TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA SIMPANG APILL PINGIT YOGYAKARTA DENGAN PERMODELAN PTV VISSIM

(PERFORMANCE ANALYSIS OF PINGIT SIGNALIZED INTERSECTION YOGYAKARTA WITH PTV VISSIM MODELLING)

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

Alfadino Astono
20511220

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

TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA SIMPANG APILL PINGIT YOGYAKARTA DENGAN PERMODELAN PTV VISSIM

(PERFORMANCE ANALYSIS OF PINGIT SIGNALIZED INTERSECTION YOGYAKARTA WITH PTV VISSIM MODELLING)

Disusun Oleh

Alfadino Astono
20511220

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

Diuji pada tanggal 25 Juli 2025
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.	Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.	Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 205111303	NIK : 215111307	NIK : 955110103

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa 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, 16 Juli 2025

Yang bertanda tangan,



Alfadino Astono

(20511220)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) dengan judul "Analisis Kinerja Simpang APILL Pingit Yogyakarta Dengan Permodelan PTV Vissim" 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 terimakasih 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 pengerjaan Tugas Akhir berlangsung.
2. Bapak Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T., selaku dosen penguji tugas akhir penulis
3. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., 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 Catur Puji Astono, S.T., dan Ibu penulis Siti Mukaromah yang setiap saat selalu memberikan doa, dukungan, arahan dan semangat untuk menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Diazahra Astono dan Govylanza Astono, saudara kandung penulis yang selalu mendoakan dan mendukung penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Rafida Faiza Putri Rinaldi, S.Ak., selaku teman dekat yang memberikan dukungan serta doa untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Fadil, Bang Ken, Mbak Zahrok, Mas Bibit, Mas Wiji, Naufal, Donny, Axsyal, Putri Yasmin, teman-teman KKN, teman-teman SMA, Firmanda Yoga Pratama, S.T., Jodi Surya Ramadhan, S.T., dan semua sahabat penulis yang selalu membantu dan menemani penulis.
10. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2020 Universitas Islam Indonesia. Terimakasih telah saling mendukung dan 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 diri 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.

Yogyakarta, 08 Agustus 2025

Penulis,

Alfadino Astono

20511220

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	ix
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Analisis Kinerja Simpang Bersinyal	5
2.3 Penggunaan Vissim Di Dalam Evaluasi Simpang Bersinyal	6
2.4 Penelitian Terdahulu	7
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Persimpangan Jalan	11
3.2 Simpang Bersinyal	11
3.3 Arus Lalu Lintas	12
3.4 Arus Jenuh	15

3.4.1 Arus Jenuh Dasar 16
3.4.2 Faktor Koreksi Ukuran Kota 17
3.4.3 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping 17
3.4.4 Faktor Penyesuaian Kelandaian 20
3.4.5 Faktor Penyesuaian Parkir 20
3.4.6 Faktor Penyesuaian Belok Kanan 22
3.4.7 Faktor Penyesuaian Belok Kiri 22
3.5 Rasio Arus/Rasio Arus Jenuh 24
3.6 Penentuan Waktu Sinyal 25
3.6.1 Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (s) 25
3.6.2 Waktu Hijau 26
3.6.3 Waktu Siklus yang disesuaikan 27
3.7 Kapasitas 27
3.8 Derajat Kejenuhan 27
3.9 Perilaku Lalu Lintas 28
3.9.1 Panjang Antrean 28
3.9.2 Rasio Kendaraan Henti 30
3.9.3 Tundaan 31
3.10 Tingkat Pelayanan Simpang 32
3.11 Permodelan Lalu Lintas dengan *Software* PTV VISSIM 33
3.12 Validasi Data 34
3.12.1 Uji GEH 34
3.12.2 Uji MAPE 35
BAB IV METODE PENELITIAN 36
4.1 Lokasi Penelitian 36
4.2 Data Penelitian 36
4.3 Metode Pengambilan Data 37
4.3.1 Alat yang Digunakan 43
4.3.2 Waktu Pelaksanaan Survei 43
4.4 Analisis Data 44
4.5 Bagan Alir Penelitian 60

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN
5.1 Data Hasil Pengamatan 44
5.1.1 Data Volume Lalu Lintas 44
5.1.2 Data Waktu Siklus Simpang 47
5.1.3 Data Geometri Simpang 50
5.1.4 Data Kecepatan Kendaraan 51
5.1.5 Data *Driving Behavior* 52
5.1.6 Panjang Antrean 55
5.1.7 Hambatan Samping 55
5.2 Analisis Kinerja Simpang Pingit Berdasarkan PKJI 2023 58
5.2.1 Perhitungan Arus Jenuh 61
5.2.2 Perhitungan Kapasitas 66
5.2.3 Derajat Kejenuhan 67
5.2.4 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas 69
5.3 Alternatif Solusi dengan Pemodelan VISSIM 77
5.3.1 Pemodelan Simpang Pingit pada Kondisi *Exsisting* 77
5.3.2 Alternatif Solusi 1 83
5.3.3 Alternatif Solusi 2 90
5.3.4 Alternatif Solusi 3 97
5.3.5 Perbandingan Alternatif Solusi 120
5.4 Pembahasan 102
5.4.1 Kondisi Eksiting 102
5.4.2 Kondisi Alternatif 103
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 110
6.1 Kesimpulan 110
6.2 Saran 110
DAFTAR PUSTAKA 112

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Klasifikasi Kendaraan PKJI dan Tipikalnya 14
Tabel 3.2 Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) 15
Tabel 3.3 Faktor Koreksi Ukuran Kota 17
Tabel 3.4 Faktor Hambatan Samping 17
Tabel 3.5 Kriteria Kelas Hambatan Samping 18
Tabel 3.6 Waktu Siklus yang layak 26
Tabel 3.7 Tingkat Pelayanan pada Simpang Bersinyal 33
Tabel 3.8 Kesimpulan Hasil Rumus GEH 35
Tabel 3.9 Kesimpulan Uji MAPE 35
Tabel 4.1 Data Penelitian 37
Tabel 5.1 Volume Lalu Lintas Simpang Pingit 44
Tabel 5.2 Pembagian Waktu Sinyal Simpang Pingit 48
Tabel 5.3 Data Geometri Simpang Pingit 50
Tabel 5.4 Data Kecepatan Kendaraan 52
Tabel 5.5 Data *Driving Behavior* 52
Tabel 5.6 Panjang Antrean Jam Puncak 55
Tabel 5.7 Volume Lalu Lintas Jam Puncak 60
Tabel 5.8 Faktor Penyesuaian Kelandaian 63
Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh 66
Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas 67
Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan 68
Tabel 5.12 Rekapitulasi Pelayanan Simpang 76
Tabel 5.13 Perubahan Parameter *Driving Behavior* 78
Tabel 5.14 Hasil Uji GEH dalam Proses Kalibrasi 80
Tabel 5.15 Kesimpulan Hasil Uji GEH 81
Tabel 5.16 Hasil Uji MAPE dalam Proses Validasi Panjang Antrean 81
Tabel 5.17 Kesimpulan Hasil Uji MAPE Setelah Kalibrasi 82

Tabel 5.18 Hasil Uji MAPE Parameter Tundaan 82
Tabel 5.19 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 1 83
Tabel 5.20 Pewaktuan Sinyal Pada Kondisi *Existing* 84
Tabel 5.21 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (DJ) 87
Tabel 5.22 Panjang Antrean Alternatif I 88
Tabel 5.23 Tundaan Alternatif I 89
Tabel 5.24 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif I 89
Tabel 5.25 Waktu Siklus Alternatif Solusi II 90
Tabel 5.26 Waktu Siklus Kondisi *Existing* 91
Tabel 5.27 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (DJ) 94
Tabel 5.28 Panjang Antrea Alternatif II 95
Tabel 5.29 Tundaan Alternatif II 96
Tabel 5.30 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif II 96
Tabel 5.31 Waktu Siklus Alternatif III 98
Tabel 5.32 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (DJ) 100
Tabel 5.33 Panjang Antrea Alternatif III 100
Tabel 5.34 Tundaan Alternatif III 101
Tabel 5.35 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif III 102
Tabel 5.36 Perbandingan Penyesuaian Waktu Hijau 103
Tabel 5.37 Perbandingan Waktu Siklus 104
Tabel 5.38 Perbandingan Derajat Kejenuhan 105
Tabel 5.39 Perbandingan Panjang Antrean 106
Tabel 5.40 Persentase Perbandingan Panjang Antrean 107
Tabel 5.41 Perbandingan Nilai Tundaan Simpang 108
Tabel 5.42 Persentase Perbandingan Tundaan Simpang 108
Tabel 5.43 Perbandingan Tingkat Pelayanan 109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kondisi Padat Pada Simpang Pingit 3
Gambar 3.1 Konflik-Konflik Primer dan Sekunder pada Simpang Bersinyal Empat Lengan 8
Gambar 3.2 Penentuan Tipe Pendekat 13
Gambar 3.3 Lebar Pendekat dengan dan tanpa Pulau lalu Lintas 15
Gambar 3.4 Hambatan Samping Sangat Rendah pada Jalan Perkotaan 18
Gambar 3.5 Hambatan Samping Rendah pada Jalan Perkotaan 19
Gambar 3.6 Hambatan Samping Sedang pada Jalan Perkotaan 19
Gambar 3.7 Hambatan Samping Tinggi pada Jalan Perkotaan 19
Gambar 3.8 Hambatan Samping Sangat Tinggi pada Jalan Perkotaan 20
Gambar 3.9 Faktor Kelandaian (F_G) 20
Gambar 3.10 Faktor Koreksi Parkir 21
Gambar 3.11 Faktor Penyesuaian Belok Kanan 22
Gambar 3.12 Faktor Penyesuaian Belok Kiri 23
Gambar 3.13 Grafik Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian 25
Gambar 3.14 Grafik Jumlah Kendaraan Tersisa 29
Gambar 3.15 Grafik Jumlah Kendaraan Tersisa 30
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian Simpang Pingit Yogyakarta 36
Gambar 4.2 Lokasi Pengamatan Survei Volume Lalu Lintas 39
Gambar 4.3 Lokasi Survei Kecepatan Kendaraan 41
Gambar 4.4 Lokasi Survei *Driving Behavior* 42
Gambar 4.5 *Vehicle Behavior* 44
Gambar 4.6 *Units* 44
Gambar 4.7 Input *Background Image* 45
Gambar 4.8 Input *Background Image* 45
Gambar 4.9 Pengaturan Skala 46

Gambar 4.10 Pembuatan *Links* 47
Gambar 4.11 Pembuatan *Connectors* 47
Gambar 4.12 *Vehicle Input* Pada Ruas Jalan 48
Gambar 4.13 Input *Vehicle Composition* 48
Gambar 4.14 Input Kecepatan 49
Gambar 4.15 Input *Vehicle Route* 49
Gambar 4.16 Input *Signal Control* 50
Gambar 4.17 Input *Signal Group* 51
Gambar 4.18 Penyesuaian *Intergreen* 51
Gambar 4.19 Input Diagram Fase 51
Gambar 4.20 Input *Signal Head* 52
Gambar 4.21 Pemasangan *Reduced Speed Areas* 53
Gambar 4.22 Input Parameter *Following* 53
Gambar 4.23 Input Parameter *Lane Change* 54
Gambar 4.24 Input Parameter *Lateral* 54
Gambar 4.25 Input Parameter *Lateral* 54
Gambar 4.25 Input Parameter *Signal Control* 54
Gambar 4.26 Input *Data Collection Point* 55
Gambar 4.27 Input *Vehicle Travel Times* 55
Gambar 4.28 Input *Input Queue Counters* 56
Gambar 4.29 Penyesuaian *Data Collection Measurement* 56
Gambar 4.30 Penyesuaian *Delay Measurement* 57
Gambar 4.31 Pengaturan *Evaluation Configuration* 57
Gambar 4.32 *Result List* 58
Gambar 4.33 *Simulation Parameters* 58
Gambar 4.34 Hasil Simulasi *PTV VISSIM* 58
Gambar 4.35 Bagan Alir Penelitian 60
Gambar 5.1 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Pagi 46
Gambar 5.2 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Siang 46
Gambar 5.3 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Sore 47
Gambar 5.4 Diagram Waktu Siklus Simpang Pingit Kondisi *Existing* 48

Gambar 5.5 Pembagian Fase Simpang Pingit Kondisi *Exsisting* 49
Gambar 5.6 Geometri Simpang Pingit 51
Gambar 5.7 Hambatan Samping Jalan Magelang (Utara) 56
Gambar 5.8 Hambatan Samping Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) 56
Gambar 5.9 Hambatan Samping Jalan Pangeran Diponegoro (Selatan**)** 57
Gambar 5.10 Hambatan Samping Jalan Kyai Mojo (Barat) 58
Gambar 5.11 Distribusi Arus Lalu Lintas pada Jam Puncak 59
Gambar 5.12 Visual 3D Sebelum Kalibrasi 79
Gambar 5.13 Visual 3D Setelah Kalibrasi 79
Gambar 5.14 Visual 3D Simpang Pingit 79
Gambar 5.15 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi I 84
Gambar 5.16 Diagram Waktu Siklus Simpang APILL Pingit Yogyakarta Alternatif II 91
Gambar 5.17 Perubahan Fase Simpang APILL Pingit Yogyakarta 92
Gambar 5.18 Ilustrasi Penerapan Belok Kiri Jalan Terus (BKiJT) Pada Lengan Selatan 97
Gambar 5.19 Diagram Waktu Siklus Simpang APILL Pingit Yogyakarta Alternatif III 98
Gambar 5.20 Perbandingan Waktu Hijau 104
Gambar 5.21 Perbandingan Waktu Siklus 104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Survei Volume Simpang

Lampiran 2 Data Survei Panjang Antrean

Lampiran 3 Data Kecepatan Kendaraan

Lampiran 4 Data *Driving Behavior*

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

C = Kapasitas

C_0 = kapasitas dasar

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

GEH = Geoffery E. Harves (validasi dengan persamaan GEH)

J = Arus jenuh

J_0 = Arus jenuh dasar

Kend = Kendaraan

KS = Kendaraan Sedang

KTB = Kendaraan tak bermotor

L_{BKIJT} = Lebar belok kiri jalan terus

L_E = Lebar efektif

L = Lebar luas pendekat awal

L_K = Lebar keluar

L_M = Lebar masuk

LRS = Arus kendaraan lurus

m = Meter

MAPE = *Mean absolute percentage error*

MKJI = Manual Kapasitas Jalan Indonesia

MP = Mobil Penumpang

N_{KH} = Jumlah rata-rata kendaraan berhenti

N_q = Jumlah rata-rata antrean kendaraan

N_q = 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

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

q = Arus lalu lintas

R_{AS} = Rasio arus simpang APILL

R_{BKa} = Rasio kendaraan belok kanan

R_{BKi} = Rasio kendaraan belok kiri

R_F = Rasio fase

R_H = Rasio hijau

R_{KH} = Rasio kendaraan henti

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

s = Waktu siklus

S_{bs} = Waktu siklus sebelum penyesuaian

skr = Satuan kendaraan ringan

SM = Sepeda Motor

SMP = Satuan mobil penumpang

T = Tundaan

T_G = Tundaan geometri

T_{LL} = Tundaan lalu lintas

W_{HH} = waktu hijau hilang total

W_{Hi} = Waktu hijau pada fase i

WIB = Waktu Indonesia Barat

ABSTRAK

Simpang APILL Pingit yang terletak di Kota Yogyakarta merupakan salah satu simpang yang terletak di pusat Kota Yogyakarta. Simpang tersebut merupakan simpang yang mengalami peningkatan volume lalu lintas yang signifikan. Seiring meningkatnya volume lalu lintas di simpang tersebut, maka sering terjadi kemacetan. Simpang Pingit mempertemukan Jalan Magelang, Jalan Pangeran Diponegoro, Jalan Tentara Pelajar, dan Jalan Kyai Mojo. Kondisi simpang tersebut mengalami kemacetan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja Simpang Pingit pada kondisi *existing* dan alternatif solusi pada simpang tersebut. Analisis pada penelitian ini dilakukan berdasarkan PKJI 2023 serta *software* Vissim.

Pengumpulan data dilakukan melalui survei aktual meliputi data primer berupa volume kendaraan, waktu siklus, geometri simpang, kecepatan, *driving behavior*, panjang antrean, dan hambatan samping. Data sekunder meliputi denah lokasi dan jumlah penduduk. Alternatif berupa penyesuaian waktu siklus sesuai PKJI 2023, perubahan fase menjadi 5 fase, dan penerapan belok kiri jalan terus pada lengan selatan serta penyesuaian waktu siklus sesuai PKJI 2023. Evaluasi menggunakan PKJI 2023 dan pemodelan PTV Vissim.

Hasil penelitian kondisi *existing* menunjukkan, derajat kejenuhan sebesar 1,41 pada pendekat utara, 1,00 pada Timur, 1,10 pada Selatan, dan 1,01 pada Barat. Panjang antrean pada pendekat Utara 180 m, Timur 155 m, Selatan 175 m, dan Barat 115 m. Nilai tundaan simpang sebesar 264,05 det/smp dan tingkat pelayanan F. Solusi terbaik adalah penyesuaian waktu wiklus menjadi 130 detik sesuai PKJI 2023. Nilai derajat kejenuhan pada pendekat Utara 1,32, pada pendekat Timur sebesar 1,32, pada pendekat Selatan sebesar 1,32, dan pada pendekat Barat sebesar 1,32. Nilai panjang antrean pada pendekat Utara 240 m, Timur 220 m, Selatan 193 m, dan Barat 216 m. Nilai tundaan simpang di Simpang APILL Pingit Yogyakarta turun menjadi 252,64 det/smp dengan tingkat pelayanan F.

Kata Kunci: PKJI 2023, Simpang APILL, Vissim

ABSTRACT

The signalized Pingit Intersection, located in the center of Yogyakarta City, is one of the intersections experiencing a significant increase in traffic volume. The rising traffic has led to frequent congestion at this location, which connects four major roads: Jalan Magelang, Jalan Pangeran Diponegoro, Jalan Tentara Pelajar, and Jalan Kyai Mojo. This study aims to evaluate the current performance of the signalized Pingit Intersection and propose alternative solutions for improvement. The analysis was conducted based on the PKJI 2023 standards and the Vissim traffic simulation software.

Data collection was carried out through actual surveys, which included primary data such as traffic volume, signal cycle time, intersection geometry, vehicle speed, driving behavior, queue length, and side frictions. Secondary data comprised site maps and population figures. The proposed alternatives involved adjusting the signal cycle time according to PKJI 2023, modifying the signal phases into five phases, and implementing a continuous left-turn on the southern approach. Evaluation was conducted using PKJI 2023 and the PTV Vissim modeling simulation software.

The results under existing conditions showed saturation degrees of 1.41 on the North, 1.00 on the East, 1,10 on the South, and 1.01 on the West. Queue lengths were recorded at 180 m on the North, 155 m on the East, 175 m on the South, and 115 m on the West. The intersection delay was 264,05 sec/pcu with a level of service rated F. The best solution was found to be adjusting the cycle time to 130 seconds in accordance with PKJI 2023, resulting in saturation degrees of 1.32 on the North, 1.32 on the East, 1.32 on the South, and 1,32 on the West. Queue lengths were recorded at 240 m on the North, 220 m on the East, 193 m on the South, and 216 m on the West. The intersection delay dropped to 252,64 sec/pcu with a level of service rated F.

Keywords: *PKJI 2023, Signalized intersection, Vissim*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Yogyakarta merupakan salah satu kota di Indonesia dengan peningkatan penduduk yang cukup tinggi. Kota ini juga dikenal dengan sebutan kota pelajar dan kota wisata, hal ini menjadi daya tarik tersendiri bagi masyarakat dari berbagai kota di Indonesia yang memiliki tujuan untuk bekerja, berwisata, maupun menuntut ilmu. Dengan banyaknya para pendatang yang hendak menuntut ilmu, berwisata, maupun bekerja memberikan dampak yang cukup besar terhadap susunan kehidupan kota yang semakin padat penduduknya. Pertumbuhan pada berbagai aspek dan kenaikan jumlah penduduk ini menuntut adanya peningkatan kebutuhan akan transportasi khususnya transportasi darat. Hal ini dapat dilihat dari semakin meningkatnya jumlah pengguna kendaraan pribadi seperti mobil dan sepeda motor, oleh karena itu maka ketersediaan sarana dan prasarana lalu lintas juga harus selaras, serasi, dan seimbang guna mendukung pertumbuhan tersebut.

Jalan merupakan salah satu prasarana bagi kelancaran lalu lintas baik di perkotaan maupun pedesaan, dengan pesatnya pembangunan di Kota Yogyakarta maka semakin padat pula lalu lintasnya. Meningkatnya jumlah kendaraan di jalan raya dapat menimbulkan kemacetan lalu lintas yang dapat mempengaruhi tingkat pelayanan jalan. Kemacetan serta kesibukan lalu lintas itu sering terjadi pada ruas jalan maupun persimpangan jalan.

Menurut Hobbs (1995), Persimpangan jalan merupakan titik pertemuan transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekat, di mana arus kendaraan dari masing-masing arah saling bertemu dan kemudian menyebar meninggalkan area persimpangan. Keberadaan persimpangan ini dapat menimbulkan potensi konflik antar kendaraan, sehingga diperlukan pengaturan lalu lintas yang efektif. Salah satu infrastruktur yang digunakan untuk mengatur arus lalu lintas di persimpangan adalah Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Meskipun pada persimpangan

telah dilengkapi dengan APILL, peningkatan volume lalu lintas dari waktu ke waktu tetap berpotensi menyebabkan terjadinya kejenuhan dan kemacetan pada simpang tersebut.

Persimpangan menjadi salah satu tempat terjadinya titik konflik lalu lintas, sehingga kinerja simpang dapat menjadi faktor utama dalam menentukan penanganan paling tepat untuk mengoptimalkan fungsi simpang. Simpang Pingit merupakan simpang bersinyal empat pertemuan antara Jalan Magelang dengan Jalan Tentara Pelajar, dan Jalan Jenderal Sudirman dengan Jalan Pangeran Diponegoro, meskipun sudah dilengkapi dengan lampu APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas), simpang tersebut masih sering menjadi titik kemacetan pada jam-jam sibuk. Simpang Pingit merupakan salah satu akses jalan favorit pusat kota Yogyakarta yang banyak dilalui oleh masyarakat, sehingga dapat menyebabkan kemacetan. Hal ini sesuai dengan apa yang dipaparkan dalam berita bahwa kemacetan di simpang Pingit sering terjadi, terutama pada jam berangkat kerja maupun pulang kerja di sore hari (Putra, 2023).

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis kinerja simpang menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 yang merupakan *draft* pemutakhiran kapasitas jalan dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Bina Marga, 1997) dan permodelan lalu lintas menggunakan *Software* PTV Vissim, sehingga bisa didapatkan solusi untuk meningkatkan kinerja Simpang Pingit. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) 2022, didapatkan jumlah kendaraan sebesar 3.274.030. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (Bina Marga, 2023) merupakan pedoman yang digunakan untuk dasar perhitungan, sedangkan Vissim merupakan *software* yang digunakan untuk membantu permodelan 3D dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan. Dalam penelitian ini diharapkan Simpang Pingit dapat dievaluasi kinerjanya sehingga simpang tersebut dapat optimal dalam hal panjang antrean kendaraan, dan durasi lampu APILL. Berikut merupakan Gambar 1.1 kondisi padat pada Simpang Pingit.



Gambar 1.1 Kondisi Padat Pada Simpang Pingit

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja Simpang Pingit pada jam puncak?
2. Bagaimana solusi penanganan pada Simpang Pingit agar lebih optimal berdasarkan *software* Vissim?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengevaluasi kinerja Simpang Pingit pada jam puncak.
2. Mengusulkan solusi penanganan pada Simpang Pingit agar lebih optimal menggunakan *software* Vissim.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi pemerintah, dapat menjadi bahan masukan khususnya untuk Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta agar kinerja simpang Pingit dapat lebih optimal.

2. Bagi akademisi, menambah wawasan mengenai evaluasi simpang bersinyal dan menjadi referensi jika terdapat penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Penelitian

Adanya batasan masalah bertujuan agar penelitian yang dilakukan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan di Simpang Pingit Yogyakarta.
2. Analisis kinerja simpang mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) Tahun 2023.
3. Jenis kendaraan yang diamati adalah sepeda motor (SM), kendaraan ringan (MP) yaitu mobil dan microbus, kendaraan berat (KS) yaitu bus dan truk, (BB) yaitu bus besar, dan (TB) yaitu truk berat.
4. Permodelan simpang menggunakan *software* Vissim.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Penelitian terdahulu dapat digunakan sebagai referensi bagi penulis dalam menyusun penelitian ini, dan tinjauan pustaka bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan antara penelitian saat ini dan penelitian sebelumnya. Selain itu, tinjauan penelitian terdahulu dapat digunakan untuk membandingkan penelitian saat ini dengan penelitian sebelumnya, sehingga tidak ada kesamaan antara penelitian saat ini dan penelitian sebelumnya dengan metode dan lokasi yang sama.

2.2 Analisis Kinerja Simpang Bersinyal

Mamu, dkk. (2021) dalam penelitian Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jl. J. A. Katili – Jl. Tondano - Jl. Madura dengan metode PKJI, didapatkan hasil kinerja simpang dengan Tingkat pelayanan C dengan tundaan rata-rata simpang sebesar 15,29 det/kend pada puncak pagi, tundaan rata-rata sebesar 18,91 det/kend pada jam puncak siang, dan tundaan rata-rata sebesar 20,67 det/kend pada jam puncak sore.

Penelitian terdahulu yang diteliti oleh Kusprasetyo dan Irawan. (2023) yang dilakukan di Simpang Sentul, Yogyakarta untuk menganalisis kinerja simpang bersinyal dengan metode PKJI 2023 didapatkan hasil pada kondisi *existing* tidak memenuhi persyaratan dengan $D_J < 0,85$, panjang antrean sepanjang 178,7; 104,1; 96,5 meter pada jam puncak pagi serta 83,8; 92; 116 meter pada jam puncak sore, tundaan simpang rata-rata diperoleh selama 91,42; 49,76 detik/satuan mobil penumpang pada jam puncak pagi dan sore sehingga Tingkat pelayanan tergolong dalam kategori “F” pada jam puncak pagi dan kategori “E” untuk jam puncak sore.

Haniifah dan Lestarini (2022) menganalisis Simpang Pakelan di Magelang yang kerap macet, membandingkan metode MKJI 1997, PKJI 2013, dan perangkat lunak PTV Vissim untuk mengevaluasi kinerjanya. Hasil studi menunjukkan bahwa MKJI 1997 menghasilkan tingkat pelayanan (LOS) F dengan tundaan 75,66 detik,

sedangkan PKJI 2013 memberikan LOS D dengan tundaan 42,01 detik. Sementara itu, analisis Vissim menunjukkan tundaan lebih tinggi, yakni 81,47 detik, yang juga berujung pada LOS F. Meskipun berbagai alternatif perbaikan telah dicoba, seperti perubahan durasi siklus, peningkatan kontrol belok kiri, dan modifikasi jalur, tingkat pelayanan simpang masih stagnan di kategori D. Oleh karena itu, penelitian ini menyimpulkan bahwa perlu dipertimbangkan pembangunan *flyover* atau *underpass* sebagai solusi jangka panjang untuk mengoptimalkan kinerja Simpang Pakelan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ahmad, dkk. (2023) tentang analisis kinerja simpang bersinyal yang dilakukan di simpang Jl. Sam Ratulagi – Jl. Babe Palar Kota Manado menggunakan metode PKJI 2014 didapatkan hasil derajat kejenuhan sebesar 1,1 untuk lengan Pikat, 0,42 untuk lengan Babe Palar, dan 0,79untuk lengan Lenso, sehingga derajat kejenuhan di lengan Babe Palar lebih rendah. Panjang antrean kendaraan dan tundaan sebesar 283,36 meter untuk simpang tiga bersinyal Jl. Babe Palar – Jl. Sam Ratulagi, tundaannya sebesar 327,27 set/skr pada lengan Pikat, 358,35 meter dengan tundaan sebesar 463, 07 det/skr pada lengan Babe Palar. Dan tundaan sebesar 204,72 det.skr pada lengan Lenso. Sehingga Tingkat pelayanan *(Level of Service)* pada simpang tersebut adalah “F” atau sangat buruk.

2.3 Penggunaan Vissim Di Dalam Evaluasi Simpang Bersinyal

Penelitian terdahulu yang diteliti oleh Nugroho dan Dwiatmaja. (2020) yang dilakukan di Simpang Sompok, Candisari, Semarang untuk menganalisis kinerja simpang bersinyal menggunakan Software PTV Vissim, mendapatkan hasil penelitian bahwa kondisi *existing* memiliki tingkat kinerja “F” atau sangat buruk dengan tundaan mencapai 100 detik dengan panjang antrean 154 meter.

Penelitian Wulandari dan Muchlisin (2021) berfokus pada optimalisasi kinerja simpang bersinyal Wirobrajan melalui analisis dan pemodelan ulang menggunakan perangkat lunak Vissim 10.0, serta survei lalu lintas di lapangan. Data hasil survei dimasukkan ke dalam Vissim untuk analisis. Hasilnya

menunjukkan bahwa dalam kondisi *existing*, simpang Wirobrajan mengalami tundaan sebesar 77,09 detik per kendaraan dengan tingkat pelayanan E

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Sumule, dkk. 2021) tentang kinerja lalu lintas *existing* dengan metode mikrosimulasi menggunakan *software* Vissim dengan melakukan simulasi, analisis kinerja *existing*, perilaku pengemudi, dan melakukan uji GEH terhadap volume kendaraan pada Simpang Empat Pasar Stan Maguwoharjo didapatkan hasil simulasi Jalan Raya Tajem (Selatan) sebesar 94,96 m. Selain itu, nilai antrean terendah didapatkan pada Jalan Pasaken (timur) sebesar 38,97 m dengan waktu tundaan rata-rata *existing* sebesar 41,47 detik dan waktu siklus sebesar 31,64 detik.

Menurut (Riza, dkk. 2023) mengevaluasi serta berusaha meningkatkan kinerja simpang bersinyal di kawasan Pusat Grosir Cililitan (PGC), DKI Jakarta, yang dikenal sebagai salah satu titik kemacetan parah. Kemacetan ini disebabkan oleh tingginya aktivitas di sekitar simpang, seperti keberadaan pabrik, pusat perbelanjaan, UKM, pasar tradisional, pedagang kaki lima, serta sekolah. Kinerja simpang yang tidak optimal menyebabkan antrean panjang, waktu tundaan yang signifikan, dan inefisiensi waktu. Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan perangkat lunak PTV Vissim, diketahui bahwa simpang PGC mengalami tundaan rata-rata sebesar 89,92 detik per kendaraan, dengan tingkat pelayanan (*Level of Service*/LOS) F, yang mencerminkan kondisi lalu lintas yang sangat buruk.

Prima, dkk. (2023) dalam penelitian berjudul "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan PTV Vissim (Studi Kasus Simpang Gunung Sabeulah Kota Tasikmalaya)" menjelaskan bahwa kinerja simpang pada Simpang Gunung Sabeulah Kota Tasikmalaya didapatkan hasil kondisi *existing* dinilai kurang memuaskan yang disebabkan oleh panjang antrean (Qlen) sebesar 18,78 meter, dengan waktu tundaan (VehDelay) sebesar 30,82 detik/per kendaraan, dan tingkat pelayanan (*Level of Service*) sebesar C atau sedang. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini menggunakan permodelan *Software* PTV Vissim.

2.4 Penelitian Terdahulu

Adapun perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 dihalaman selanjutnya sebagai berikut.

Tabel 2.1 Penelitian Terkait PTV Vissim dan Pedoman

No.	Aspek	Penulis						
		Mamu, dkk. (2021)	Kusprasetyo dan Irawan (2023)	Ahmad, dkk. (2023)	Nugroho dan Dwiatmaja (2020)	Sumule, dkk. (2021)	Prima, dkk. (2023)	Astono dan Prayitno (2025)
1	Judul	Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan J. A. Katili-Jalan Tondano-Jalan Madura Dengan Metode PKJI	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode PKJI 2023 (Studi Kasus: Simpang Sentul, Yogyakarta)	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode PKJI dan Metode PTV VISSIM (Studi Kasus: Jl. Sam Ratulagi – Jl. Babe Palar, Kota Manado)	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Bantuan Perangkat Lunak VISSIM Student Version (Studi Kasus: Simpang Sompok, Candisari, Semarang)	Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Software PTV VISSIM (Studi Kasus: Simpang Bersinyal Pasar Stan Maguwoharjo, Kabulaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta)	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan PTV VISSIM (Studi Kasus: Simpang Gunung Sabeulah, Kota Tasikmalaya)	Analisis Kinerja Simpang APILL Pingit Yogyakarta dengan Permodelan PTV VISSIM
2	Metode Penelitian	Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014)	Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023)	Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014) dan PTV VISSIM	*Software* PTV VISSIM	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1887) dan PTV VISSIM	*Software* PTV VISSIM	Pedoma Kapasitas Jalan Indonesia (2023) dan PTV VISSIM
3	Lokasi	Simpang J. A. Katili-Jalan Tondano-Jalan Madura. Kota Gorontalo	Simpang Bersinyal Sentul, Kota Yogyakarta	Simpang Jl. Sam Ratulagi – Jl. Babe Palar, Kota Manado	Simpang Sompok, Candisari, Kota Semarang	Simpang Pasar Stan Maguwoharjo, Kota Yogyakarta	Simpang Gunung Sabeulah, Kota Tasikmalaya	Simpang APILL Pingit, Kota Yogyakarta

Sumber : Mamu dkk. (2021), Kusprasetyo dan Irawan (2023), Ahmad, dkk. (2023), Nugroho dan Dwiatmaja (2020), Prima, dkk. (2023)

Lanjuran Tabel 2.2 Penelitian Terkait PTV Vissim dan Pedoman

No.	Aspek	Penulis						
		Mamu, dkk. (2021)	Kusprasetyo dan Irawan (2023)	Ahmad, dkk. (2023)	Nugroho dan Dwiatmaja (2020)	Sumule, dkk. (2021)	Prima, dkk. (2023)	Astono dan Prayitno (2025)
4	Hasil	Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh bahwa tingkat pelayanan simpang yaitu C dengan tundaan rata-rata sebesar 15,29 det/skr pada jam puncak pagi, tingkat pelayanan C dengan tundaan rata-rata sebesar 18,91 det/skr pada jam puncak siang dan tingkat pelayanan C dengan tundaan rata-rata sebesar 20,67 det/skr pada jam puncak sore. Setelah dilakukan alternatif dan perbaikan berupa perancangan dua fase isyarat maka diperoleh tingkat pelayanan B dengan	Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh bahwa tingkat pelayanan simpang yaitu F pada jam puncak pagi dan kategori E pada jam puncak sore. Setelah dilakukan alternatif, diperoleh tingkat pelayanan simpang yaitu D pada jam puncak pagi dan sore.	Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh bahwa tingkat pelayanan simpang yaitu F untuk lengan Micon dan tingkat pelayanan E untuk lengan Babe Palar dan lengan Lenso. Setelah dilakukan alternatif berupa penambahan *Slip Lane* dengan merubah waktu siklus dan juga pelebaran geometrik, diperoleh hasil dari skenario alternatif penyesuaian waktu siklus pada PTV VISSIM	Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh tingkat pelayanan simpang yaitu F dengan nilai tundaan sebesar 100 detik dan panjang antrean sebesar 154 meter. Setelah dilakukan alternatif berupa perubahan geometri simpang, didapatkan tingkat pelayanan B dengan nilai tundaan sebesar 18 detik dan panjang antrean menjadi 50 meter	Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh tingkat pelayanan simpang yaitu D dengan nilai tundaan rata-rata sebesar 41,17 detik. Setelah dilakukan alternatif berupa penyesuaian waktu siklus dari 69 detik menjadi 60 detik, amber sebesar 6 detik menjadi 4 detik, kuning sebesar 3 detik tetap mengikuti *existing*, sehingga	Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh tingkat pelayanan simpang yaitu C dengan nilai tundaan 30,82 detik/kend, dan panjang antrean sebesar 18,78 meter. Setelah dilakukan alternatif berupa penyesuaian waktu siklus sebesar 77 detik diperpendek menjadi 62 detik, didapatkan	Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh tingkat pelayanan simpang yaitu F dengan nilai tundaan sebesar 264,05 det/smp. Setelah dilakukan alternatif yaitu penyesuaian waktu siklus dari 232 detik turun menjadi 130 detik sesuai dengan ketentuan PKJI 2023, didapatkan hasil yaitu tingkat pelayanan

Sumber : Mamu dkk. (2021), Kusprasetyo dan Irawan (2023), Ahmad, dkk. (2023), Nugroho dan Dwiatmaja (2020), Prima, dkk. (2023)

Lanjuran Tabel 2.3 Penelitian Terkait PTV Vissim dan Pedoman

4	Hasil	tundaan rata-rata sebesar 9,82 det/skr pada jam puncak pagi, dan mengubah perlebar jalur pendekat didapatkan tingkat pelayanan B dengan tundaan rata-rata sebesar 14,97 det/skr pada jam puncak pagi.		yaitu tingkat pelayanan D untuk semua lengan, pada skenario alternatif pelebaran jalan pada PTV VISSIM diperoleh tingkat pelayanan E untuk lengan Micon dan D untuk lengan Babe Palar dan lengan Lenso, pada skenario alternatif slip lane diperoleh hasil tingkat pelayanan C untuk semua lengan.		didapatkan tingkat pelayanan D dengan nilai tundaan rata-rata sebesar 31,61 detik.	hasil tingkat pelayanan simpamg yaitu C dengan nilai tundaan sebesar 23,30 detik/kend, dan panjang antrean sebesar 15,68 meter.	simpang yaitu F dengan nilai tundaan turun menjadi 252,64 det/smp

Sumber : Mamu dkk. (2021), Kusprasetyo dan Irawan (2023), Ahmad, dkk. (2023), Nugroho dan Dwiatmaja (2020), Prima, dkk. (2023)

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan Jalan

Persimpangan jalan adalah daerah atau tempat dimana dua atau lebih jalan raya yang berpencar, bersilangan, bergabung dan berpotongan, termasuk fasilitas jalan dan sisi jalan untuk pergerakan lalu lintas pada daerah itu. Persimpangan memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan dalam jaringan jalan. Persimpangan perlu dikelola dan diatur dengan baik untuk mencegah masalah seperti kemacetan dan menghindari kecelakaan.

Menurut Lumintang, dkk (2013), persimpangan merupakan elemen yang tak terpisahkan dari sistem jaringan jalan. Saat berkendara di wilayah perkotaan, dapat diamati bahwa sebagian besar ruas jalan di kota umumnya dilengkapi dengan persimpangan.

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), persimpangan didefinisikan sebagai lokasi pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan, yang bisa berupa simpang biasa, simpang dengan alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL), simpang bundaran, maupun simpang tak sebidang. Arus lalu lintas di setiap bagian persimpangan saling berinteraksi satu sama lain. Oleh karena itu, persimpangan memegang peranan penting dalam mempengaruhi kapasitas jalan serta durasi perjalanan dalam suatu sistem jaringan jalan.

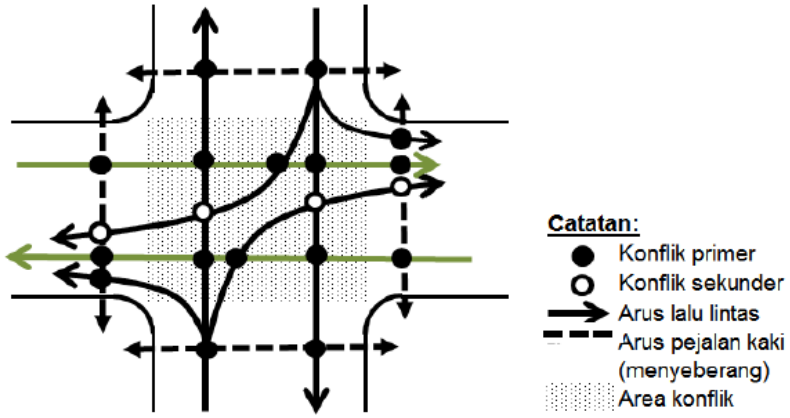
3.2 Simpang APILL

Simpang bersinyal adalah persimpangan yang memiliki 3 lengan atau lebih dan memiliki Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Prasetyo, dkk (2022) simpang bersinyal (*signalised intersection*) adalah persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir. Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), lampu lalu lintas diguanakan untuk alasan sebagai.

1. Mempertahankan kapasitas persimpangan pada jam puncak

2. Mengurangi kecelakaan akibat tabrakan antar kendaraan dari arah yang berlawanan.

Pengunaan lampu lalu lintas terdiri dari tiga warna yaitu merah, kuning, dan hijau yang berfungsi untuk mengatur pergerakan kendaraan dengan cara memisahkan aliran lalu lintas yang berlawanan dalam rentang waktu tertentu. Tujuan utama dari penggunaan lampu ini adalah untuk mengurangi potensi terjadinya konflik utama dan mengelola konflik sekunder di area persimpangan. Konflik utama terjadi ketika arus kendaraan dari arah yang saling berpotongan bergerak secara bersamaan. Sementara itu, konflik sekunder melibatkan pergerakan kendaraan yang berbelok melawan arus kendaraan dari arah berlawanan atau berinteraksi dengan pejalan kaki yang sedang menyeberang. Konflik-konflik pada simpang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Konflik-Konflik Primer dan Sekunder pada Simpang Bersinyal Empat Lengan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

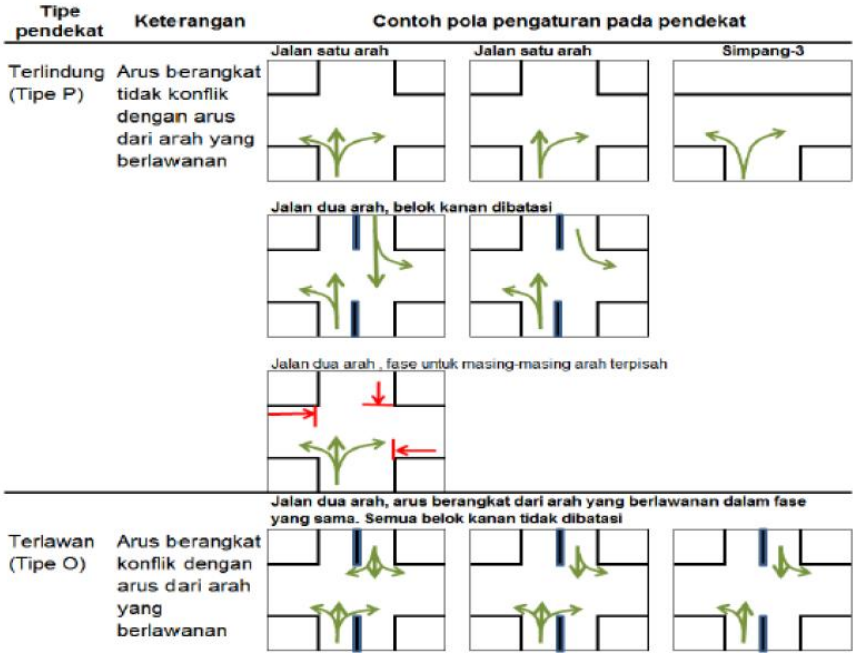
3.3 Arus Lalu Lintas

Menurut PKJI (2023), definisi dari Satuan Mobil Penumpang (SMP) adalah satuan untuk arus lalu lintas dimana arus berbagai kendaraan yang berbeda telah diubah menjadi arus mobil penumpang dengan menggunakan nilai ekuivalensi mobil penumpang (EMP). Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) merupakan faktor konversi untuk jenis kendaraan sedang, bus besar, dan sepeda motor yang

dibandingkan terhadap mobil penumpang sehubungan dengan dampaknya terhadap kapasitas jalan.

Lamani, dkk (2017) ekuvalensi mobil penumpang (emp) untuk masing ± masing jenis kendaraan tergantung pada jenis jalan, jenis alinyemen dan volume lalu lintas total yang dinyatankan dalam kendaraan per jam. EMP sepeda motor ada juga dalam masalah jalan dua per dua, tergantung pada lebar efektif jalur lalu lintas.

Pendekat pada suatu persimpangan dapat dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu Tipe P (terlindung) dan Tipe O (terlawan). Pada pendekat Tipe P, arus lalu lintas dari arah lurus diberikan fase hijau saat arus dari arah berlawanan dihentikan oleh sinyal merah, sehingga tidak terjadi konflik antar pergerakan kendaraan. Sementara itu, pada pendekat Tipe O, arus lalu lintas dari arah lurus dan pergerakan belok kanan dari arah berlawanan berlangsung secara bersamaan dalam satu fase hijau, yang berpotensi menimbulkan konflik lalu lintas pada area persimpangan. Penentuan tipe pendekat dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Penentuan Tipe Pendekat
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Menurut PKJI (2023), klasifikasi kendaraan dibagi menjadi limas jenis yaitu: Truk berat (TB), Kendaraan Sedang (KS), Mobil Penumpang (MP), Sepeda Motor (SM), dan Bus besar (BB). Dibawah ini merupakan klasifikasi kendaraan PKJI dan tipikalnya yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Klasifikasi Kendaraan PKJI dan Tipikalnya

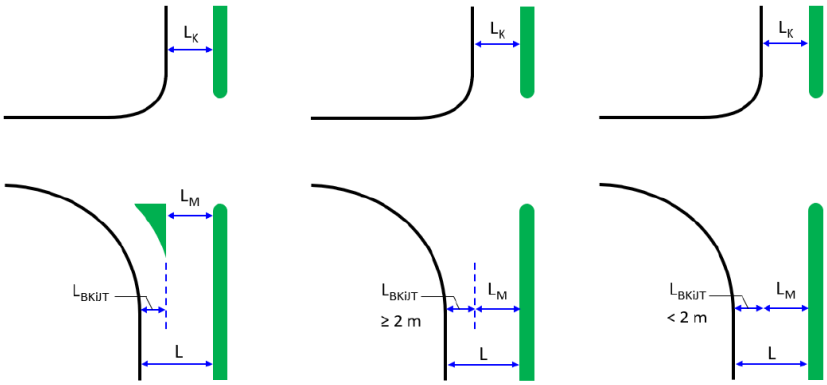
Kode	Jenis Kendaraan	Tipikal Kendaraan
SM	Kendaraan bermotor roda 2 (dua) dan 3 (tiga) dengan panjang <2,5 m	Sepeda motor, kendaraan bermotor roda 3 (tiga)
MP	Mobil penumpang 4 (empat) tempat duduk, mobil penumpang 7 (tujuh) tempat duduk, mobil angkutan barang kecil, mobil angkutan barang sedang dengan panjang ≤5,5 m	Sedan, jeep, minibus, microbus, pickup, dan truk kecil
KS	Bus sedang dan mobil angkutan barang 2 (dua) sumbu dengan panjang ≤9,0 m	Bus tanggung, bus metromini, dan truk sedang
BB	Bus besar 2 (dua) dan 3 (tiga) gandar dengan panjang ≤12,0 m	Bus antar kota, bus *double decker city tour*
TB	Mobil angkutan barang 3 (tiga) sumbu, truk gandeng, dan truk tempel (*semitrailer*) dengan panjang > 12,0 m	Truk tronton, truk semi *trailer,* dan truk gandeng

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Menurut PKJI (2023), 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.

b. Untuk pendekat tanpa pulau lalu lintas, arus belok kiri jalan terus bisa membentuk lajur sendiri atau bisa bergabung denga arus yang lurus tergantung dari ketersediaan ruang kendaraan yang belok kiri. Apabila L_{BKiJT} lebih dari 2 meter maka arus belok kiri dapat membentuk antrean sendiri sehingga $L_M = L - L_{BKiJT}$. Sedangkan, apabila L_{BKiJT} kurang dari 2 meter maka arus belok kiri akan menyatu dengan arus lalu lintas yang lurus. Lebar pendekat efektif dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Lebar pendekat dengan dan tanpa pulau lalu lintas
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Arus lalu lintas (q) adalah jumlah kendaraan bermotor yang melintasi suatu titik pada ruas jalan per satuan waktu. Untuk menghitung jumlah kendaraan, diperlukan konversi satuan kendaraan yang bertujuan agar jenis-jenis kendaraan dapat dihitung secara seragam. Oleh sebab itu, setiap jenis kendaraan perlu adanya faktor konversi agar dapat diubah menjadi satuan yang sama dengan permisalan yaitu satuan mobil penumpang (smp). Di bawah ini merupakan ekuivalensi mobil penumpang (EMP) untuk tiap jenis kendaraan yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

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

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.4 Arus Jenuh

Arus jenuh (J) merupakan banyaknya kendaraan pada suatu pendekat selama kurun waktu yang ditentukan. Arus jenuh didapatkan dari hasil perkalian antara arus jenuh dasar (J_0) dengan faktor-faktor koreksi untuk penyimpangan kondisi *existing* terhadap kondisi ideal, sehingga faktor-faktor koreksi untuk J_0 adalah satu. J dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1.

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKi} \times F_{BKa} \quad (3.1)$$

dengan:

J_0 = arus jenuh dasar (SMP/jam),

F_{HS} = faktor koreksi J_0 akibat hambatan samping lingkungan jalan,

F_{UK} = faktor koreksi J_0 terkait ukuran kota,

F_G = faktor koreksi J_0 akibat kelandaian memanjang pendekat, dan

F_P = faktor koreksi J_0 akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama. F_P dapat dihitung dari persamaan 3.2 yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau.

$$F_P = \frac{\left[\frac{L_P}{3} - \frac{(L-2)\times\left(\frac{L_P}{3} - w_H\right)}{L}\right]}{w_H} \quad (3.2)$$

dengan:

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

L = lebar pendekat (m),

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

F_{BKi} = faktor koreksi J_0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri, dan

F_{BKa} = faktor koreksi J_0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan.

3.4.1 Arus Jenuh Dasar

Arus jenuh dasar (J_0) merupakan fungsi dari efektif pendekat. Adapun arus jenuh dasar berdasarkan PKJI 2023 dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.3.

$$J_0 = 600 \times L_E \quad (3.3)$$

Dengan:

J_0 = arus jenuh dasar (SMP/jam),

L_E = lebar efektif pendekat (m).

3.4.2 Faktor Koreksi Ukuran Kota

Faktor koreksi ukuran kota merupakan parameter penyesuaian terhadap kapasitas dasar yang didasarkan pada jumlah penduduk di suatu wilayah perkotaan. Nilai dari faktor koreksi ini dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Faktor Koreksi Ukuran Kota

Jumlah penduduk kota (Juta jiwa)	Faktor koreksi ukuran kota (F_{UK})
>3,0	1,05
0,1 – 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 0,5	0,83
<1,0	0,82

Sumber: Direktorat Jederal Bina Marga (2023)

3.4.3 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Faktor hambatan samping merupakan variabel yang mencerminkan pengaruh interaksi antara arus lalu lintas dengan aktivitas di sepanjang sisi jalan, yang dapat menyebabkan penurunan kapasitas arus jenuh pada pendekat simpang. Nilai faktor ini ditentukan berdasarkan beberapa aspek, seperti tipe fase dan proporsi kendaraan tidak bermotor, karakteristik lingkungan jalan, serta tingkat hambatan samping yang terjadi. Informasi mengenai penentuan nilai faktor hambatan samping dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Faktor Hambatan Samping

Kelas Tipe Lingkungan Jalan	Kelas Hambatan Samping	Rasio Kendaraan Tidak Bermotor (R_{KTB})					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,81	0,75	0,70
	Rendah	0,95	0,90	0,86	0,82	0,76	0,71
Pemukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	Sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses Terbatas	Tinggi/Sedang/ Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Tipe lingkugan jalan dapat ditentukan berdasarkan aktivitas dan aksebilitas yang berada di lingkungan jalan. Namun berbeda dengan penentuan hambatan samping, hambatan sampig ditentukan secara kualitatif dengan mempertimbangkan teknik lalu lintas yang ada berdasarkan jumlah berbobot kejadian per 200 m per jam atau kondisi khusus yang terdapat pada jalan. Kriteria kelas hambatan samping dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Kriteria Kelas Hambatan Samping

Kriteria Hambatan Samping	**Jumlah Nilai Frekuensi Kejadian (di kedua sisi jalan) dikali bobot**	**Ciri-ciri khusus**
Sangat Rendah (SR)	<100	Daerah permukiman, dengan jalan lingkungan.
Rendah (R)	100 - 299	Daerah permukiman, beberapa angkutan umum.
Sedang (S)	300 – 499	Daerah industri, beberapa toko di sepanjang sisi jalan.
Tinggi (T)	500 – 899	Daerah komersial, aktivitas sisi jalan tinggi.
Sangat Tinggi (ST)	≥900	Daerah komersial, ada aktivitas pasar di sisi jalan.

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Kelas hambatan samping secara visual dapat dilihat pada gambar seperti yang terdapat pada Gambar 3.4, Gambar 3.5, Gambar 3.6, Gambar 3.7, dan Gambar 3.8.



Gambar 3.4 Hambatan Samping Sangat Rendah pada Jalan Perkotaan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)



Gambar 3.5 Hambatan Samping Rendah pada Jalan Perkotaan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)



Gambar 3.6 Hambatan Samping Sedang pada Jalan Perkotaan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)



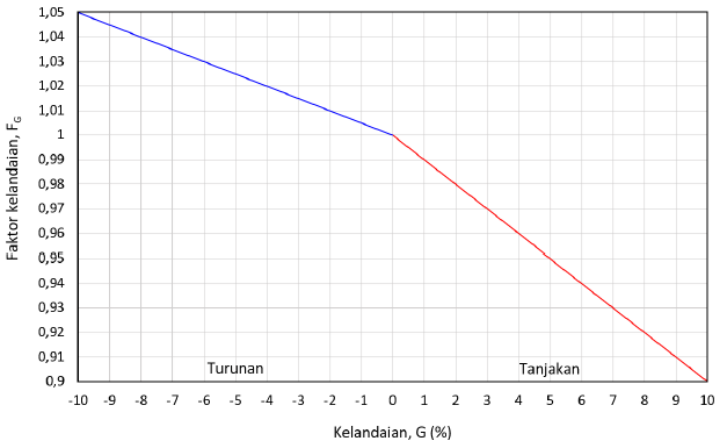
Gambar 3.7 Hambatan Samping Tinggi pada Jalan Perkotaan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)



Gambar 3.8 Hambatan Samping Sangat Tinggi pada Jalan Perkotaan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.4.4 Faktor Penyesuaian Kelandaian

Faktor koreksi untuk kelandaian pendekat adalah faktor penyesuaian kelandaian, juga dikenal sebagai faktor gradien (F_G). Persentase menunjukkan kelandaian. Nilai persentase menunjukkan tanjakan atau turunan. Nilai pada penentuan faktor kelandaian dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Faktor Kelandaian (F_G)
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.4.5 Faktor Penyesuaian Parkir

Faktor penyesuaian parkir merupakan faktor koreksi yang dihitung berdasarkan jarak antara garis henti dengan kendaraan pertama yang diparkir pada

pendekat. Nilai faktor ini dipengaruhi oleh beberapa variabel, antara lain jarak garis henti ke kendaraan terparkir pertama, lebar pendekat, serta durasi lampu hijau pada pendekat tersebut. Perhitungan nilai faktor penyesuaian parkir dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

$$F_P = \frac{\left[\frac{L_P}{3} - \frac{(L-2)\ x\ \left(\frac{L_P}{3} - W_H\right)}{L}\right]}{W_H} \quad (3.4)$$

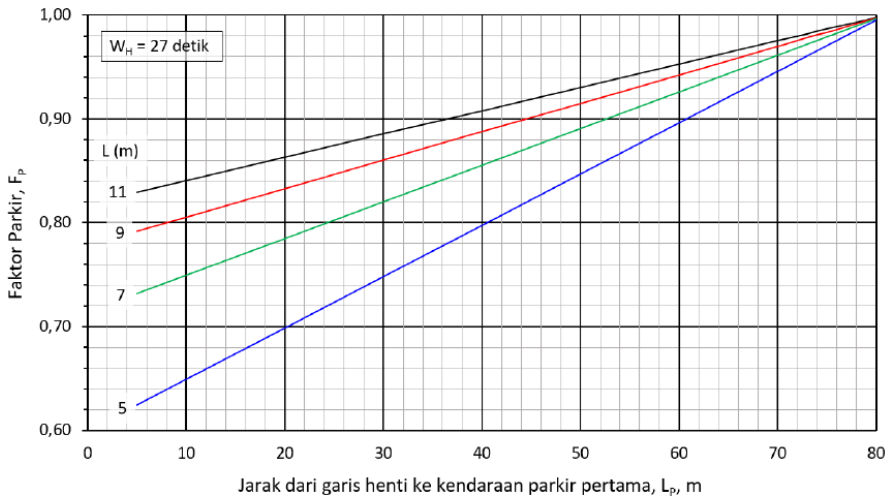
Dengan:

L_P = jarak antara garis henti dan kendaraan yang parkir pertama (m) (atau panjang dari lajur pendek),

L = lebar pendekat (meter), dan

W_H = waktu hijau pada pendekat yang ditinjau.

Selain menggunakan Persamaan 3.4 di atas, perhitungan pada faktor penyesuaian parkir juga dapat diketahui dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Faktor Koreksi Parkir
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.4.6 Faktor Penyesuaian Belok Kanan

Jalan dua arah tanpa median dan kendaraan belok kanan pada pendekat tipe P memiliki kecenderungan untuk memotong garis tengah jalan sebelum melewati garis henti saat menyelesaikan belokannya, faktor penyesuaian belok kanan digunakan hanya untuk pendekat tipe P tanpa median dan jalan dua arah. sehingga menghasilkan rasio belok kanan yang lebih tinggi pada arus jenuh. Perhitungan faktor penyesuaian belok kanan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5.

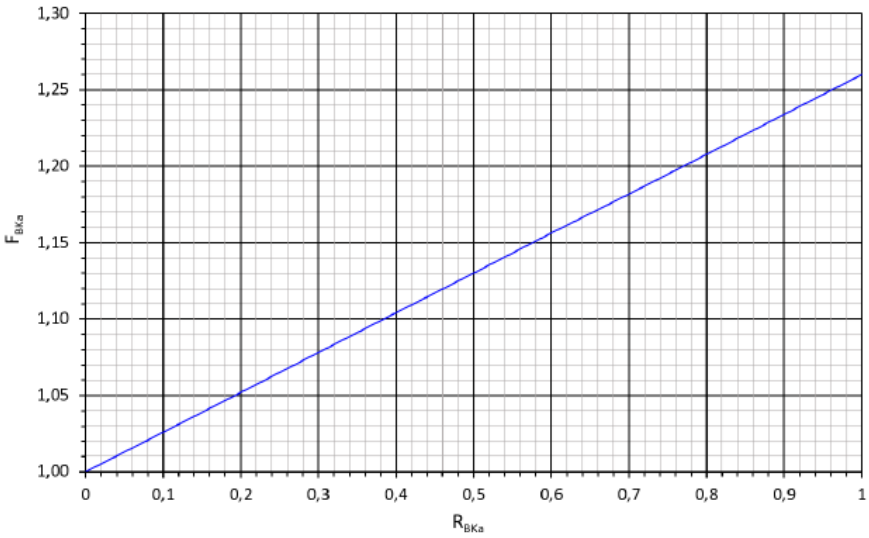
$$F_{BKA} = 1{,}0 + R_{BKA} \times 0{,}26 \quad (3.5)$$

dengan:

F_{BKA} = faktor penyesuaian belok kanan, dan

R_{BKA} = rasio kendaraan belok kanan.

Selain melalui perhitungan menggunakan Persamaan 3.4, nilai faktor penyesuaian untuk pergerakan belok kanan juga dapat ditentukan secara visual dengan menggunakan grafik yang terdapat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Faktor Penyesuaian Belok Kanan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.4.7 Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Faktor penyesuaian belok kiri merupakan parameter koreksi yang didasarkan pada rasio kendaraan yang melakukan belok kiri (FLT) pada suatu pendekat. Faktor

ini hanya diterapkan pada pendekat tipe P tanpa *Left Turn on Red* (LTOR). Hal ini disebabkan karena pada pendekat tipe terlindung tanpa LTOR, kendaraan yang berbelok kiri cenderung memperlambat laju arus lalu lintas, sehingga berdampak pada penurunan kapasitas arus jenuh. Sementara itu, pada pendekat tipe O (terlawan), kecepatan arus lalu lintas umumnya lebih rendah, sehingga pengaruh dari kendaraan belok kiri dianggap tidak signifikan dan tidak memerlukan penyesuaian. Nilai faktor penyesuaian belok kiri dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.6.

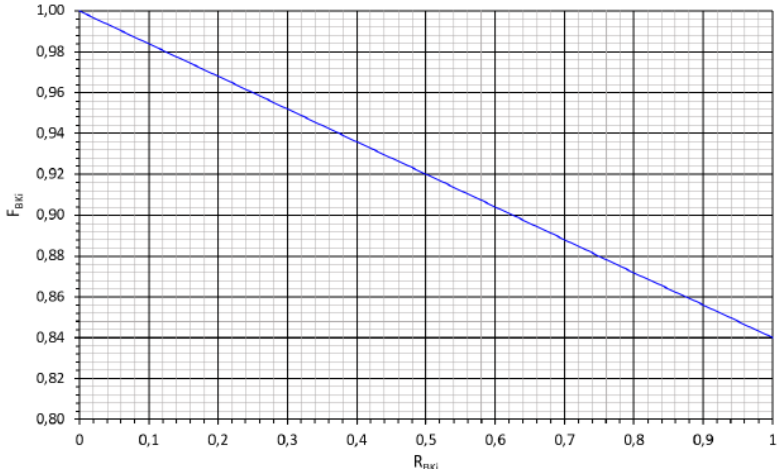
$$F_{BKi} = 1{,}0 - R_{BKi} \times 0{,}16 \quad (3.6)$$

dengan:

F_{BKi} = faktor penyesuaian belok kiri, dan

R_{BKi} = rasio kendaraan belok kiri.

Selain melalui perhitungan menggunakan Persamaan 3.6, penentuan nilai faktor penyesuaian untuk pergerakan belok kiri juga dapat dilakukan dengan menggunakan grafik yang terdapat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Faktor Penyesuaian Belok Kiri
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.5 Rasio Arus/Rasio Arus Jenuh

Rasio arus adalah perbandingan arus terhadap arus jenuh. Perhitungan rasio arus tiap pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.7.

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

Dengan:

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

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

J = arus jenuh (smp/jam hijau).

Nilai $R_{q/J}$ dari tiap pendekat dicari nilai tertinggi yang terdapat pada suatu fase yang disebut rasio arus kritis ($R_{q/J\ kritis}$). Nilai rasio arus simpang ($\Sigma R_{q/J\ kritis}$) merupakan jumlah dari nilai $R_{q/J\ kritis}$ yang dihitung menggunakan Persamaan 3.8.

$$R_{AS} = \Sigma_i (R_{q/J\ kritis)i} \quad (3.8)$$

dengan:

R_{AS} = rasio arus simpang, dan

$R_{q/J\ kritis}$ = rasio arus kritis.

Rasio Fase (R_F) merupakan perbandingan antara nilai $R_{q/J\ kritis}$ dengan R_{AS} pada tiap fase. Perhitungan rasio fase (R_F) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.9.

$$R_F = \frac{R_q/J\ kritis}{R_{AS}} \quad (3.9)$$

dengan:

R_F = rasio fase.

3.6 Penentuan Waktu Sinyal

Penentuan waktu sinyal bertujuan untuk meminimalkan tundaan total pada suatu simpang. Waktu simpang yang akan ditentukan didasarkan pada waktu siklus (s) dan waktu hijau (W_H) pada tiap fase (i).

3.6.1 Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (S_{bs})

Waktu siklus sebelum penyesuaian dihitung dari hasil perhitungan dan sebelum penyesuaian waktu siklus berdasarkan tipe simpang. Perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10.

$$s = \frac{(1{,}15\ X\ W_{HH}+5)}{(1-\Sigma R_{q/J\ kritis})} \quad (3.10)$$

dengan:

S = waktu siklus (det),

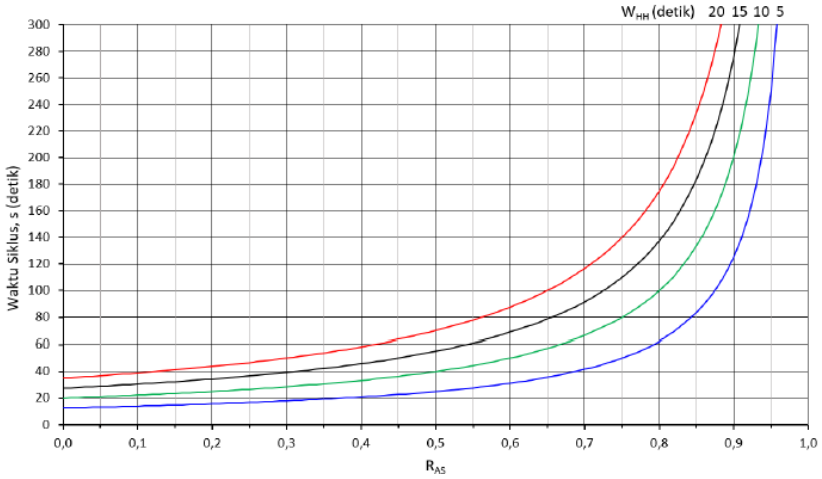
W_{HH} = waktu hijau hilang per siklus (det),

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

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

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

Waktu siklus sebelum penyesuaian juga dapat diperoleh dari grafik yang terdapat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Grafik Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Berdasarkan Gambar 3.11 dijelaskan bahwa dalam menentukan waktu siklus, hal yang perlu diperhitungkan adalah rasio arus simpang ($\Sigma R_{q/J\ kritis}$) dan waktu hijau hilang per siklus (W_{HH}). Jika alternatif fase sinyal dievaluasi, maka yang menghasilkan nilai terendah dari ($\Sigma R_{q/J\ kritis} + W_{HH}/c$) merupakan hasil yang paling efisien.

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023), terdapat waktu siklus yang layak untuk keadaan yang berbeda. Waktu siklus yang layak dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Waktu Siklus yang layak

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

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Untuk simpang dengan lebar jalan kurang dari 10 meter, nilai waktu siklus yang lebih rendah disarankan, dan nilai waktu siklus yang lebih tinggi disarankan untuk simpang dengan lebar jalan lebih dari 10 meter. Waktu siklus yang lebih lama dari 130 detik harus dihindari kecuali pada simpang yang sangat besar karena kapasitas dari denah simpang tersebut tidak mencukupi.

3.6.2 Waktu Hijau

Waktu hijau kurang dari sepuluh detik harus dihindari karena dapat menyebabkan banyak pelanggaran lampu merah dan sulit bagi pejalan kaki untuk menyeberang. Perhitungan waktu hijau dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11.

$$W_{Hi} = (S - W_{HH}) \times [(R_{q/J\ kritis} / \Sigma_i (R_{q/J\ kritis})_i)] \quad (3.11)$$

Dengan:

W_{Hi} = waktu hijau pada fase i (det),

S = waktu siklus (det),

W_{HH} = waktu hijau hilang total (det), dan

i = indeks untuk fase ke i.

3.6.3 Waktu Siklus yang disesuaikan

Waktu siklus yang telah disesuaikan (c) berdasarkan pada jumlah waktu hijau yang diperoleh dari Persamaan yang telah dibulatkan dan waktu hilang total (W_{HH}).

3.7 Kapasitas

Kapasitas merupakan arus lalu lintas maksimum yang dilayani oleh suatu simpang per satuan waktu. Kapasitas simpang dinyatakan dalam smp/jam hijau, yang dihitung dari tiap pendekat atau kelompok lajur dalam suatu pendekat. Perhitungan kapasitas simpang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.12.

$$C = J \times \frac{W_H}{s} \tag{3.12}$$

dengan:

C = kapasitas simpang (smp/jam),

J = arus jenuh (smp/jam),

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

s = waktu siklus (detik).

3.8 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah perbandingan antara volume lalu lintas (Q) dengan kapasitas jalan (C). Pada simpang yang menggunakan lampu lalu lintas, perhitungan derajat kejenuhan dilakukan untuk masing-masing pendekat secara terpisah. Derajat kejenuhan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.13.

$$D_J = \frac{q}{C} \tag{3.13}$$

dengan:

D_J = derajat kejenuhan,

q = volume lalu lintas jam puncak (smp/jam), dan

C = kapasitas JBH (smp/jam).

3.9 Perilaku Lalu Lintas

Perilaku lalu lintas pada simpang bersinyal menentukan kinerjanya. Perilaku lalu lintas termasuk panjang antrean, kendaraan terhenti, dan tundaan.

3.9.1 Panjang Antrean

Panjang antrean merupakan panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat Ketika lampu merah. Penentuan panjang antrian berdasarkan perhitungan jumlah antrean kendaraan dalam suatu pendekat terlebih dahulu. Jumlah antrean total didapat dari penjumlahan antara jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) dan ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (N_{q2}). Perhitungan jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) dapat dihitung bedasarkan Persamaan 3.14 dan Persamaan 3.15.

Untuk $D_J > 0{,}5$

$$N_{q1} = 0{,}25 \times s \times \left[(D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0{,}5)}{s}}\right] \quad (3.14)$$

untuk $D_J < 0{,}5$

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

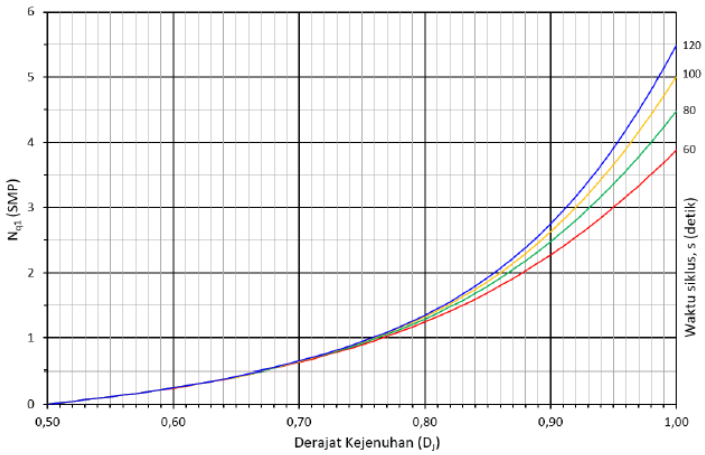
Dengan:

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

D_J = derajat kejenuhan, dan

s = waktu siklus (detik).

Selain menggunakan Persamaan 3.14, perhitungan N_{q1} juga dapat ditentukan menggunakan grafik pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Grafik Jumlah Kendaraan Tersisa
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Perhitungan jumlah smp yang datang selama fase merah (N_{q2}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.16.

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

dengan:

N_{q2} = jumlah smp yang datang selama fase merah,
D_J = derajat kejenuhan,
R_H = rasio waktu hijau, dan
s = waktu siklus (det), dan
q = arus lalu lintas (smp/jam).

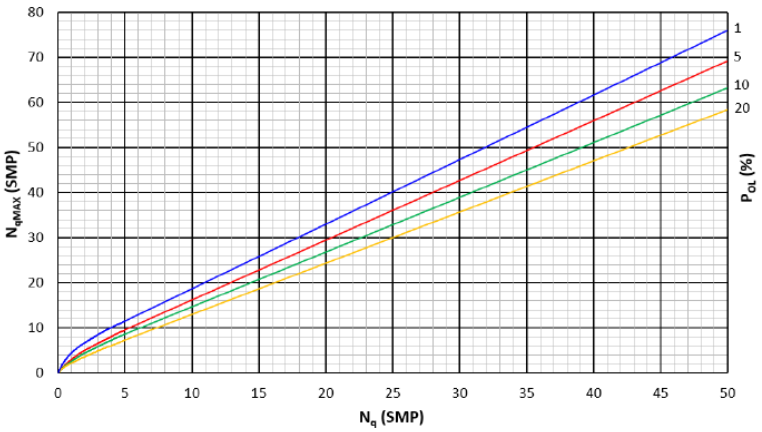
Dari perhitungan N_{q1} dan N_{q2} kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan nilai jumlah antrean total (N_q) yang terdapat pada Persamaan 3.17.

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \quad (3.17)$$

dengan:

N_q = jumlah total antrean.

Jumlah antrean maksimum (N_{qMAX}) merupakan nilai antrian dengan mengevaluasi *overloading* pada simpang dengan adanya peluang yang diinginkan peluang untuk terjadinya *overloading* (P_{OL}) yang disarankan untuk perancangan dan perencanaan yaitu $P_{OL} \leq 5$ %. Sedangkan untuk analisis operasional suatu nilai P_{OL} = 5 – 10 % masih dapat diterima. Di bawah ini merupakan gambar grafik penentuan N_{qMAX} yang terdapat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Grafik Jumlah Kendaraan Tersisa
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Panjang Antrean (P_A) diperoleh dari N_{qMAX} dengan luas area rata-rata yang digunakan oleh satu mobil penumpang (smp) yaitu 20 m^2 kemudian dibagi dengan lebar masuk (m). Perhitungan P_A dapat dilihat pada Persamaan 3.18.

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

dengan:

P_A = panjang antrean,

N_q = satu mobil penumpang (smp), dan

L_M = lebar jalur masuk.

3.9.2 Rasio Kendaraan Henti

Rasio kendaraan henti adalah rasio antara kendaraan dan pendekat yang harus berhenti karena isyarat merah sebelum melewati simpang APILL terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut. Perhitungan rasio kendaraan henti dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.19.

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

dengan:

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

s = waktu siklus (det), dan

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

Jumlah kendaraan terhenti (N_{KH}) merupakan jumlah berhenti rata-rata per kendaraan sebelum melewati suatu simpang APILL. Jumlah kendaraan terhenti (N_{KH}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.20.

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

Angka henti seluruh simpang APILL ($R_{KH\ Total}$) dihitung dengan membagi jumlah kendaraan yang terhenti secara keseluruhan di simpang dengan arus total simpang. Perhitungan angka henti seluruh simpang APILL dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.21.

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

3.9.3 Tundaan

Tundaan (T) merupakan waktu yang lebih lama untuk melewati simpang dibandingkan dengan rute tanpa simpang. Tundaan terdiri dari dua jenis yaitu tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat (T_R) dan tundaan geometri (T_G). Perhitungan (T_{LL}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.22.

$$T_{LL} = s \times A + \frac{N_{q1} \times 3600}{C} \quad (3.22)$$

dengan:

T_{LL} = tundaan lalu lintas (det/smp),

s = waktu siklus (det),

A = $\frac{0{,}5 \text{ x } (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \text{ x } D_J)}$

N_{q1} = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya, dan

C = kapasitas (smp/jam).

Tundaan geometri (T_G) adalah tundaan yang terjadi karena percepatan dan perlambatan saat menunggu giliran hijau di suatu simpang dan/atau ketika lampu merah pada tiap pendekat dihentikan. Nilai tundaan geometrik gerakan lalu lintas pada pendekat dengan belok kiri langsung (LTOR) adalah 6 detik. Nilai tundaan geometri rata-rata masing-masing pendekat (T_G) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23.

$$T_{Gi} = (1 - R_{KH}) \text{ x } P_B \text{ x } 6 + (R_{KH} \text{ x } 4) \quad (3.23)$$

dengan:

T_{Gi} = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat I (det/smp),

R_{KH} = rasio kendaraan terhenti pada pendekat, dan

P_B = porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat.

Tundaan (T) merupakan penjumlahan antara tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat (T_{LL}) dan tundaan geometri (T_G) seperti pada Persamaan 3.24 berikut.

$$T = T_{LL} + T_G \quad (3.24)$$

3.10 Tingkat Pelayanan Simpang

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2015), Tingkat pelayanan menjadi ukuran yang digunakan sebagai kualitas suatu simpang dalam melayani arus lalu lintas. Tingkat pelayanan adalah ukuran kuantitatif dan kualitatif yang dapat menggambarkan operasional lalu lintas. Tingkat pelayanan pada simpang dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Tingkat Pelayanan pada Simpang Bersinyal

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

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2015)

Penetapan tingkat pelayanan pada persimpangan, tingkat pelayanannya yang diinginkan pada ruas jalan pada sistem jalan primer sesuai fungsinya adalah sebagai berikut.

1. Jalan arteri primer, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B,
2. Jalan kolektor primer, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B,
3. Jalan lokal primer, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C, dan
4. Jalan tol, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B.

Tingkat Pelayanan yang diinginkan pada ruas jalan pada sistem jaringan jalan sekunder sesuai fungsinya adalah sebagai berikut:

1. Jalan arteri sekunder, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C,
2. Jalan kolektor sekunder, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C, dan
3. Jalan lokal sekunder, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya D.

Tingkat pelayanan ditetapkan oleh Direktur Jenderal, Gubernur, Bupati dan Walikota sesuai kewenangan.

3.11 Permodelan Lalu Lintas dengan *Software* PTV Vissim

Perangkat lunak multimoda lalu lintas mikroskopis yaitu PTV Vissim dapat menganalisis operasi angkutan umum dan kendaraan pribadi dengan melihat masalah seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas, dan lain-lain (PTV-AG, 2011). *Software* PTV Vissim juga dapat mengkalibrasi kondisi lalu lintas untuk mengevaluasi berbagai alternatif rekayasa transportasi dan tingkat

perencanaan yang efektif. *Software* ini juga berguna untuk simulasi lalu lintas mikroskopik, transportasi umum, dan pejalan kaki.

Menurut Park dan Scheeberger (2003), simulasi mikroskopis merupakan alat yang fleksibel dan bermanfaat dalam bidang transportasi. Melalui simulasi ini, perencana dapat menganalisis berbagai alternatif solusi dan modifikasi desain sebelum diterapkan, termasuk pengaruhnya terhadap emisi udara, efisiensi penggunaan bahan bakar, potensi kecelakaan, hingga pendapatan dari jalan tol. Selain itu, simulasi ini juga banyak dimanfaatkan untuk mengkaji penerapan teknologi transportasi terbaru, seperti sistem transportasi cerdas.

Digunakannya *software* PTV Vissim ini, pengguna dapat merancang lalu lintas yang efisien, membandingkan berbagai skenario lalu lintas, melakukan evaluasi kinerja pada jalan dan simpang, mengidentifikasi kebutuhan insfastruktur tambahan, dan dapat mengoptimalkan aliran lalu lintas di suatu jalan maupun simpang.

3.12 Validasi Data

Validasi adalah pengujian data untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan merupakan data yang valid. Untuk melakukan validasi ini, volume lalu lintas dan panjang antrean dari hasil survei dibandingkan dengan data hasil analisis menggunakan pemodelan Vissim dan PKJI 2023.

3.12.1 Uji GEH

Uji statistik GEH (Geoffrey E. Havers) digunakan sebagai alat evaluasi untuk menilai tingkat kesesuaian antara hasil model simulasi dengan kondisi lalu lintas aktual. Nilai GEH dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.25 berikut.

$$\text{GEH} = \sqrt{\frac{(q_{simulated} - q_{observed})^2}{0{,}5 \text{ x } (q_{simulated} - q_{observed})}} \tag{3.25}$$

dengan:

$q_{simulated}$ = data volume lalu lintas (kendaraan/jam) yang didapat dari hasil permodelan Vissim, dan

$q_{observed}$ = data volume lalu lintas (kendaraan/jam) yang didapat dari hasil survei lapangan.

Validasi pada rumus GEH memiliki ketentuan yang terdapat pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Kesimpulan Hasil Rumus GEH

Nilai GEH	Keterangan
GEH < 5	Hasil Diterima
5 ≤ GEH ≤ 10	Kemungkinan kesalahan permodelan atau data yang buruk
GEH > 10	Hasil Ditolak

3.12.2 Uji MAPE

Menurut Nabillah dan Ranggadara (2020), MAPE atau *Mean Absolute Percentage Error* adalah nilai rata-rata dari selisih absolut antara data prediksi dan data aktual, yang dinyatakan dalam bentuk persentase. MAPE digunakan untuk mengevaluasi hasil prediksi dengan tujuan mengukur tingkat akurasi antara hasil peramalan dan data aktual yang terjadi. Di bawah ini merupakan rumus MAPE yang dapat dilihat pada Persamaan 3.26 berikut.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \; x \; 100\% \qquad (3.26)$$

dengan:

At = nilai suatu parameter permodelan berdasarkan hasil pengamatan di lo kasi penelitian, dan

Ft = nilai suatu parameter permodelan berdasarkan hasil permodelan.

Kesimpulan dari hasil perhitungan MAPE dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.9 Kesimpulan Uji MAPE

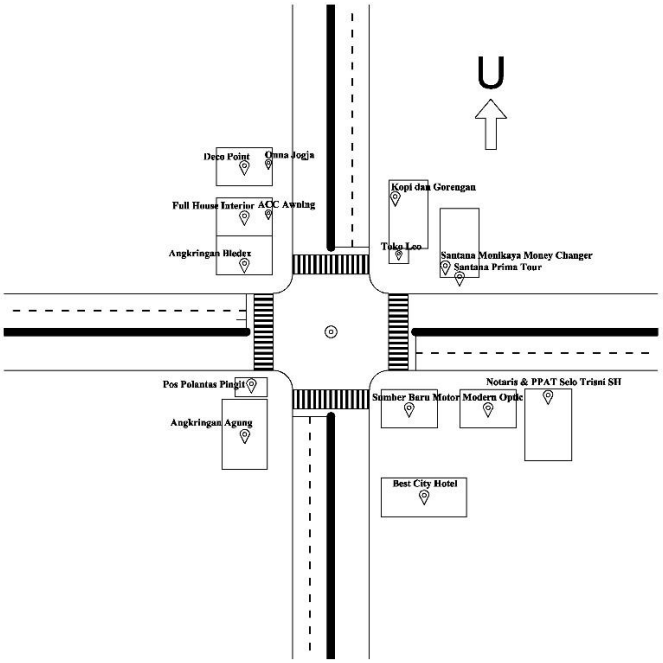
<10%	Kemampuan permodelan sangat baik
10 - 20%	Kemampuan pemodelan baik
20 - 50%	Kemampuan pemodelan layak
>50 %	Kemampuan pemodelan buruk

Sumber: Gustavsson (2007)

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan pada Simpang Pingit Yogyakarta yang menghubungkan Jalan Pangeran Diponegoro, Jalan Kyai Mojo, Jalan Tentara Pelajar, dan Jalan Magelang. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian Simpang Pingit Yogyakarta

4.2 Data Penelitian

Pada penelitian ini, data yang digunakan terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data penelitian yang didapatkan secara langsung melalui hasil observasi atau survei di lapangan. Data sekunder merupakan data penelitian yang didapatkan secara tidak langsung dan dapat diperoleh melalui buku, internet, dan perangkat lainnya. Data penelitian dalam Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Penelitian

Data Primer	Data Sekunder
1. Hambatan samping 2. Panjang antrean 3. *Driving behavior* 4. Kecepatan kendaraan 5. Geometri simpang 6. Waktu siklus simpang 7. Volume lalu lintas	1. Denah lokasi Simpang Pingit, Yogyakarta 2. Jumlah Penduduk Kota Yogyakarta

4.3 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh informasi yang diperlukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, sehingga memungkinkan dilakukannya analisis secara menyeluruh. Penelitian ini memanfaatkan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan secara langsung melalui survei lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari aplikasi Google Maps dan dokumen publikasi Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Yogyakarta Tahun 2022. Data yang dikumpulkan dari kegiatan lapangan mencakup berbagai informasi sebagai berikut. Perhitungan volume kendaraan disesuaikan berdasarkan klasifikasi tipe kendaraan dengan ketentuan sebagai berikut.

1. Survei Volume Lalu Lintas

   Dalam pelaksanaan survei volume lalu lintas, kamera ditempatkan pada setiap pendekat. Kamera tersebut berfungsi merekam pergerakan kendaraan dari satu pendekat menuju arah tujuannya. Penggunaan kamera selama survei bertujuan untuk meminimalkan kesalahan manusia dalam pencatatan data, sehingga hasil survei volume lalu lintas dapat lebih akurat dan mencerminkan kondisi nyata di lapangan.

   a. Kendaraan berat (KS)

      Kendaraan berat merupakan jenis kendaraan bermotor yang memiliki lebih dari empat roda, yang mencakup truk kombinasi, truk dua sumbu, truk tiga sumbu, serta bus. Bus besar (BB) dan Truk berat (TB) dihitung dan masuk dalam klafisikasi kendaraan berat (KS).

b. Kendaraan ringan (MP)

Kendaraan ringan merupakan kendaraan bermotor dengan dua sumbu dan empat roda, yang mencakup truk kecil, mobil pengangkut barang, serta mobil penumpang.

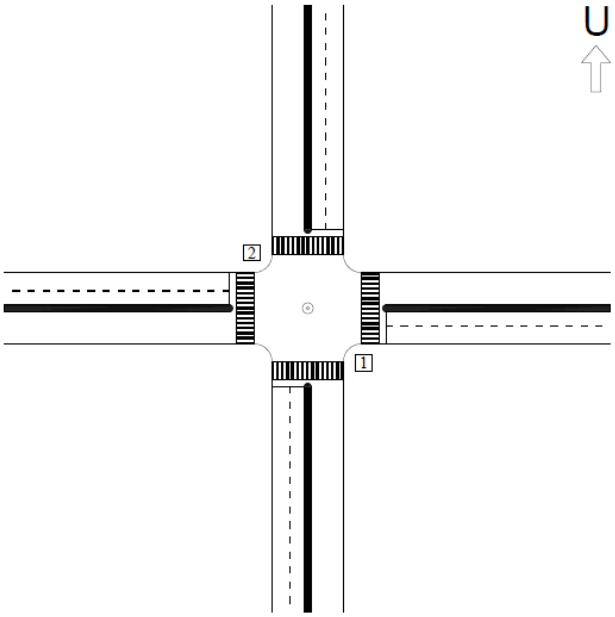
c. Sepeda motor (SM)

Sepeda motor meliputi kendaraan bermotor dengan 2 atau tiga roda.

Dalam pelaksanaan survei volume lalu lintas, diperlukan pengelompokan kendaraan berdasarkan arah pergerakan lalu lintas yang dituju, dengan kategori pembagian sebagai berikut.

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

Dalam menghitung jumlah kendaraan yang melintasi persimpangan, data diperoleh melalui rekaman kamera yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan jenis kendaraan serta arah pergerakan pada masing-masing pendekat. Proses penghitungan dilakukan dengan membagi waktu observasi ke dalam interval 15 menit, karena interval tersebut dinilai masih mampu merepresentasikan kondisi aktual di lapangan secara akurat. Ilustrasi penempatan kamera pada survei volume lalu lintas disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Lokasi Pengamatan Survei Volume Lalu Lintas

Keterangan:

1 = Lokasi kamera 1.

2 = Lokasi kamera 2

2. Waktu Siklus Simpang

   Pengukuran waktu siklus pada simpang dilakukan melalui observasi langsung di lapangan. Setiap petugas survei yang ditempatkan pada masing-masing pendekat mencatat durasi sinyal APILL, meliputi lampu merah, kuning, hijau, dan kembali ke merah. Seluruh data waktu sinyal tersebut kemudian dikompilasi untuk menentukan durasi siklus pada simpang bersinyal, yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan kapasitas simpang tersebut. Pengambilan data dilakukan dalam tiga sesi waktu, yaitu pagi, siang, dan sore hari.

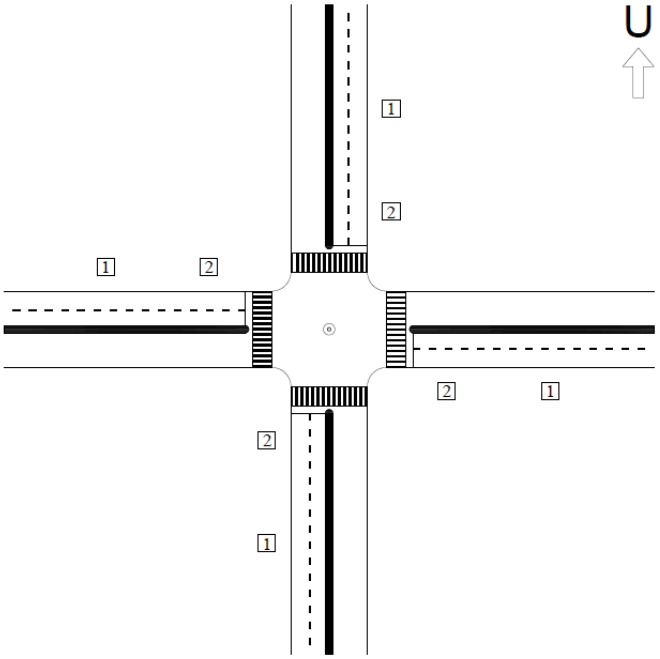
3. Geometri Simpang

   Survei geometri persimpangan dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh gambaran mengenai kondisi geometrik pada suatu lokasi persimpangan. Pengumpulan data dilakukan menggunakan alat ukur walking measure serta

melalui observasi visual secara langsung di lapangan. Hasil pengukuran di lokasi mencakup data lebar jalur, sedangkan observasi visual menghasilkan informasi mengenai tipe persimpangan, jenis pendekat, jumlah jalur dan lajur, serta keberadaan median pada masing-masing pendekat.

4. Kecepatan Kendaraan

Data kecepatan kendaraan diperoleh melalui observasi langsung di lapangan. Pengukuran dilakukan pada setiap pendekat dengan jarak pengamatan yang telah ditentukan sebelumnya. Tujuan dari survei kecepatan ini adalah untuk mendukung pemodelan simpang menggunakan perangkat lunak Vissim, di mana data kecepatan digunakan untuk merepresentasikan pergerakan kendaraan menuju area simpang. Survei dilaksanakan pada jarak 50 meter sebelum antrean kendaraan terakhir, dengan pertimbangan bahwa kecepatan kendaraan di titik tersebut belum dipengaruhi oleh antrean. Kecepatan dihitung berdasarkan waktu tempuh kendaraan dalam jarak 20 meter, yang kemudian digunakan untuk memperoleh nilai kecepatan dengan membagi jarak terhadap waktu. Jumlah sampel yang diambil untuk setiap jenis kendaraan sebanyak tiga puluh unit. Lokasi pelaksanaan survei kecepatan kendaraan ditampilkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Lokasi Survei Kecepatan Kendaraan

Keterangan:

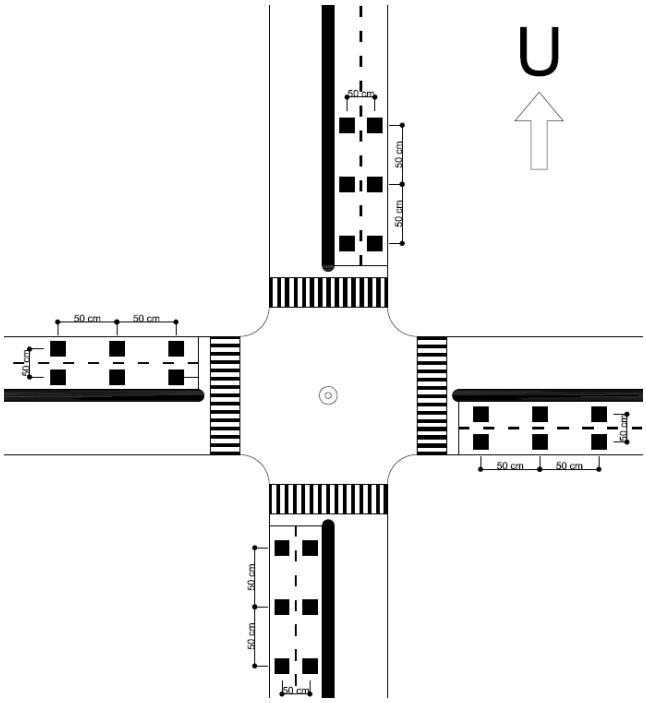
1 = Lokasi surveyor 1, dan

2 = Lokasi surveyor 2.

5. Data *Driving Behavior*

Dalam perangkat lunak Vissim, data mengenai perilaku pengemudi merupakan salah satu parameter penting dalam pemodelan simpang. Survei perilaku pengemudi dalam penelitian ini difokuskan pada kondisi kendaraan saat berhenti dan saat bergerak. Pengukuran dilakukan dengan mencatat jarak antar kendaraan, baik dalam arah depan–belakang maupun sisi kanan–kiri. Pada saat kendaraan berhenti akibat sinyal lampu merah, pengamatan dilakukan dengan mengukur jarak antar kendaraan dari sisi depan ke belakang serta sisi samping. Sementara itu, ketika kendaraan sedang bergerak, jarak diukur dengan menggunakan garis bantu dengan interval setiap 50 cm untuk memperoleh data jarak antar kendaraan dalam kondisi berjalan. Survei ini mencakup 10 sampel untuk masing-masing kondisi: jarak depan–belakang

saat berhenti, jarak kanan–kiri saat berhenti, serta jarak depan–belakang saat kendaraan berjalan, yang dilakukan pada setiap pendekat. Pengumpulan data perilaku mengemudi dilakukan dalam satu sesi, karena data yang diperoleh dinilai telah mewakili karakteristik umum perilaku pengemudi pada berbagai waktu. Lokasi pelaksanaan survei perilaku pengemudi dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Lokasi Survei *Driving Behavior*

6. Data Panjang Antrean

   Data panjang antrean digunakan sebagai dasar untuk memvalidasi hasil analisis yang diperoleh dari perhitungan berdasarkan PKJI 2023 maupun hasil pemodelan menggunakan perangkat lunak Vissim. Pengukuran dilakukan pada masing-masing pendekat. Sebelum proses pengukuran dilakukan, setiap pendekat telah diberi penanda jarak dengan interval 20 meter untuk mempermudah proses pengamatan dan pencatatan panjang antrean secara akurat.

7. Data Hambatan Samping

Data hambatan samping digunakan untuk menentukan tingkat klasifikasinya berdasarkan metode perhitungan yang diacu dari PKJI 2023. Pengumpulan data dilakukan secara kualitatif dengan memperhatikan kondisi nyata di lapangan. Setiap pendekat diamati secara terpisah karena masing-masing memiliki karakteristik hambatan samping yang berbeda-beda.

4.3.1 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam pengambilan data di lapangan adalah sebagai berikut.

1. *Handphone*
2. *Handty talky*
3. Kamera
4. *Walking measure*
5. Formulir survei
6. Alat tulis
7. *Stopwatch*

4.3.2 Waktu Pelaksanaan Survei

Penentuan hari pelaksanaan survei didasarkan pada penelitian Ramadhana, (2019) yang berlokasi di Simpang Pingit Yogyakarta. Survei pengumpulan data lalu lintas dalam penelitian ini dilaksanakan selama dua hari, yang mencakup satu hari pada hari kerja (*weekday*), yaitu hari Senin, dan satu hari pada akhir pekan (*weekend*), yaitu hari Sabtu. Pengambilan data dilakukan dalam tiga sesi waktu, yakni pagi, siang, dan sore. Hal ini dikarenakan 3 sesi tersebut merupakan jam puncak dan diasumsikan bahwa data jam puncak bisa mewakili jam lainnya diluar jam puncak. Berikut rincian waktu pelaksanaan.

1. Waktu pagi : 07.45 – 10.45 WIB
2. Waktu siang : 11.00 – 13.00 WIB
3. Waktu sore : 15.00 – 18.00 WIB

Berdasarkan keterangan dari Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta (2024), survei dilakukan dalam tiga periode waktu, yaitu pagi, siang, dan sore, guna mengidentifikasi jam-jam dengan volume kendaraan tertinggi.

Pelaksanaan survei mengacu pada rentang waktu selama 24 jam setiap hari dalam seminggu, yang berlangsung sepanjang satu tahun.

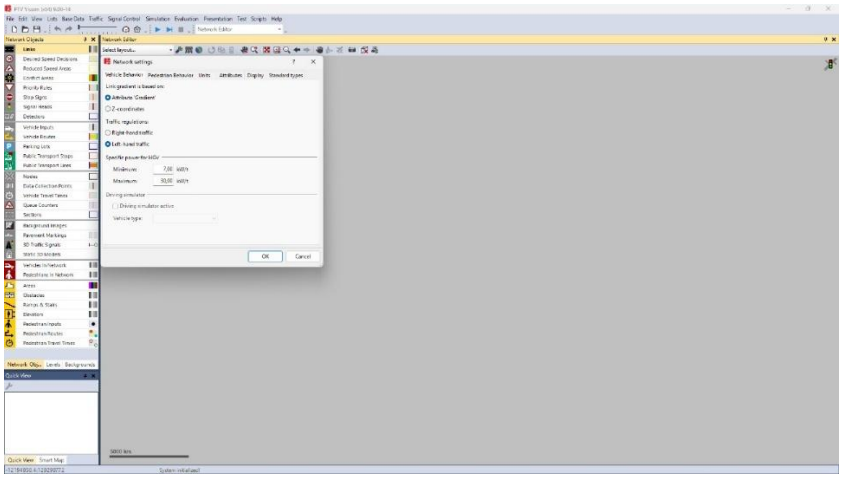
4.4 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode PKJI 2023 menggunakan bantuan *software Microsoft Excel* dan Vissim. Data pada penelitian ini diperoleh dari hasil survei dan pengamatan langsung di lapangan dan melalui data dari beberapa sumber. Data yang sudah diperoleh kemudian dilakukannya analisis berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023) menggunakan *software Microsoft Excel.* Hasil dari analisis menggunakan PKJI 2023 berupa kinerja simpang pada kondisi *existing*.

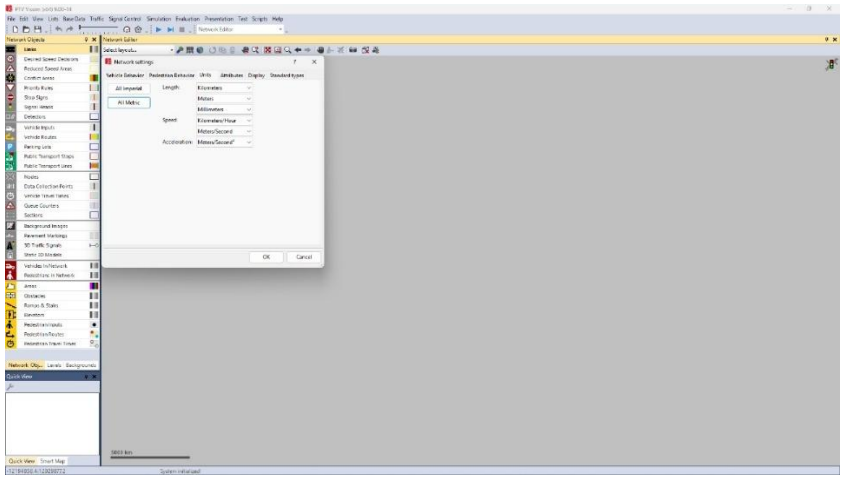
Setelah diketahuinya kinerja simpang pada kondisi *existing*, kemudian dicarinya beberapa alternatif solusi agar kinerja simpang dapat optimal. Perubahan waktu sinyal dapat menjadi alternatif solusi agar kinerja simpang dapat optimal pada jam sibuk dengan menggunakan *software* Vissim dalam pemodelannya. Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam pemodelan menggunakan *software* Vissim.

1. Pengaturan *network development*

   PTV VISSIM adalah perangkat lunak yang dikembangkan di Jerman, sehingga secara *default* pengaturan jalurnya menggunakan sistem berkendara di sisi kanan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyesuaian agar jalur berkendara sesuai dengan kondisi di Indonesia, yaitu di sisi kiri, serta mengganti satuan ke sistem metrik. Penyesuaian ini dapat dilakukan dengan mengakses base data pada menu bar, kemudian memilih *network setting*. Pada bagian *vehicle behavior,* atur menjadi *left-side traffic*, dan ubah *units* ke opsi *all metric.* Pengaturan network development dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan 4.6



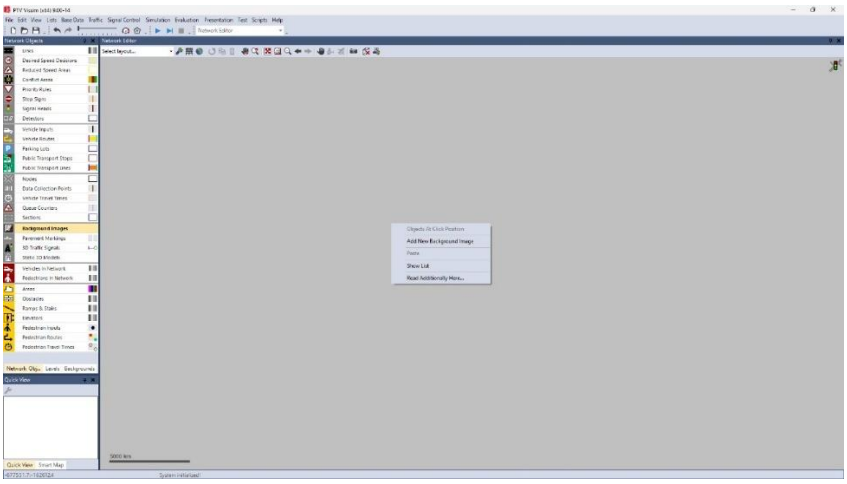
Gambar 4.5 *Vehicle Behavior*



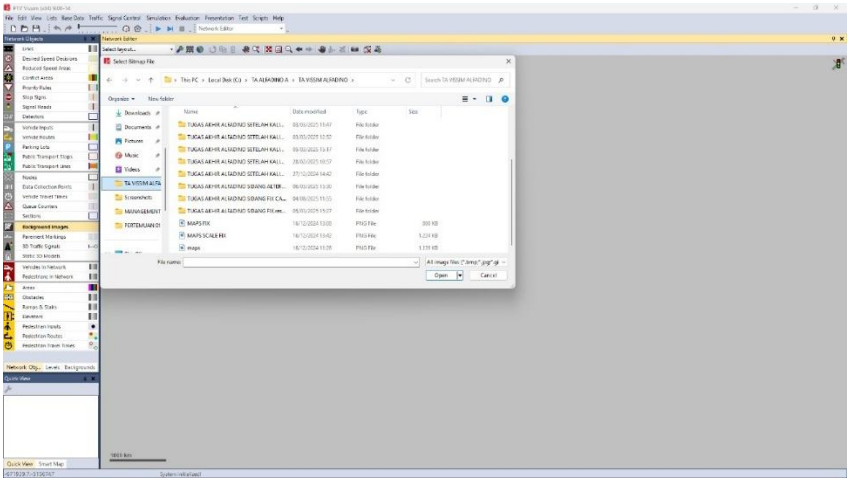
Gambar 4.6 *Units*

2. Input *background image*

Background image diambil dari aplikasi Google Maps pada area yang menjadi lokasi penelitian. Gambar ini berfungsi sebagai referensi visual dalam proses pemodelan lalu lintas di lokasi tersebut. Untuk menginput gambar latar, langkah-langkahnya adalah dengan memilih menu *background image* pada *network object*, kemudian klik kanan pada jendela *network editor*, pilih opsi *add new background image*, lalu pilih gambar peta lokasi penelitian yang akan digunakan untuk pemodelan. Setelah itu, klik *open*, dan gambar latar akan ditampilkan pada jendela *network editor.* Input background image dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan 4.8.



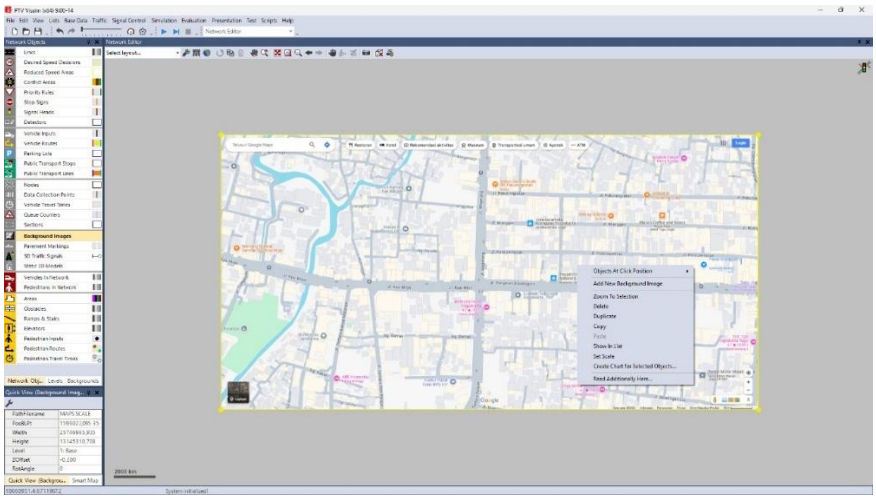
Gambar 4.7 Input *Background Image*



Gambar 4.8 Input *Background Image*

3. Pengaturan skala

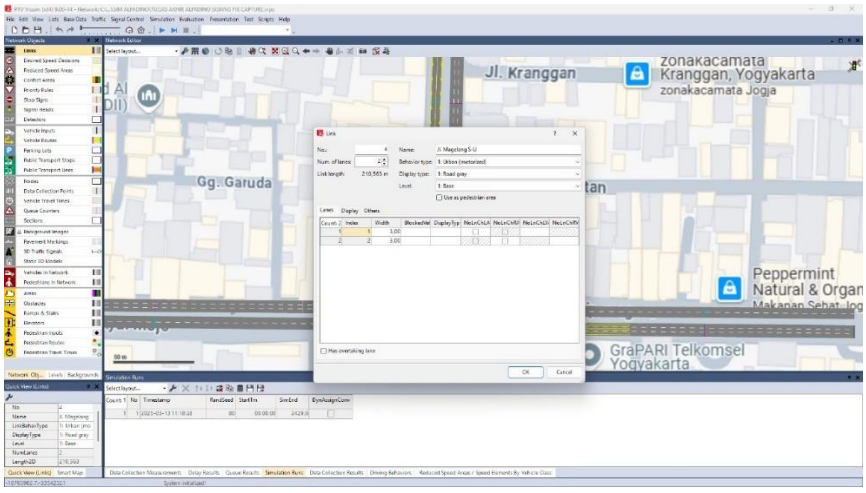
Penyesuaian skala perlu dilakukan agar skala pada perangkat lunak PTV VISSIM sesuai dengan skala pada peta yang diperoleh dari Google Maps. Langkah-langkah pengaturannya adalah dengan mengklik kanan pada *background image*, kemudian memilih opsi *set scale.* Setelah itu, tarik garis referensi skala pada gambar latar secara presisi, masukkan nilai skala sesuai dengan yang tercantum pada peta lokasi penelitian dari Google Maps, lalu klik ok. Pengaturan skala dapat dilihat pada Gambar 4.9.



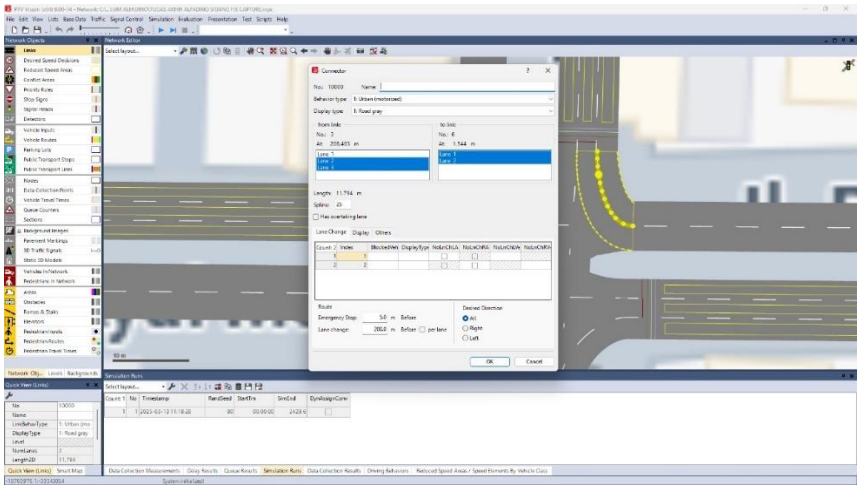
Gambar 4.9 Pengaturan Skala

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

   Pembuatan jaringan jalan disesuaikan dengan lebar tiap lajur yang ada di lokasi penelitian. Proses ini dilakukan dengan memilih link pada network object, kemudian klik kanan pada mouse dan tarik link sesuai arah dan panjang yang diperlukan. Selanjutnya, masukkan nama link (ruas jalan), jumlah lajur, serta lebar masing-masing lajur, lalu klik OK. Setelah seluruh link selesai dibuat, tahap berikutnya adalah pembuatan connector. Connector berfungsi sebagai penghubung antar link agar kendaraan dapat berpindah jalur sesuai arah tujuannya. Untuk membuat connector, klik kanan pada link asal, lalu arahkan ke link tujuan. Agar bentuk connector terlihat lebih halus, lakukan penyesuaian dengan klik kanan pada connector, kemudian pilih opsi recalculate spline. Pembuatan jaringan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.

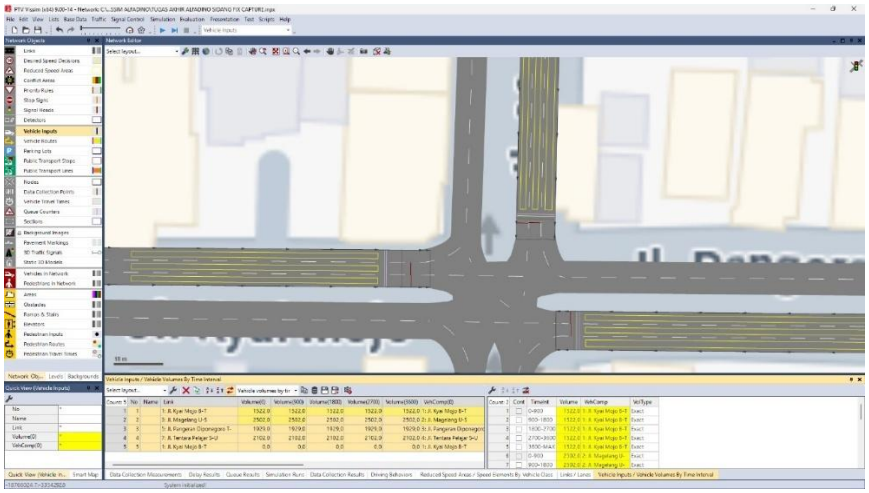


Gambar 4.10 Pembuatan *Links*



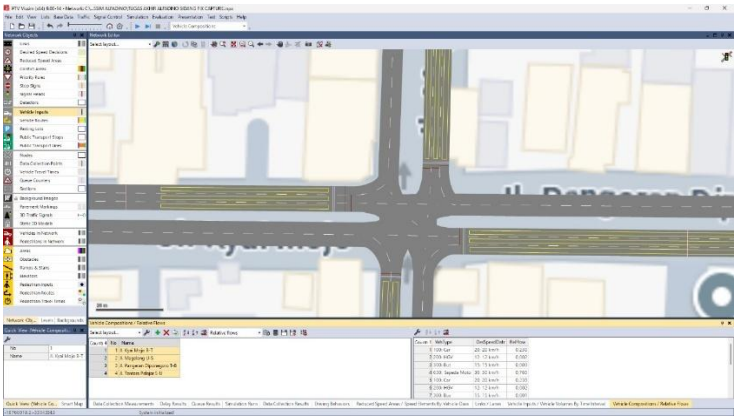
4.11 Pembuatan *Connectors*

5. Proses input data mencakup vehicle input, vehicle composition, kecepatan, dan vehicle routes. Vehicle input berfungsi untuk memasukkan data volume lalu lintas pada jam puncak dalam satuan kendaraan berdasarkan kondisi *existing* di lokasi penelitian. Langkah-langkah untuk menginput vehicle input adalah dengan memilih menu vehicle input pada network object, kemudian klik kanan pada link (ruas jalan) yang mengarah ke simpang, pilih opsi add new vehicle input, lalu masukkan data volume kendaraan pada masing-masing ruas jalan sesuai hasil survei saat jam puncak. Proses input data vehicle input dapat dilihat pada Gambar 4.12.

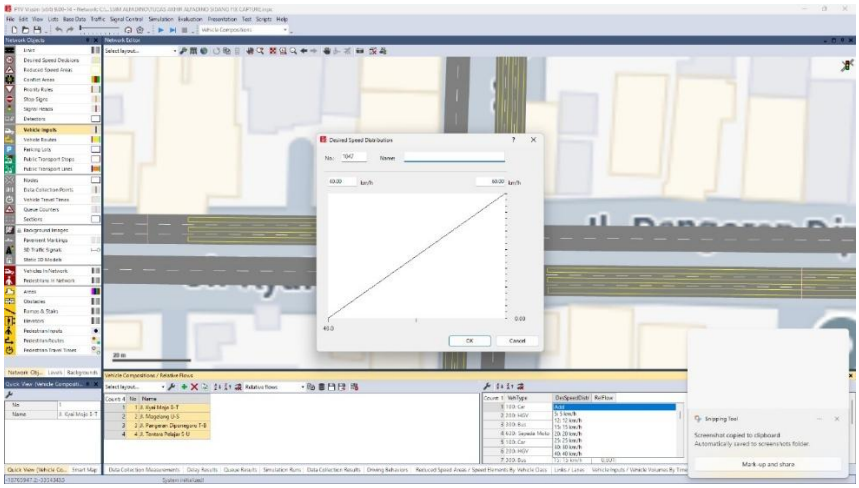


Gambar 4.12 *Vehicle Input* Pada Ruas Jalan

Setelah melakukan vehicle input, tahap berikutnya adalah memasukkan vehicle composition agar proporsi jenis kendaraan sesuai dengan data hasil survei. Penginputan vehicle composition dilakukan dengan memilih menu traffic pada menu bar, kemudian pilih opsi vehicle composition. Data tersebut dimasukkan untuk setiap lengan jalan yang mengarah ke simpang. Dalam penelitian ini, terdapat empat jenis kendaraan yang dimodelkan, yaitu sepeda motor (bike), mobil penumpang (car), bus, dan kendaraan berat (HGV). Setelah itu, masukkan data kecepatan masing-masing jenis kendaraan sesuai dengan hasil survei di lapangan. Input data vehicle composition dan kecepatan dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14.

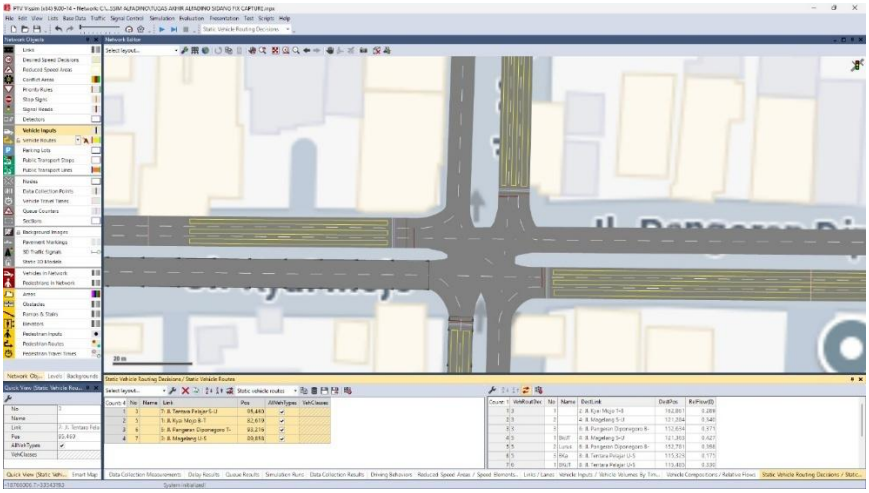


Gambar 4.13 Input *Vehicle Composition*



Gambar 4.14 Input Kecepatan

Proses vehicle route dilakukan untuk menentukan arah pergerakan kendaraan berdasarkan data survei pada setiap arah lalu lintas. Penginputan vehicle route dilakukan dengan memilih menu vehicle route pada network object, kemudian pilih lajur yang akan dimasukkan data pergerakan kendaraannya. Input vehicle route dapat dilihat pada Gambar 4.15.

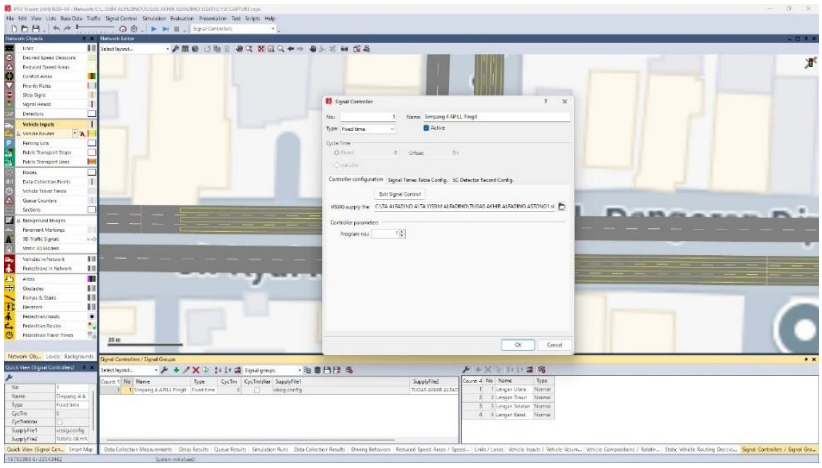


Gambar 4.15 Input *Vehicle Route*

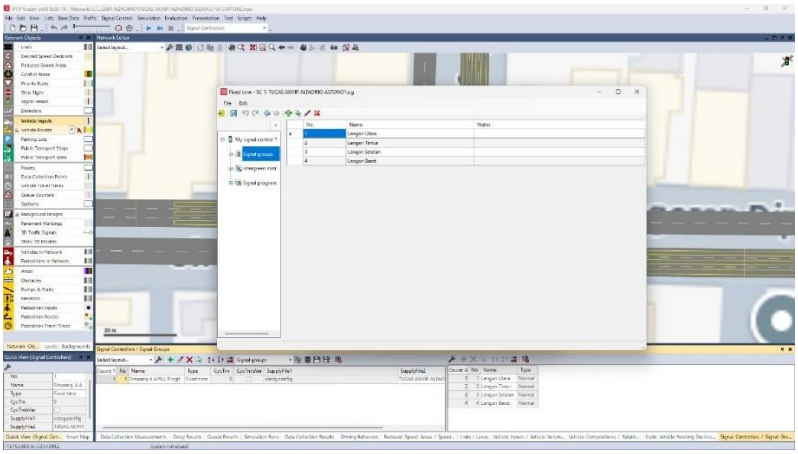
6. Input *signal controller*

Data mengenai fase sinyal dan waktu siklus pada setiap lengan di Simpang APILL MM UGM diperoleh melalui survei langsung di lokasi penelitian.

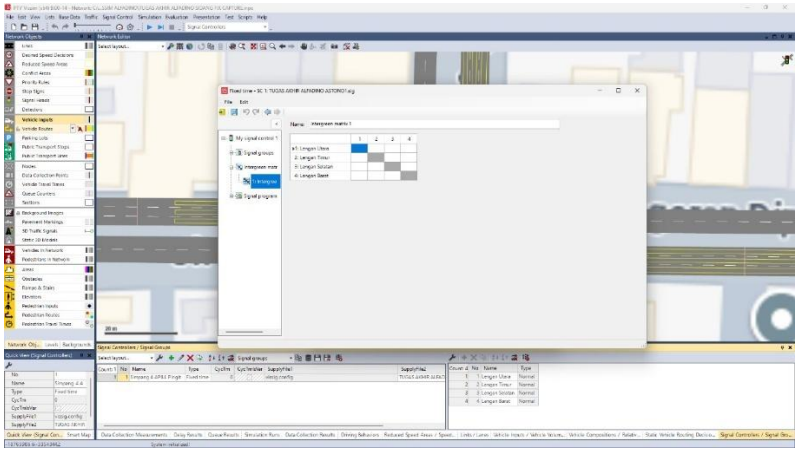
Proses input signal controller dilakukan dengan memilih menu signal control pada menu bar, kemudian klik signal controller. Ubah nama sesuai dengan lokasi penelitian, lalu pada bagian type pilih fixed time, dan klik edit signal control. Selanjutnya, pada bagian signal group, masukkan jumlah lengan simpang beserta masing-masing waktu sinyal (merah-merah/amber–hijau–amber) dengan mengklik add (+) dan beri nama sesuai dengan masing-masing lengan. Setelah itu, masukkan data waktu siklus seperti waktu merah, merah semua, hijau, dan kuning. Lakukan penyesuaian intergreen dengan mengklik add (+) sebanyak jumlah lengan yang sudah dimasukkan pada signal group. Setelah penyesuaian intergreen selesai, masukkan signal program (diagram fase) untuk menyelaraskan waktu siklus. Terakhir, klik save lalu ok untuk menyimpan pengaturan. Input dan pengaturan signal controller dapat dilihat pada Gambar 4.16 sampai Gambar 4.19.



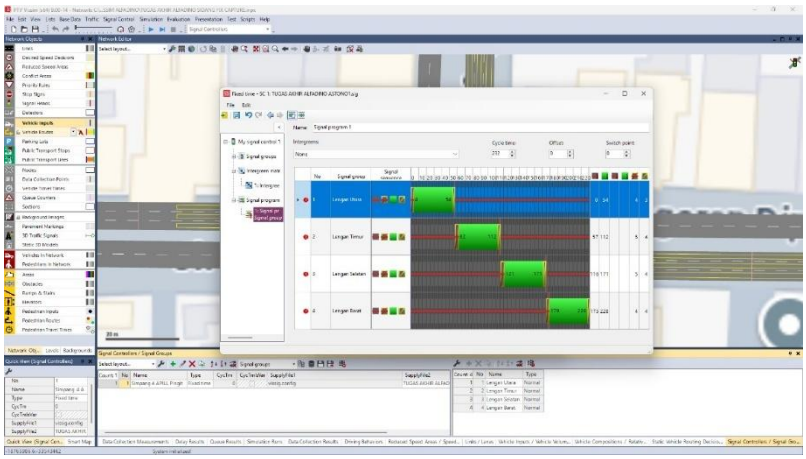
Gambar 4.16 Input *Signal Control*



Gambar 4.17 Input *Signal Group*

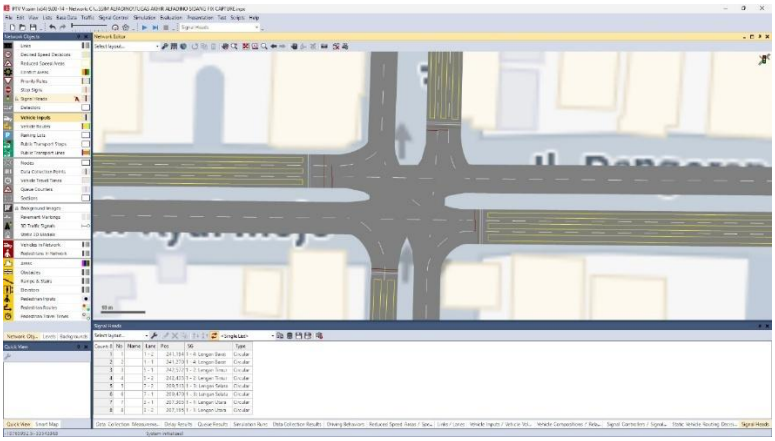


Gambar 4.18 Penyesuaian *Intergreen*



Gambar 4.19 Input Diagram Fase

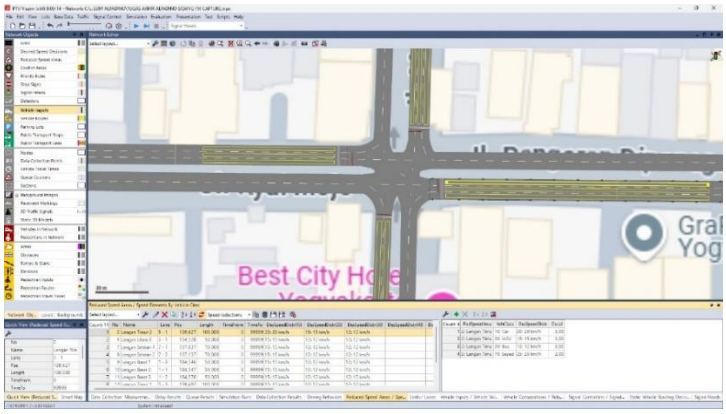
Setelah proses input dan pengaturan signal controller selesai, langkah berikutnya adalah memasang APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) pada setiap lengan simpang. Pemasangan APILL dilakukan dengan memilih signal head pada network object, kemudian klik kanan pada masing-masing lengan yang akan dipasangi APILL, ubah nama sesuai dengan nama lengan, lalu klik OK. Input signal head dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Input *Signal Head*

7. Pemasangan *reduce speed areas*

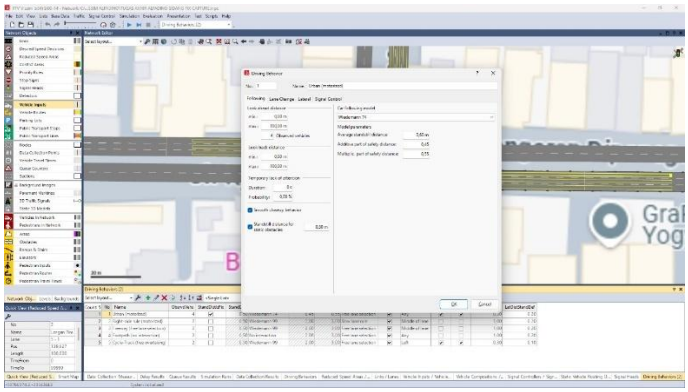
Reduced speed areas merupakan salah satu parameter kalibrasi yang digunakan untuk menyesuaikan perilaku pengemudi yang cenderung mengurangi kecepatan saat mendekati area tertentu, seperti persimpangan. Pengaturan reduced speed areas dilakukan dengan memilih menu reduced speed areas pada network object, kemudian klik kanan pada link yang akan diberikan area pengurangan kecepatan, lalu tarik sesuai dengan panjang area yang diinginkan. Setelah area tersebut dibuat, klik kanan pada reduced speed areas yang telah dipasang, pilih opsi add, sesuaikan kolom vehclass dengan jenis kendaraan yang akan diatur kecepatannya, kemudian atur kecepatan pada kolom desspeeddistr. Pemasangan dan pengaturan reduced speed areas dapat dilihat pada Gambar 4.21.



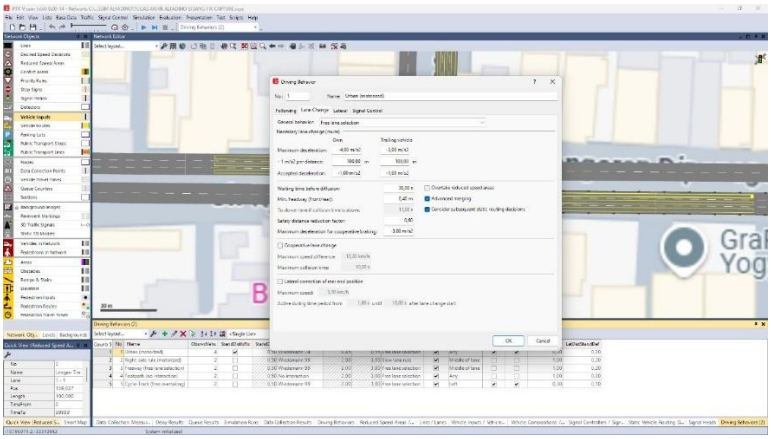
Gambar 4.21 Pemasangan *Reduced Speed Areas*

8. Input *driving behavior*

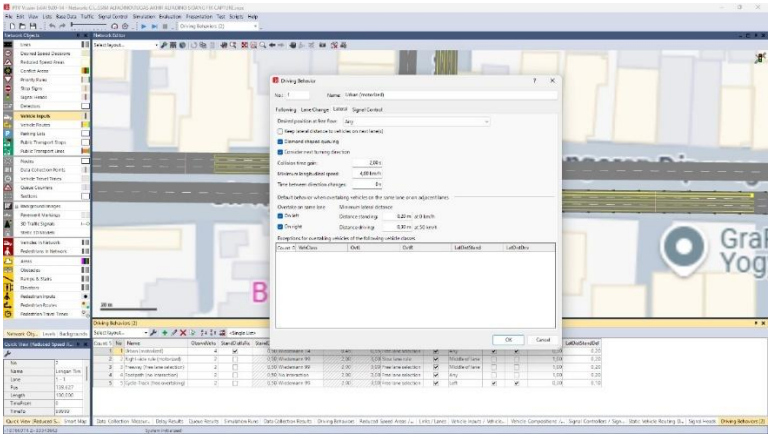
Driving behavior merupakan elemen yang secara langsung memengaruhi interaksi antar kendaraan, sehingga dapat menimbulkan perbedaan signifikan dalam hasil pemodelan lalu lintas. Dalam penelitian ini, data mengenai perilaku berkendara diperoleh melalui survei langsung di lokasi. Namun, apabila data hasil survei tidak menghasilkan simulasi yang valid, maka diperlukan proses trial and error dengan menyesuaikan setiap parameter pada driving behavior hingga diperoleh hasil simulasi yang sesuai. Oleh karena itu, penyesuaian driving behavior perlu dilakukan agar pemodelan dapat merepresentasikan kondisi nyata di lapangan. Proses input dilakukan dengan memilih base data pada menu bar, kemudian memilih opsi driving behavior. Input driving behavior dapat dilihat pada Gambar 4.22 sampai Gambar 4.25.



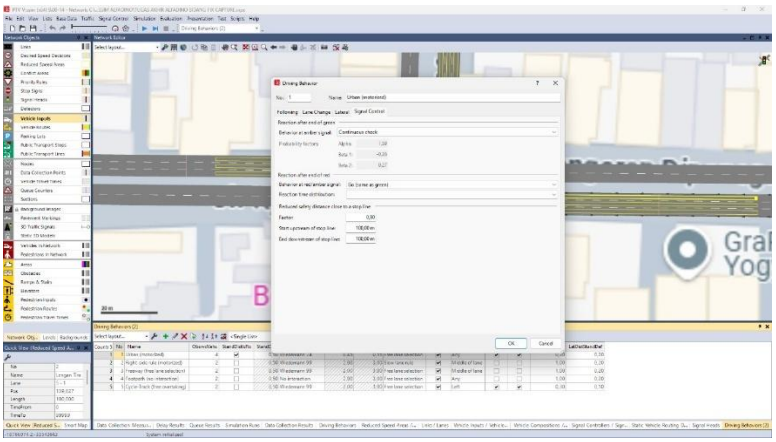
Gambar 4.22 Input Parameter *Following*



Gambar 4.23 Input Parameter *Lane Change*



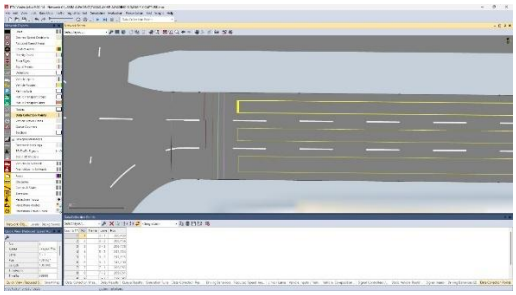
Gambar 4.24 Input Parameter *Lateral*



Gambar 4.25 Input Parameter *Signal Control*

9. Input *data collection point*

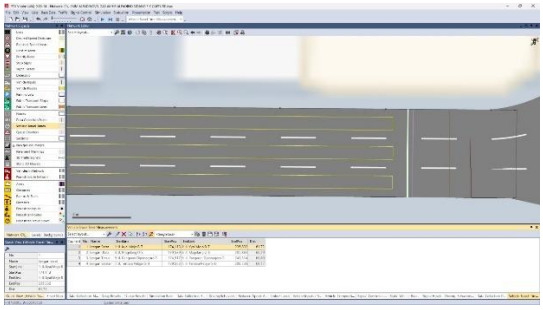
Dalam penelitian ini, jenis evaluasi yang digunakan adalah data collection point (DCP) karena output yang dianalisis meliputi volume kendaraan, panjang antrean pada setiap lengan, tundaan lalu lintas, serta kecepatan. Proses input DCP dilakukan dengan memilih data collection point pada network object, kemudian klik kanan pada setiap lengan masuk simpang, ubah nama sesuai dengan masing-masing lengan, lalu klik OK. Input data collection point dapat dilihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26 Input *Data Collection Point*

10. Input *vehicle travel times*

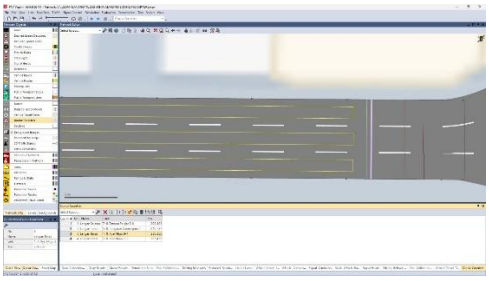
Vehicle travel times digunakan untuk menghitung kecepatan kendaraan serta tundaan (delay) yang terjadi. Penginputan vehicle travel times dilakukan dengan memilih menu vehicle travel times pada network object, kemudian klik kanan pada setiap lengan masuk simpang, tentukan jarak yang akan digunakan, ubah nama sesuai dengan masing-masing lengan, lalu klik OK. Input vehicle travel times dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27 Input *Vehicle Travel Times*

11. Input *queue counters*

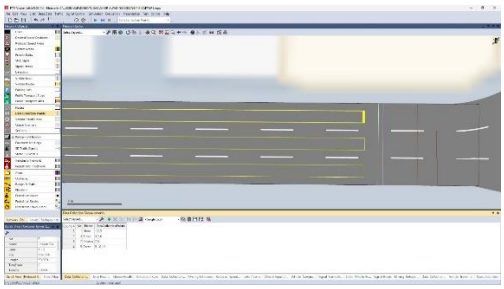
Panjang antrean kendaraan pada setiap lengan simpang dihitung menggunakan queue counters. Proses input queue counters dilakukan dengan memilih menu queue counters pada network object, kemudian klik kanan pada masing-masing lengan simpang, ubah nama sesuai dengan nama lengan, lalu klik OK. Input queue counters dapat dilihart pada Gambar 4.28.



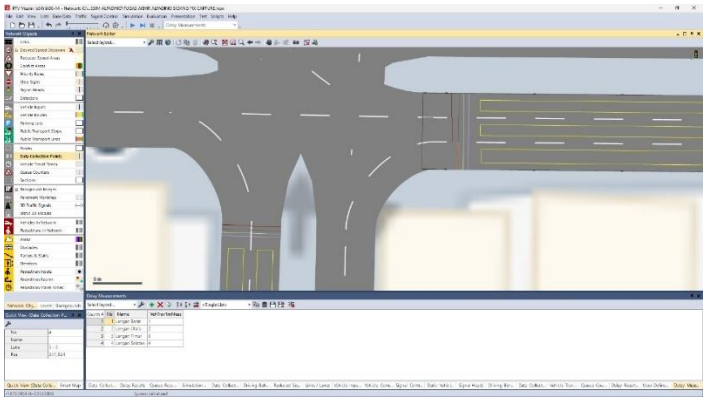
Gambar 4.28 Input *Queue Counters*

12. Penyesuaian *measurement definition*

Measurement definition berfungsi untuk mengelompokkan data collection measurement dan delay measurement, sehingga data collection point dan vehicle travel times yang telah diatur sebelumnya akan muncul pada hasil simulasi. Penyesuaian measurement definition dilakukan dengan memilih menu evaluation pada menu bar, kemudian klik measurement definition. Selanjutnya, pilih data collection measurement dan delay measurement, lalu klik add sesuai dengan jumlah lengan pada simpang. Penyesuaian measurement definition dapat dilihat pada Gambar 4.29 dan 4.30



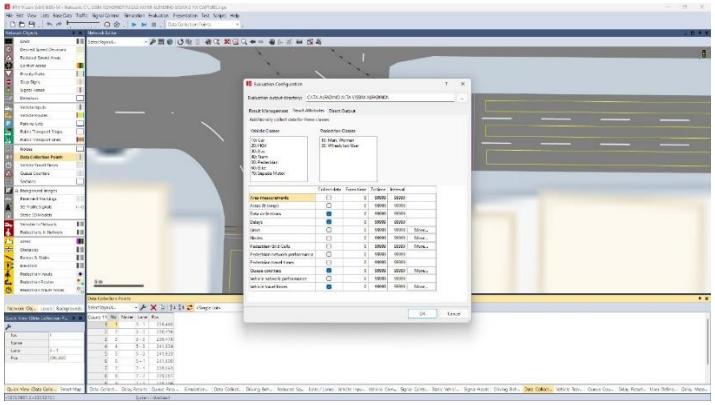
Gambar 4.29 Penyesuaian *Data Collection Measurement*



Gambar 4.30 Penyesuaian *Delay Measurement*

13. Pengaturan *evaluation configuration*

Pengaturan evaluation configuration diperlukan untuk menentukan parameter-parameter yang akan digunakan selama proses simulasi. Pengaturan ini dilakukan dengan memilih menu evaluation pada menu bar, kemudian klik configuration, lalu pilih data atau output yang ingin ditampilkan. Pengaturan evaluation configuration dapat dilihat pada Gambar 4.31.

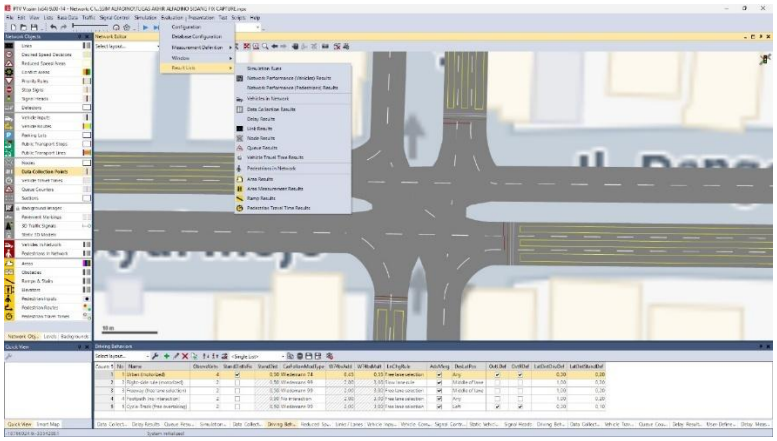


Gambar 4.31 Pengaturan *Evaluation Configuration*

14. Result list

Result list berfungsi untuk menampilkan data hasil dari proses simulasi yang telah dijalankan. Untuk menampilkan result list, klik menu evaluation pada

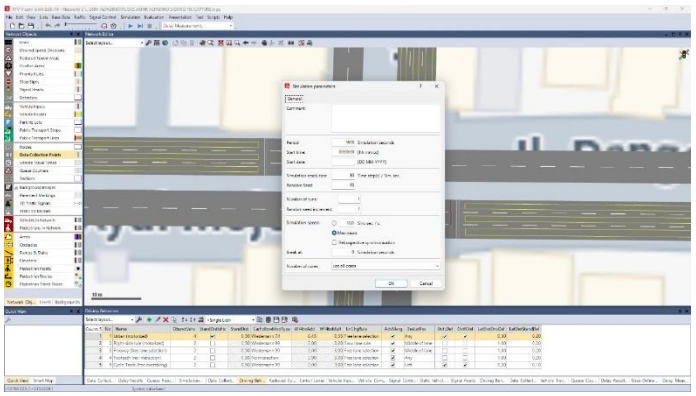
menu bar, kemudian pilih result list, lalu tentukan data yang ingin ditampilkan. Result list dapat dilihat pada Gambar 4.32.



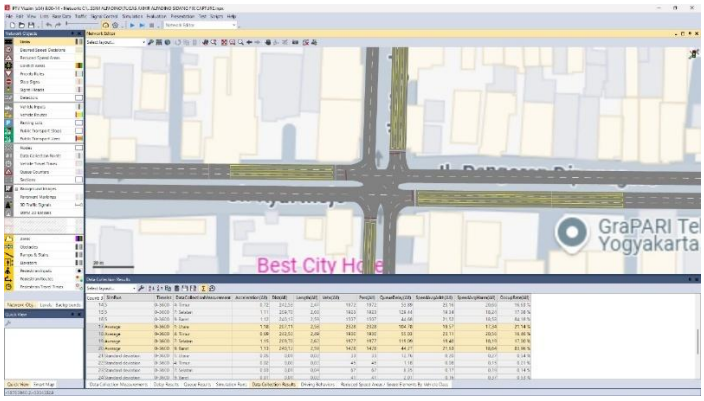
Gambar 4.32 ***Result List***

15. *Running Simulation*

Setelah seluruh tahapan pemodelan selesai dilaksanakan, langkah berikutnya adalah menjalankan simulasi selama satu jam. Proses running simulation dilakukan dengan memilih menu simulation pada menu bar, kemudian memasukkan angka yang diinginkan pada kolom random seed. Running simulation dapat dilihat pada Gambar 4.33 dan 4.34.



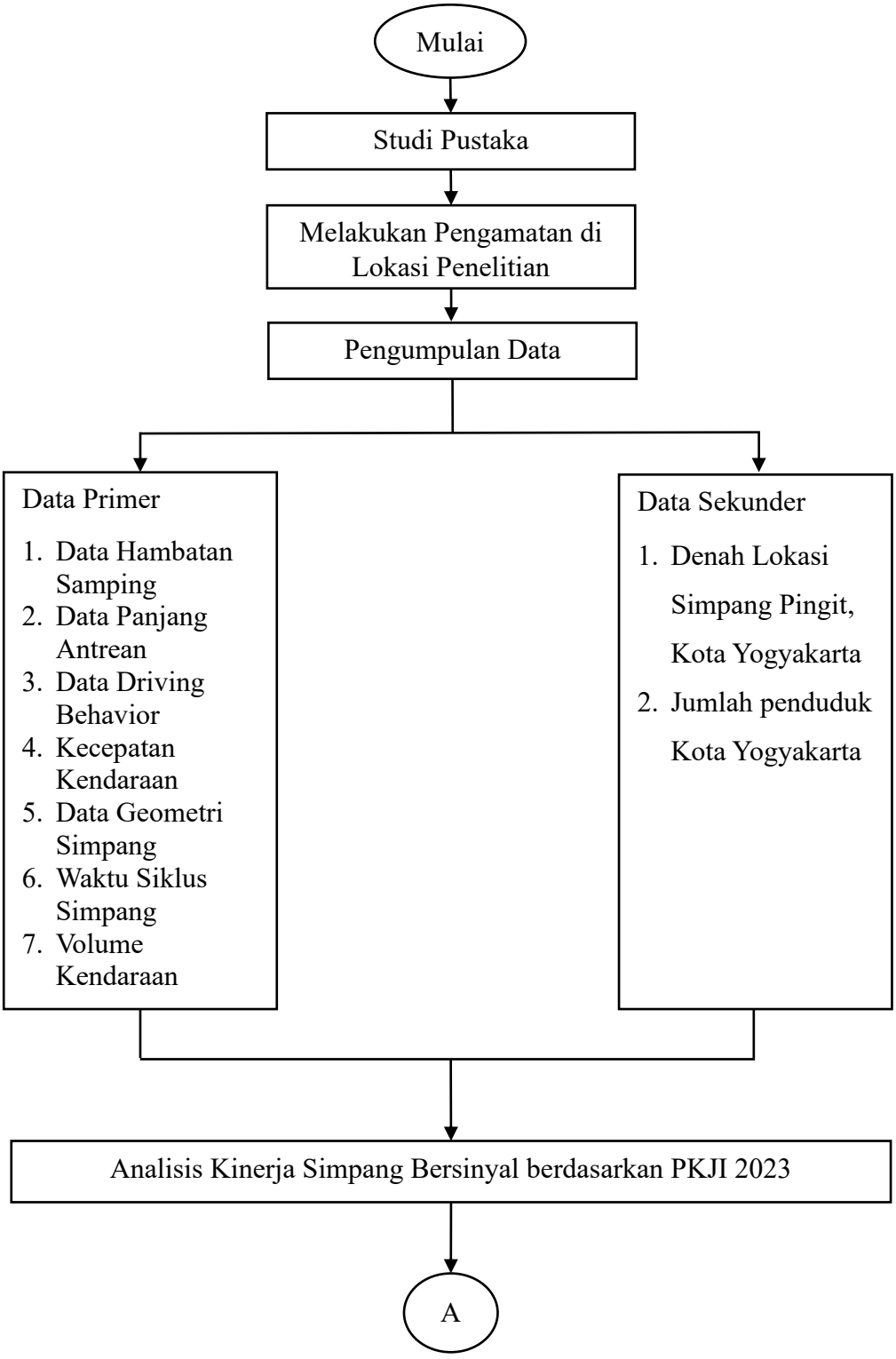
Gambar 4.33 ***Simulation Parameters***



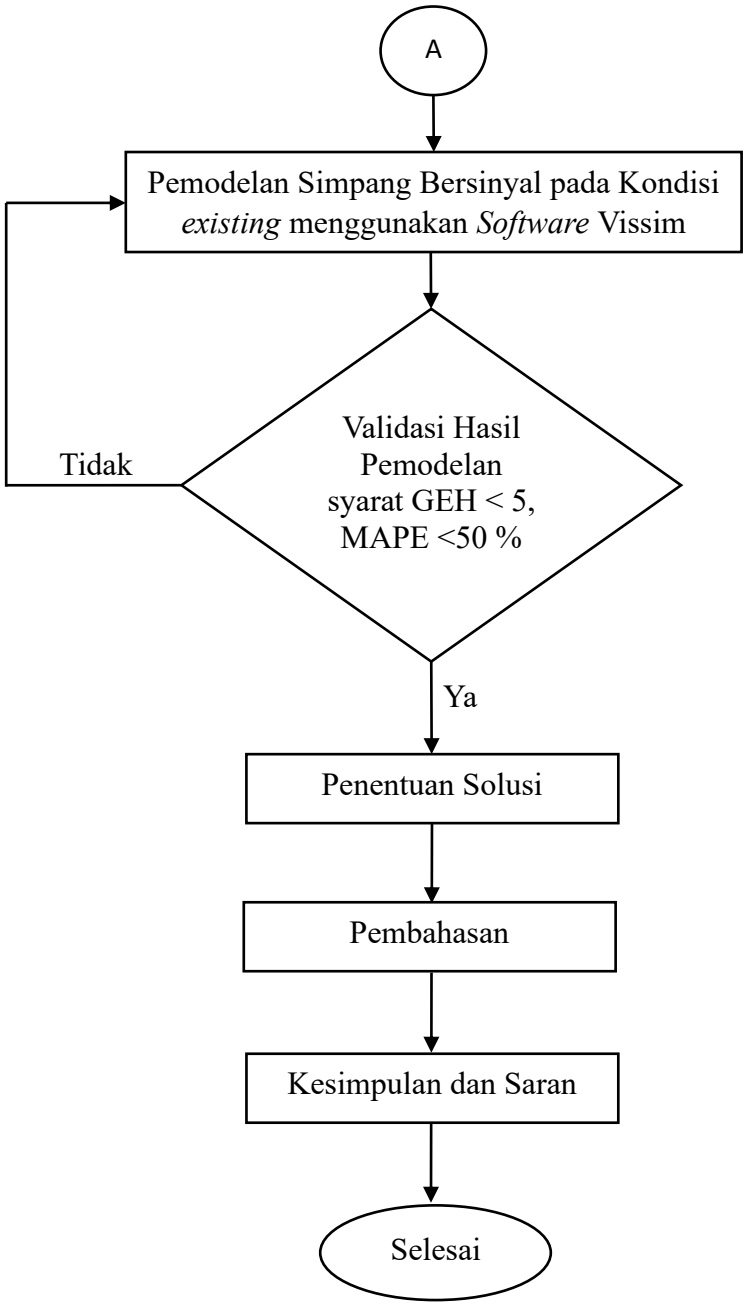
Gambar 4.34 Hasil Simulasi *PTV VISSIM*

4.5 Bagan Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dapat dilihat di bagan alir yang terdapat pada Gambar 4.35 berikut.



Gambar 4.35 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.35 Bagan Alir Penelitian

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Hasil Pengamatan

Proses analisis data dilakukan berdasarkan hasil pengamatan langsung yang diperoleh melalui survei lapangan. Data yang dikumpulkan mencakup volume lalu lintas, waktu siklus pada simpang, kondisi geometrik simpang, kecepatan kendaraan, perilaku pengemudi (*driving behavior*), serta panjang antrean. Seluruh data tersebut digunakan sebagai dasar dalam perhitungan analisis mengacu pada pedoman PKJI 2023 dan untuk pemodelan lalu lintas menggunakan perangkat lunak Vissim.

5.1.1 Data Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas diperoleh melalui survei langsung di lapangan yang dilaksanakan selama 8 jam per hari, mencakup satu hari kerja dan satu hari libur. Survei pada Simpang Pingit, Yogyakarta, dibagi ke dalam tiga periode waktu, yaitu periode pagi pukul 07.45–10.45 WIB, periode siang pukul 11.00–13.00 WIB, dan periode sore pukul 15.00–18.00 WIB pada hari Senin dan Sabtu. Data yang diperoleh dari hasil pengamatan di lapangan dinyatakan dalam satuan kendaraan per jam dan perlu dikonversi ke dalam satuan satuan mobil penumpang (smp/jam). Data volume lalu lintas pada Simpang Pingit disajikan pada Tabel 5.1.

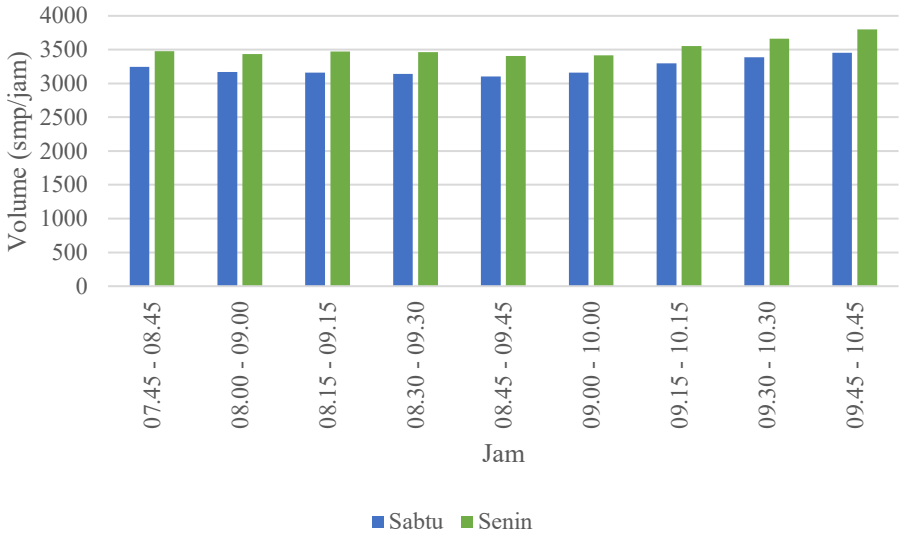
Tabel 5.1 Volume Lalu Lintas Simpang Pingit

Periode	Waktu	Volume Lalu Lintas (smp/jam)	
		Senin, 02 September 2024	Sabtu, 31 Agustus 2024
Pagi	07.45 – 08.45	3476,8	3244,3
	08.00 – 09.00	3434,8	3167,8
	08.15 – 09.15	3471	3162,3
	08.30 – 09.30	3465,3	3141,5
	08.45 – 09.45	3407,5	3101,2

Lanjutan Tabel 5.1 Volume Lalu Lintas Simpang Pingit

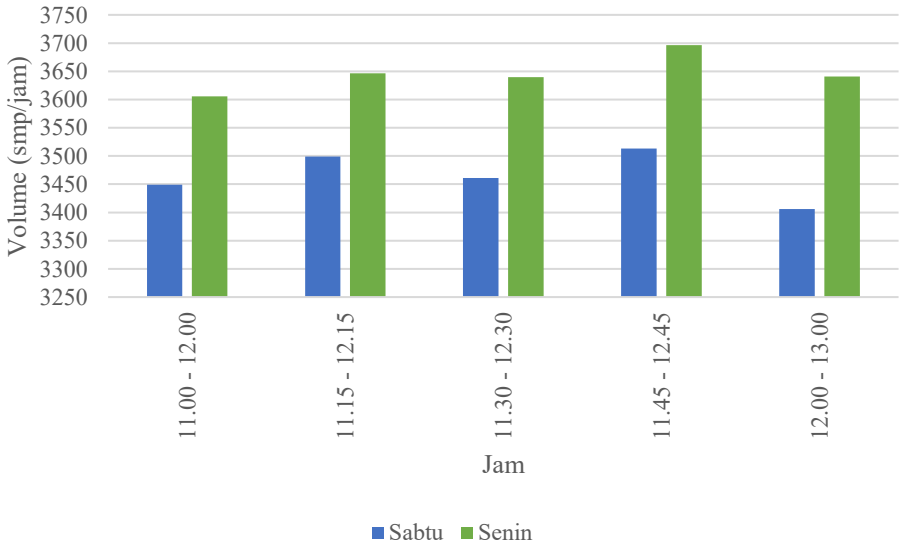
Periode	Waktu	Volume Lalu Lintas (smp/jam)	
		Senin, 02 September 2024	Sabtu, 31 Agustus 2024
Pagi	09.00 – 10.00	3413,7	3159,9
	09.15 – 10.15	3554,3	3299,1
	09.30 – 10.30	3662,3	3387,7
	09.45 – 10.45	3799,3	3451,7
Siang	11.00 – 12.00	3605,7	3449,3
	11.15 – 12.15	3646,5	3449
	11.30 – 12.30	3639,6	3460,8
	11.45 – 12.45	3696,6	3513
	12.00 – 13.00	3641,1	3406
Sore	15.00 – 16.00	3705,1	3253,5
	15.15 – 16.15	3783,9	3255,2
	15.30 – 16.30	3711,4	3286,5
	15.45 – 16.45	3699,8	3318,3
	16.00 – 17.00	3749,6	3340,8
	16.15 – 17.15	3796,7	3333,6
	16.30 – 17.30	3856	3391,5
	16.45 – 17.45	3862,8	3421,9
	17.00 – 18.00	3827,9	3541,1

Berdasarkan Tabel 5.1, diketahui bahwa volume lalu lintas tertinggi di Simpang Pingit terjadi pada hari Senin, pukul 16.45–17.45 WIB, dengan total volume mencapai 3862,8 smp/jam. Untuk mempermudah interpretasi data volume lalu lintas pada periode jam puncak, visualisasi dalam bentuk histogram disajikan berdasarkan pembagian waktu pagi, siang, dan sore. Histogram volume lalu lintas untuk periode pagi pada hari Senin dan Sabtu terdapat pada Gambar 5.1.



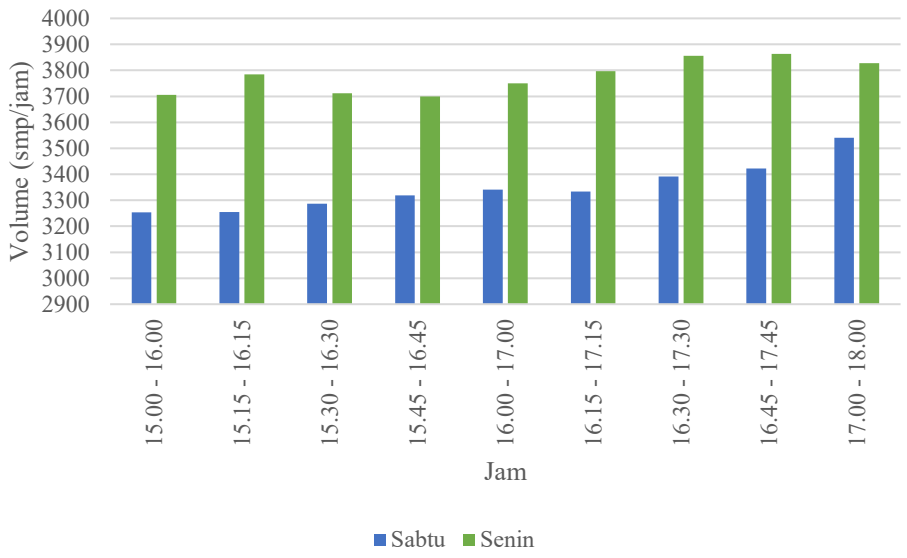
Gambar 5.1 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Pagi

Berdasarkan pada Gambar 5.1, volume lalu lintas tertinggi pada periode pagi tercatat sebesar 3451,7 smp/jam untuk hari Sabtu dan 3799,3 smp/jam untuk hari Senin. Selanjutnya, histogram yang menggambarkan volume lalu lintas pada periode siang untuk kedua hari tersebut disajikan pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Siang

Berdasarkan pada Gambar 5.2, tercatat bahwa volume lalu lintas tertinggi pada periode siang terjadi pada hari Sabtu sebesar 3513 smp/jam, dan pada hari Senin sebesar 3696,6 smp/jam. Selanjutnya, Gambar 5.3 menyajikan histogram yang menggambarkan volume lalu lintas pada periode sore untuk kedua hari tersebut.



Gambar 5.3 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Sore

Berdasarkan Gambar 5.3, didapatkan volume puncak periode sore pada hari Sabtu sebesar 3541 smp/jam dan hari Senin sebesar 3863 smp/jam.

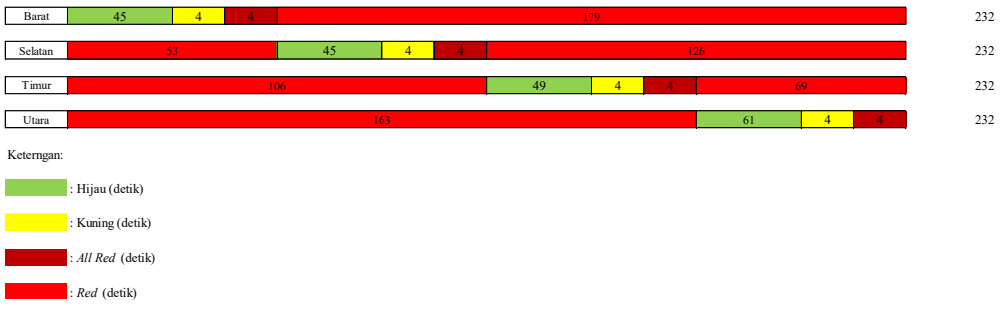
5.1.2 Data Waktu Siklus Simpang

Informasi mengenai waktu siklus pada Simpang Pingit diperoleh melalui observasi langsung di lapangan. Pengamatan dilakukan dengan mencatat lamanya setiap fase pada APILL, yaitu hijau, kuning, merah, serta all red untuk masing-masing pendekat simpang. Data ini digunakan untuk merepresentasikan kondisi operasional simpang dalam keadaan *existing*. Rincian pembagian waktu pada setiap lengan simpang disajikan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Pembagian Waktu Sinyal Simpang Pingit

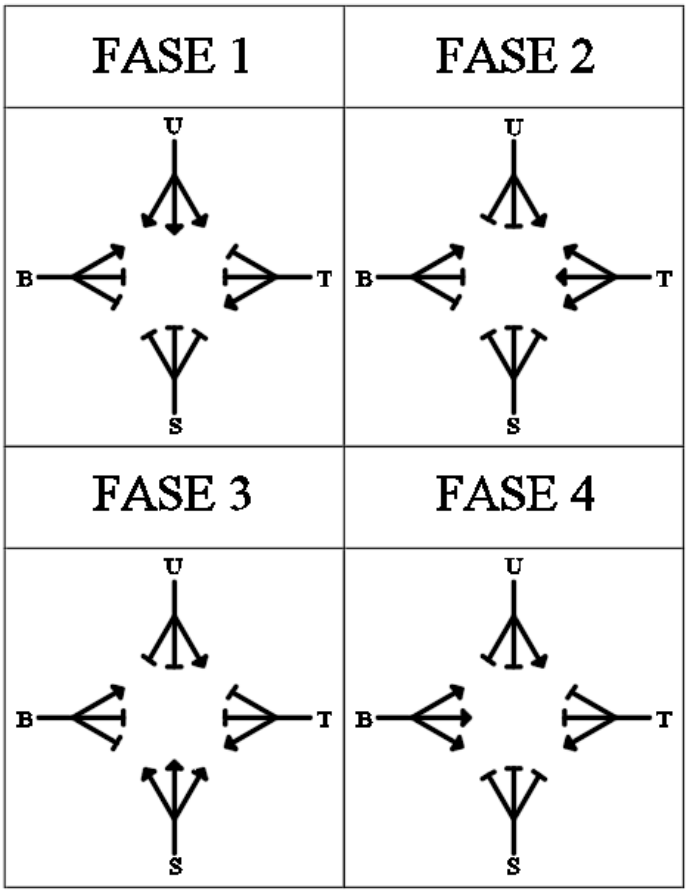
Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	*All Red* (detik)	Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)	Urutan Fase
Jalan Magelang (utara)	45	4	4	179	232	1
Jalab Pangeran Diponegoro (timur)	45	4	4	179	232	2
Jalan Tentara Pelajar (selatan)	49	4	4	175	232	3
Jalan Kyai Mojo (barat)	61	4	4	163	232	4

Berdasarkan data pada Tabel 5.2, durasi fase hijau tercatat sebesar 45 detik untuk Jalan Magelang, 45 detik untuk Jalan Pangeran Diponegoro, 49 detik untuk Jalan Tentara Pelajar, dan 61 detik untuk Jalan Kyai Mojo. Fase kuning memiliki durasi yang sama untuk setiap pendekat, yaitu 4 detik. Sementara itu, waktu *all red* juga seragam, masing-masing selama 4 detik pada keempat pendekat tersebut. Total waktu siklus pada Simpang Pingit dalam kondisi *existing* adalah 232 detik. Pembagian waktu siklus tersebut divisualisasikan dalam bentuk diagram yang terdapat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Diagram Waktu Siklus Simpang Pingit Kondisi Ekstisting

Pengamatan juga mencakup identifikasi terhadap fase-fase sinyal lalu lintas yang ada di Simpang Pingit. Simpang tersebut memiliki empat fase sinyal, dengan pembagian masing-masing fase ditampilkan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Pembagian Fase Simpang Pingit Kondisi *Existing*

Berdasarkan Gambar 5.5, fase pertama menunjukkan bahwa sinyal APILL pada pendekat Timur menyala hijau, sementara pendekat lainnya berada pada kondisi merah. Pada fase kedua, lampu hijau diberikan untuk pendekat Selatan, sedangkan pendekat lainnya tetap merah. Fase ketiga menunjukkan lampu hijau menyala pada pendekat Barat, dan pendekat lainnya merah. Selanjutnya, fase keempat memberikan sinyal hijau pada pendekat Utara, sementara pendekat lain tetap dalam fase merah. Perlu dicatat bahwa pada pendekat Barat, Selatan, dan Timur diberlakukan ketentuan Belok Kiri Jalan Terus (BKiJT), sehingga kendaraan

yang melakukan manuver belok kiri tidak terpengaruh oleh kondisi sinyal APILL pada masing-masing fase.

5.1.3 Data Geometri Simpang

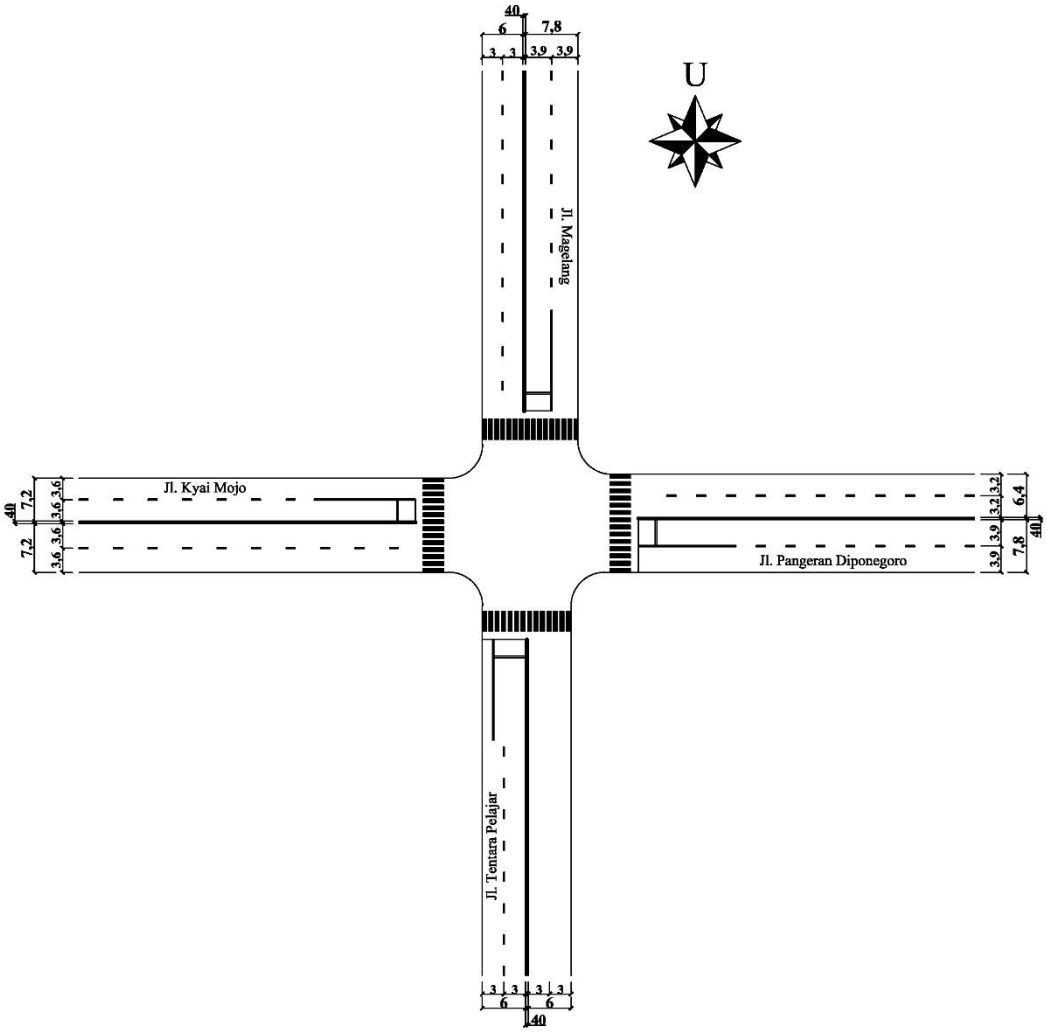
Data geometri simpang merupakan informasi mengenai kondisi aktual simpang yang diperoleh melalui observasi langsung di lapangan. Data ini diperlukan sebagai dasar dalam proses analisis serta untuk kebutuhan pemodelan menggunakan perangkat lunak Vissim. Rincian data geometri Simpang Pingit disajikan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Data Geometri Simpang Pingit

Pendekat	**Tipe Lajur**	**Median**	**Belok Kiri Langsung**	**Lebar Pendekat (m)**			
				Lebar Awal Lajur	**Lebar Garis Henti**	**Lebar Lajur Belok Kiri**	**Lebar Lajur Keluar**
				L	**L_M**	**L_{BKIJT}**	**L_K**
				(m)	**(m)**	**(m)**	**(m)**
Jalan Magelang (Utara)	4/2 T	Ya	Ya	7,8	5	2,8	6
Jalab Pangeran Diponegoro (Timur)	4/2 T	Ya	Ya	7,8	5	2,8	6,4
Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	4/2 T	Ya	Tidak	6	6	-	6
Jalan Kyai Mojo (Barat)	4/2 T	Ya	Ya	7,2	5	2,2	7,2

Berdasarkan Tabel 5.3, diketahui bahwa lebar lajur awal masing-masing pendekat pada Jalan Magelang (Utara) sebesar 7,8 meter, Jalan Pangeran Diponegoro (Barat) sebesar 7,8 meter, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 6

meter, dan Jalan Kyai Mojo (Timur) sebesar 7,2 meter. Sketsa geometri Simpang Pingit dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Geometri Simpang Pingit

5.1.4 Data Kecepatan Kendaraan

Data kecepatan kendaraan diperoleh secara langsung melalui survei lapangan yang dilakukan pada setiap pendekat. Pengumpulan data dilakukan dengan mengukur waktu tempuh kendaraan ringan, seperti mobil penumpang, saat melintasi segmen jalan sepanjang 50 meter pada masing-masing ruas yang diamati. Informasi mengenai kecepatan kendaraan untuk setiap pendekat terdapat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Data Kecepatan Kendaraan

Pendekat	Panjang Segmen (m)	Waktu Tempuh Rata-rata (det)	Kecepatan Rata-rata (km/jam)
Jl. Magelang (Utara)	50	4,317	44,606
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)		4,750	38,153
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)		4,080	44,353
Jl. Kyai Mojo (Barat)		4,112	44,273

5.1.5 Data *Driving Behavior*

Data perilaku mengemudi (*driving behavior*) dikumpulkan melalui pengukuran langsung di lapangan dan dimanfaatkan sebagai salah satu parameter dalam proses pemodelan dengan perangkat lunak Vissim. Data ini mencakup hasil pengukuran berdasarkan jenis kendaraan pada tiap pendekat. Rincian lengkap mengenai data driving behavior dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Data *Driving Behavior*

Pendekat	Rata-rata Depan Belakang Kendaraan Berhenti (m)	Rata-rata Berdampingan Kendaraan Berhenti (m)
Jl. Magelang (Utara)	0,7	0,6
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	0,7	0,5
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	0,8	0,6
Jl. Kyai Mojo (Barat)	0,8	0,6

5.1.6 Panjang Antrean

Data panjang antrean digunakan sebagai acuan dalam proses validasi terhadap hasil perhitungan berdasarkan pedoman PKJI 2023 serta hasil pemodelan menggunakan perangkat lunak Vissim. Berdasarkan hasil pengukuran yang

dilakukan di Simpang Pingit, diperoleh rata-rata panjang antrean pada periode jam puncak, sebagaimana disajikan pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Panjang Antrean Jam Puncak

Pendekat	Panjang Antrean Maksimum (m)
Jalan Magelang (Utara)	180
Jalan Pangeran Diponegoro (Timur)	155
Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	175
Jalan Kyai Mojo (Barat)	115

Berdasarkan pada Tabel 5.6, rata-rata panjang antrean selama jam puncak tercatat sebagai berikut: Jalan Magelang (Utara) sepanjang 180 meter, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sepanjang 155 meter, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sepanjang 175 meter, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sepanjang 115 meter.

5.1.7 Hambatan Samping

Hambatan samping digunakan untuk menentukan klasifikasi tipe lingkungan jalan serta tingkat hambatan samping pada masing-masing pendekat. Penentuan hambatan samping dilakukan secara kualitatif berdasarkan observasi langsung di lapangan. Hasil observasi tersebut didokumentasikan dalam bentuk visual yang merepresentasikan kondisi aktual setiap pendekat. Dokumentasi hambatan samping pada pendekat utara, yaitu Jalan Magelang, terdapat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Hambatan Samping Jalan Magelang (Utara)

Berdasarkan pada Gambar 5.7, kawasan Jalan Magelang (arah Utara) diklasifikasikan sebagai wilayah komersial. Ruas jalan ini memiliki tingkat hambatan samping yang tinggi akibat padatnya aktivitas di sepanjang sisi jalan. Sementara itu, ilustrasi hambatan samping di Jalan Pangeran Diponegoro (arah Timur) ditampilkan pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Hambatan Samping Jalan Pangeran Diponegoro (Timur)

Berdasarkan Gambar 5.8, lingkungan Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) diklasifikasikan sebagai kawasan komersial. Tingkat hambatan samping pada ruas jalan ini termasuk kategori sedang, mengingat keberadaan sejumlah toko di sepanjang sisi jalan.

~~Adapun~~ gambar hambatan samping pada Jalan Tentara Pelajar (Selatan) terdapat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Hambatan Samping Jalan Pangeran Diponegoro (Selatan)

Berdasarkan Gambar 5.9, Jalan Tentara Pelajar (arah Selatan) berada pada kawasan dengan tipe lingkungan komersial. Tingkat hambatan samping pada ruas jalan ini dikategorikan sedang, disebabkan oleh keberadaan sejumlah toko di sepanjang sisi jalan.

Gambar hambatan samping pada Jalan Kyai Mojo (Barat) terdapat pada Gambar 5.10.

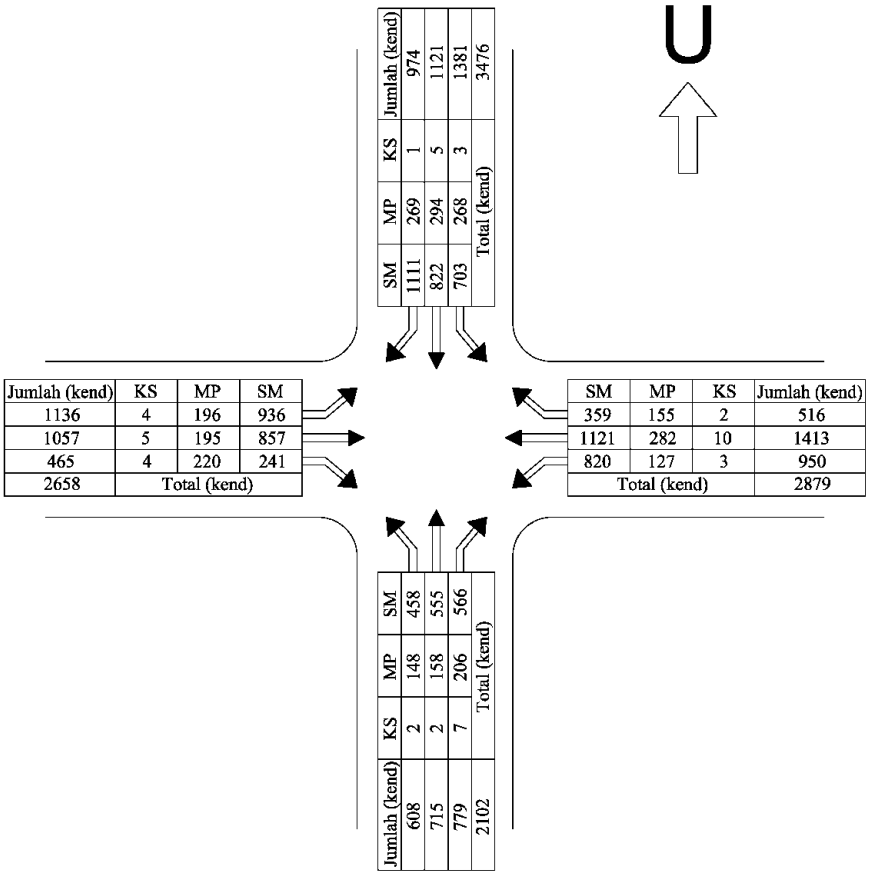


Gambar 5.10 Hambatan Samping Jalan Kyai Mojo (Barat)

Berdasarkan Gambar 5.10, Jalan Kyai Mojo (arah Barat) termasuk dalam kawasan dengan tipe lingkungan komersial. Tingkat hambatan samping pada ruas jalan ini tergolong tinggi, disebabkan oleh keberadaan sejumlah toko di sepanjang sisi jalan.

5.2 Analisis Kinerja Simpang Pingit Berdasarkan PKJI 2023

Berdasarkan PKJI 2023, analisis kinerja simpang dilakukan untuk menentukan nilai derajat kejenuhan, kapasitas, serta karakteristik lalu lintas di Simpang Pingit. Data yang digunakan dalam analisis ini adalah volume kendaraan pada jam puncak selama satu jam. Distribusi volume lalu lintas tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Distribusi Arus Lalu Lintas pada Jam Puncak

Data Informasi kendaraan yang ditampilkan pada Gambar 5.11 masih menggunakan satuan kendaraan dan perlu diubah ke dalam satuan mobil penumpang (smp) untuk keperluan analisis lebih lanjut. Data volume lalu lintas yang telah dikonversi ke satuan smp disajikan dalam Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Volume Lalu Lintas Jam Puncak

Komposisi Lalu Lintas		MP		KS		SM		Total Kendaraan Bermotor		Rasio Belok	Kend Tak Bermotor (Kend/Jam)
Arus Lalu Lintas		Mobil Penumpang (MP)		Kendaraan Sedang (KS)		Sepeda Motor (SM)					
Pendekat	Arah	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
Jalan Magelang (Utara)	Bki	268	268	3	4	703	105	974	377	0.30	15
	Lurus	294	294	5	7	822	123	1121	424		
	Bka	269	269	1	1	1111	167	1381	437	0.35	
	Total	831	831	9	12	2636	395	3476	1238	0.65	
Jalan Pangeran Diponegoro (Timur)	Bki	127	127	4	5	123	18	254	151	0.23	12
	Lurus	282	282	13	17	168	25	463	324		
	Bka	155	155	3	3	54	8	211	167	0.26	
	Total	564	564	20	26	345	52	929	642	0.49	
Jumlah Jalan Utama		1395	1395	29	37	2981	447	4405	1879		27
Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	Bki	148	148	3	4	69	10	220	162	0.29	4
	Lurus	158	158	3	4	83	12	244	174		
	Bka	206	206	9	12	85	13	300	230	0.41	
	Total	512	512	15	20	237	36	764	567	0.70	
Jalan Kyai Mojo (Barat)	Bki	196	196	5	7	140	21	342	224	0.33	6
	Lurus	195	195	7	8	129	19	330	223		
	Bka	220	220	5	7	36	5	261	232	0.34	
	Total	611	611	17	22	305	46	933	679	0.67	
Jumlah Jalan Minor		1123	1123	31	41	542	81	1696	1245		10
Jalan Utama + Minor	Bki	739	739	15	19	1035	155	1789	913	0.29	37
	Lurus	929	929	27	35	1202	180	2158	1145		
	Bka	850	850	18	23	1286	193	2154	1066	0.34	
	Total	2518	2518	61	79	3523	528	6102	3126	0.63	
Rasio Kendaraan Tak Bermotor											0,006

5.2.1 Perhitungan Arus Jenuh

Dalam proses perhitungan arus jenuh, langkah awal yang harus dilakukan adalah menentukan nilai arus jenuh dasar, diikuti dengan identifikasi sejumlah faktor penyesuaian, yaitu faktor koreksi ukuran kota, hambatan samping, kelandaian, parkir, belok kanan, dan belok kiri. Adapun tahapan perhitungannya disajikan sebagai berikut.

1. Perhitungan Arus Jenuh Dasar
   a. Pendekat Utara

      J_0 = 600 x L_E

      = 600 x 5

      J_0 = 3000 smp/jam

   b. Pendekat Timur

      J_0 = 600 x L_E

      = 600 x 5

      J_0 = 3000 smp/jam

   c. Pendekat Selatan

      J_0 = 600 x L_E

      = 600 x 6

      J_0 = 3600 smp/jam

   d. Pendekat Barat

      J_0 = 600 x L_E

      = 600 x 5

      J_0 = 3000 smp/jam

2. Perhitungan Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

   Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta (2024), jumlah penduduk di Kota Yogyakarta pada tahun 2024 mencapai 461.225 jiwa. Mengacu pada Tabel 3.3, nilai Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{UK}) yang diperoleh adalah sebesar 0,83.

3. Perhitungan Faktor Penyesuaian Hambatan Samping
   a. Pendekat Utara

Pada Simpang Pingit Yogyakarta, pendekat utara merupakan Jalan Magelang. Karakteristik lingkungan pada ruas jalan tersebut dikategorikan sebagai kawasan komersial (KOM), mengingat terdapat sejumlah toko serta aktivitas ekonomi lainnya. Berdasarkan hasil observasi kualitatif, tingkat hambatan samping pada Jalan Magelang tergolong tinggi. Mengacu pada Tabel 5.7, rasio kendaraan tidak bermotor sebesar 0,006. Berdasarkan Tabel 3.4, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0,93.

b. Pendekat Barat

Pada Simpang Pingit Yogyakarta, pendekat barat adalah Jalan Kyai Mojo. Lingkungan pada ruas jalan ini diklasifikasikan sebagai kawasan komersial (KOM), karena terdapat sejumlah toko serta aktivitas ekonomi di sepanjang sisi jalan. Berdasarkan hasil observasi kualitatif, tingkat hambatan samping pada Jalan Kyai Mojo tergolong sedang. Mengacu pada Tabel 5.7, rasio kendaraan tidak bermotor tercatat sebesar 0,006. Berdasarkan Tabel 3.4, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0,93.

c. Pendekat Selatan

Pada Simpang Pingit Yogyakarta, pendekat selatan adalah Jalan Tentara Pelajar. Lingkungan pada ruas jalan ini tergolong sebagai kawasan komersial (KOM), ditandai dengan keberadaan toko-toko dan berbagai aktivitas ekonomi di sekitarnya. Berdasarkan hasil pengamatan kualitatif, tingkat hambatan samping pada Jalan Tentara Pelajar dikategorikan sedang. Mengacu pada Tabel 5.7, rasio kendaraan tidak bermotor tercatat sebesar 0,006. Berdasarkan Tabel 3.4, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0,93.

d. Pendekat Timur

Pada Simpang Pingit Yogyakarta, pendekat timur merupakan Jalan Pangeran Diponegoro. Lingkungan pada ruas jalan ini dikategorikan sebagai kawasan komersial (KOM), yang ditandai dengan keberadaan toko-toko serta aktivitas ekonomi lainnya. Berdasarkan hasil observasi secara kualitatif, tingkat hambatan samping pada Jalan Pangeran Diponegoro termasuk dalam kategori tinggi. Mengacu pada Tabel 5.7, rasio kendaraan tidak bermotor

tercatat sebesar 0,006. Berdasarkan Tabel 3.4, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0,93.

4. Perhitungan Faktor Penyesuaian Kelandaian

   Berdasarkan pengamatan secara kualitatif, kelandaian jalan pada Simpang Pingit termasuk datar, sehingga kemiringan dianggap sebesar 0%. Berdasarkan Gambar 3.9, faktor penyesuaian kelandaian untuk tiap pendekat Simpang Pingit dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Faktor Penyesuaian Kelandaian

Pendekat	Faktor Penyesuaian
Jalan Magelang (Utara)	1
Jalan Pangeran Diponegoro (Timur)	1
Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	1
Jalan Kyai Mojo (Barat)	1

5. Perhitungan Faktor Penyesuaian Parkir

   Berdasarkan hasil pengamatan di lokasi penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat kendaraan yang parkir di sepanjang jalur pendekat menuju simpang. Dengan demikian, faktor penyesuaian parkir untuk semua pendekat di Simpang Pingit ditentukan sebesar 1.

6. Perhitungan Faktor Penyesuaian Belok Kanan

   a. Pendekat Utara

      Pada pendekat utara Simpang Pingit terdapat median jalan, sehingga faktor penyesuaian untuk manuver belok kanan di pendekat ini ditetapkan sebesar 1.

   b. Pendekat barat

      Pendekat barat di Simpang Pingit memiliki median jalan, sehingga faktor penyesuaian untuk kendaraan yang melakukan belok kanan pada pendekat ini bernilai 1.

c. Pendekat Selatan

Pendekat selatan pada Simpang Pingit dilengkapi dengan median, sehingga nilai faktor penyesuaian untuk manuver belok kanan pada pendekat tersebut adalah sebesar 1.

d. Pendekat Timur

Pendekat timur pada Simpang Pingit dilengkapi dengan median, sehingga nilai faktor penyesuaian untuk manuver belok kanan pada pendekat tersebut adalah sebesar 1.

7. Perhitungan Faktor Penyesuaian Belok Kiri

a. Pendekat Utara

Pendekat utara termasuk dalam kategori pendekat dengan tipe belok kiri jalan terus (BKiJT), sehingga nilai faktor penyesuaian untuk pergerakan belok kiri pada pendekat tersebut ditetapkan sebesar 1.

b. Pendekat barat

Pendekat barat termasuk dalam kategori pendekat dengan tipe belok kiri jalan terus (BKiJT), sehingga nilai faktor penyesuaian untuk pergerakan belok kiri pada pendekat tersebut ditetapkan sebesar 1.

c. Pendekat Selatan

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

$= 1{,}0 - 0{,}29 \times 0{,}16$

$F_{BKi} = 0{,}95$

d. Pendekat Timur

Pendekat timur termasuk dalam kategori pendekat dengan tipe belok kiri jalan terus (BKiJT), sehingga nilai faktor penyesuaian untuk pergerakan belok kiri pada pendekat tersebut ditetapkan sebesar 1.

Berdasarkan hasil perhitungan arus jenuh dasar serta faktor-faktor penyesuaian yang telah dijelaskan sebelumnya, maka nilai arus jenuh untuk setiap pendekat dihitung menggunakan Persamaan 3.1, dengan hasil sebagai berikut.

1. Pendekat Utara

$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKi} \times F_{BKa}$

$= 3000 \times 0{,}93 \times 0{,}83 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1$

J = 2316 smp/jam

2. Pendekat Timur

$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKi} \times F_{BKa}$

$= 3000 \times 0{,}93 \times 0{,}83 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1$

J = 2316 smp/jam

3. Pendekat Selatan

$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKi} \times F_{BKa}$

$= 3600 \times 0.93 \times 0.83 \times 1 \times 1 \times 0{,}95 \times 1$

J = 2652 smp/jam

4. Pendekat Barat

$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKi} \times F_{BKa}$

$= 3000 \times 0.93 \times 0.83 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1$

J = 2316 smp/jam

Rekapitulasi hasil perhitungan arus jenuh pada masing-masing pendekat disajikan pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh

Parameter	Satuan	Pendekat			
		Jalan Magelang (Utara)	Jalan Pangeran Diponegoro (Timur)	Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	Jalan Kyai Mojo (barat)
Arus (q)	smp/jam	861	491	567	455
Lebak Efektif (L_E)	m	5	5	6	5
Arus Jenuh Dasar (J_0)	smp/jam	3000	3000	3600	3000
Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{UK})	-	0,83	0,83	0,83	0,83
Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{HS})	-	0,93	0,93	0,93	0,93
Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)	-	1	1	1	1

Lanjutan Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh

Parameter	Satuan	Pendekat			
		Jalan Magelang (Utara)	Jalan Kyai Mojo (Barat)	Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	Jalan Pangeran Diponegoro (Timur)
Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)	-	1	1	1	1
Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{BKa})	-	1	1	1	1
Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{BKi})	-	1	1	0,95	1
Arus Jenuh (J)	smp/jam	2316	2316	2652	2316

5.2.2 Perhitungan Kapasitas

Tujuan dari perhitungan kapasitas adalah untuk menentukan jumlah maksimum arus lalu lintas yang mampu ditangani dan dilayani oleh simpang dalam kurun waktu tertentu. Berikut ini merupakan perhitungan kapasitas untuk setiap pendekat secara rinci.

1. Pendekat Utara

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

   $C = 2316 \times \frac{61}{232}$

   C = 609 smp/jam

2. Pendekat Timur

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

   $C = 2316 \times \frac{49}{232}$

   C = 489 smp/jam

3. Pendekat Selatan

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

   $C = 2652 \times \frac{45}{232}$

   C = 514 smp/jam

4. Pendekat Barat

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

$C = 2316 \times \frac{45}{232}$

$C = 449$ smp/jam

Rekapitulasi hasil perhitungan kapasitas pada masing-masing pendekat disajikan pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas (C)

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)
Jalan Magelang (Utara)	609
Jalan Pangeran Diponegoro (Timur)	489
Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	514
Jalan Kyai Mojo (Barat)	449

Berdasarkan pada Tabel 5.10, kapasitas masing-masing pendekat pada Jalan Magelang (Utara) sebesar 609 smp/jam, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 489 smp/jam, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 514 smp/jam, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 449 smp/jam.

5.2.3 Derajat Kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan jika berlaku BKIJT maka nilai volume kendaraan BKIJT tidak diperhitungkan karena tidak terpengaruh dengan adanya APILL sehingga tidak termasuk dalam analisis simpang APILL. Perhitungan derajat kejenuhan pada setiap pendekat menggunakan Persamaan 3.13. Berikut merupakan perhitungan derajat kejenuhan untuk tiap pendekat sebagai berikut.

1. Pendekat Utara

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

$D_J = \frac{861}{609}$

$D_J = 1{,}41$

2. Pendekat Timur

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

$D_J = \frac{491}{489}$

$D_J = 1{,}00$

3. Pendekat Selatan

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

$D_J = \frac{567}{514}$

$D_J = 1{,}10$

4. Pendekat Barat

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

$D_J = \frac{455}{449}$

$D_J = 1{,}01$

Rekapitulasi hasil perhitungan derajat kejenuhan untuk masing-masing pendekat terdapat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan

Pendekat	Derajat Kejenuhan D_J
Jalan Magelang (Utara)	1,41
Jalan Pangeran Diponegoro (Timur)	1,00
Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	1,10
Jalan Kyai Mojo (Barat)	1,01

Berdasarkan Tabel 5.11, didapatkan Jalan Magelang (Utara) memiliki derajat kejenuhan tertinggi sebesar 1,41, sedangkan derajat kejenuhan terendah tercatat pada Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 1,00. Adapun Tentara Pelajar (Selatan) memiliki derajat kejenuhan sebesar 1,10, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 1,01. Karena seluruh pendekat memiliki nilai derajat kejenuhan melebihi 0,75, maka dapat disimpulkan bahwa simpang tersebut berada dalam kondisi jenuh.

5.2.4 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas

Tujuan dari perhitungan perilaku lalu lintas adalah untuk mengevaluasi kinerja simpang bersinyal dalam kondisi *existing*. Mengacu pada PKJI 2023, aspek perilaku lalu lintas mencakup panjang antrean, jumlah kendaraan yang berhenti, dan besarnya tundaan. Berikut disajikan perhitungan perilaku lalu lintas tersebut.

1. Panjang Antrean

a. Pendekat Utara

1) Rasio waktu hijau

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

$R_H = \frac{61}{232}$

$R_H = 0{,}26$

Lengan Utara memiliki nilai derajat kejenuhan (D_J) > 0,5, maka digunakan Persamaan 3.14 untuk mencari N_{q1}.

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

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

$N_{q1} = 0{,}25 \text{ x } 232 \text{ x } \left[(1{,}41 - 1) + \sqrt{(1{,}41 - 1)^2 + \frac{8 \text{ x } (1{,}41 - 0{,}5)}{232}}\right]$

$N_{q1} = 51 \text{ smp}$

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

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

$N_{q2} = 232 \text{ x } \frac{(1 - 0{,}26)}{(1 - 0{,}26 \text{ x } 1{,}41)} \text{ x } \frac{861}{3600}$

$N_{q2} = 66 \text{ smp}$

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

$N_q = 51 + 66$

$N_q = 117 \text{ smp}$

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

$P_A = 117 \text{ x } \frac{20}{5}$

P_A = 468 m

b. Pendekat Barat

1) Rasio waktu hijau

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

$R_H = \frac{45}{232}$

R_H = 0,19

Lengan Barat memiliki nilai derajat kejenuhan (D_J) > 0,5, maka digunakan Persamaan 3.14 untuk mencari N_{q1}.

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

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

$N_{q1} = 0{,}25 \text{ x } 232 \text{ x } \left[(1{,}01 - 1) + \sqrt{(1{,}01 - 1)^2 + \frac{8 \text{ x } (1{,}01 - 0{,}5)}{232}}\right]$

N_{q1} = 9 smp

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

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

$N_{q2} = 232 \text{ x } \frac{(1 - 0{,}19)}{(1 - 0{,}19 \text{ x } 1{,}01)} \text{ x } \frac{455}{3600}$

N_{q2} = 30 smp

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

$N_q = 9 + 30$

N_q = 39

N_{qMAX} = 51

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

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

$P_A = 51 \text{ x } \frac{20}{5}$

P_A = 204 m

c. Pendekat Selatan

1) Rasio waktu hijau

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

$R_H = \frac{45}{232}$

$R_H = 0{,}19$

Lengan Selatan memiliki nilai derajat kejenuhan (D_J) > 0,5, maka digunakan Persamaan 3.14 untuk mencari nilai N_{q1}

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

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

$N_{q1} = 0{,}25 \text{ x } 232 \text{ x } \left[(1{,}10 - 1) + \sqrt{(1{,}10 - 1)^2 + \frac{8 \text{ x } (1{,}10 - 0{,}5)}{232}}\right]$

$N_{q1} = 17 \text{ smp}$

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

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

$N_{q2} = 232 \text{ x } \frac{(1 - 0{,}19)}{(1 - 0{,}19 \text{ x } 1{,}10)} \text{ x } \frac{567}{3600}$

$N_{q2} = 38 \text{ smp}$

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

$N_q = 17 + 38$

$N_q = 55$

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

$P_A = 55 \text{ x } \frac{20}{6}$

$P_A = 183 \text{ m}$

d. Pendekat Timur

1) Rasio waktu hijau

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

$R_H = \frac{49}{232}$

$R_H = 0{,}21$

Lengan Timur memiliki nilai derajat kejenuhan (D_J) > 0,5, maka digunakan Persamaan 3.14 untuk mencari nilai N_{q1}.

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

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

$N_{q1} = 0{,}25 \text{ x } 232 \text{ x } \left[(1{,}00 - 1) + \sqrt{(1{,}00 - 1)^2 + \frac{8 \text{ x } (1{,}00 - 0{,}5)}{232}}\right]$

$N_{q1} = 8$ smp

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

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

$N_{q2} = 232 \text{ x } \frac{(1 - 0{,}21)}{(1 - 0{,}21 \text{ x } 1{,}00)} \text{ x } \frac{491}{3600}$

$N_{q2} = 32$ smp

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

$N_q = 8 + 32$

$N_q = 40$

$N_{qMAX} = 52$

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

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

$P_A = 52 \text{ x } \frac{20}{5}$

$P_A = 208$ m

2. Kendaraan Terhenti

a. Pendekat Utara

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

R_{KH} = 0,9 x $\frac{117}{861 \times 232}$ x 3600

R_{KH} = 1,90

N_{KH} = q x R_{KH}

N_{KH} = 861 x 1,90

N_{KH} = 1634 smp/jam

b. Pendekat Barat

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

R_{KH} = 0,9 x $\frac{39}{455 \times 232}$ x 3600

R_{KH} = 1,20

N_{KH} = q x R_{KH}

N_{KH} = 455 x 1,20

N_{KH} = 545 smp/jam

c. Pendekat Selatan

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

R_{KH} = 0,9 x $\frac{27}{567 \times 232}$ x 3600

R_{KH} = 1,35

N_{KH} = q x R_{KH}

N_{KH} = 567 x 1,35

N_{KH} = 768 smp/jam

d. Pendekat Timur

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

R_{KH} = 0,9 x $\frac{40}{491 \times 232}$ x 3600

R_{KH} = 1,14

N_{KH} = q x R_{KH}

N_{KH} = 491 x 1,14

N_{KH} = 559 smp/jam

Nilai angka henti total simpang ($R_{KH\ Total}$) diperoleh dengan membagi jumlah kendaraan yang mengalami penghentian pada seluruh pendekat dengan total volume kendaraan per jam.Angka henti seluruh simpang APILL dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.21 sebagai berikut.

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

$$R_{KH\ Total} = \frac{(1634+559+768+545)}{861+491+567+455}$$

$$R_{KH\ Total} = 1{,}48$$

3. Tundaan

Perhitungan tundaan meliputi dua komponen utama, yaitu tundaan pada tiap pendekat dan tundaan keseluruhan untuk seluruh simpang. Berikut ini adalah perhitungan tundaan untuk masing-masing pendekat.

a. Pendekat Utara

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

$$T_{LL} = 232 \times \frac{0{,}5 \times (1-0{,}26)^2}{(1-0{,}26 \times 1{,}41)} + \frac{51 \times 3600}{609}$$

$$T_{LL} = 402 \text{ det/smp}$$

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

$$T_G = (1 - 1{,}90) \times 0{,}63 \times 6 + (1{,}90 \times 4)$$

$$T_G = 4{,}18 \text{ det/smp}$$

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

$$T = 402 + 4{,}18$$

$$T = 406{,}02 \text{ det/smp}$$

b. Pendekat Barat

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

$$T_{LL} = 232 \times \frac{0{,}5 \times (1-0{,}19)^2}{(1-0{,}19 \times 1{,}01)} + \frac{9 \times 3600}{449}$$

$$T_{LL} = 166 \text{ det/smp}$$

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

$$T_G = (1 - 1{,}20) \times 0{,}63 \times 6 + (1{,}20 \times 4)$$

T_G = 4,04 det/smp

T = T_{LL} + T_G

T = 166 + 4,04

T = 169,98 det/smp

c. Pendekat Selatan

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

$$T_{LL} = 232 \times \frac{0{,}5 \times (1 - 0{,}19)^2}{(1 - 0{,}19 \times 1{,}10)} + \frac{17 \times 3600}{514}$$

T_{LL} = 215 det/smp

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

T_G = (1 – 1,35) x 0,63 x 6 + (1,35 x 4)

T_G = 4,07 det/smp

T = T_{LL} + T_G

T = 215 + 4,07

T = 218,93 det/smp

d. Pendekat Timur

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

$$T_{LL} = 232 \times \frac{0{,}5 \times (1 - 0{,}21)^2}{(1 - 0{,}21 \times 1{,}00)} + \frac{8 \times 3600}{489}$$

T_{LL} = 150 det/smp

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

T_G = (1 – 1,14) x 0,63 x 6 + (1,14 x 4)

T_G = 4,03 det/smp

T = T_{LL} + T_G

T = 150 + 4,03

T = 154,51 det/smp

Tundaan rata-rata pada seluruh simpang (T_I) dihitung guna mengetahui perbandingan antara nilai tundaan dan total volume lalu lintas (Q_{Tot}). Perhitungan tundaan total pada Simpang Pingit (T_I) disajikan sebagai berikut.

$$T_I = \frac{\Sigma(q \times T)}{Q_{Total}}$$

$$= \frac{(861 \text{ x } 406{,}02)+(455 \text{ x } 169{,}98)+(567 \text{ x } 218{,}93)+(491 \text{ x } 154{,}51)}{2374}$$

= 264,05 det/smp

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, nilai tundaan pada Simpang Pingit adalah sebesar 264,05 det/smp. Rekapitulasi tingkat pelayanan simpang berdasarkan ketentuan PKJI 2023 terdapat pada Tabel 5.12 berikut.

Berikut ini merupakan rekapitulasi perilaku lalu lintas pada Simpang Pingit yag dapat terdapat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Pelayanan Simpang

Parameter	Satuan	Jl. Magelang (Utara)	Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	Jl. Kyai Mojo (Barat)
Antrean kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1})	smp	51	8	17	9
Antrean kendaraan yang datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2})	smp	66	32	38	30
Jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q)	smp	117	52	55	51
Panjang Antrean (P_A)	m	468	208	183	204
Rasio kendaraan henti (R_{KH})		1,90	1,14	1,35	1,20
Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH})	smp/jam	1634	559	768	545
Angka henti seluruh simpang APILL ($R_{KH\ TOTAL}$)		1,48			

Lanjutan Tabel 5.12 Rekapitulasi Pelayanan Simpang

Parameter	Satuan	Jl. Magelang (Utara)	Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	Jl. Kyai Mojo (Barat)
Tundaan lalu lintas (T_{LL})	det/smp	402	150	215	166
Tundaan geometri (T_G)	det/smp	4,18	4,03	4,07	4,04
Tundaan (T)	det/smp	406,02	154,51	218,93	169,98
Tingkat pelayanan		F	F	F	F
Tundaan rata-rata seluruh simpang (T_I)	det/smp	264,05			
Tingkat pelayanan simpang		F			

Berdasarkan Tabel 5.12, Simpang Pingit dalam kondisi *existing* memiliki waktu tundaan sebesar 264,05 detik per satuan mobil penumpang (det/smp), yang mengindikasikan tingkat pelayanan berada pada kategori F. Nilai tersebut mencerminkan bahwa kinerja simpang belum optimal.

5.3 Alternatif Solusi dengan Permodelan *Sofware* Vissim

Berdasarkan analisis menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023), Simpang Pingit pada kondisi *existing* berada dalam kondisi jenuh dan memiliki tingkat pelayanan yang buruk. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan sebuah alternatif dan solusi. Alternatif dan solusi penanganan kinerja simpang bertujuan untuk meningkatkan tingkat pelayanan sehingga dapat lebih optimal. Dalam pengerjaan alternatid solusi menggunakan *Sofware* Vissim**,** diperlukan pemodelan simpang pada kondisi *existing* terlebih dahulu agar hasil evaluasi dapat mempresentasikan kondisi di lapangan.

5.3.1 Pemodelan Simpang Pingit pada Kondisi *Existing*

Pemodelan dengan menggunakan *software* Vissim dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian lapangan. Data yang digunakan meliputi data kendaraan pada jam puncak selama satu jam, data kecepatan kendaraan, jarak antar kendaraan, geometri simpang, dan waktu siklus simpang. Setelah semua parameter dimasukkan ke dalam Vissim, proses running dilakukan sebanyak 5 kali dengan

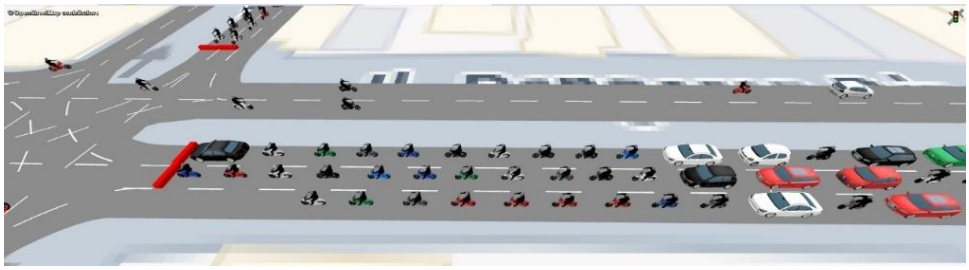
nilai *Random Seed* yang berbeda. Namun, dalam proses pemodelan, data yang dihasilkan oleh Vissim belum dapat dianggap valid karena terdapat perbedaan antara data lapangan dan hasil pemodelan. Perbedaan ini disebabkan oleh perilaku pengendara yang berbeda antara kondisi *default* Vissim dan kondisi aktual di lapangan. Oleh karena itu, kalibrasi dan validasi diperlukan agar data dalam Vissim dapat lebih akurat dan merepresentasikan data kondisi lapangan.

Proses kalibrasi dilakukan menggunakan metode *trial and error* untuk memastikan data yang ada pada Vissim merepresentasikan kondisi lapangan. Selama proses ini, beberapa parameter yang ada dalam Vissim dapat diubah. Salah satu parameter yang dapat disesuaikan adalah data *driving behavior*. Data *driving behavior* berhubungan dengan perilaku pengemudi saat mengemudikan kendaraannya. Proses kalibrasi dilakukan secara berulang hingga hasil pemodelan memenuhi kriteria yang ditetapkan, sehingga dapat dinyatakan valid. Rangkaian proses kalibrasi tersebut disajikan pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Perubahan Parameter *Driving Behavior*

Parameter yang Diubah	**Komponen yang Diubah**		***Default***	**Kalibrasi**
			Nilai	
Car Following	*Average standstill distance (m)*		2,00	0,60
	Additive part of safety distance		2,00	0,45
	Multipliative part of safety distance		3,00	0,55
	Look ahead distance (m)	*Minimum*	0	0
		Maximum	250	100
		Observed vehicles	4	4
	Look back distance (m)	*Minimum*	0	0
		Maximum	150	100
Lane Change	*Waiting time before diffusion (s)*		60	30
	Min. Headway (front/rear) (m)		0,5	0,40
Lateral	*Desire position at free flow*		*Middle of lane*	*Any*
	Minimum distance standing (m)		0,20	0,20
	Minimum distance driving (m)		1,00	0,30
	Overtake on same lane		*None*	*Left*
				Right

Perubahan hasil kalibrasi pada parameter *driving behavior* memengaruhi jarak antar kendaraan serta perilaku kendaraan saat berada di area simpang. Perbandingan visual antara kondisi sebelum dan sesudah dilakukan kalibrasi pada perangkat lunak Vissim ditampilkan pada Gambar 5.12 dan Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.12 Visual 3D Sebelum Kalibrasi



Gambar 5.13 Visual 3D Setelah Kalibrasi

Berdasarkan Gambar 5.12 dan Gambar 5.13, terlihat perbedaan visual antara kondisi sebelum dan sesudah kalibrasi. Usai dilakukan kalibrasi, jarak antar kendaraan tampak lebih rapat dan menggambarkan situasi nyata di lapangan. Visualisasi Simpang Pingit setelah proses kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut.



Gambar 5.14 Visual 3D Simpang Pingit

Dalam pemodelan menggunakan perangkat lunak Vissim, diperlukan proses validasi untuk memastikan bahwa hasil kalibrasi dapat diterima sesuai dengan ketentuan. Validasi dilakukan dengan menggunakan uji MAPE dan GEH, di mana parameter yang digunakan dalam uji GEH adalah data volume kendaraan. Berdasarkan hasil kalibrasi, perubahan beberapa parameter pada driving behavior menghasilkan nilai yang memenuhi kriteria validasi. Hasil uji GEH dalam proses kalibrasi disajikan pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Hasil Uji GEH dalam Proses Kalibrasi

Pendekat	Hasil Observasi (Kend/jam)	Sebelum Kalibrasi		Setelah Kalibrasi	
		Hasil Vissim (Kend/jam)	GEH	Hasil Vissim (Kend/jam)	GEH
Jalan Magelang (Utara)	3476	1325	43,90	3476	0
Jalan Pangeran Diponegoro (Timur)	2879	876	46,23	2875	0,07
Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	2102	1284	19,88	1947	3,44
Jalan Kyai Mojo (Barat)	2658	1044	37,51	2656	0,04

Berdasarkan Tabel 5.14, setelah dilakukan proses kalibrasi, hasil pemodelan menunjukkan peningkatan signifikan pada jumlah volume kendaraan. Nilai GEH yang diperoleh berada di bawah angka 5, yang mengindikasikan bahwa pemodelan tersebut dapat diterima, tidak mengalami kesalahan signifikan, dan telah memenuhi kriteria uji GEH. Berdasarkan hasil tersebut, kesimpulan dari proses kalibrasi disajikan pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Kesimpulan Hasil Uji GEH

Pendekat	Nilai GEH	Kesimpulan
Jalan Magelang (Utara)	0	Hasil pemodelan diterima
Jalan Pangeran Diponegoro (Timur)	0,07	Hasil pemodelan diterima
Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	3,44	Hasil pemodelan diterima
Jalan Kyai Mojo (Barat)	0,04	Hasil pemodelan diterima

Berdasarkan pada Tabel 5.15, seluruh nilai uji GEH untuk setiap pendekat berada di bawah angka 5, yang berarti hasil pemodelan dengan menggunakan Vissim dianggap valid dan dapat diterima. Ini menunjukkan bahwa jumlah kendaraan yang disimulasikan dalam Vissim mampu mencerminkan kondisi nyata di lapangan secara akurat.

Selain uji GEH, uji MAPE juga dilakukan sebagai metode tambahan untuk memastikan validitas hasil pemodelan. Uji MAPE ini menggunakan parameter panjang antrean pada masing-masing pendekat. Hasil pengujian MAPE terhadap validasi panjang antrean ditampilkan pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Hasil Uji MAPE dalam Proses Validasi Panjang Antrean

Kondisi	Panjang Antrean (m)			
	Jalan Magelang (Utara)	Jalan Pangeran Diponegoro (Timur)	Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	Jalan Kyai Mojo (Barat)
Hasil Observasi	180	155	175	115

Lanjutan Tabel 5.16 Hasil Uji MAPE dalam Proses Validasi Panjang Antrean

Kondisi		Panjang Antrean (m)			
		Jalan Magelang (Utara)	Jalan Pangeran Diponegoro (Timur)	Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	Jalan Kyai Mojo (Barat)
Sebelum Kalibrasi	Hasil Vissim	214,27	250,68	213,59	245,58
	Uji MAPE (%)	19	62	22	114
Setelah Kalibrasi	Hasil Vissim	131,93	93,86	213,13	106,99
	Uji MAPE (%)	27	39	22	7

Berdasarkan Tabel 5.16, nilai uji MAPE terhadap panjang antrean pada masing-masing pendekat sebelum dilakukan kalibrasi yaitu Jalan Magelang (utara) sebesar 19%, Jalan Pangeran Diponegoro (timur) sebesar 62%, Jalan Tentara Pelajar (selatan) sebesar 22%, dan Jalan Kyai Mojo (barat) sebesar 114%. Setelah proses kalibrasi, nilai MAPE untuk masing-masing pendekat mengalami perubahan yaitu Jalan Magelang (utara) sebesar 27%, Jalan Pangeran Diponegoro (timur) sebesar 39%, Jalan Tentara Pelajar (selatan) tetap sebesar 22%, dan Jalan Kyai Mojo (barat) menurun menjadi 7%. Kesimpulan hasil kalibrasi tersebut disajikan pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Kesimpulan Hasil Uji MAPE Setelah Kalibrasi

Pendekat	Nilai MAPE (%)	Kesimpulan
Jalan Magelang (Utara)	27	Hasil pemodelan layak
Jalan Pangeran Diponegoro (Timur)	39	Hasil pemodelan layak
Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	22	Hasil pemodelan layak
Jalan Kyai Mojo (Barat)	7	Hasil pemodelan baik

Berdasarkan pada Tabel 5.17, nilai MAPE yang diperoleh untuk masing-masing pendekat adalah sebagai berikut: Jalan Magelang (utara) sebesar 27%, Jalan Pangeran Diponegoro (timur) sebesar 39%, Jalan Tentara Pelajar (selatan) sebesar 22%, dan Jalan Kyai Mojo (barat) sebesar 7%. Berdasarkan hasil pemodelan,

panjang antrean di Jalan Magelang, Jalan Pangeran Diponegoro, dan Jalan Tentara Pelajar termasuk dalam kategori layak, sementara panjang antrean di Jalan Kyai Mojo tergolong dalam kategori baik.

5.3.2 Alternatif Solusi I

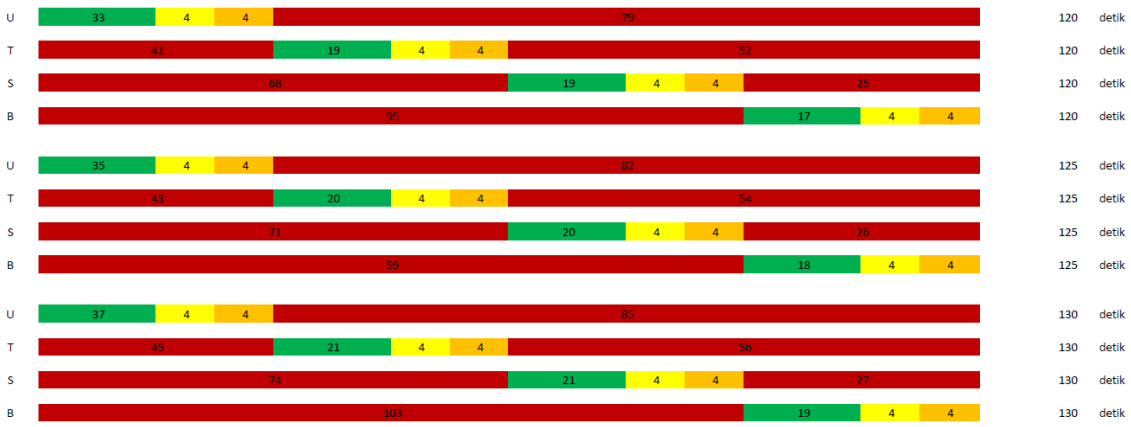
Alternatif solusi pertama yang digunakan pada penelitian ini adalah penyesuaian waktu siklus yang didasari dengan studi literatur, didapatkan waktu yang layak untuk waktu siklus yang digunakan pada simpang 4 fase menurut PKJI 2023 adalah 80-130 detik. Setelah mengetahui waktu siklus yang layak berdasarkan PKJI 2023, maka digunakan waktu siklus sebesar 120 detik, 125 detik, dan 130 detik. Pewaktuan sinyal pada alternatif solusi 1 dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi I

Fase	Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)	Urutan Fase	Tundaan (det/kend)
		Hijau	Kuning	Merah Semua	Merah			
1	Jl. Magelang (Utara)	33	4	4	79	120	1	254,43
	Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	19	4	4	52	120	2	
	Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	19	4	4	93	120	3	
	Jl. Kyai Mojo (Barat)	17	4	4	95	120	4	
2	Jl. Magelang (Utara)	35	4	4	82	125	1	253,39
	Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	20	4	4	97	125	2	
	Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	20	4	4	97	125	3	
	Jl. Kyai Mojo (Barat)	18	4	4	99	125	4	

Lanjutan Tabel 5.19 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi I

Fase	Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)	Urutan Fase	Tundaan (det/kend)
		Hijau	Kuning	Merah Semua	Merah			
3	Jl. Magelang (Utara)	37	4	4	85	130	1	252,64
	Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	21	4	4	101	130	2	
	Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	21	4	4	101	130	3	
	Jl. Kyai Mojo (Barat)	19	4	4	103	130	4	



Gambar 5.15 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi I

Tabel 5.20 Pewaktuan Sinyal Pada Kondisi *Existing*

Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	*All Red* (detik)	Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)	Urutan Fase
Jalan Magelang (Utara)	45	4	4	179	232	1

Lanjutan Tabel 5.20 Pewaktuan Sinyal Pada Kondisi *Existing*

Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	*All Red* (detik)	Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)	Urutan Fase
Jalab Pangeran Diponegoro (Timur)	45	4	4	179	232	2
Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	49	4	4	175	232	3
Jalan Kyai Mojo (Barat)	61	4	4	163	232	4

Perbedaaan alternatif solusi 1 dengan kondisi *existing* yaitu pada jumlah waktu siklus, pada kondisi *existing* jumlah waktu siklus sebesar 232 detik, sedangkan pada alternatif solusi 1 jumlah waktu siklus menjadi 120 detik, 125 detik, dan 130 detik. Perbedaan waktu siklus *existing* dengan alternatif fase 1 adalah waktu hijau pada pendekat Utara yang memiliki waktu hijau sebesar 45 detik mengalami penurunan sebesar 12 detik sehingga menjadi 33 detik. Waktu merah pada pendekat Utara memiliki waktu merah sebesar 179 detik mengalami penurunan sebesar 100 detik sehingga menjadi 79 detik. Waktu hijau pada pendekat Timur sebesar 45 detik mengalami penurunan sebesar 26 detik sehingga menjadi 19 detik. Waktu merah pada pendekat Timur sebesar 179 detik mengalami penurunan sebesar 127 detik sehingga menjadi 52 detik. Waktu hijau pada pendekat Selatan sebesar 49 detik mengalami penurunan sebesar 30 detik sehingga menjadi sebesar 19 detik. Waktu merah pada pendekat Selatan sebesar 175 detik mengalami penurunan sebesar 82 detik sehingga menjadi 93 detik. Waktu hijau pada pendekat Barat sebesar 61 detik mengalami penurunan sebesar 44 detik sehingga menjadi 17 detik. Dan waktu merah pada pendekat Barat sebesar 163 detik mengalami penurunan sebesar 68 detik sehingga menjadi 95 detik.

Perbedaan waktu siklus *existing* dengan alternatif fase 2 adalah waktu hijau pada pendekat Utara yang memiliki waktu hijau sebesar 45 detik mengalami penurunan sebesar 10 detik sehingga menjadi 35 detik. Waktu merah pada pendekat

Utara sebesar 179 detik mengalami penurunan sebesar 97 detik sehingga menjadi 82 detik. Waktu hijau pada pendekat Timur sebesar 45 detik mengalami penurunan sebesar 25 detik sehingga menjadi 20 detik. Waktu Hijau pada pendekat Selatan sebesar 49 detik mengalami penurunan sebesar 29 detik sehingga menjadi 20 detik. Waktu merah pada lengan Selatan sebesar 175 detik mengalami penurunan sebesar detik 78 sehingga menjadi 97 detik. Waktu hijau pada pendekat Barat sebesar 61 detik mengalami penurunan sebesar 43 detik sehingga menjadi 18 detik.

Perbedaan waktu siklus *existing* dengan alternatif fase 3 adalah waktu hijau pada pendekat Utara sebesar 45 detik mengalami penurunan sebesar 8 detik sehingga menjadi 37 detik. Waktu merah pada pendekat Utara sebesar 179 detik mengalami penurunan sebesar 94 detik sehingga menjadi 85 detik. Waktu hijau pada pendekat Timur sebesar 45 detik mengalami penurunan sebesar 24 detik sehingga menjadi 21 detik. Waktu merah pada pendekat Timur sebesar 179 detik mengalami penurunan sebesar 78 detik sehingga menjadi 101 detik. Waktu hijau pada pendekat Selatan sebesar 49 detik mengalami penurunan sebesar 28 detik sehingga menjadi 21 detik. Waktu merah pada pendekat Selatan sebesar 175 detik mengalami penurunan sebesar 74 detik sehingga menjadi 101 detik. Waktu hijau pada pendekat Barat sebesar 61 detik mengalami penurunan sebesar 42 detik sehingga menjadi 19 detik. Dan waktu merah pada pendekat Barat sebesar 163 detik mengalami penurunan sebesar 60 detik sehingga menjadi 103 detik.

Penyesuaian pada waktu siklus mempengaruhi nilai kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat Simpang APILL Pingit Yogyakarta. Berikut ini merupakan perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk setiap lengan pendekat pada alternatif I.

1. Pendekat Utara

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

$C = 2316 \times \frac{37}{130}$

$C = 653$ smp/jam

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

$D_J = \frac{861}{653}$

$D_J = 1{,}32$

2. Pendekat Timur

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

$C = 2316 \times \frac{21}{130}$

$C = 372$ smp/jam

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

$D_J = \frac{491}{372}$

$D_J = 1{,}32$

3. Pendekat Selatan

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

$C = 2652 \times \frac{21}{130}$

$C = 430$ smp/jam

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

$D_J = \frac{567}{430}$

$D_J = 1{,}32$

4. Pendekat Barat

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

$C = 2316 \times \frac{19}{125}$

$C = 345$ smp/jam

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

$D_J = \frac{455}{345}$

$D_J = 1{,}32$

Rekapitulasi hasil analisis kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (D_J) pada Simpang Pingit Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J)

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (D_J)	Kesimpulan
Jl. Magelang (Utara)	653	1,32	Terjadi kemacetan
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	372	1,32	Terjadi kemacetan
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	430	1,32	Terjadi kemacetan
Jl. Kyai Mojo (Barat)	345	1,32	Terjadi kemacetan

Berdasarkan Tabel 5.21, kapasitas yang tercatat pada masing-masing pendekat yaitu Jalan Magelang (Utara) sebesar 653 smp/jam, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 372 smp/jam, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 430 smp/jam, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 345 smp/jam. Adapun nilai derajat kejenuhan pada Jalan Magelang sebesar 1,32, Jalan Pangeran Diponegoro sebesar 1,32, Jalan Tentara Pelajar sebesar 1,32, dan Jalan Kyai Mojo sebesar 1,32.

Setelah melakukan penyesuaian terhadap parameter waktu siklus, dilakukan pemodelan kinerja Simpang APILL Pingit Yogyakarta menggunakan *software* Vissim. Adapun hasil pemodelannya adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean pada masing-masing pendekat Simpang APILL Pingit untuk alternatif I terdapat pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Panjang Antrean Alternatif I

Pendekat	Panjang Antrean (m)
Jl. Magelang (Utara)	240
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	220
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	193
Jl. Kyai Mojo (Barat)	216

Berdasarkan Tabel 5.21, diperoleh panjang antrean pada masing-masing pendekat yaitu Jalan Magelang (utara) sepanjang 240 meter, Jalan Pangeran

Diponegoro (timur) sepanjang 220 meter, Jalan Tentara Pelajar (selatan) sepanjang 193 meter, dan Jalan Kyai Mojo (barat) sepanjang 216 meter.

2. Tundaan

Tundaan tiap pendekat Simpang APILL Pingit Yogyakarta pada alternatif I dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Tundaan Alternatif I

Pendekat	Tundaan Vissim (det/kend)	Tundaan Simpang PTV Vissim (det/kend)
Jl. Magelang (Utara)	189,90	252,64
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	294,37	
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	263,21	
Jl. Kyai Mojo (Barat)	313,10	

Berdasarkan Tabel 5.22, nilai tundaan pada masing-masing pendekat yaitu Jalan Magelang (Utara) sebesar 189,90 detik per kendaraan, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 294,37 detik per kendaraan, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 263,21 detik per kendaraan, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 313,10 detik per kendaraan. Tundaan rata-rata pada Simpang APILL Pingit Yogyakarta tercatat sebesar 252,64 det/kend.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan pada Simpang APILL Pingit Yogyakarta pada alternatif I dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif I

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Vissim (det/kend)	Tundaan rata-rata PTV Vissim (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jl. Magelang (Utara)	3476	189,90	252,64	F

Lanjutan Tabel 5.23 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif I

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Vissim (det/kend)	Tundaan rata-rata PTV Vissim (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	2879	294,37	252,64	F
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	2102	263,21		
Jl. Kyai Mojo (Barat)	2658	313,10		

Berdasarkan Tabel 5.23, diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 252,64 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan F.

Penerapan waktu siklus pada alternatif solusi ini berdasarkan pada waktu siklus yang layak menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023) antara 80-130 detik, yaitu menggunakan 3 fase waktu siklus meliputi 120 detik, 125 detik, dan 130 detik dengan waktu siklus *existing* yaitu 232 detik sehingga diperoleh hasil yang layak dengan menggunakan waktu siklus sebesar 130 detik. Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, semua dinyatakan jenuh dikarenakan nilai derajat kejenuhannya >0,85. Dengan alternatif solusi ini, diperoleh tingkat pelayanan simpang D berdasarkan PM nomor 96 tahun 2015.

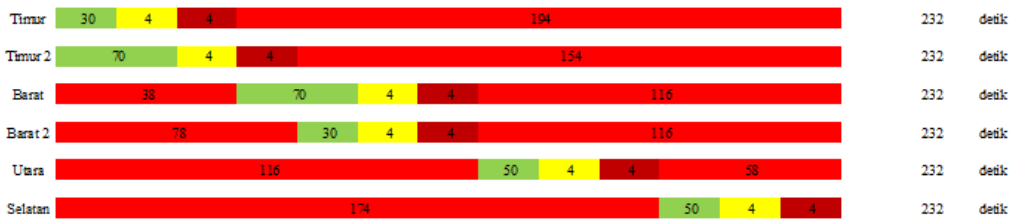
5.3.3 Alternatif Solusi II

Alternatif solusi kedua yang digunakan pada penelitian ini adalah penambahan fase simpang yang awalnya 4 fase menjadi 5 fase. Pendekat timur dan barat memiliki fase khusus untuk kendaraan yang berbelok kanan. Pada alternatif ini, kendaraan dari kedua arah tersebut yang bergerak lurus dan berbelok kiri mendapatkan sinyal hijau pada waktu yang bersamaan. Waktu siklus yang digunakan pada alternatif ini sama seperti waktu siklus *existing* yaitu sebesar 232 detik. Berdasarkan hasil *trial and error* didapat waktu hijau paling optimal dengan mempertimbangkan nilai panjang antrean, tundaan, dan derajat kejenuhan. Hasil

perubahan fase dan diagram waktu siklus alternatif solusi II dapat dilihat pada Tabel 5.24 dan Gambar 5.16.

Tabel 5.24 Waktu Siklus Alternatif Solusi II

Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)	Urutan Fase
	Hijau	Kuning	*All Red*	Merah		
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur) (B_{KA}, B_{KI}, Lurus)	30	4	4	194	232	1
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur 2) (B_{KI}, Lurus)	70	4	4	154	232	2
Jl. Kyai Mojo (Barat) (B_{KA}, B_{KI}, Lurus)	70	4	4	154	232	3
Jl. Kyai Mojo (Barat 2) (B_{KI}, Lurus)	30	4	4	194	232	2
Jl. Magelang (Utara)	50	4	4	174	232	4
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	50	4	4	174	232	5



Gambar 5.16 Diagram Waktu Siklus Simpang APILL Pingit Yogyakarta Alternatif II

Tabel 5.25 Waktu Siklus Kondisi *Existing*

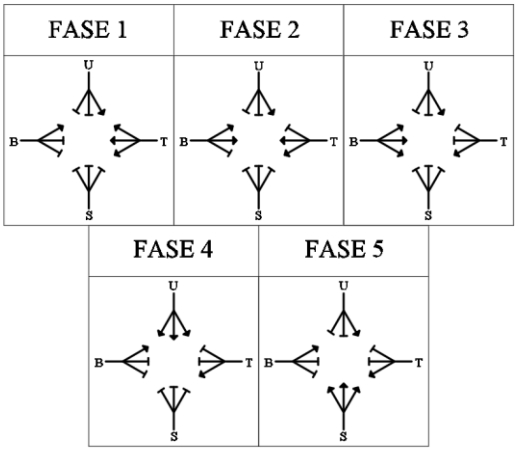
Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	*All Red* (detik)	Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)	Urutan Fase
Jalan Magelang (utara)	45	4	4	179	232	1

Lanjutan Tabel 5.25 Waktu Siklus Kondisi *Existing*

Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	*All Red* (detik)	Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)	Urutan Fase
Jalab Pangeran Diponegoro (timur)	45	4	4	179	232	2
Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	49	4	4	175	232	3
Jalan Kyai Mojo (barat)	61	4	4	163	232	4

Perbedaan utama antara alternatif II dan kondisi *existing* terletak pada jumlah fase sinyal, di mana alternatif II menggunakan 5 fase, sementara kondisi *existing* hanya memiliki 4 fase. Meskipun jumlah waktu siklus tetap sama, yaitu 323 detik, terdapat perbedaan pada durasi lampu hijau di setiap pendekat. Pada alternatif II, pendekat utara mengalami peningkatan waktu hijau sebesar 5 detik, dari 45 detik menjadi 50 detik. Pendekat timur mengalami peningkatan signifikan sebesar 25 detik, dari 45 detik menjadi 70 detik. Pendekat selatan meningkat 1 detik, dari 49 detik menjadi 50 detik. Sementara itu, pendekat barat justru mengalami penurunan durasi lampu hijau sebesar 9 detik, dari 79 detik menjadi 70 detik.

Perubahan pada fase di simpang APILL Pingit Yogyakarta untuk alternatif solusi II dapat dilihat pada Gambar 5.17.



Gambar 5.17 Perubahan Fase Simpang APILL Pingit Yogyakarta

Berdasarkan Gambar 5.17, fase pertama yaitu APILL pada lengan Timur memperoleh waktu hijau untuk kendaraan yang belok kanan, belok kiri, dan lurus, sedangkan untuk lengan Barat dan utara berlaku belok kiri jalan terus dan lengan Selatan memperoleh waktu merah. Fase 2 yaitu APILL pada lengan Timur dan Barat memperoleh waktu hijau untuk kendaraan yang belok kiri dan lurus, sedangkan untuk lengan Utara berlaku belok kiri jalan terus dan lengan Selatan memperoleh waktu merah. Fase 3 yaitu APILL pada lengan Barat memperoleh waktu hijau untuk kendaraan yang belok kanan, belok kiri, dan lurus, sedangkan untuk lengan Utara dan Timur berlaku belok kiri jalan terus dan lengan Selatan memperoleh waktu merah. Fase 4 yaitu APILL pada lengan Utara memperoleh waktu hijau untuk kendaraan yang belok kanan, belok kiri, dan lurus, sedangkan untuk lengan Barat dan Timur berlaku belok kiri jalan terus dan lengan Selatan memperoleh waktu merah. Fase 5 yaitu APILL pada lengan Selatan memperoleh waktu hijau untuk kendaraan yang belok kanan, belok kiri, dan lurus, sedangkan untuk lengan Barat, lengan Timur, dan lengan Utara berlaku belok kiri jalan terus.

Alternatif II berupa perubahan fase simpang dari 4 fase menjadi 5 fase. Hal tersebut mempengaruhi nilai derajat kejenuhan dan nilai kapasitas pada tiap pendekat Simpang APILL Pingit Yogyakarta dikarenakan waktu hijau yang berubah. Berikut adalah perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk tiap lengan pada alternatif II yang dapat dilihat dibawah ini.

1. Pendekat Utara

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

   C $= 2316 \times \frac{50}{232}$

   C $= 499$ smp/jam

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

   $D_J = \frac{861}{491}$

   $D_J = 1{,}72$

2. Pendekat Timur

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

C = 2316 x $\frac{70}{232}$

C = 699 smp/jam

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

D_J = $\frac{491}{699}$

D_J = 0,70

3. Pendekat Selatan

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

C = 2652 x $\frac{50}{232}$

C = 571 smp/jam

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

D_J = $\frac{567}{571}$

D_J = 0,99

4. Pendekat Barat

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

C = 2316 x $\frac{70}{232}$

C = 699 smp/jam

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

D_J = $\frac{455}{699}$

D_J = 0,65

Rekapitulasi hasil analisis kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (D_J) pada Simpang APILL Pingit Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5.26 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J)

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (D_J)	Kesimpulan
Jl. Magelang (Utara)	499	1,72	Terjadi Kemacetan

Lanjutan Tabel 5.26 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J)

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (D_J)	Kesimpulan
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	699	0,70	Tidak Terjadi Kemacetan
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	571	0,99	Terjadi Kemacetan
Jl. Kyai Mojo (Barat)	699	0,65	Tidak Terjadi Kemacetan

Berdasarkan Tabel 5.26, nilai kapasitas pada Jalan Magelang (Utara) sebesar 499 smp/jam, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 699 smp/jam, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 571 smp/jam, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 699 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Magelang (Utara) sebesar 1,72, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 0,70, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 0,99, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 0,65.

Setelah dilakukan perubahan fase, selanjutnya dilakukan pemodelan terhadap kinerja simpang APILL Pingit Yogyakarta dengan menerapkan alternatif II menggunakan *software* Vissim. Adapun hasil pemodelannya sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang Antrean tiap pendekat Simpang APILL Pingit Yogyakarta pada Alternatif II dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Panjang Antrea Alternatif II

Pendekat	Panjang Antrean (m)
Jl. Magelang (Utara)	624
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	168
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	190
Jl. Kyai Mojo (Barat)	156

Berdasarkan Tabel 5.27, panjang antrean untuk Jalan Magelang (Utara) sebesar 624 m, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 168 m, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 190 m, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 156 m.

2. Tundaan

Tundaan tiap pendekat Simpang APILL Pingit Yogyakarta pada alternatif II dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28 Tundaan Alternatif II

Pendekat	Tundaan Vissim (det/kend)	Tundaan Simpang PTV Vissim (det/kend)
Jl. Magelang (Utara)	738,28	334,32
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	80,91	
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	145,22	
Jl. Kyai Mojo (Barat)	79,52	

Berdasarkan Tabel 5.28, tundaan untuk Jalan Magelang (Utara) sebesar 738,28 det/kend, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 80,91 det/kend, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 145,22 det/kend, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 79,52 det/kend.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan pada Simpang APILL Pingit Yogyakarta pada alternatif II dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif II

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Vissim (det/kend)	Tundaan rata-rata PTV Vissim (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jl. Magelang (Utara)	3476	738,28	334,32	F
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	2879	80,91		
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	2102	145,22		

Lanjutan Tabel 5.29 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif II

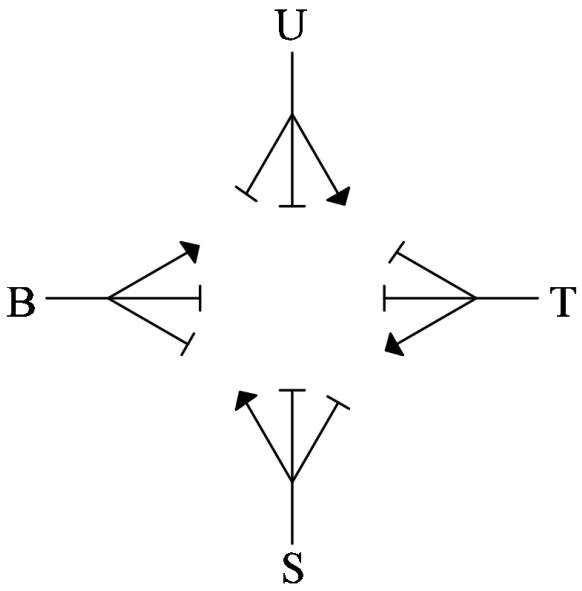
Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Vissim (det/kend)	Tundaan rata-rata PTV Vissim (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jl. Kyai Mojo (Barat)	2658	79,52	334,32	F

Berdasarkan Tabel 5.29, diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 334,32 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan F.

Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) dan Jalan Kyai Mojo (Barat) menunjukkan kondisi tidak jenuh, Sedangkan pada Jalan Magelang (Utara) dan Jalan Tentara Pelajar (Selatan) menunjukkan kondisi jenuh dikarenakan nilai derajat kenejuhan >0,85. Tingkat pelayanan pada alternatif II adalah F berdasarkan PM nomor 96 tahun 2015.

5.3.4 Alternatif Solusi III

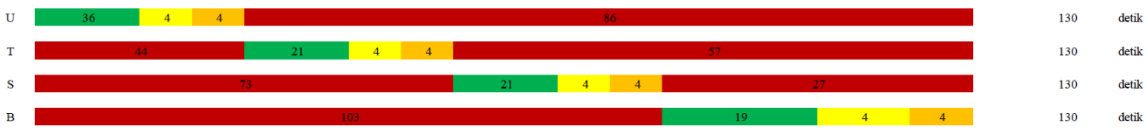
Alernatif solusi ketiga yang digunakan pada penelitian ini adalah menerapkan belok kiri jalan terus ($B_{Ki}JT$) pada Jl. Tentara Pelajar (Selatan) dengan menggunakan waktu siklus paling optimal berdasarkan pada alternatif I yaitu waktu siklus sebesar 130 detik. Penerapan belok kiri jalan terus ($B_{Ki}JT$) pada Jl. Tentara Pelajar (Selatan) untuk mengurangi nilai tundaan, panjang antrean, dan derajat kejenuhan. Dengan penerapan belok kiri jalan terus ($B_{Ki}JT$) pada Jl. Tentara Pelajar, maka semua pendekat pada Simpang APILL Pingit Yogyakarta berlaku belok kiri jalan terus ($B_{Ki}JT$). Ilustrasi penerapan belok kiri jalan terus ($B_{Ki}JT$) pada Jl. Tentara Pelajar (selatan) dapat dilihat pada Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Ilustrasi Penerapan Belok Kiri Jalan Terus (B_{KiJT}) Pada Lengan Selatan

Tabel 5.30 Waktu Siklus Alternatif III

Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	*All Red* (detik)	Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)	Urutan Fase
Jalan Magelang (Utara)	37	4	4	85	130	1
Jalab Pangeran Diponegoro (Timur)	21	4	4	101	130	2
Jalan Tentara Pelajar (Selatan)	21	4	4	101	130	3
Jalan Kyai Mojo (Barat)	19	4	4	103	130	4



Gambar 5.19 Diagram Waktu Siklus Simpang APILL Pingit Yogyakarta Alternatif III

Penerapan belok kiri jalan terus ($B_{Ki}JT$) menggunakan waktu siklus sebesar 130 detik berpengaruh pada nilai kapasitas dan derajat kejenuhan pada setiap pendekat Simpang APILL Pingit Yogyakarta. Perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan pada setiap lengan pendekat pada alternatif III dapat dilihat di bawah ini.

1. Pendekat Utara

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

   C = 2316 x $\frac{36}{130}$

   C = 650 smp/jam

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

   D_J = $\frac{861}{650}$

   D_J = 1,33

2. Pendekat Timur

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

   C = 2316 x $\frac{21}{130}$

   C = 371 smp/jam

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

   D_J = $\frac{491}{371}$

   D_J = 1,33

3. Pendekat Selatan

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

   C = 1853 x $\frac{21}{130}$

   C = 305 smp/jam

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

   D_J = $\frac{405}{305}$

   D_J = 1,33

4. Pendekat Barat

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

C = 2316 x $\frac{19}{130}$

C = 344 smp/jam

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

D_J = $\frac{455}{344}$

D_J = 1,33

Rekapitulasi hasil analisis kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (D_J) pada Simpang APILL Pingit Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5.31 di bawah ini.

Tabel 5.31 Rekapitulasi Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J)

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (D_J)	Kesimpulan
Jl. Magelang (Utara)	650	1,33	Terjadi Kemacetan
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	371	1,33	Terjadi Kemacetan
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	305	1,33	Terjadi Kemacetan
Jl. Kyai Mojo (Barat)	344	1,33	Terjadi Kemacetan

Berdasarkan Tabel 5.31, nilai kapasitas pada Jalan Magelang (Utara) sebesar 650 smp/jam, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 371 smp/jam, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 305 smp/jam, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 344 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Magelang (Utara) sebesar 1,33, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 1,33, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 1,33, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 1,33.

Setelah dilakukannya penerapan belok kiri jalan terus ($B_{Ki}JT$) dan penentuan waktu siklus paling optimal, selanjutnya dilakukan pemodelan kinerja Simpang Pingit Yogyakarta dengan menerapkan alternatif III menggunakan *software* Vissim. Hasil pemodelannya sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang Antrean tiap pendekat Simpang APILL Pingit Yogyakarta pada Alternatif II dapat dilihat pada Tabel 5.32.

Tabel 5.32 Panjang Antrean Alternatif III

Pendekat	Panjang Antrean (m)
Jl. Magelang (Utara)	240
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	220
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	260
Jl. Kyai Mojo (Barat)	216

Berdasarkan Tabel 5.32, panjang antrean untuk Jalan Magelang (Utara) sebesar 240 m, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 220 m, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 260 m, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 216 m.

2. Tundaan

Tundaan tiap pendekat Simpang APILL Pingit Yogyakarta pada alternatif III dapat dilihat pada Tabel 5.33.

Tabel 5.33 Tundaan Alternatif III

Pendekat	Tundaan Vissim (det/kend)	Tundaan Simpang PTV Vissim (det/kend)
Jl. Magelang (Utara)	190,71	267,70
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	295,56	
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	345,12	
Jl. Kyai Mojo (Barat)	314,37	

Berdasarkan Tabel 5.33, tundaan untuk Jalan Magelang (Utara) sebesar 190,71 det/kend, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 295,56 det/kend, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 345,12 det/kend, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 314,37 det/kend.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan pada Simpang APILL Pingit Yogyakarta pada alternatif III dapat dilihat pada Tabel 5.34 di bawah ini.

Tabel 5.34 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif III

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Vissim (det/kend)	Tundaan rata-rata PTV Vissim (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jl. Magelang (Utara)	3476	190,71	267,70	F
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	2879	295,56		
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	2102	345,12		
Jl. Kyai Mojo (Barat)	2658	314,37		

Berdasarkan Tabel 5.34, diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 267,70 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan F.

Waktu siklus yang diterapkan pada alternatif solusi ini berdasarkan waktu siklus yang paling optimal pada alternatif I yaitu sebesar 130 detik dan penerapan belok kiri jalan terus (B_{KiJT}) pada Jalan Tentara Pelajar (Selatan) Simpang APILL Pingit Yogyakarta. Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, semua lengan pendekat menunjukkan kondisi jenuh. Meskipun telah diterapkan alternatif solusi berupa waktu siklus yang optimal dan belok kiri jalan terus (B_{KiJT}) pada Jalan Tentara Pelajar (Selatan), diperoleh tingkat pelayanan F berdasarkan PM nomor 96 tahun 2015.

5.4 Pembahasan

5.4.1 Kondisi *Existing*

Berdasarkan analisis kinerja simpang APILL Pingit Yogyakarta pada kondisi *existing* berdasarkan PKJI 2023 diperoleh nilai Derajat Kejenuhan (D_J)

untuk Jalan Magelang (Utara) sebesar 1,41, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 1,00, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 1,10, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 1,01. Panjang antrean untuk Jalan Magelang (Utara) sebesar 180 m, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 155 m, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 175 m, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 115 m. Nilai tundaan simpang pada kondisi *existing* di Simpang APILL Pingit Yogyakarta sebesar 264,05 det/smp dengan tingkat pelayanan *(Level of Service)* F. Kondisi *existing* perlu dievaluasi dengan mempertimbangkan berbagai aspek yang mempengaruhi sistem yang ada, sehingga dapat diidentifikasi secara tepat area atau faktor tertentu yang memerlukan perbaikan, peningkatan, atau penyempurnaan. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan efisiensi lalu lintas serta memastikan kelancaran pergerakan pada suatu simpang.

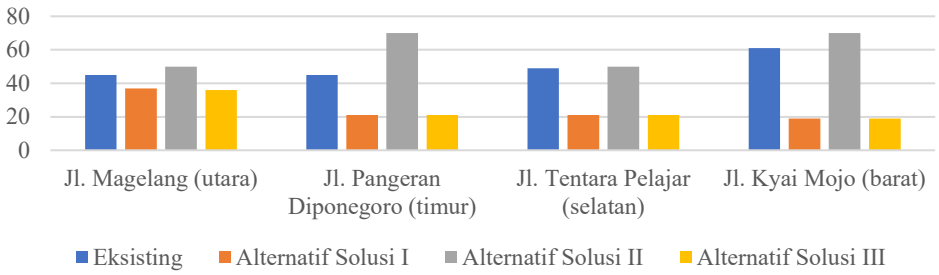
5.4.2 Kondisi Alternatif

Pada alternatif I, II, dan III, menunjukkan hasil yang berbeda. Penentuan solusi yang paling efektif diperlukan perbandingan antara tiap alternatif yang tersedia dengan kondisi *existing* saat ini. Dengan melakukan perbandingan, maka masing-masing opsi memiliki kelemahan dan keunggulan sehingga dapat memilih solusi yang paling optimal untuk diterapkan. Perbandingan penyesuaian waktu hijau tidak pendekat dapat dilihat pada Tabel 5.35 dibawah ini.

Tabel 5.35 Perbandingan Penyesuaian Waktu Hijau

Pendekat	**Waktu Hijau (detik)**			
	Existing	**Alternatif Solusi I**	**Alternatif Solusi II**	**Alternatif Solusi III**
Jl. Magelang (utara)	45	37	50	36
Jl. Pangeran Diponegoro (timur)	45	21	70	21
Jl. Tentara Pelajar (selatan)	49	21	50	21
Jl. Kyai Mojo (barat)	61	19	70	19

Perbandingan waktu hijau pada setiap pendekat dapat dilihat pada histogram pada Gambar 5.19 di bawah ini.



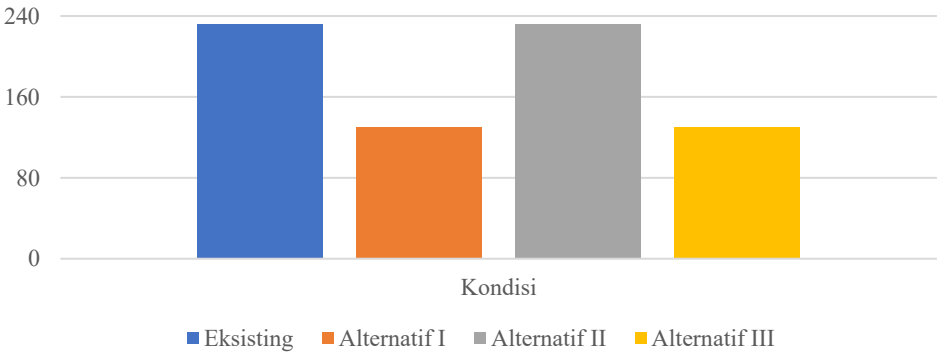
Gambar 5.19 Perbandingan Waktu Hijau

Berdasarkan Tabel 5.35 dan Gambar 5.19, waktu hijau tertinggi pada kondisi *existing* terdapat pada Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 61 detik, alternatif I pada Jalan Magelang (Utara) sebesar 37 detik, alternatif II pada Jalan Pangeran diponegoro (Timur) dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 70 detik, dan pada alternatif III pada Jalan Magelang (Utara) sebesar 36 detik.

Tabel 5.36 Perbandingan Penyesuaian Waktu Siklus

Waktu Siklus (detik)			
Existing	**Alternatif I**	**Alternatif II**	**Alternatif III**
232	**130**	**232**	**130**

Perbandingan waktu siklus tiap pendekat pada kondisi *existing* dan alternatif solusi dapat dilihat pada Gambar 5.20 dibawah ini.



Gambar 5.20 Perbandingan Waktu Siklus

Berdasarkan Tabel 5.36 dan Gambar 5.20, waktu siklus pada kondisi *existing* sebesar 232 detik, alternatif solusi I sebesar 130 detik, alternatif solusi II sebesar 232 detik, dan alterntaif solusi III sebesar 130 detik.

Perbandingan pada hasil analisis dan pemodelan, kinerja simpang pada kondisi *existing* yang digunakan merupakan hasil dari pemodelan *software* Vissim. Hal ini dikarenakan validasi terhadap pemodelan tersebut telah menunjukkan bahwa hasilnya dapat mempresentasikan kondisi aktual di lapangan. Berikut ini adalah perbandingan antara hasil analisis dan pemodelan untuk kondisi *existing* serta beberapa alternatif solusi.

1. Derajat Kejenuhan

   Hasil analisis pada Simpang APILL Pingit Yogyakarta pada kondisi *existing* dibandingkan dengan alternatif solusi menunjukkan adanya perbedaan. Salah satu perbedaan adalah parameter nilai derajat kejenuhan (D_J). Perbedaan ini disebabkan oleh variasi dalam waktu siklus dan durasi waktu hijau, yang dapat berdampak pada perubahan nilai kapasitas di setiap pendekat. Perubahan kapasitas tersebut secara langsung dapat mempengaruhi nilai derajat kejenuhan. Perbandingan nilai derajat kejenuhan untuk setiap lengan pada kondisi *existing* dan alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.37.

Tabel 5.37 Perbandingan Derajat Kejenuhan

Pendekat	*Existing*	Alternatif Solusi I	Alternatif Solusi II	Alternatif Solusi III
Jl. Magelang (Utara)	1,41	1,32	1,72	1,33
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	1,00	1,32	0,70	1,33
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	1,10	1,32	0,99	1,33
Jl. Kyai Mojo (Barat)	1,01	1,32	0,65	1,33
Rata-Rata	1,13	1,32	1,02	1,33

Berdasarkan Tabel 5.37, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) dan Jalan Kyai Mojo (Barat) pada alternatif solusi II yang mengalami penurunan sekaligus memenuhi nilai derajat kejenuhan berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023). Pada Jalan Magelang (Utara), hampir seluruh alternatif solusi mengalami kenaikan nilai derajat kejenuhan. Pada Jalan Tentara Pelajar (Selatan) hampir seluruh alternatif solusi mengalami kenaikan nilai derajat kejenuhan. Berdasarkan hasil di atas, diperoleh rata-rata nilai derajat kejenuhan (D_J) pada kondisi *existing* sebesar 1,13, alternatif I sebesar 1,32, alternatif II sebesar 0,91, dan alternatif III sebesar 1,33. Oleh karena itu, alternatif terbaik berdasarkan nilai derajat kejenuhan adalah alternatif solusi II. Hal ini disebabkan oleh nilai derajat kejenuhannya lebih rendah dibanding dengan pendekat lainnya. Pada alternatif solusi II 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 *existing* dengan alternatif solusi. Berikut perbandingan panjang antrean tersebut yang dapat dilihat pada Tabel 5.38.

Tabel 5.38 Perbandingan Panjang Antrean

Pendekat	Panjang Antrean (m)			
	Existing	**Alternatif Solusi I**	**Alternatif Solusi II**	**Alternatif Solusi III**
Jl. Magelang (Utara)	180	240	624	240
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	155	220	168	220
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	175	193	190	260
Jl. Kyai Mojo (Barat)	115	216	156	216

Persentase perbedaan antara kondisi *existing* dan setiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39 Persentase Perbandingan Panjang Antrean

Pendekat	Alternatif Solusi I (%)	Alternatif Solusi II (%)	Alternatif Solusi III (%)
Jl. Magelang (Utara)	25	71	25
Jl. Pangeran Diponegoro (Timur)	30	8	30
Jl. Tentara Pelajar (Selatan)	9	8	33
Jl. Kyai Mojo (Barat)	47	26	47
Rata-Rata	28	28	28

Berdasarkan Tabel 5.39, didapat bahwa panjang antrean untuk setiap pendekat mengalami perubahan yaitu semua lengan mengalami kenaikan dibandingkan dengan kondisi *existing*. Pada alternatif I, lengan Utara mengalami kenaikan sebesar 25% dari kondisi *existing*, lengan Timur mengalami kenaikan sebesar 30% dari kondisi *existing*, lengan Selatan mengalami kenaikan sebesar 9% dari kondisi *existing*, dan lengan Barat mengalami kenaikan signifikan sebesar 47% dari kondisi *existing*. Pada alternatif II, lengan utara mengalami kenaikan signifikan sebesar 71% dari kondisi *existing*, lengan Timur mengalami kenaikan sebesar 8% dari kondisi *existing*, lengan Selatan mengalami kenaikan sebesar 8% dari kondisi *existing*, dan lengan Barat mengalami kenaikan sebesar 26% dari kondisi *existing*. Pada alternatif III, lengan Utara mengalami kenaikan sebesar 25% dari kondisi *existing*, lengan Timur mengalami kenaikan sebesar 30% dari kondisi *existing*, lengan Selatan mengalami kenaikan sebesar 33% dari kondisi *existing*, dan lengan Barat mengalami kenaikan signifikan sebesar 47% dari kondisi *existing*. Dari hasil tersebut, terlihat nilai waktu siklus dan waktu hijau mempengaruhi perubahan panjang antrean. Semakin rendah waktu siklus, semakin berkurang panjang antrean yang terjadi. Hal 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 I, karena pada alternatif I, meskipun semua lengan mengalami kenaikan namun tidak terlalu signifikan seperti pada alternatif II dan III.

3. Tundaan

Terdapat perbedaan nilai tundaan pada kondisi *existing* dengan alternatif solusi di Simpang APILL Pingit Yogyakarta. Perbandingan nilai tundaan Simpang APILL Pingit Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5.40.

Tabel 5.40 Perbandingan Nilai Tundaan Simpang

Tundaan Simpang			
Existing	**Alternatif I**	**Alternatif II**	**Alternatif III**
264,05	252,64	334,32	267,70

Persentase perbedaan antara kondisi *existing* dan setiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.41.

Tabel 5.41 Persentase Perbandingan Nilai Tundaan Simpang

Alternatif I (%)	**Alternatif II (%)**	**Alternatif III (%)**
-5	21	1

Berdasarkan Tabel 5.41 diatas, didapatkan bahwa nilai tundaan simpang pada setiap alternatif solusi menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kondisi *existing*. Alternatif I mengalami penurunan sebesar -5%, alternatif solusi II mengalami kenaikan sebesar 21%, dan alternatif solusi III mengalami kenaikan sebesar 1%. Alternatif solusi I merupakan alternatif dengan nilai tundaan simpang terendah, yaitu sebesar 252,64 detik/kendaraan. Penurunan ini disebabkan oleh penerapan alternatif solusi berupa penyesuaian waktu siklus dengan hasil paling optimal yaitu waktu siklus sebesar 130 detik sesuai dengan waktu yang layak berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (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 Pingit Yogyakarta pada kondisi *existing* berdasarkan PM nomor 96 tahun 2015 adalah F. Dengan menerapkan alternatif solusi maka terdapat perubahan pada tingkat pelayanan Simpang APILL Pingit Yogyakarta. Perbandingan tingkat pelayanan Simpang Pingit Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5.42.

Tabel 5.43 Perbandingan Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan			
Existing	**Alternatif I**	**Alternatif II**	**Alternatif III**
F	F	F	F

Berdasarkan Tabel 5.43 di atas, tingkat pelayanan untuk alternatif solusi I adalah F, untuk alternatif solusi II adalah F, dan alternatif solusi III adalah F. Alternatif solusi I merupakan alternatif yang terbaik karena memiliki nilai tundaan yang lebih rendah dibandingkan dengan alternatif lainnya.

Alternatif I yang digunakan pada penelitian ini yaitu penyesuaian waktu siklus dengan cara *trial and error* 3 waktu siklus yaitu sebesar 120 detik, 125 detik, dan 130 detik sesuai dengan ketentuan PKJI 2023, diperoleh hasil paling optimal yaitu menggunakan 130 detik. Alternatif solusi II yang digunakan pada penelitian ini yaitu penambahan fase dari sebelumnya 4 fase menjadi 5 fase dan menggunakan waktu siklus sama seperti *existing* yaitu sebesar 232 detik. Alternatif solusi III yang digunakan pada penelitian ini yaitu menerapkan belok kiri jalan terus (BkiJT) pada Jl. Tentara Pelajar (Selatan) dengan menggunakan waktu siklus paling optimal berdasarkan allternatif solusi I yaitu sebesar 130 detik. Berdasarkan alternatif yang telah dilakukan, alternatif solusi I merupakan pilihan yang menunjukkan perbaikan paling optimal dalam kinerja pelayanan simpang. Hal ini terlihat dari penurunan nilai tundaan simpang yang paling baik dibandingkan dengan alternatif lainnya. Alternatif yang digunakan adalah penyesuaian waktu siklus paling optimal yaitu dari kondisi *existing* sebesar 232 detik menjadi 130 detik

sesuai dengan waktu yang layak menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023) untuk 4 fase.

Solusi rekayasa APILL berupa penyesuaian waktu siklus yang awalnya sebesar 232 detik menjadi 130 detik ternyata menujukkan perbaikan tingkat pelayanan simpang yang tidak signifikan. Solusi berupa rekayasa geometri sudah tidak memungkinkan dikarenakan biaya yang sangat mahal. Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya solusi berupa *transportation demand management* (TDM) pada Simpang APILL Pingit Yogyakarta. Menurut Kushari (2005), dengan dilakukannya *transportation demand management program* dan teknik *structural equation modeling* (SEM), didapatkan hasil berdasarkan sampel yang diperoleh dari Kota Jakarta, Kuala Lumpur, Manila, dan Bangkok dengan ukuran sampel N = 691, diperoleh hasil tingkat efektivitas subjektif dapat mengurangi kemacetan dan kesediaan untuk mengurangi berkendaraan dan menggunakan moda alternatif. Menurut Sriastuti (2017), hasil analisis menunjukkan jumlah permintaan rata-rata penduduk sepanjang koridor pelayanan yang direncanakan sebesar 21431 dimana seluruh desa/kelurahan memiliki nilai N rata-rata lebih besar dari nilai R R(= 20), sehingga memenuhi dalam pelayanan angkutan umum, sedangkan jumlah calon penumpang adalah 17543 pergerakan.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan sebelumnya, diperoleh kesimpulan seperti berikut.

1. Berdasarkan analisis kinerja Simpang APILL Pingit Yogyakarta pada kondisi *existing* dengan menggunakan PKJI 2023 diperoleh Derajat Kejenuhan (D_J) untuk Jalan Magelang (Utara) sebesar 1,41, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 1,00, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 1,10, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 1,01. Panjang Antrean di Simpang APILL Pingit Yogyakarta pada kondisi *existing* yaitu untuk Jalan Magelang (Utara) sebesar 180 m, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 155 m, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 175 m, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 115 m. Nilai Tundaan simpang pada kondisi *existing* di Simpang APILL Pingit Yogyakarta sebesar 264,05 det/smp dengan tingkat pelayanan F.
2. Berdasarkan pemodelan pada PTV Vissim, alternatif solusi penanganan Simpang APILL Pingit yang paling efektif yaitu alternatif solusi I. Alternatif tersebut berupa penyesuaian waktu siklus dengan cara *trial and error* 3 waktu siklus yaitu sebesar 120 detik, 125 detik, dan 130 detik berdasarkan waktu siklus yang layak menurut PKJI 2023, sehingga didapatkan waktu siklus yang paling optimal yaitu 130 detik. Hasil dari penerapan alternatif ini adalah nilai derajat kejenuhan (D_J) untuk Jalan Magelang (Utara) sebesar 1,32, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) sebesar 1,32, Jalan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 1,32, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) sebesar 1,32. Panjang antrean di Simpang APILL Pingit Yogyakarta dengan menerapkan alternatif solusi I adalah untuk Jalan Magelang (Utara) menjadi 240 m, Jalan Pangeran Diponegoro (Timur) menjadi 220 m, Jalan Pangeran Diponegoro (Selatan)

menjadi 193 m, dan Jalan Kyai Mojo (Barat) menjadi 216 m. Nilai tundaan simpang di Simpang APILL Pingit Yogyakarta dari 264,05 det/smp turun menjadi 252,64 det/smp dengan tingkat pelayanan F.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan bahan sebagai evaluasi dan pengembangan untuk penelitian selanjutnya agar Simpang APIL Pingit Yogyakarta dapat lebih optimal dalam melayani kendaraan yang melintas. Adapun saran yang ada adalah sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mempertimbangkan alternatif lain seperti penggunaan solusi *transportation demand management* (TDM).
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mempertimbangkan alternatif lain seperti perancangan simpang susun.
3. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan koordinasi Simpang Pingit dengan simpang di sekitarnya agar dapat meningkatkan tingkat pelayanan.
4. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi instansi terkait seperti Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta dalam melakukan peningkatan kinerja Simpang Pingit Yogyakarta.
5. Pada Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), memberikan Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) untuk klasifikasi kendaraan Bus Besar (BB) dan Truk Berat (TB) pada Simpang.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, M. I., Lefrandt, L. I., & Rompis, S. Y. (2023). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode PKJI Dan Metode PTV Vissim (Studi Kasus: Jl. Sam Ratulangi–Jl. Babe Palar, Kota Manado). *Tekno*, *21*(83), 67-77.

Badan Pusat Statistik Daerah Istimewa Yogyakarta 2022. *Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Kota dan Jenis Kendaraan di D.I. Yogyakarta 2022.* Badan Pusat Statistik Daerah Istimewa Yogyakarta.

Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta 2024. *Kota Yogyakarta Dalam Angka 2023.01, 1-7. Kota Yogyakarta*.

Direktorat Jendral Bina Marga 2023. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI).* Departemen Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta. 2(21),325.

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

Haniifah, & Lestarini, W. 2022. Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal Jl. Magelang-Salaman Menggunakan Software PTV Vissim. *Jurnal Teras*, *12*(3), 1–8.

Hobbs, F. D. 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas.* Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Kementrian Perhubungan 2015. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. In Jakarta (pp. 1-45).

Kushari, B. 2005. Model Penerimaan Pengguna Kendaraan Pribadi Terhadap Kebijakan Manajemen Permintaan Transportasi: Studi Kasus Pada Beberapa Ibu Kota Negara Asean. *Jurnal Transportasi*, *5*(2).

Kusprasetyo, D., Muhammad, E., & Irawan, Z. 2023. *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode PKJI 2023 (Studi Kasus: Simpang Bersinyal Sentul, Yogyakarta)*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Gajah Mada. Yogyakarta..

Lamani, V. F., Rachman, A., & Ahmad, A. F. 2017. Analisis Kinerja dan Kapasitas Arus Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Achmad Nadjamuddin Kota Gorontalo. *Radial*, *5*(2), 136-148.

Lumintang, G. Y., Lefrandt, L. I., Timboeleng, J. A., & Manoppo, M. R. 2013. Kinerja Lalu Lintas Persimpangan Lengan Empat Bersignal (Studi Kasus: Persimpangan Jalan Walanda Maramis Manado). *Jurnal Sipil Statik*, *1*(3), 140164.

Mamu, I., Kadir, Y., & Patuti, I. M. (2021). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan JA Katili-Jalan Tondano-Jalan Madura Dengan Metode PKJI. Composite Journal, 1(1), 9-16.

Nabillah, I., & Ranggadara, I. 2020. Mean Absolute Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut. JOINS (Journal of Information System), 5(2), 250–255.

Nugroho, U., & Dwiatmaja, G. C. 2020. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Bantuan Perangkat Lunak Vissim Student Version. Jurnal Teknik Sipil, 16(1), 54-74.

Park, B., & Schneeberger, J. D. 2003. Microscopic simulation model calibration and validation: case study of Vissim simulation model for a coordinated actuated signal system. *Transportation research record*, 1856(1), 185-192.

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), 135-145.

Prima, G. R., Herlina, N., & Arif, I. Z. 2023. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Ptv Vissim (Studi Kasus Simpang Gunung Sabeulah Kota Tasikmalaya). Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc), 4(1), 382-396.

PTV Group. 2011. PTV Vissim 9 User Manual. Kartsruhe

Purnama, B. A., Jannah, A. N., & Prayitno, P. A. 2023. Evaluasi dan peningkatan kinerja simpang bersinyal Denggung Sleman. In *Proceeding Civil Engineering Research Forum* Vol (Vol. 2, No. 2).

Putra, E. 2023. Benarkah Lampu Merah Pingit Adalah yang Terlama di Yogya? . https://kumparan.com/pandangan-jogja/benarkah-lampu-merah-pingit-adalah-yang-terlama-di-yogya-1zaK2dbUDeh/full

Rahmayuda, H., Jannah, A. N., & Prayitno, P. A. 2024. Analisis Kinerja dan Pemodelan Simpang untuk Meningkatkan Kinerja Simpang Bersinyal Jokteng Wetan Yogyakarta. Jurnal Teknik Sipil, 13(1), 86–94.

Ramadhana, N. 2019. Rekayasa Koordinasi Simpang Pada Simpang Tugu Dan Simpang Pingit Di Kota Yogyakarta (Signal Coordination Manipulation for Tugu and Pingit Intersections at Yogyakarta City). Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta..

Riza, A. N., Utami, A., & Nurhidayat, A. Y. 2023. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Pusat Grosir Cililitan (PGC) Jalan Dewi Sartika-Jalan Raya Bogor Dengan Metode PKJI 2014 Dan Pemodelan Menggunakan PTV Vissim: *Performance Analysis Of Cililitan Wholesale Center (PGC) Bogor Street–Dewi Sartika Street East Jakarta With The 2014 PKJI Method And Modeling Using PTV Vissim*. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, *11*(3), 189-198.

Sumule, K., Handayani, A. T., & Astutik, H. P. 2021. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Sofware PTV. Vissim. *Equilib*, *2*(2), 213-222.

Sriastuti, D. A. N. 2017. Analisis Potensi Permintaan (Demand) Angkutan Umum Pada Koridor Jalan Raya Sesetan Denpasar. PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa, 6(1), 66-75.

Wulandari, A., & Muchlisin, M. 2021. Analisis Simpang Simpang Empat Bersinyal Wirobrajan Akibat Perubahan Urutan Fase Menggunakan PTV Vissim. *Bulletin of Civil Engineering*, *1*(1), 13–18.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data Survei Volume Simpang

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL PINGIT YOGYAKARTA

Lengan Simpang : Utara
Surveyor : Bibit
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 7,8 m
Belok Kiri : 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	07.45 - 08.00	161	51				215	83	2			193	64	2	1	2
2	08.00 - 08.15	146	56				193	57				194	68		1	
3	08.15 - 08.30	163	71				192	93		1		215	66		1	3
4	08.30 - 08.45	159	63				202	74		1		261	89			
5	08.45 - 09.00	172	52				255	83		1		196	66			
6	09.00 - 09.15	167	67				193	59				186	64			
7	09.15 - 09.30	152	57	1			184	51				194	94			1
8	09.30 - 09.45	144	61	1			177	48	2			188	71			
9	09.45 - 10.00	128	66		2		195	55	1			177	68			
10	10.00 - 10.15	149	71		2		207	94	1			196	74	1		1
11	10.15 - 10.30	162	83		2		212	91				201	83	1		
12	10.30 - 10.45	171	87				215	90				205	80	1		

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

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL PINGIT YOGYAKARTA

Lengan Simpang : Timur
Surveyor : Alfadino
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 7,8 m
Belok Kiri : 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	07.45 - 08.00	145	21		3		210	34	1			118	45		1	
2	08.00 - 08.15	166	28				188	42	1			45	32		1	
3	08.15 - 08.30	157	35				194	33	1			35	24		1	3
4	08.30 - 08.45	144	26				182	36				64	31			
5	08.45 - 09.00	129	35				167	31				52	28			
6	09.00 - 09.15	147	44	2			145	42				57	18			
7	09.15 - 09.30	138	36				152	46		2		71	26			
8	09.30 - 09.45	146	44				157	32				50	31			1
9	09.45 - 10.00	148	38	1			163	40		4		62	22		4	
10	10.00 - 10.15	154	43	1			169	57	2	1		84	36			
11	10.15 - 10.30	167	31				135	31				104	59			
12	10.30 - 10.45	171	42				173	35	2			93	35			1

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

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL PINGIT YOGYAKARTA

Lengan Simpang : Selatan
Surveyor : Axsyal
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 6 m
Belok Kiri : 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	07.45 - 08.00	117	53	2			172	48		3		193	38		2	
2	08.00 - 08.15	115	57	3			166	43		2		163	32			
3	08.15 - 08.30	111	55				170	37				188	37			1
4	08.30 - 08.45	113	45				168	52				210	34			
5	08.45 - 09.00	150	54	1	2		163	54				231	39			
6	09.00 - 09.15	127	55	2			152	43	2			112	44			
7	09.15 - 09.30	109	63				186	61		1		118	41		1	
8	09.30 - 09.45	106	41		3		175	55		1		125	30		1	
9	09.45 - 10.00	172	43	1			193	47		1		151	54			
10	10.00 - 10.15	131	51				188	44				163	57			
11	10.15 - 10.30	112	60		1		197	60				150	45			
12	10.30 - 10.45	158	47				178	48				133	38	1		

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

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL PINGIT YOGYAKARTA

Lengan Simpang : Barat
Surveyor : Zahrok
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 7,2 m
Belok Kiri : 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	07.45 - 08.00	263	56	2	2		178	48				43	38		2	
2	08.00 - 08.15	149	58		2		164	36				70	36			
3	08.15 - 08.30	244	51				168	47				39	47			
4	08.30 - 08.45	243	34	1	1		176	39				36	39			
5	08.45 - 09.00	221	30	1	1		179	48				34	48			1
6	09.00 - 09.15	250	51		1		132	49		2		31	49	2	3	
7	09.15 - 09.30	249	47		1		213	34		2		38	36	1		
8	09.30 - 09.45	236	35				236	38				40	41			
9	09.45 - 10.00	247	41				199	55	1			44	44			
10	10.00 - 10.15	250	44				205	60		3		51	60		1	
11	10.15 - 10.30	241	50				210	51		1		36	44		1	
12	10.30 - 10.45	248	52				203	44				45	38		1	1

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

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL PINGIT YOGYAKARTA

Lengan Simpang : Utara
Surveyor : Bibit
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 7,8 m
Belok Kiri : 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	175	75	1	1		130	80	1			166	74		4	
2	11.15 - 11.30	165	69	1	1		134	84	2			193	83			
3	11.30 - 11.45	135	57	2	2		148	75				196	53			2
4	11.45 - 12.00	147	59				180	98				202	62			
5	12.00 - 12.15	138	68				200	68		3		194	75			
6	12.15 - 12.30	143	52				217	87		2		211	72		2	
7	12.30 - 12.45	151	60		2		205	92	2	1		204	63	1	1	1
8	12.45 - 13.00	175	77	1	1		198	69	1	1		237	78	1		

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

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL PINGIT YOGYAKARTA

Lengan Simpang : Timur
Surveyor : Alfadino
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 7,8 m
Belok Kiri : 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	230	28				178	46				101	28		1	
2	11.15 - 11.30	210	34	1	5		228	47		1		83	26			1
3	11.30 - 11.45	159	21		2		217	46		5		59	24		9	
4	11.45 - 12.00	165	43		6		205	47		8		58	22		3	
5	12.00 - 12.15	175	39	1	5		212	38		8		72	47		5	
6	12.15 - 12.30	157	34	2	3		215	52		11		73	18		6	1
7	12.30 - 12.45	164	33		3		189	43		2		65	37		4	
8	12.45 - 13.00	86	28				130	46				50	21		1	1

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

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL PINGIT YOGYAKARTA

Lengan Simpang : Selatan
Surveyor : Axsyal
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 6 m
Belok Kiri : 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	119	34				108	54		3		111	47			
2	11.15 - 11.30	116	38				127	44				107	41			
3	11.30 - 11.45	107	33				147	46				109	31			
4	11.45 - 12.00	111	34				138	35				112	56			
5	12.00 - 12.15	119	40				119	67	1	3		104	48			1
6	12.15 - 12.30	123	44	1			124	43				132	53			
7	12.30 - 12.45	113	31				127	39	1	1		112	51	1		
8	12.45 - 13.00	160	38				139	50	1			127	41	1		

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

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL PINGIT YOGYAKARTA

Lengan Simpang : Barat
Surveyor : Zahrok
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 7,2 m
Belok Kiri : 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	253	49		1		217	66		2		39	39		1	
2	11.15 - 11.30	242	59				272	59		2		42	35		1	1
3	11.30 - 11.45	237	56				271	64				41	37			
4	11.45 - 12.00	276	47		1		295	70	1	4		46	31			
5	12.00 - 12.15	217	51	3			260	59	2			57	34			
6	12.15 - 12.30	239	44		4		247	54				59	30	3		
7	12.30 - 12.45	244	30				265	63				54	44	2	2	1
8	12.45 - 13.00	137	34		1		252	43				58	67		1	

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

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL PINGIT YOGYAKARTA

Lengan Simpang : Utara
Surveyor : Bibit
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 7,8 m
Belok Kiri : 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	129	67	1			197	67	2			221	70			
2	15.15 - 15.30	141	65				242	65				225	61	1	1	
3	15.30 - 15.45	160	64				273	64				279	58		2	2
4	15.45 - 16.00	143	59		2		195	59				257	69			
5	16.00 - 16.15	165	69				248	69		3		288	42		3	
6	16.15 - 16.30	170	56				182	63	1			261	45		1	
7	16.30 - 16.45	154	52	1			200	83	1			292	36		2	1
8	16.45 - 17.00	163	73	1			231	56		2		261	68		1	
9	17.00 - 17.15	187	65				244	82		2		282	80			
10	17.15 - 17.30	174	56		1		160	86				294	64			1
11	17.30 - 17.45	179	74		1		187	70	1			274	57			
12	17.45 - 18.00	200	88				238	86				265	49			1

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

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL PINGIT YOGYAKARTA

Lengan Simpang : Timur
Surveyor : Alfadino
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 7,8 m
Belok Kiri : 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	187	43				209	66		1		60	23		1	2
2	15.15 - 15.30	186	47		2		238	86		2		79	33		3	
3	15.30 - 15.45	204	60		2		205	63		7		65	33	3	1	1
4	15.45 - 16.00	193	43				210	77		3		74	37		2	
5	16.00 - 16.15	183	45	1	1		245	79		2		81	32			
6	16.15 - 16.30	222	32				292	71		1		80	36		5	
7	16.30 - 16.45	208	44				334	63				90	39			2
8	16.45 - 17.00	212	36				300	74	1	2		82	36			
9	17.00 - 17.15	220	34				305	73	1	1		114	53		2	
10	17.15 - 17.30	183	22		3		264	62		2		90	37			1
11	17.30 - 17.45	205	35				252	73	2	1		73	29			
12	17.45 - 18.00	177	26		1		241	46				81	32			1

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

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL PINGIT YOGYAKARTA

Lengan Simpang : Selatan
Surveyor : Axsyal
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 6 m
Belok Kiri : 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	107	33	2	1		108	52		1		126	38		2	
2	15.15 - 15.30	110	42				182	46		1		117	47			
3	15.30 - 15.45	108	34		2		101	48	1	1		126	36			1
4	15.45 - 16.00	113	32				117	34	1			120	45		4	
5	16.00 - 16.15	120	83				126	52				136	42			
6	16.15 - 16.30	111	48	1			102	66		4		122	35			
7	16.30 - 16.45	116	61	2			136	48				146	37			
8	16.45 - 17.00	103	48		1		151	61				137	43	1	2	
9	17.00 - 17.15	126	36		1		145	35		2		137	57	1		
10	17.15 - 17.30	122	37				137	25				154	62	1	2	1
11	17.30 - 17.45	107	27				122	37				138	44			
12	17.45 - 18.00	127	43		1		156	43				101	31		2	

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

FORMULIR SURVEI SIMPANG APILL PINGIT YOGYAKARTA

Lengan Simpang : Barat
Surveyor : Zahrok
Jumlah Lajur : 2
Lebar Lajur : 7,2 m
Belok Kiri : 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	195	59	2			191	52		3		45	37	1	3	
2	15.15 - 15.30	188	79	1			173	55		1		41	41	2		
3	15.30 - 15.45	126	85				181	42				35	39			
4	15.45 - 16.00	180	82				178	49				37	28			
5	16.00 - 16.15	172	56				207	57	2			33	32	1	2	
6	16.15 - 16.30	178	46				200	52	1	2		37	34		2	
7	16.30 - 16.45	193	36		1		259	39		2		47	40		1	
8	16.45 - 17.00	213	49		1		205	36		1		56	38			
9	17.00 - 17.15	249	40	2	1		213	47	3	1		65	58			
10	17.15 - 17.30	235	58				225	55				57	69		1	
11	17.30 - 17.45	239	49				214	57				63	55	3		1
12	17.45 - 18.00	205	42				226	62				74	49		1	1

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 Timur	Lengan Selatan	Lengan Barat
		Panjang Antrean (m)	Panjang Antrean (m)	Panjang Antrean (m)	Panjang Antrean (m)
Sore	15.00 - 15.15	130	110	85	50
	15.15 - 15.30	135	75	80	50
	15.30 - 15.45	125	115	100	60
	15.45 - 16.00	130	120	55	70
	16.00 - 16.15	160	115	95	55
	16.15 - 16.30	155	115	75	60
	16.30 - 16.45	130	95	85	90
	16.45 - 17.00	125	155	80	115
	17.00 - 17.15	125	120	70	55
	17.15 - 17.30	120	120	45	70
	17.30 - 17.45	180	110	175	85
	17.45 - 18.00	155	115	100	60

Lampiran 3

Data Survei Kecepatan

UTARA			
Waktu	Panjang Segmen	Waktu Tempuh	Kecepatan Perjalanan
Ket.	m	s	km/jam
Sore	50	4.376	41.136
		5.269	34.164
		4.420	40.721
		4.331	41.560
		3.661	49.163
		3.751	47.992
		3.929	45.811
		3.840	46.876
		3.572	50.392
		4.822	37.327
		4.912	36.649
		3.670	49.043
		3.313	54.331
		3.402	52.905
		4.108	43.819
		4.912	36.649
		3.751	47.992
		3.661	49.163
		3.795	47.428
		4.197	42.887
		3.929	45.811
		4.912	36.649
		3.929	45.811
		3.840	46.876
		3.572	50.392
		3.929	45.811
		4.197	42.887
		4.286	41.993
		4.376	41.136
		4.019	44.793

TIMUR			
Waktu	Panjang Segmen	Waktu Tempuh	Kecepatan Perjalanan
Ket.	m	s	km/jam
Sore	50	4.161	43.255
		4.867	36.985
		4.903	36.715
		4.920	36.582
		4.108	43.819
		5.135	35.055
		4.760	37.818
		4.894	36.782
		5.028	35.802
		4.233	42.525
		4.840	37.190
		4.751	37.889
		5.108	35.239
		4.804	37.466
		4.876	36.917
		4.885	36.850
		5.340	33.707
		4.858	37.053
		4.483	40.153
		4.465	40.314
		4.376	41.136
		4.019	44.793
		4.286	41.993
		4.027	44.694
		4.831	37.258
		4.912	36.649
		5.465	32.936
		4.858	37.053
		5.037	35.739
		5.260	34.222

SELATAN			
Waktu	Panjang Segmen	Waktu Tempuh	Kecepatan Perjalanan
Ket.	m	s	km/jam
Sore	50	3.840	46.876
		4.161	43.255
		3.715	48.454
		3.956	45.501
		3.795	47.428
		3.661	49.163
		3.751	47.992
		3.938	45.707
		4.036	44.595
		4.251	42.346
		4.456	40.394
		4.367	41.220
		4.260	42.257
		4.581	39.292
		4.697	38.321
		4.849	37.121
		4.402	40.886
		4.054	44.398
		4.027	44.694
		4.036	44.595
		3.813	47.206
		3.795	47.428
		3.858	46.659
		3.974	45.296
		3.920	45.915
		4.269	42.169
		3.688	48.806
		3.822	47.095
		4.063	44.301
		4.367	41.220

BARAT			
Waktu	Panjang Segmen	Waktu Tempuh	Kecepatan Perjalanan
Ket.	m	s	km/jam
Sore	50	3.786	47.540
		3.617	49.770
		3.715	48.454
		3.804	47.316
		3.858	46.659
		3.907	46.073
		4.019	44.793
		4.476	40.213
		4.577	39.330
		4.632	38.856
		4.722	38.122
		4.945	36.400
		5.023	35.834
		4.331	41.560
		4.097	43.938
		3.918	45.941
		3.572	50.392
		4.678	38.476
		3.840	46.876
		3.505	51.355
		3.617	49.770
		3.929	45.811
		3.896	46.205
		3.706	48.571
		3.661	49.163
		4.532	39.718
		3.907	46.073
		4.596	39.163
		3.795	47.428
		4.688	38.394

Lampiran 4

Data Survei *Driving Behavior*

Lokasi	: Simpang APILL Pingit Yogyakarta	
Lengan	: Utara	
Hari/Tanggal	: Senin/ 02 September 2024	
No.	Depan - Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	1	0.5
2	1.2	0.3
3	1	0.5
4	0.5	0.5
5	1	0.5
6	0.5	0.5
7	0.2	0.5
8	0.5	0.5
9	0.5	0.5
10	1	0.5
11	1,1	0.9
12	1,4	1,1
13	0,2	1
14	0,7	0,8
15	0,6	0,4
16	0,4	0,2
17	0,5	0,3
18	1,2	0,5
19	1,1	0,7
20	0,4	0,5

Lokasi	: Simpang APILL Pingit Yogyakarta	
Lengan	: Timur	
Hari/Tanggal	: Senin/ 02 September 2024	
No.	Depan - Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	0.5	0.8
2	0.2	0.5
3	1	0.3
4	0.8	0.4
5	0.2	0.5
6	0.4	0.1
7	0.4	0.1
8	0.4	0.3
9	0.6	0.4
10	0.7	0.5
11	1	0.9
12	1.3	1
13	0.5	0.7
14	0.7	0.2
15	0.6	0.6
16	0.8	0.4
17	0.4	0.2
18	0.5	0.2
19	1	0.4
20	1.2	0.5

Lokasi	: Simpang APILL Pingit Yogyakarta	
Lengan	: Selatan	
Hari/Tanggal	: Senin/ 02 September 2024	
No.	Depan - Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	0.5	0.3
2	0.8	0.5
3	0.6	0.6
4	0.4	0.5
5	0.8	0.7
6	0.9	0.9
7	0.6	0.6
8	0.7	0.4
9	1.2	1.2
10	1.5	0.7
11	0.5	0.4
12	0.7	0.6
13	0.4	0.5
14	0.6	0.7
15	0.5	0.3
16	1	0.5
17	1.3	0.8
18	1.2	0.4
19	0.5	0.7
20	0.4	0.3

Lokasi	: Simpang APILL Pingit Yogyakarta	
Lengan	: Barat	
Hari/Tanggal	: Senin/ 02 September 2024	
No.	Depan - Belakang saat Berhenti	Sejajar saat Berhenti
	(m)	(m)
1	1.2	1
2	0.8	0.3
3	0.6	0.6
4	1	0.7
5	0.9	0.5
6	0.5	1.2
7	0.6	0.4
8	0.5	0.9
9	0.8	0.3
10	0.9	0.4
11	1	0.2
12	1.4	0.6
13	0.5	0.4
14	0.6	0.7
15	0.4	0.2
16	1	0.6
17	0.8	0.9
18	0.9	1
19	1.2	0.3
20	1	0.8