	31				104	23			
11	17.30-17.45	113	38				258	20				103	17			
12	17.45-18.00	124	36				227	29				98	19			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Utara
Surveyor : Bintang
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 6
Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~
Waktu/Cuaca : Sabtu/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	06:00-06:15	80	4				196	67	2		2	71	10	1	2	1
2	06:15-06:30	94	19				477	109			1	128	26	3		
3	06:30-06:45	197	41			1	547	118	2	1	4	242	43	1		1
4	06:45-07:00	345	59			1	585	90		1	2	313	50	2	1	
5	07:00-07:15	411	70			2	499	118	1		2	352	50	2		
6	07:15-07:30	384	84				531	106	1	1	1	366	50	1		2
7	07:30-07:45	300	78		1	2	462	96	3		4	259	60	1		2
8	07:45-08:00	275	75			1	460	73	2	1	3	195	62	1	1	
9	08.00-08.15	243	53		1	1	437	69			4	184	56	2		
10	08:15-08:30	92	25				283	46	1		2	47	8			
11	08:30-08:45	110	19				270	59	3	1	1	41	16			
12	08:45-09:00	156	19				329	79	2	1		66	19			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Barat | Jumlah Lajur : 2 | Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~

Surveyor : Vito | Lebar Lajur : 3,5 | Waktu/Cuaca : Sabtu/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan													
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	06:00-06:15	52	5	2		1	64	10				23	3			
2	06:15-06:30	46	6	2		5	90	8		1		26	7	1	1	
3	06:30-06:45	63	10	2			107	12	1		8	38	4			
4	06:45-07:00	78	10	3		2	109	9	1	1	1	35	6			
5	07:00-07:15	102	25	4		1	120	12				25	7			2
6	07:15-07:30	57	11	1	1	1	132	12	2		2	34	7	1		
7	07:30-07:45	130	19	1			208	26			3	35	8			1
8	07:45-08:00	115	17	3	1		163	17		3	4	40	10			
9	08.00-08.15	75	11	2	1		187	21				45	15	1		
10	08:15-08:30	114	16	2			193	23	2			38	9			
11	08:30-08:45	128	23	2			172	19			1	42	11			3
12	08:45-09:00	120	19	2		1	159	20				36	13			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Selatan
Surveyor : Ishom Dadung
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 6
Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~
Waktu/Cuaca : Sabtu/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan													
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	06:00-06:15	112	53		2	1	47	10			7	19	1			1
2	06:15-06:30	188	29	1			38	9			3	31	5			
3	06:30-06:45	360	73	5	1	2	64	10				31	10			
4	06:45-07:00	345	60	2			95	22	1			76	18			
5	07:00-07:15	318	67	3			94	12	3			83	10	1		
6	07:15-07:30	250	62	2	3	3	86	31				59	10			
7	07:30-07:45	275	102	3	2	1	61	18				38	13			
8	07:45-08:00	263	96	3	2		78	27				69	12			1
9	08.00-08.15	276	80	2	1	1	85	21				86	10		1	1
10	08:15-08:30	284	82	1			91	25				93	11	1		
11	08:30-08:45	259	77	2	1	1	88	19	1			89	12			
12	08:45-09:00	268	91	1			79	23		1		74	14			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang	: Timur	Jumlah Lajur	: 2	Belok Kiri	: Langsung/~~Tidak Langsung~~
Surveyor	: Fadel	Lebar Lajur	: 5,75	Waktu/Cuaca	: Sabtu/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	06:00-06:15	55	10			6	67	9			4	25	7			
2	06:15-06:30	59	10			4	70	7		1	4	48	3	3		1
3	06:30-06:45	144	15			2	91	22				19	2			
4	06:45-07:00	175	19				148	18	1			33	11			3
5	07:00-07:15	119	22		2	1	165	18				46	9	2		
6	07:15-07:30	110	16			1	137	16			2	50	13	5		2
7	07:30-07:45	114	11	1		1	123	22				41	18		1	
8	07:45-08:00	122	14	1		3	125	16			3	51	19			1
9	08.00-08.15	116	14		1		152	21	1		1	68	17	2		
10	08:15-08:30	123	16				149	25	1			82	19			1
11	08:30-08:45	137	12				167	27		2		76	16	1		
12	08:45-09:00	116	15	1			152	19				71	20		1	

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang	: Utara	Jumlah Lajur	: 2	Belok Kiri	: Langsung/~~Tidak Langsung~~
Surveyor	: Bintang	Lebar Lajur	: 6	Waktu/Cuaca	: Sabtu/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	11.00-11.15	101	21				129	21	3			126	25			
2	11.15-11.30	92	15				156	38				112	23			
3	11.30-11.45	113	18			3	122	31	4			105	23			
4	11.45-12.00	107	22		1		120	37	2		2	139	21	2		
5	12.00-12.15	130	31				133	31	1			128	26			
6	12,15-12.30	116	25			2	123	25				112	29	1	1	
7	12.30-12.45	114	24				160	38	2	1		109	32			
8	12.45-13.00	107	17				149	34		2	1	118	30			1

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Barat Jumlah Lajur : 2 Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~

Surveyor : Vito Lebar Lajur : 3,5 Waktu/Cuaca : Sabtu/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	11.00-11.15	144	49	2			116	23				43	15			
2	11.15-11.30	164	30	5	2		132	31	2			36	21			
3	11.30-11.45	165	55	2		1	119	25			1	41	22			
4	11.45-12.00	177	44	1			125	29		1		50	19	2		
5	12.00-12.15	168	50	3	2		138	38	1			69	28			
6	12,15-12.30	160	49	2			124	27				68	22			
7	12.30-12.45	116	35	3	2		112	25	2	1		72	25			
8	12.45-13.00	170	47	2		1	132	34			2	44	18			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Selatan
Surveyor : Ishom Dadung
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 6
Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~
Waktu/Cuaca : Sabtu/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	11.00-11.15	82	21				178	45		1		86	27			
2	11.15-11.30	91	17				266	51	2	1		79	28		2	
3	11.30-11.45	93	25				264	58				82	24		1	
4	11.45-12.00	108	25		1		222	68				74	28			
5	12.00-12.15	105	24				242	81				110	22			
6	12,15-12.30	101	28		1		274	50	3		1	108	29			
7	12.30-12.45	96	23				243	45				105	26			
8	12.45-13.00	91	23				198	65	2			95	20			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Timur Jumlah Lajur : 2 Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~

Surveyor : Fadel Lebar Lajur : 5,75 Waktu/Cuaca : Sabtu/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	11.00-11.15	101	17				127	20			1	99	20			
2	11.15-11.30	91	12		2		106	21				86	23			
3	11.30-11.45	113	15				117	28		1		81	28			
4	11.45-12.00	107	16				115	29				87	21			
5	12.00-12.15	130	24			1	120	22				95	28			
6	12,15-12.30	131	20				105	12				105	17	1		
7	12.30-12.45	114	18			1	98	21				89	19			
8	12.45-13.00	107	15				128	25				91	18	1		

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Utara
Surveyor : Bintang
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 6
Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~
Waktu/Cuaca : Sabtu/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	15.00-15.15	136	22			1	320	69	3	1	1	101	55	3	2	1
2	15.15-15.30	164	40		1	2	308	72	3		1	83	51		1	
3	15.30-15.45	137	32		1		330	64	3	4	2	124	50	4	1	
4	15.45-16.00	128	39				337	66		1	3	95	46	3	2	
5	16.00-16.15	140	33			1	426	84	2	1		115	56	3	2	1
6	16,15-16.30	129	26	2		1	322	70	1		4	123	45	1		
7	16.30-16.45	168	39		1	1	333	87	1		1	110	51	3		
8	16.45-17.00	157	36		2	2	345	74	1		3	89	37	2	1	
9	17.00-17.15	152	35				306	71			1	95	42			
10	17.15-17.30	144	33			1	282	68				75	36			
11	17.30-17.45	132	27				269	65				66	36			
12	17.45-18.00	135	19				274	61				71	30			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang	: Barat	Jumlah Lajur	: 2	Belok Kiri	: Langsung/~~Tidak Langsung~~
Surveyor	: Vito	Lebar Lajur	: 3,5	Waktu/Cuaca	: Sabtu/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	15.00-15.15	122	23	2		1	157	38	1		16	41	14		1	1
2	15.15-15.30	139	30	3	1	1	225	55			10	34	10			
3	15.30-15.45	122	25	2	2	1	234	46	1		5	39	21			
4	15.45-16.00	119	28	2	1	1	228	51			3	47	18			1
5	16.00-16.15	143	37	1	1		226	43		1	4	58	17			
6	16,15-16.30	119	25	3	1	1	255	63	7	1	3	54	11			
7	16.30-16.45	118	22	2			243	56			1	59	23			
8	16.45-17.00	101	30	2		1	185	43				30	16			
9	17.00-17.15	142	20	4	1		197	37			2	25	15			
10	17.15-17.30	131	18				177	28				33	20			
11	17.30-17.45	127	21			2	164	32				29	17			
12	17.45-18.00	118	15				153	21				24	15			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang : Selatan
Surveyor : Ishom
Dadung
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 6
Belok Kiri : Langsung/~~Tidak Langsung~~
Waktu/Cuaca : Sabtu/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	15.00-15.15	80	23			1	237	60	1	1	4	90	45			
2	15.15-15.30	89	19		2		354	68	2	2	2	81	47			1
3	15.30-15.45	93	17			3	351	77	2	2		83	35			
4	15.45-16.00	109	28	1			296	90	1	2		77	26		2	
5	16.00-16.15	105	16				323	107	1			114	20			
6	16,15-16.30	100	17				365	66			1	113	31			1
7	16.30-16.45	96	25			1	322	60	1		3	107	41			
8	16.45-17.00	90	14				263	87	3	2	3	97	16			
9	17.00-17.15	87	16			2	265	70			2	75	21			2
10	17.15-17.30	83	17				260	63				82	19			
11	17.30-17.45	85	14		1		243	64			2	77	18			
12	17.45-18.00	79	13				211	59			1	65	16			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL MM UGM

Lengan Simpang	: Timur	Jumlah Lajur	: 2	Belok Kiri	: Langsung/~~Tidak Langsung~~
Surveyor	: Fadel	Lebar Lajur	: 5,75	Waktu/Cuaca	: Sabtu/ Cerah

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan														
		Belok Kiri					Lurus					Belok Kanan				
		SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB	SM	MP	KS		KTB
				BB	TB				BB	TB				BB	TB	
1	15.00-15.15	134	22			2	212	30	1	1		104	24			
2	15.15-15.30	121	15		1	3	193	31		1		90	27	1		2
3	15.30-15.45	150	19			2	211	43			1	96	21			
4	15.45-16.00	143	21				210	42		2	1	91	13			
5	16.00-16.15	173	31				218	32	1		2	100	21		1	
6	16,15-16.30	173	26		2	2	190	15			1	110	20		1	1
7	16.30-16.45	152	19		1		177	32	1	1	1	94	22			
8	16.45-17.00	142	17			1	231	37				96	21		2	
9	17.00-17.15	158	18		1	1	182	39	1		2	86	16			
10	17.15-17.30	162	21				179	36				81	18			
11	17.30-17.45	155	16				171	31				75	17			
12	17.45-18.00	149	19				165	28				70	15			

Keterangan:

SM: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang BB: Bus Besar TB: Truk Besar KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 2
Data Survei Panjang Antrean

Formulir Panjang Antrean

Sesi	Waktu	Lengan Utara	Lengan Barat	Lengan Selatan	Lengan Timur
		Panjang Antrean (m)	Panjang Antrean (m)	Panjang Antrean (m)	Panjang Antrean (m)
Sore	15:00-15:15	135	35	85	50
	15:15-15:30	145	35	90	60
	15:30-15:45	160	80	105	80
	15:45-16:00	145	70	115	75
	16:00-16:15	170	105	105	80
	16:15-16:30	165	100	130	80
	16:30-16:45	170	95	115	70
	16:45-17:00	135	100	110	65
	17:00-17:15	155	95	125	55
	17:15-17:30	130	60	110	45
	17:30-17:45	125	45	90	30
	17:45-18:00	95	50	75	35

Lampiran 3
Data Survei Kecepatan

Data Survei Kecepatan di Simpang APILL MM UGM

UTARA			
Waktu	Panjang Segmen	Waktu Tempuh	Kecepatan Perjalanan
Ket	m	s	km/jam
SORE	50	6,582	27,347
		6,986	25,766
		6,469	27,825
		6,527	27,578
		6,879	26,167
		6,274	28,690
		6,548	27,489
		6,713	26,814
		7,075	25,442
		6,941	25,933
		6,687	26,918
		6,917	26,023
		6,835	26,335
		6,469	27,825
		6,601	27,269
		6,692	26,898
		6,581	27,351
		6,511	27,646
		6,437	27,963
		6,531	27,561
		6,374	28,240
		6,628	27,158
		6,312	28,517
		6,441	27,946
		6,396	28,143
		6,696	26,882
		6,255	28,777
		6,294	28,599
		6,494	27,718
		6,382	28,204
		6,805	26,451

BARAT			
Waktu	Panjang Segmen	Waktu Tempuh	Kecepatan Perjalanan
Ket	m	s	km/jam
SORE	50	5,957	30,217
		6,075	29,630
		5,926	30,375
		5,801	31,029
		5,916	30,426
		5,725	31,441
		6,019	29,905
		5,757	31,266
		5,763	31,234
		5,874	30,644
		5,728	31,425
		6,327	28,450
		5,916	30,426
		6,857	26,251
		6,031	29,846
		5,922	30,395
		5,712	31,513
		5,841	30,817
		5,839	30,827
		5,716	31,491
		5,872	30,654
		5,807	30,997
		5,907	30,472
		6,041	29,796
		5,684	31,668
		5,936	30,323
		5,831	30,869
		5,952	30,242
		5,724	31,447
		5,923	30,390
		5,827	30,891

SELATAN			
Waktu	Panjang Segmen	Waktu Tempuh	Kecepatan Perjalanan
Ket	m	s	km/jam
SORE	50	6,829	26,358
		6,925	25,993
		6,531	27,561
		6,974	25,810
		6,902	26,079
		6,685	26,926
		6,579	27,360
		6,734	26,730
		6,425	28,016
		6,557	27,452
		6,351	28,343
		6,824	26,377
		6,397	28,137
		6,594	27,298
		6,229	28,897
		6,502	27,684
		6,625	27,169
		6,557	27,452
		6,351	28,343
		6,824	26,377
		6,397	28,137
		6,893	26,113
		6,423	28,024
		6,367	28,271
		6,483	27,766
		6,724	26,770
		6,483	27,766
		6,408	28,090
		6,169	29,178
		6,382	28,204
		6,277	28,676

TIMUR			
Waktu	Panjang Segmen	Waktu Tempuh	Kecepatan Perjalanan
Ket	m	s	km/jam
SORE	50	5.729	31.419
		5.675	31.718
		6.031	29.846
		5.874	30.644
		5.947	30.267
		6.085	29.581
		5.391	33.387
		6.127	29.378
		5.580	32.256
		5.650	31.860
		5.781	31.138
		6.127	29.378
		5.821	30.924
		6.719	26.790
		5.827	30.891
		6.104	29.489
		5.580	32.256
		5.650	31.860
		5.781	31.138
		6.207	29.000
		5.821	30.924
		5.964	30.181
		6.029	29.856
		6.391	28.165
		5.721	31.463
		5.492	32.777
		5.821	30.924
		5.530	32.552
		5.864	30.696
		5.799	31.040
		5.837	30.838

Lampiran 4

Data Survei *Driving Behaviour*

Data Survei *Driving Behavior*

Lokasi : Simpang APILL MM UGM		
Lengan : Utara		
Hari/Tanggal : Senin/ 23 September 2024		
No	Depan – Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	0.2	0.5
2	0.3	0.4
3	0.3	0.7
4	0.3	0.6
5	0.4	0.5
6	0.5	0.5
7	1.2	0.5
8	1	0.4
9	1.3	0.4
10	1.1	0.3
11	1.2	0.5
12	1.1	0.5
13	0.5	1
14	0.3	0.8
15	0.2	0.7
16	0.3	0.9
17	0.3	0.5
18	0.2	0.4
19	0.2	0.6
20	0.3	0.5

Lokasi : Simpang APILL MM UGM		
Lengan : Barat		
Hari/Tanggal : Senin/ 23 September 2024		
No	Depan – Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	0.3	0.3
2	0.2	0.2
3	0.4	0.3
4	0.2	0.3
5	0.4	0.4
6	0.2	0.5
7	0.3	0.4
8	0.4	0.6
9	1.5	0.5
10	1.3	0.4
11	1.6	1
12	1.5	1.5
13	12	1.3
14	1.3	1.3
15	2	1.4
16	1.3	1.2
17	1.4	1.2
18	1	1.3
19	1.2	1.4
20	0.3	0.5

Lokasi : Simpang APILL MM UGM		
Lengan : Selatan		
Hari/Tanggal : Senin/ 23 September 2024		
No	Depan – Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	0.3	0.3
2	0.4	0.3
3	0.3	0.4
4	0.5	0.5
5	0.5	0.3
6	0.8	0.4
7	1	0.5
8	1	0.4
9	1.3	0.5
10	1.4	1
11	1.5	1.3
12	1.5	1.2
13	1.6	1.2
14	1.5	1
15	1.3	1
16	1.4	0.5
17	0.3	0.5
18	0.4	0.6
19	0.5	0.7
20	0.4	0.6

Lokasi : Simpang APILL MM UGM		
Lengan : Timur		
Hari/Tanggal : Senin/ 23 September 2024		
No	Depan – Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	1	1.5
2	1.3	0.5
3	1.2	0.6
4	1.5	0.7
5	2	0.5
6	2.2	0.3
7	2.4	0.4
8	1.5	0.3
9	0.5	0.3
10	0.3	0.5
11	0.3	1
12	0.2	1.3
13	0.2	1.2
14	0.4	1.4
15	0.3	1.6
16	0.2	2
17	0.5	0.3
18	0.4	0.5
19	0.4	0.4
20	0.2	0.6

Lampiran 5
Dokumentasi Survei







