**TUGAS AKHIR**

# EVALUASI KINERJA SIMPANG DAN BIAYA KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA SIMPANG EMPAT KETANDAN RINGROAD TIMUR BERDASARKAN PKJI 2023 DAN PEMODELAN VISSIM

***(Evaluation of Intersection Performance and Fuel Consumption Costs at Ketandan Ringroad Timur Four-Way Intersection Based on PKJI 2023 and VISSIM Modeling)***

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


**RAHMAT HADI W HARAHAP**

**21511114**

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


**2025**

**TUGAS AKHIR**

# EVALUASI KINERJA SIMPANG DAN BIAYA KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA SIMPANG EMPAT KETANDAN RINGROAD TIMUR BERDASARKAN PKJI 2023 DAN PEMODELAN VISSIM

***(Evaluation of Intersection Performance and Fuel Consumption Costs at Ketandan Ringroad Timur Four-Way Intersection Based on PKJI 2023 and VISSIM Modeling)***

Disusun oleh

**RAHMAT HADI W HARAHAP**
**21511114**

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

Diuji pada tanggal 14 juli 2025

Oleh Dewan Penguji

| Pembimbing | Penguji I | Penguji II |
|---|---|---|
| **Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.** | **Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.** | **Dr. Eng Faizul Chasanah, S.T., M. Sc.** |
| **NIK: 955110103** | **NIK: 205111303** | **NIK: 145110101** |

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, 21 Juli 2025

Yang membuat pernyataan




Rahmat Hadi W Harahap

(21511114)

# KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul "*Evaluasi Kinerja Simpang Dan Biaya Konsumsi Bahan Bakar Pada Simpang Empat Ketandan Ringroad Timur Berdasarkan Pkji 2023 Dan Pemodelan Vissim."* Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari berbagai tantangan dan hambatan. Namun, berkat dukungan, masukan, serta arahan dari berbagai pihak, tugas akhir ini akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi, antara lain:

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.
2. Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc., selaku dosen penguji Tugas Akhir penulis.
3. Ibu Dr. Eng Faizul Chasanah, S.T., M. Sc., selaku dosen peguji Tugas Akhir Penulis.
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, ST., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM., selaku ketua Jurusan Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Bapak Sahrul Harahap, ST., M.T. dan Ibu Mahyuni Mardia keluarga penulis yang telah berkorban begitu banyak baik material maupunspritual hingga selesainya naskah TA ini.

6. Yustisia Tri Esthi Eka Putri yang selalu menemani penulis dalam proses penyusunan Tugas Akhir.
7. Bapak Budi Yuliarso, S.H., M.Kn., yang telah memberikan pengarahan, dukungan dan semangat kepada penulis dalam pengerjaan Tugas akhir ini.
8. Teman-teman surveyor yang telah membantu pengambilan data sehingga Tugas Akhir dapat diselesaikan dengan baik.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu perstu yang telah membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir.

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

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 22 Juli 2025



Rahmat Hadi W Harahap

(21511114)

# DAFTAR ISI


HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR ii
PERYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xv
ABSTRAK xvii
*ABSTRACT* xviii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Batasan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Tinjauan Umum 7
2.2 Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan PKJI 2023 7
2.3 Pemodelan Simpang Bersinyal Dengan *Software* VISSIM 8
2.4 Analisis Kinerja Simpang dan Biaya Bahan Bakar 9
2.5 Perbandingan Penelitian Sekarang Dengan Penelitian Terdahulu 10
BAB III LANDASAN TEORI 13
3.1 Persimpangan 13
3.2 Jenis Persimpangan 13
3.3 Simpang APILL Menurut PKJI 2023 15
3.3.1 Tipe Pendekat 15

3.3.2 Lebar Pendekat Efektif 16
3.3.3 Arus Jenuh 17
3.3.4 Rasio Arus Terhadap Arus Jenuh 21
3.3.5 Waktu Isyarat APILL 22
3.3.6 Arus Lalu Lintas dan EMP 25
3.3.7 Kapasitas Simpang APILL 25
3.3.8 Derajat Kejenuhan 26
3.3.9 Panjang Antrian 26
3.3.10 Rasio Kendaraan Henti 27
3.3.11 Tundaan 29
3.4 Penilaian Tingkat Pelayanan Simpang APILL 29
3.5 PTV VISSIM 30
3.5.1 Kalibrasi dan Validasi Data 31
3.6 LAPI-ITB Tahun 2003 33
3.7 Persamaan Lamsal (ATIS- India) Tahun 2013 33
BAB IV METODE PENELITIAN 35
4.1 Data Penelitian 35
4.2 Metode Pengambilan Data 35
4.2.1 Peralatan Penelitian 35
4.2.2 Waktu Pelaksanaan Survei 36
4.2.3 Survei Data Lalu Lintas 37
4.3 Metode Analisis Data 40
4.4 Bagan Alir Penelitian 43
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 46
5.1 Data Hasil Penelitian 46
5.1.1 Data Geometri Simpang 46
5.1.2 Data Waktu Siklus Simpang dan Fase Sinyal 49
5.1.3 Data Volume Lalu Lintas 50
5.1.4 Data Driving Behavior 56
5.1.5 Data Panjang Antrian 57

5.1.6 Data Hambatan Samping 57
5.1,7 Data Sekunder 59
5.2 Penilaian Kinerja Simpang Ketandan berdasarkan PKJI 2023 60
5.2.1 Perhitungan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan 66
5.2.2 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas 68
5.3 Pemodelan VISSIM Eksisting Simpang APILL Ketandan 76
5.3.1 Hasil Pemodelan sebelum Kalibrasi 77
5.3.2 Hasil Pemodelan setelah Kalibrasi 79
5.4 Perbandingan Analisis Eksisting PKJI 2023 dengan PTV VISSIM 87
5.5 Estimasi Dampak Tundaan terhadap Biaya Bahan Bakar di Simpang 88
5.5.1 Estimasi Biaya Bahan Bakar Kendaraan Berdasarkan LAPI-ITB 88
5.5.2 Estimasi Biaya Bahan Bakar Kendaraan Berdasarkan Lamsal (ATIS-India) 92
5.6 Solusi Alternatif 98
5.6.1 Solusi Alternatif 1 98
5.6.2 Solusi Alternatif 2 100
5.6.3 Solusi Alternatif 3 103
5.7 PEMBAHASAN 109
5.7.1 Perbandingan Simpang Eksisting 109
5.7.2 Perbandingan Alternatif Solusi 116
5.7.3 Perbandingan Kerugian Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan 119
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 123
6.1 Kesimpulan 123
6.2 Saran 124
DAFTAR PUSTAKA 125
LAMPIRAN 128

# DAFTAR TABEL


Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Sebelumnya 11
Tabel 3.1 Tipe Pendekat 15
Tabel 3.2 Faktor Koreksi Hambatan Samping ($F_{hs}$) 19
Tabel 3.3 Faktor Koreksi Ukuran Kota ($F_{UK}$) 19
Tabel 3.4 Waktu Siklus yang Layak 24
Tabel 3.5 Angka Ekuivalensi Penumpang pada Simpang APILL 25
Tabel 3.6 Tingkat Pelayanan pada Persimpangan 30
Tabel 3.7 Penilaian Hasil Uji Statistika GEH 32
Tabel 3.8 Kesimpulan dari Hasil Perhitungan MAPE 32
Tabel 3.9 Koefisien Konsumsi BBM 34
Tabel 4.1 Data Penelitian 35
Tabel 5.1 Geometri Simpang Ketandan Ringroad Timur 46
Tabel 5.2 Waktu Siklus Simpang Ketandan Ringroad Timur 49
Tabel 5.3 Data Volume Lalu Lintas Periode Pagi Simpang Ketandan 53
Tabel 5.4 Data Volume Lalu Lintas Periode Siang Simpang Ketandan 54
Tabel 5.5 Data Volume Lalu Lintas Periode Sore Simpang Ketandan 55
Tabel 5.6 Panjang Antrian Jam Puncak Terukur (Eksisting) 57
Tabel 5.7 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (FHS) 63
Tabel 5.8 Rekapitulasi Arus Jenuh Simpang Ketandan 65
Tabel 5.9 Rekapitulasi Kapasitas, Rasio Arus dan Derajat Jenuh 68
Tabel 5.10 Rekapitulasi Perilaku Lalu Lintas Pada Simpang Ketandan Kondisi Eksisting Menggunakan PKJI 2023 75
Tabel 5.11 Perbandingan Panjang Antrian Jam Puncak Terukur (Eksisting) dengan Panjang Antrian Menggunakan Metode PKJI 2023 76
Tabel 5.12 Nilai Perubahan Driving Behavior Setelah Kalibrasi 80
Tabel 5.13 Uji GEH VISSIM Volume Kendaraan Kondisi Eksisting 84
Tabel 5.14 Uji MAPE VISSIM Kecepatan Kendaraan Kondisi Eksisting 85
Tabel 5.15 Uji MAPE VISSIM Panjang Antrian Kondisi Eksisting 85

Tabel 5.16 Evaluasi Kinerja Simpang Eksisting Berdasarkan VISSIM 86
Tabel 5.17 Perbandingan Panjang Antrian Eksisting PKJI dan VISSIM 87
Tabel 5.18 Perbandingan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan (DJ) Kapasitas Hasil PKJI dengan VISSIM Kondisi Eksisting 87
Tabel 5.19 Rekapitulasi Konsumsi Bahan Bakar Metode LAPI ITB (2023) Berdasarkan Tundaan (PKJI) Kondisi Eksisting 89
Tabel 5.20 Jumlah Kerugian Konsumsi BBM dengan Metode LAPI ITB (2003) Berdasarkan Tundaan Hasil PKJI Kondisi Eksisting 90
Tabel 5.21 Rekapitulasi Konsumsi Bahan Bakar Metode LAPI ITB (2003) Berdasarkan Tundaan Hasil VISSIM Kondisi Eksisting 91
Tabel 5.22 Jumlah Kerugian Konsumsi BBM dengan Metode LAPI ITB (2003) Berdasarkan Tundaan Hasil VISSIM Kondisi Eksisting 92
Tabel 5.23 Rekapitulasi Konsumsi Bahan Bakar Simpang Ketandan Berdasarkan Metode ATIS-India (2013) Kondisi Eksisting 93
Tabel 5.24 Jumlah Kerugian Konsumsi BBM dengan Metode Lamsal (ATIS-India tahun 2013) Berdasarkan Tundaan Hasil PKJI Kondisi Eksisting 95
Tabel 5.25 Rekapitulasi Konsumsi Bahan Bakar Metode Lamsal (ATIS India tahun 2023) Berdasarkan Tundaan Hasil VISSIM Kondisi Eksisting 96
Tabel 5.26 Jumlah Kerugian Konsumsi BBM dengan Metode Lamsal (ATIS-India tahun 2013) Berdasarkan Tundaan Hasil VISSIM Kondisi Eksisting 97
Tabel 5.27 Fase APILL Alternatif 1 98
Tabel 5.28 Rekapitulasi Hasil Pemodelan VISSIM Alternatif 1 99
Tabel 5.29 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan (DJ) Hasil PKJI dengan VISSIM dari Solusi Alternatif 1 99
Tabel 5.30 Total Kerugian BBM Solusi Alternatif 1 100
Tabel 5.31 Fase APILL Alternatif 2 101
Tabel 5.32 Rekapitulasi Hasil Pemodelan VISSIM Alternatif 2 102
Tabel 5.33 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan (DJ) Hasil PKJI dengan VISSIM dari Solusi Alternatif 2 102

Tabel 5.34 Total Kerugian BBM Solusi Alternatif 2 103
Tabel 5.35 Fase APILL Alternatif 3 104
Tabel 5.36 Rekapitulasi Hasil Pemodelan VISSIM Alternatif 3 105
Tabel 5.37 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan (DJ) Hasil PKJI dengan VISSIM dari Solusi Alternatif 3 105
Tabel 5.38 Total Kerugian BBM Solusi Alternatif 3 106
Tabel 5.39 Perbandingan Derajat kejenuhan (Eksisting) Berdasarkan PKJI 2023 dan VISSIM 110
Tabel 5.40 Perbandingan Panjang Antrian (Eksisting) Berdasarkan PKJI 2023 dan VISSIM 110
Tabel 5.41 Perbandingan Tundaan (Eksisting) Berdasarkan PKJI 2023 dan VISSIM 111
Tabel 5.42 Perbandingan Nilai Derajat kejenuhan 112
Tabel 5.43 Perbandingan Nilai Panjang Antrian 113
Tabel 5.44 Perbandingan Persentase Nilai Panjang Antrian 114
Tabel 5.45 Perbandingan Nilai Tundaan 115
Tabel 5.46 Perbandingan Kinerja Simpang Ketandan Ringroud Timur 117
Tabel 5.47 Perbandingan Kerugian Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Metode LAPI ITB 119
Tabel 5.48 Perbandingan Kerugian Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Metode Lamsal (ATIS-India) 119
Tabel 5.49 Persentase Kerugian Konsumsi Bahan Bakar Kondisi Eksisting dengan Solusi Alternatif 121

# DAFTAR GAMBAR


Gambar 1.1 Lokasi Simpang Empat Ketandan di Ringroad Timur Banguntapan 3
Gambar 1.2 Kondisi Lalu Lintas Simpang Empat Ketandan pada Lengan Barat 3
Gambar 1.3 Kondisi Lalu Lintas Simpang Empat Ketandan pada Lengan Utara 3
Gambar 1.4 Jalan Garuda yang Terhubung Lansung ke Simpang Ketandan 4
Gambar 3.1 Titik Konflik Simpang Empat Lengan 13
Gambar 3.2 Titik Grafik BSH Pemilihan Jenis Persimpangan 14
Gambar 3.3 Lebar Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas 16
Gambar 3.4 Faktor Koreksi untuk Pengaruh Parkir (Fr) 20
Gambar 3.5 Faktor Koreksi untuk Kelandaian ($F_G$) 20
Gambar 3.6 Faktor Koreksi untuk Belok Kanan ($F_{BKa}$), pada Pendekat Tipe P dengan Jalan Dua Arah, dan $L_E$ Ditentukkan oleh $L_M$ 21
Gambar 3.7 Faktor Koreksi untuk Belok Kiri ($F_{BKi}$), pada Pendekat Tipe P dengan Jalan Dua Arah, dan $L_E$ Ditentukkan oleh $L_M$ 21
Gambar 3.8 Titik Konflik Kritis dan Jarak untuk Keberangkatan dan Kedatangan 23
Gambar 3.9 Penentuan Jumlah antrean Rata – Rata 27
Gambar 3.10 Penentuan Rasio Kendaraan Terhenti, $R_{KH}$ 28
Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian 44
Gambar 5.1 Sketsa Geometri Simpang Ketandan Ringroad Timur 47
Gambar 5.2 Arus Lalu Lintas Simpang Ketandan Ringroad Timur 48
Gambar 5.3 Diagram Fase Simpang Ketandan Ringroad Timur 49
Gambar 5.4 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Pagi (smp/jam) 53
Gambar 5.5 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Siang (smp/jam) 54
Gambar 5.6 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Sore (smp/jam) 55

Gambar 5.7 Distribusi Pergerakan Arus Lalu lintas Simpang Ketandan 56
Gambar 5.8 Hambatan Samping Jalan Wonosari (Pendekat Barat) 58
Gambar 5.9 Hambatan Samping Jalan Majapahit (Pendekat Utara) 58
Gambar 5.10 Hambatan Samping Jalan Wonosari (Pendekat Timur) 59
Gambar 5.11 Hambatan Samping Jalan Ahmad Yani (Pendekat Selatan) 59
Gambar 5.12 Pemodelan VISSIM Kondisi Eksisting Sebelum Kalibrasi 81
Gambar 5.13 Pemodelan VISSIM Kondisi Eksisting Setelah Kalibrasi 81
Gambar 5.14 Diagram Fase Alternatif 1 98
Gambar 5.15 Diagram Fase Alternatif 2 100
Gambar 5.16 Sketsa Lokasi Pendekat Barat 101
Gambar 5.17 Diagram Fase Alternatif 3 104
Gambar 5.18 Skema Fase Pelarangan Berbelok kanan 104
Gambar 5.19 Sketsa Pengalihan Arus dikarenakan Pelarangan Belok Kanan pada Pendekat Utara 107
Gambar 5.20 Sketsa Pengalihan Arus dikarenakan Pelarangan Belok Kanan pada Pendekat Utara 108
Gambar 5.21 Diagram Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan 113
Gambar 5.22 Diagram Perbandingan Panjang Antrian 114
Gambar 5.23 Diagram Perbandingan Nilai Tundaan 115
Gambar 5.24 Diagram Perbandingan Kerugian Konsumsi Bahan Bakar 120

# DAFTAR LAMPIRAN


Lampiran 1 Formulir Survei Volume Lalu Lintas 129
Lampiran 2 Formulir Survei Panjang Antrian 143
Lampiran 3 Formulir Survei *Driving Behavior* 153
Lampiran 4 Formulir Survei Hambatan Samping 154
Lampiran 5 Formulir Survei Kecepatan 155

# DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

APILL = Alat pemberi isyrat lalu lintas

$B_{KJIT}$ = Belok kiri jalan terus

C = Kapasitas

$C_0$ = Kapasitas dasar

$D_J$ = Derajat kejenuhan

EMP = Ekuivalensi mobil penumpang

$F_{BKA}$ = Faktor koreksi belok kanan

$F_{BKI}$ = Faktor koreksi belok kiri

$F_G$ = Faktor Kelandaian

$F_{HS}$ = Faktor hambatan samping

$F_P$ = Faktor parkir

$F_{UK}$ = Faktor ukuran kota

GEH = Geoffery E. Havers (Validasi dengan GEH)

J = Arus jenuh

$J_O$ = Arus jenuh dasar

KB = Kendaraan berat

L = Lebar pendekat

$L_E$ = Lebar jalur efektif

LOS = *Level of service*

$L_K$ = Lebar jalur keluar

$L_M$ = Lebar jalur masuk

M = Meter

MP = Mobil penumpang

$N_{KH}$ = Jumlah rata-rata kendaraan berhenti

$N_q$ = Jumlah rata-rata antrian kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

$N_q$ = Jumlah rata-rata antrian kendaraan yang datang dan terhenti

Dalam selama fase merah

$P_A$ = Panjang antrian

$P_{BKa}$ = Rasio belok kanan

$P_{BKi}$ = Rasio belok kiri

PKJI = Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia

PTV-VISSIM = *planung Transportasi Verkher-Verkher in Stadten Simulations Model*

q = Arus lalu lintas

$q_{Bka}$ = Arus lalu lintas belok kanan

$q_{BKi}$ = Arus lalu lintas belok kiri

$q_{TOT}$ = Arus lalu lintas total

$R_{BKa}$ = Rasio arus belok kanan

$R_{BKi}$ = Rasio arus belok kiri

$R_{BKiJT}$ = Rasio arus belok kiri jalan terus

$R_H$ = Rasio waktu hijau

$R_{KH}$ = Rasio kendaraan terhenti

$R_{q/J}$ = Rasio kejenuhan

S = Waktu siklus

SM = Sepeda motor

SMP = Satuan mobil penumpang

$T_G$ = Tundaan geometri

$T_{LL}$ = Tundaan lalu lintas

UK = Ukuran kota

$W_{AH}$ = Waktu antar hijau

$W_H$ = Waktu hijau

$W_{HH}$ = Waktu hijau hilang total

$W_K$ = Waktu isyarat kuning

$W_M$ = Waktu isyarat merah semua

# ABSTRAK

Pertumbuhan volume kendaraan di kawasan simpang Ketandan Ringroad Timur Yogyakarta menyebabkan penurunan kinerja lalu lintas dan peningkatan konsumsi bahan bakar akibat tundaan yang tinggi. Jalan garuda sebagai salah satu yang terhubung langsung ke simpang Ketandan turut memberikan kontribusi terhadap tingginya arus lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja simpang eksisting serta mengusulkan alternatif solusi yang dapat meningkatkan efisiensi lalu lintas dan menurunkan kerugian konsumsi bahan bakar.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Pengambilan data lalu lintas dilaksanakan selama tiga hari dengan ketentuan dua hari kerja dan satu hari libur. pengambilan data dilakukan selama 3 sesi yaitu sesi pagi, siang, dan sore. Analisis simpang dilakukan untuk mendapatkan kinerja berupa tundaan dan tingkat pelayanan. Metode yang digunakan analisis kinerja simpang berdasarkan PKJI 2023 dan simulasi menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM. Selain itu, dilakukan perhitungan estimasi kerugian konsumsi bahan bakar menggunakan metode LAPI ITB (2003) dan Lamsal ATIS-India (2013).

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting memiliki derajat kejenuhan yang tinggi pada seluruh pendekat berdasarkan PKJI 2023, yaitu sebesar 1,84 pada lengan Barat, 1,45 pada lengan Utara, 1,45 pada lengan Timur dan 1,18 pada lengan Selatan. Tundaan rata-rata simpang menurut PKJI mencapai 334,54 det/smp. Berdasarkan simulasi VISSIM, tundaan rata-rata tercatat sebesar 235,5 det/kend dengan panjang antrian terpanjang sebesar 386,088 m pada pendekat Timur. Estimasi kerugian konsumsi bahan bakar mencapai Rp 3.625.049 per jam menurut metode LAPI ITB dan Rp 1.449.790 per jam menurut metode Lamsal ATIS-India. Tiga alternatif solusi diuji, Seluruhnya disertai pengaturan Jalan Garuda menjadi satu arah dengan pelarangan arus masuk dari arah jalan Garuda menuju simpang. Alternatif 3 terbukti paling efektif, yaitu penyesuaian waktu siklus menjadi 156 detik dan pelarangan belok kanan pada pendekat Utara serta Selatan. Alternatif ini menurunkan derajat kejenuhan menjadi 1,23 di Pendekat Barat, 1,14 di pendekat Utara, 1,28 di pendekat Timur dan 1,22 pendekat Selatan. Rata-rata Tundaan di simpang juga menurun menjadi 129,6 det/kend dan estimasi kerugian akibat konsumsi bahan bakar menunjukkan penurunan signifikan setelah dilakukan perbaikan pada simpang. Berdasarkan metode LAPI ITB, kerugian menurun menjadi Rp 1.889.042 per jam atau berkurang sebesar 47,89% dibandingkan kondisi eksisting. Sementara itu, hasil estimasi menggunakan metode Lamsal (ATIS-India) mencatat kerugian sebesar Rp 756.369 per jam yang berarti terjadi penurunan sebesar 47,83% dari kondisi awal.

**Kata Kunci :** konsumsi bahan bakar, PKJI 2023, VISSIM, simpang apill, dan tundaan.

# *ABSTRACT*

The increasing vehicle volume at the Ketandan Intersection on the East Ringroad of Yogyakarta has led to a decline in traffic performance and a rise in fuel consumption due to prolonged delays. Jalan Garuda, as one of the roads directly connected to the intersection, contributes significantly to the high traffic flow. This study aims to evaluate the current performance of the intersection and propose alternative solutions to improve traffic efficiency and reduce fuel consumption losses.

The study utilizes both primary and secondary data. Traffic data were collected over three days, consisting of two weekdays and one weekend, during three daily sessions: morning, midday, and afternoon. Intersection performance was analyzed in terms of delay and level of service using the Indonesian Highway Capacity Manual (PKJI) 2023 and simulated with PTV VISSIM software. Fuel consumption loss was estimated using the LAPI ITB (2003) and Lamsal ATIS-India (2013) methods.

The analysis revealed that the existing condition has a high degree of saturation on all approaches, with values of 1.84 (West), 1.45 (North), 1.45 (East), and 1.18 (South), according to PKJI 2023. The average intersection delay reached 334.54 sec/pcu, while the VISSIM simulation showed an average delay of 235.5 sec/vehicle, with a maximum queue length of 386.088 meters on the East approach. Estimated fuel loss reached Rp 3,625,049 per hour (LAPI ITB) and Rp 1,449,790 per hour (Lamsal ATIS-India). Three alternative solutions were tested, all including converting Jalan Garuda into a one-way street and restricting entry from Jalan Garuda into the intersection. Alternative 3 proved to be the most effective, involving a cycle time adjustment to 156 seconds and prohibiting right turns at the North and South approaches. This alternative reduced the degree of saturation to 1.23 (West), 1.14 (North), 1.28 (East), and 1.22 (South), with an average delay of 129.6 sec/vehicle. Furthermore, fuel loss estimation showed a significant reduction: Rp 1,889,042 per hour (LAPI ITB), a 47.89% decrease from the existing condition, and Rp 756,369 per hour (Lamsal), indicating a 47.83% reduction.

**Keywords:** fuel consumption, PKJI 2023, VISSIM, signalized intersection, delay.

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan sebuah kawasan yang memiliki tempat wisata dengan potensi dan julukan sebagai kota pendidikan. Berdasarkan faktor inilah kawasan tersebut menjadi pusat perhatian dari masyarakat luar untuk sekedar berkunjung bahkan hingga menetap. Jumlah penduduk di Daerah Istimewa Yogyakarta dapat mencapai angka 3.761.870 juta jiwa. Laju pertumbuhan penduduk di daerah tersebut juga cukup pesat, yaitu sebesar 1,44% pada tahun 2022 (Badan Pusat Statistik, 2022).

Dengan pertumbuhan jumlah penduduk ini, maka akan memberikan dampak pada peningkatan jumlah kendaraan yang dimiliki oleh masyarakat (Nindita, 2020). Peningkatan jumlah kendaraan tersebut yang akan meningkatkan volume kendaraan. Volume kendaraan ini juga dapat memengaruhi arus kendaraan lalu lintas. Dengan demikian, tingginya arus kendaraan lalu lintas menjadi faktor utama timbulnya kemacetan di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Kemacetan adalah kondisi lalu lintas dengan volume kendaraan di jalan yang ditinjau mendekati bahkan melampaui dari kapasitas rencana jalan tersebut dan ditandai dengan penurunan kecepatan perjalanan, peningkatan waktu tempuh, serta kepadatan kendaraan yang meningkat (Bina Marga, 1997). Tingkat kemacetan sering terjadi di persimpangan yang berada di dekat dengan pusat keramaian. Hal ini disebabkan adanya konflik yang terjadi antarkendaraan dari setiap badan jalan dari simpang.

Kemacetan yang menimbulkan waktu tambahan bagi pengendara dalam melewati simpang disebut sebagai tundaan. Akibatnya, setiap kendaraan akan mengeluarkan biaya operasional yang lebih besar berupa tambahan pemakaian bahan bakar atau BBM (Sinambela dkk., 2023).

Simpang empat Ketandan Ringroad Timur adalah sebuah simpang empat yang menghubungkan antara Jl. Wonosari dan Jl. Majapahit – Jl. Ahmad Yani yang

terletak di Kabupaten Bantul. Di sekitar kawasan simpang empat Ketandan Ringroad Timur tersebut juga terdapat tempat wisata, pusat perbelanjaan, sekolah, kampus, dan perumahan warga. Padatnya kegiatan masyarakat di sekitar simpang menyebabkan semakin banyak aktivitas berkendara sepeda motor, mobil, maupun bus. Hal inilah yang menimbulkan tingginya angka kemacetan.

Pada simpang empat Ketandan Ringroad Timur terdapat Jalan Garuda yang merupakan jalan minor yang terhubung secara langsung terhadap simpang sehingga dapat memperlambat arus dan meningkatkan titik konflik pada badan jalan utama simpang. Simpang tesebut juga memiliki bentuk dan ukuran yang tidak simetris. Dengan demikian perlu dilakukan adanya analisis terkait kinerja simpang bersinyal tersebut.

Analisis kinerja simpang Ketandan menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia atau PKJI (Bina Marga) 2023. Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia atau PKJI merupakan pilihan yang tepat dalam analisis kinerja karena sebagai pedoman terbaru yang memperbaharui metode sebelumnya, yaitu Manual Kapasitas Jalan Indonesia atau MKJI (Bina Marga) 1997. Pemilihan metode ini dengan mempertimbangkan kondisi lalu lintas yang lebih kompleks dan sesuai dengan kondisi saat ini. PKJI memberikan pendekatan yang lebih akurat, terutama dalam mengakomodasikan pengaruh hambatan samping, perubahan pola lalu lintas, dan peningkatan volume kendaraan yang signifikan (Rahmawati dkk., 2024).

Pengimplementasian metode PKJI ini membutuhkan adanya perangkat lunak, seperti PTV VISSIM guna melengkapi analisis kinerja simpang Ketandan ini. Simulasi mikroskopis memberikan kemampuan untuk memodelkan perilaku lalu lintas dan memberikan skenario pengaturan lalu lintas dari berbagi dampak, seperti penyesuaian waktu sinyal, perubahan geometri simpang, atau pembatasan kendaraan (Octaviani, 2024).

Pada penelitian ini, analisis kinerja lalu lintas pada simpang Ketandan Ringroad Timur dengan menggunakan PKJI dan pemodelan dengan bantuan *software* PTV VISSIM serta estimasi biaya bahan bakar menggunakan metode formulasi LAPI-ITB (2003) dan Lamsal (ATIS-India tahun 2013).

Berikut ini merupakan gambaran kondisi di simpang ketandan yang dapat dilihat pada Gambar 1.1, Gambar 1.2, Gambar 1.3 dan Gambar 1.3 sebagai berikut.




**Gambar 1.1 Lokasi Simpang Ketandan di Ringroad Timur, Banguntapan**
(Sumber: Google Earth, 2024)



**Gambar 1.2 Kondisi Lalu Lintas Simpang Ketandan pada Lengan Barat**



**Gambar 1.3 Kondisi Lalu Lintas Simpang Ketandan pada Lengan Utara**




**Gambar 1.4 Jalan Garuda yang Terhubung Langsung ke Simpang Ketandan**

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka diperoleh rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja simpang pada simpang empat Ketandan Ringroad Timur pada kondisi eksisting saat ini dengan menggunakan metode PKJI dan Pemodelan VISSIM?
2. Bagaimana alternatif penanganan di simpang Ketandan dengan menggunakan Pemodelan VISSIM?
3. Bagaimana pengaruh tundaan yang terjadi pada simpang empat Ketandan terhadap konsumsi bahan bakar?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui kinerja simpang empat Ketandan Ringroad Timur pada kondisi eksisting saat ini dengan menggunakan metode PKJI dan Pemodelan VISSIM.
2. Untuk menentukan alternatif penanganan di simpang Ketandan dengan menggunakan metode PKJI dan pemodelan VISSIM.

3. Untuk menganalisis pengaruh tundaan yang terjadi pada simpang empat Ketandan terhadap konsumsi bahan bakar.

## 1.4 Batasan Penelitian

Batasan Penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Metode yang digunakan dalam melaksanakan penelitian mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia tahun 2023 dan menggunakan pemodelan *software* VISSIM.
2. Penilaian kinerja simpang atau tingkat pelayanan *(Level Of Service)* menggunakan Peraturan Kementerian Perhubungan Republik Indonesia no 96 tahun 2015.
3. Perhitungan konsumsi bahan bakar yang disebabkan karena tundaan menggunakan Persamaan LAPI ITB 2003 dan Lamsal (ATIS-India) Tahun 2013.
4. Pengamatan dilakukan di simpang Empat Ketandan.
5. Pegumpulan data hambatan samping didapatkan melalui observasi langsung dilokasi simpang Ketandan, dengan klasifikasi hambatan samping mengacu pada pedoman yang ditetapkan dalam PKJI 2023.
6. Pengambilan data dilakukan pada hari dengan karakteristik lalu lintas yang sibuk sebagai berikut.
   a. Hari kerja yaitu pada hari Senin dan Rabu.
   b. Hari libur yaitu pada hari Sabtu.
7. Pengambilan data dilakukan pada jam sibuk selama 6 jam, yaitu pukul 07.00-09.00, pukul 11.00-13.00 dan pukul 16.00-18.00. Penetapan jam sibuk didasarkan pada hasil observasi langsung di lokasi penelitian yang dilakukan selama periode satu minggu.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari setelah dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan gambaran kepada pembaca mengenai evaluasi kinerja simpang Ketandan dalam kondisi eksisting menggunakan metode PKJI 2023.

2. Menyediakan alternatif solusi penanganan permasalahan lalu lintas pada simpang tersebut melalui pemodelan mikrosimulasi menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM, yang dapat menjadi referensi dalam upaya peningkatan efisiensi operasional simpang.
3. Menyajikan informasi kepada pembaca mengenai mengenai estimasi kerugian konsumsi bahan bakar akibat tundaan lalu lintas pada Simpang Ketandan, dengan menggunakan pendekatan perhitungan berdasarkan metode LAPI-ITB (2003) dan metode Lamsal (ATIS-India, 2013).
4. Memberikan masukan kepada Pemerintah Daerah Yogyakarta dan instansi terkait sebagai dasar pertimbangan dalam menentukan urgensi perbaikan atau penanganan terhadap kinerja simpang Ketandan.

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan pustaka merupakan ringkasan pendapat dan prespektif dari penelitian sebelumnya mengenai topik yang sedang dikaji. Tinjauan pustaka berfungsi sebagai landasan teori dan acuan guna memperoleh kesimpulan penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Bab ini memuat penilitian terdahulu yang serupa dengan penelitian sekarang mengenai analisis kinerja simpang. Bab ini juga akan menjelaskan terkait perbedaan antara penelitian yang sekarang dengan penelitian terdahulu.

Penulisan analisis kinerja simpang Ketandan Ringroad Timur menggunakan metode PKJI dan perangkat lunak *VISSIM* yang mengacu kepada penelitian sebelumnya dan berkaitan dengan penelitian sekarang. Oleh karena itu, beberapa penelitian sebelumnya dijadikan sebagai referensi untuk penelitian yang akan dilaksanakan.

## 2.2 Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan PKJI 2023

Putri dkk. (2024) melakukan penelitian kinerja simpang empat bersinyal Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol dan Jl. Mastrip di Kabupaten Bojonegoro. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kinerja simpang dan alternatif dalam peningkatan kinerja simpang. Metode yang digunakan adalah metode PKJI (Bina Marga) 2023. Berdasarkan penelitian, maka hasil yang didapatkan yaitu kinerja simpang Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol dan Jl. Mastrip pada kondisi eksisting mendekati situasi jenuh dengan tingkat pelayanan C yang diakibatkan panjangnya waktu siklus simpang. Hasil alternatif dari penelitian ini adalah dengan mengubah fase menjadi 3 fase, memperlebar lengan simpang menjadi 4 meter (pendekat bagian barat, utara, timur) dan memperluas lebar lengan simpang bagian selatan menjadi 5 meter. Selain itu, dilakukan juga pengaturan penurunan waktu siklus pada simpang Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol dan Jl. Mastrip. Dengan perhitungan alternatif,

maka didapatkan hasil berupa penurunan derajat kejenuhan dan tundaan pada simpang sehingga tingkat pelayanan simpang mengalami peningkatan menjadi B.

penelitian kinerja simpang dilakukan oleh Ramzy dkk. (2024) guna mengetahui kinerja simpang Dieng dan alternatif dalam peningkatan kinerja simpang tersebut. Metode yang digunakan adalah metode PKJI (Bina Marga) 2023. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka hasil yang didapatkan yaitu simpang Dieng pada kondisi eksisting sudah tidak layak dengan tingkat pelayanan F. Oleh karena itu, alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan pelarangan belok kanan pada semua pendekat dan melakukan perubahan menjadi dua fase. Perhitungan alternatif ini dapat mengurangi nilai tundaan, nilai derajat kejenuhan, panjang antrian terpanjang, dan peningkatan nilai pelayanan menjadi B.

### 2.3 Pemodelan Simpang Bersinyal Dengan *Software* VISSIM

Semiun dkk. (2021) melakukan sebuah penelitian mengenai evaluasi terhadap kinerja dua simpang bersinyal yang saling berdekatan, yakni simpang Jalan Sulfat dan simpang Jalan Ciliwung. Penelitian tersebut dilakukan untuk meningkatkan tingkat pelayanan dalam kenyamanan dan keamanan lalu lintas di kedua Lokasi tersebut. Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan metode PKJI 2014 dan pemodelan PTV VISSIM. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat pelayanan kedua simpang kondisi eksisting berada pada kategori D. Penelitian ini memberikan alternatif dengan melakukan pelebaran jalan pada lengan simpang melalui simulasi PTV VISSIM 11 yang menghasilkan penurunan panjang antrian secara signifikan. Untuk simpang Sulfat, panjang antrian masing-masing lengan adalah: utara 65,68 m, timur 27,20 m, selatan 20,44 m, selatan belok kanan 24,37 m, dan barat 9,6 m. Sementara itu, pada simpang Ciliwung panjang antrian pendekatnya adalah: utara 74,88 m, timur 1,66 m, selatan 63,98 m, dan barat 30,56 m. Penerapan alternatif ini menurunkan tingkat pelayanan dari D menjadi C pada kedua simpang.

Penelitian tentang evaluasi kinerja simpang bersinyal Dongkelan, Ringroad selatan oleh Rahman (2024) guna menentukan kinerja lalu lintas dan alternatif pada simpang tersebut. Metode yang digunakan adalah metode MKJI (Bina Marga) 1997 dan simulasi *software* VISSIM. Hasil penelitian ini ialah dengan menggunakan

metode MKJI, maka didapatkan hasil bahwa simpang Dongkelan pada kondisi eksisting memiliki nilai derajat kejenuhan rata rata sebesar (DS) > 0,85, tundaan pada simpang memiliki nilai sebesar 89,178 det/smp, dan nilai tingkat pelayanan F. Sedangkan alternatifnya menggunakan pemodelan VISSIM sehingga dapat meningkatkan kinerja pada simpang Dongkelan yang paling efektif. Alternatif yang dimaksud adalah dengan menyesuaikan nilai waktu siklus menjadi 128 detik. Alternatif ini dapat menurunkan nilai derajat kejenuhan, panjang antrian, tundaan simpang sehingga diperoleh tingkat pelayanan F.

### 2.4 Analisis Kinerja Simpang dan Biaya Bahan Bakar

Penelitian tentang konsumsi bahan bakar pada simpang Jl. A. A. Maramis – Jl. Ringroad II dilakukan oleh Sinambela dkk. (2021). untuk menentukan tingkat layanan dan besaran tambahan konsumsi bahan bakar minyak sebagai dampak tundaan yang terjadi pada simpang. Pada penelitian ini metode MKJI (Bina Marga) 1997 dan formula LAPI-ITB tahun 1996 yang telah dikonversi kedalam satuan mobil penumpang oleh isnaini pada tahun 2003. Penelitian ini menunjukkan kinerja persimpangan berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar minyak. Artinya semakin besar tundaan yang terjadi pada simpang akan mengakibatkan peningkatan konsumsi bahan bakar minyak pada kendaraan.

Penelitian tentang evaluasi kinerja simpang dan biaya konsumsi bahan bakar juga dilakukan oleh Ulum dkk. (2023) guna menganalisis kinerja dan tambahan biaya konsumsi bahan bakar pada simpang. Metode pada penelitian ini yaitu metode PKJI (Bina Marga) 2023 dan ATIS (*Automatic Traffic Information System*). Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka didapatkan hasil berupa simpang pada kondisi eksisting memiliki derajat kejenuhan (DJ) sebesar 0,86, dengan panjang antrian sebesar 254 m yang menimbulkan tundaan sebesar 64 det/smp dan tingkat pelayanan F. Dengan perhitungan menggunakan metode ATIS, maka diperoleh total kerugian bahan bakar kendaraan akibat tundaan simpang sebesar Rp 11.361.346,- per hari. Tujuan penggunaan metode ATIS ini untuk menentukan bahan bakar berdasarkan jenis kendaraan pada kondisi *idle* atau henti dalam satuan mililiter per jam. Adapun alternatif yang dapat dilakukan adalah pengoptimalan

rambu lalu lintas dengan pendekat barat dan timur yang berbelok ke kanan yang harus didahulukan terlebih dahulu. Alternatif ini dapat menurunkan nilai derajat kejenuhan menjadi Dj > 0,85 dengan tingkat pelayanan B dan juga total kerugian pada bahan bakar senilai Rp 855.128,- per hari.

Romadhona dan Suhanda (2019) melakukan penelitian tentang hubungan antara kinerja simpang bersinyal terhadap konsumsi bahan bakar minyak di Gondomanan, Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan untuk mengukur kinerja simpang kondisi eksisting sehingga diketahui tundaan dan panjang antrian serta hubungannya dengan konsumsi BBM. Metode yang digunakan adalah perangkat lunak VISSIM dan Bina Marga serta persamaan Lamsal (ATIS-India). Adapun hasil penelitian nilai tundaan kondisi eksisting simpang sebesar 25 detik dan derajat kejenuhan yang melebihi 0,85. Dari perhitungan dengan menggunakan persamaan Lamsal (ATIS-India) didapatkan total konsumsi BBM terbuang yang diakibatkan oleh tundaan selama satu jam sebesar 286,668 liter dengan kerugian sebesar RP 2.150.012,-.

### 2.5 Perbandingan Penelitian Sekarang Dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas, maka dapat diperoleh rincian Perbandingan Penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu yang dirumuskan pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

**Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Sebelumnya**

| Aspek | Sinambela dkk. (2021) | Semiun dkk. (2021) | Ulum dkk. (2023) | Putri dkk. (2024) | Ramzy dkk. (2024) | Rahman (2024) | Romadhona dan Suhanda (2019) | Harahap (2025) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Judul penelitian | Analisis Hubungan Kinerja Simpang Bersinyal Dengan Komsumsi Bahan Bakar (studi kasus : Jl. A. A. Maramis – Jl. Ringroat II) | Evaluasi Kinerja Dua Simpang Bersinyal Berdekatan Menggunakan Program Ptv Vissim 11 (Studi Kasus : Simpang Jalan Sulfat Dan Simpang Jalan Ciliwung) | Evaluasi Kinerja Simpang Dan Biaya Konsumsi Bahan Bakar Pada Simpang Bersinyal Jalan Raya Kasri – Jalan Raya Gempol – Jalan Patimura – Jalan Wr. Supratman di kabupaten Pasuruan | Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal (studi kasus: Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol dan Jl. Mastrip kabupaten Bonjornegoro) | Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Dikota Malang (studi kasus: simpang Dieng) | Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Dongkelan, Ringroad Selatan | Hubungan Antara Kinerja Simpang Bersinyal Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Minyak di Gondomanan, Yogyakarta | Evaluasi Kinerja Simpang Dan Biaya Konsumsi Bahan Bakar Pada Simpang Empat Ketandan Ringroad Timur Berdasarkan PKJI 2023 Dan Pemodelan VISSIM |
| Tujuan Penelitian | Menentukan tingkat layanan dan besaran tambahan konsumsi bahan bakar minyak sebagai dampak tundaan yang terjadi pada simpang. | Dilakukan untuk meningkatkan tingkat pelayanan dalam kenyamanan dan keamanan pada kedua simpang. | Menganalisis kinerja dan tambahan biaya konsumsi bahan bak`ar pada simpang. | Mengetahui kinerja simpang dan solusi alternatif yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang. | Menentukan kinerja simpang Dieng dan solusi yang dapat dilakukan dalam peningkatan kinerja simpang tersebut. | Menentukan kinerja lalu lintas dan alternatif solusi pada simpang bersinyal Dongkelan, ringroad Selatan. | Mengukur kinerja simpang kondisi eksisting sehingga diketahui tundaan dan panjang antrian serta hubungan nya dengan konsumsi BBM. | Megetahui kinerja dan tingkat pelanyanan lalu lintas simpang, mengetahui alternatif solusi dan mengetahui tambahan bahan bakar minyak pada simpang dikarenakan tundaan. |

Sumber : Sinambela dkk. (2021), Semiun dkk. (2021), Ulum dkk. (2023), Putri dkk. (2024), Ramzy dkk. (2024), Rahman (2024), Romadhona dan suhanda (2019), Harahap (2025).

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Sebelumnya**

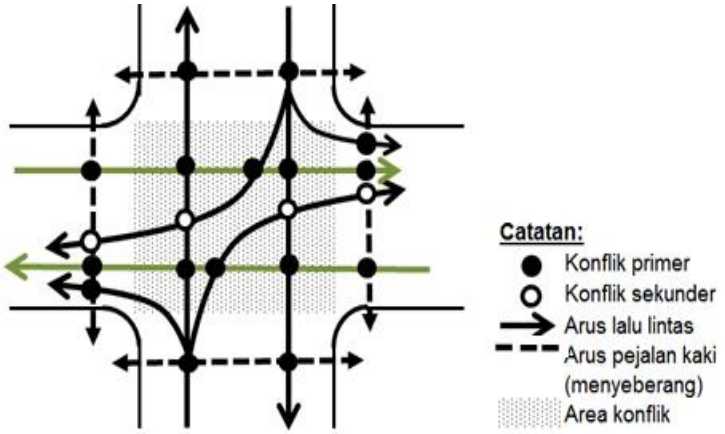
| Aspek | Sinambela dkk. (2021) | Semiun dkk. (2021) | Ulum dkk. (2023) | Putri dkk. (2024) | Ramzy dkk. (2024) | Rahman (2024) | Romadhona dan Suhanda (2019) | Harahap (2025) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Metode Penelitian | Metode MKJI (Bina Marga) 1997 dan formula LAPI-ITB tahun 1996 | Metode PKJI (Bina Marga) 2014 dan Pemodelan VISSIM | Metode PKJI (Bina Marga) 2023 dan Metode ATIS | Metode PKJI (Bina Marga) 2023 | Metode PKJI (Bina Marga) 2023 | MKJI (Bina Marga) 1997 dan simulasi *software VISSIM* | perangkat lunak VISSIM, Bina marga serta persamaan Lamsal (ATIS-India). | Metode PKJI (Bina Marga) 2023, Pemodelan VISSIM, LAPI-ITB tahun 2003 dan Lamsal 2013 |
| Hasil | persimpangan memiliki nilai tundaan rata rata sebesar 29,345 det/smp, derajat kejenuhan sebesar 0,837, dengan tingkat pelayanan simpang kategori D (kurang), serta untuk tambahan konsumsi bahan bakar minyak rata-rata pada simpang sebesar 32,979 liter/persimpang an-jam. | simpang Jalan Sulfat dan simpang Jalan Ciliwung memiliki nilai tingkat pelayanan D dalam kondisi eksisting. Dengan penggunaan simulasi Vissim terhadap alternatif, maka diperoleh nilai pelayanan keduanya adalah C. | simpang pada kondisi eksisting memiliki tingkat pelayanan F. total kerugian bahan bakar kendaraan akibat tundaan simpang sebesar Rp 11.361.346 per hari. | kinerja simpang Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol dan Jl. Mastrip pada kondisi eksisting mendekati situasi jenuh dengan tingkat pelayanan C yang diakibatkan panjangnya waktu siklus simpang. | simpang Dieng pada kondisi eksisting sudah tidak layak dengan tingkat pelayanan F. solusi alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan pelarangan belok kanan pada semua pendekat dan melakukan perubahan menjadi 2 fase. Perhitungan alternatif ini dapat meningkatan nilai pelayanan menjadi B. | simpang Dongkelan pada kondisi eksisting memiliki nilai tingkat pelayanan F. solusi alternatif menggunakan Pemodelan *VISSIM* nilai waktu siklus menjadi 128 detik. sehingga diperoleh tingkat pelayanan F. | nilai tundaan kondisi eksisting simpang sebesar 25 detik dan derajat kejenuhan yang melebihi 0,85 serta didapatkan total konsumsi BBM terbuang yang diakibatkan oleh tundaan selama satu jam sebesar 286,668 liter dengan kerugian sebesar RP 2.150.012 | Pada kondisi eksisting, Simpang Ketandan memiliki derajat kejenuhan tertinggi 1,8 (pendekat barat) dan seluruh pendekat >0,85. Simulasi VISSIM menunjukkan tundaan rata-rata 235,5 det/kend dengan kerugian bahan bakar Rp3.625.049 (LAPI ITB) dan Rp1.449.790 (Lamsal). Alternatif 3 menjadi solusi terbaik, menurunkan tundaan menjadi 129,6 det/kend dan mengurangi kerugian hingga 47,89% (LAPI ITB) dan 47,83% (Lamsal). |

Sumber : Sinambela dkk. (2021), Semiun dkk. (2021), Ulum dkk. (2023), Putri dkk. (2024), Ramzy dkk. (2024), Rahman (2024) Romadhona dan suhanda (2019), Harahap (2025).

# BAB III
# LANDASAN TEORI

## 3.1 Persimpangan

Persimpangan jalan adalah titik pertemuan antara dua atau lebih jalur jalan yang didesain secara aman dan efisien untuk mengatur lalu lintas kendaraan. Persimpangan sering menjadi titik kendala kapasitas lalu lintas yang menyebabkan persimpangan menjadi sangat penting bagi sistem transportasi. Hal ini dikarenakan volume kendaraan dan potensi konflik dari arah pergerakan. (Bina Marga, 1997) menjelaskan bahwa, kinerja persimpangan memiliki pengaruh terhadap kondisi dari lalu lintas pada jaringan jalan secara keseluruhan. Pada Gambar 3.1 dapat dilihat titik konflik pada simpang empat sebagai berikut.




**Gambar 3.1 Titik Konflik Simpang Empat Lengan**
(Sumber: Bina Marga, 2023)

## 3.2 Jenis Persimpangan

Menurut Bina Marga (2023), pemilihan jenis persimpangan baru seperti simpang, simpang dengan APILL, bundaran, maupun simpang tak sebanding harus didasarkan pada analisis BSH sebagai dasar acuan. Grafik BSH yang digunakan sebagai dasar Pemilihan jenis persimpangan ditampilkan pada Gambar 3.2.




**Gambar 3.2 Grafik BSH Pemilihan Jenis Persimpangan**
(Sumber: Bina Marga, 2023)

Bina Marga (2023) menjelaskan bahwa jenis simpang berdasarkan tingkatan persimpangan dibagi menjadi 2 jenis persimpangan sebagai berikut.

1. Simpang sebidang

   Simpang sebidang adalah simpang yang semua lengan bertemu pada suatu tingkatan atau bidang yang sama dan jenis simpang paling banyak dijumpai.

2. Simpang tidak sebidang

   Simpang tidak sebidang merupakan simpang yang lengan jalan dipisahkan dengan tingkatan yang berbeda untuk menghindari terjadinya konflik secara langsung pada kendaraan. Umumnya jenis simpang ini digunakan untuk volume lalu lintas yang sangat tinggi.

Sedangkan dari segi klasifikasi simpang berdasarkan pada pengaturan lalu lintas dibagi menjadi 2 jenis yaitu sebagai berikut.

1. Simpang

   Simpang adalah pembaharuan nama dari peraturan terbaru yang sebelumnya disebut sebagai simpang tak bersinyal. Simpang merupakan titik pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan dan tidak dilengkapi dengan pengaturan lampu lalu lintas (APILL).

2. Simpang APILL

   Simpang APILL merupakan titik pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan yang dilengkapi dengan pengaturan lampu lalu lintas (APILL).

Berdasarkan bentuk geometri persimpangan dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu simpang t, simpang x, simpang y, simpang bundaran, dan simpang tak beraturan.

### 3.3 Simpang APILL Menurut PKJI 2023

Bina Marga (2023) menyatakan simpang APILL adalah titik pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan yang dilengkapi dengan pengaturan lampu lalu lintas (APILL). Lampu Lalu Lintas (APILL) marupakan alat pengatur lalu lintas simpang yang digunakan untuk memperkecil konflik primer maupun sekunder dengan cara waktu pergerakan dipisah. Tujuan lain penggunaan APILL pada persimpangan adalah untuk mempertahankan kapasitas simpang pada jam puncak dan mengurangi kecelakaan akibat tabrakan yang disebabkan oleh kendaraan yang berlawanan. APILL pada umumnya digunakan untuk persimpangan dengan volume lalu lintas tinggi.

3.3.1 Tipe Pendekat

Dalam menentukan tipe pendekat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

**Tabel 3.1 Tipe Pendekat**

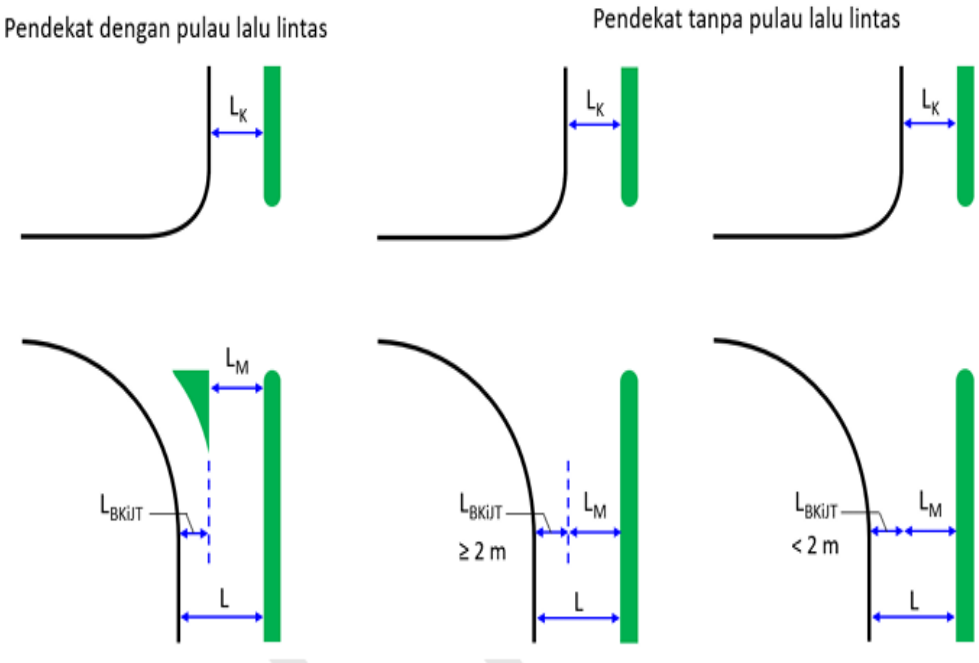
<table>
<tr><th>Tipe Pendekat</th><th>Keterangan</th><th colspan="3">Contoh Pola-pola Pendekatan</th></tr>
<tr><td rowspan="6">Terlindung<br>(Tipe P)</td><td rowspan="6">Arus berangkat tidak konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan</td><td>Jalan satu arah</td><td>Jalan satu arah</td><td>Simpang-3</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Jalan dua arah, belok kanan dibatasi</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Jalan dua arah, fase untuk masing-masing arah terpisah</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Terlawan<br>(Tipe O)</td><td rowspan="2">Arus berangkat konflik dengan arus lalu lintas dari arah berlawanan</td><td colspan="3">Jalan dua arah, arus berangkat dari arah yang berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak dibatasi.</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

(Sumber: Bina Marga, 2023)

3.3.2 Lebar Pendekat Efektif

Penentuan lebar pendekat efektif ($L_E$) ditentukan berdasarkan sejumlah parameter, yaitu lebar pendekat awal (L), lebar jalur masuk ($L_M$) dan lebar jalur keluar ($L_K$). Dalam menentukan lebar masuk ($L_M$), terdapat beberapa kondisi yang perlu diperhatikan, antara lain:

1. Jika pendekat terdapat pulau lalu lintas, maka arus kendaraan yang berbelok kiri memiliki lajur terpisah. Dalam situasi ini, lebar masuk ($L_M$) diukur dari jarak antara tepi pulau lalu lintas dengan median jalan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 (sebelah kiri).
2. Pada pendekat tanpa pulau lalu lintas, arus belok kiri dapat memiliki lajur sendiri atau bergabung dengan arus lurus, tergantung pada ruang yang tersedia. Apabila lebar lajur belok kiri jalan terus ($L_{BKJIT}$) lebih dari 2 meter, maka arus belok kiri dianggap dapat membentuk antrian sendiri, sehingga $L_M = L - L_{BKJIT}$ (dapat dilihat pada Gambar 3.3 bagian Tengah). Sebaliknya jika $L_{BKJIT}$ kurang dari 2 meter, maka arus belok kiri akan menyatu dengan arus lurus (dapat dilihat pada Gambar 3.3).




**Gambar 3.3 Lebar Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas**

Perhitungan lebar pendekat efektif ($L_E$) dapat dilakukan dengan mempertimbangkan ketentuan sebagai berikut.

1. Apabila lebar lajur belok kiri jalan terus ($L_{BkiJT}$) ≥ 2 meter, atau jika $L_{BkiJT}$ merupakan lajur eksklusif, maka kendaraan yang berbelok kiri langsung ($B_{kiJT}$) diasumsikan mampu melewati antrian kendaraan lurus maupun belok kanan selama fase sinyal merah. Dalam kondisi ini, penentuan lebar pendekat efektif ($L_E$) dilakukan dengan langkah – langkah berikut.
   a. Arus $B_{kiJT}$ ($q_{BkiJT}$) dikeluarkan dari perhitungan total arus pendekat sehingga arus yang dianalisis hanya mencakup $q = q_{LRS} + q_{Bka}$. Selanjutnya, lebar efektif ditentukan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 3.1 sebagai berikut.

   $$L_E = \text{Min} \int_{L_M}^{L - L_{BkiJT}} \quad (3.1)$$

   b. Untuk pendekat dengan tipe fase terlindung (P), dilakukan pemeriksaan terhadap lebar keluar ($L_K$). Jika $L_K < L_M$ x (1-$R_{Bka}$), maka $L_E = L_k$ dan analisis pengaturan waktu sinyal selanjutnya hanya mempertimbangkan arus kendaraan yang bergerak lurus ($q_{LRS}$).
2. Jika $L_{BkiJT} < 2$ meter, maka arus kendaraan belok kiri langsung tidak dapat melewati antrian kendaraan lain selama sinyal merah. Dalam hal ini, penentuan $L_E$ dapat dilakukan dengan langkah berikut.
   a. Arus kendaraan $B_{kiJT}$ ($q_{BkiJT}$) tetap dimasukkan dalam total perhitungan arus lalu lintas. Lebar efektif kemudian dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.2 berikut.

   $$L_E = \text{Min} \int_{L\ x\ (1+R_{BKiJT}) - L_{BKiJT}}^{L_M + L_{BkiJT}} \quad (3.2)$$

   b. Untuk pendekat tipe P, kembali dilakukan pemeriksaan terhadap lebar keluar ($L_K$) Jika $L_K < L_M$ x (1-$R_{Bka}$), maka $L_E = L_{k.}$ Analisis durasi sinyal pada pendekat ini hanya mengacu pada arus kendaaraan yang bergerak lurus.

3.3.3 Arus Jenuh

Menurut Bina Marga (2023) arus jenuh adalah tingkat arus maksimum (jumlah kendaraan per satuan waktu) yang dapat ditampung oleh jalur pendekat

`

pada simpang dengan kondisi lalu lintas tertentu dinyatakan dengaan satuan smp/jam (satuan mobil penumpang per jam). Pada Persamaan 3.3 dapat dihitung arus jenuh pada simpang APILL sebagai berikut.

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

Keterangan :

J = arus jenuh (smp/jam),

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

$F_{HS}$ = faktor koreksi yang diakibatkan hambatan samping lingkungan jalan pada $J_{0,}$

$F_{UK}$ = faktor koreksi $J_0$ diakibatkan ukuran kota,

$F_G$ = faktor koreksi $J_0$ diakibatkan kelandaian memanjang pendekat,

$F_p$ = faktor koreksi $J_0$ diakibatkan jarak garis henti yang terjadi pada mulut pendekat oleh kendaraan yang parkir pertama,

$F_{Bki}$ = 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.

Berdasarkan Bina Marga (2023) arus jenuh dasar ($J_0$) untuk pendekat terlindung sebagai fungsi lebar efektif. Pada simpang APILL dapat dihitung melalui Persamaan 3.4 sebagai berikut.

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

Keterangan:

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

$L_e$ = lebar efektif pendekat (meter).

Faktor penyesuaian hambatan samping dipengaruhi oleh hambatan samping, lingkungan, jalan, tipe fase, dan rasio kendaraan tak bermotor. Untuk mengetahui nilai faktor penyesuaian hambatan samping ($F_{HS}$) dapat dilihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

`

**Tabel 3.2 Faktor Koreksi Hambatan Samping ($F_{HS}$)**

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

(Sumber: Bina Marga, 2023)

Pada penentuan nilai faktor koreksi ukuran kota ($F_{UK}$) dipengaruhi oleh jumlah penduduk suatu kota dengan satuan juta jiwa. Nilai faktor koreksi ukuran kota ($F_{UK}$) dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut.

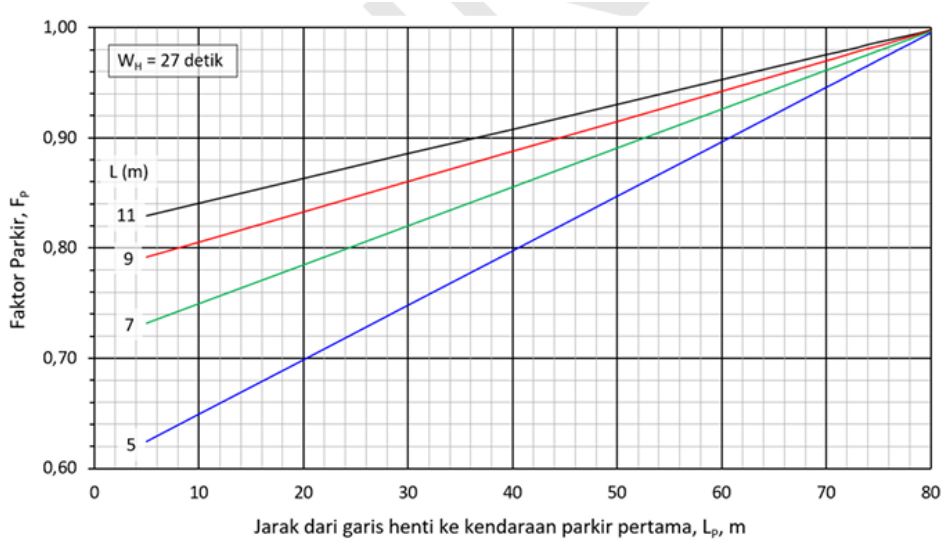
**Tabel 3.3 Faktor Koreksi Ukuran Kota ($F_{UK}$)**

| Jumlah Penduduk Kota (juta Jiwa) | Faktor Koreksi Ukuran Kota ($F_{UK}$) |
|---|---|
| > 3,0 | 1,05 |
| 1,0 – 3,0 | 1,00 |
| 0,5 – 1,0 | 0,94 |
| 0,1 – 0,5 | 0,83 |
| < 0,1 | 0,82 |

(Sumber: Bina Marga, 2023)

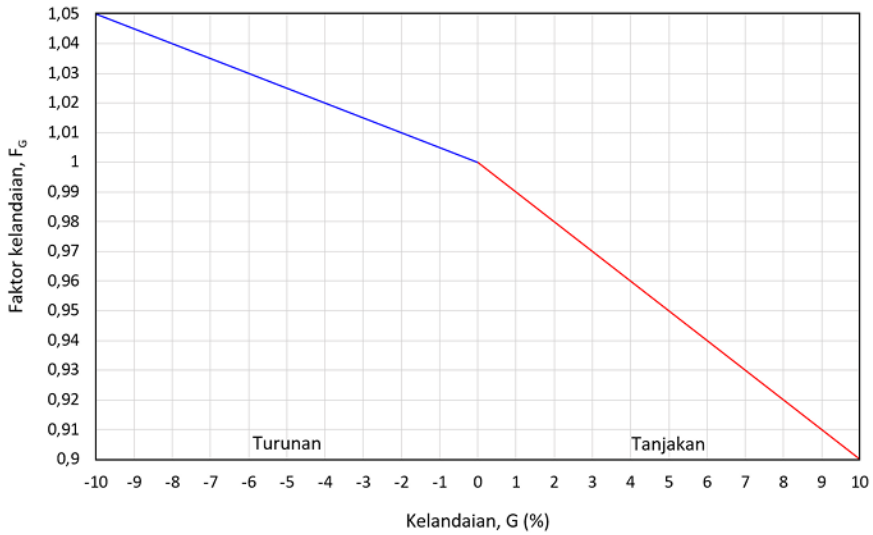
Faktor penyesuaian parkir merupakan jarak garis henti yang terjadi di mulut pendekat terhadap kendaraan yang pertama parkir. Pada Gambar 3.4 dapat dilihat nilai faktor penyesuaian parkir ($F_P$) sebagai berikut.

`




**Gambar 3.4 Faktor Koreksi untuk Pengaruh Parkir ($F_P$)**
(Sumber: Bina Marga, 2023)

Untuk mengetahui nilai faktor koreksi untuk kelandaian ($F_G$) dapat dilihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut.

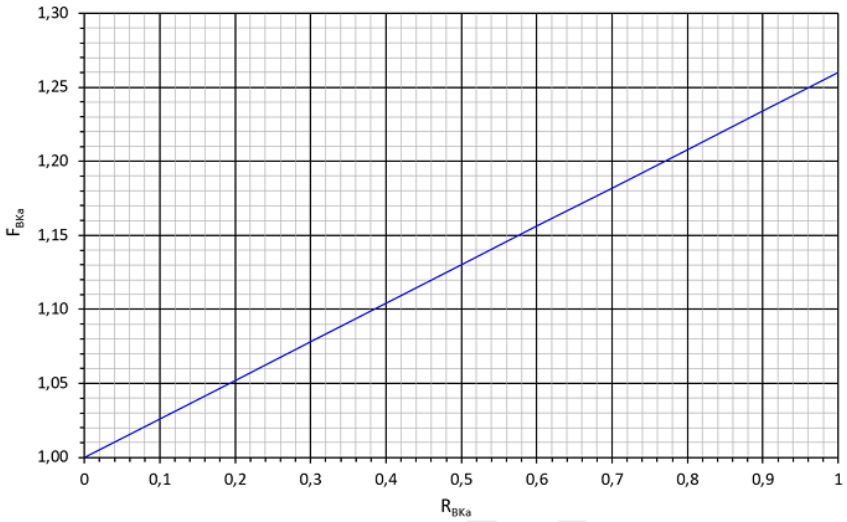



**Gambar 3.5 Faktor Koreksi untuk Kelandaian ($F_G$)**
(Sumber: Bina Marga, 2023)

Untuk mengetahui nilai faktor koreksi untuk belok ke kanan ($F_{BKa}$) dapat dilihat pada Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6 pada Gambar 3.6 sebagai berikut.

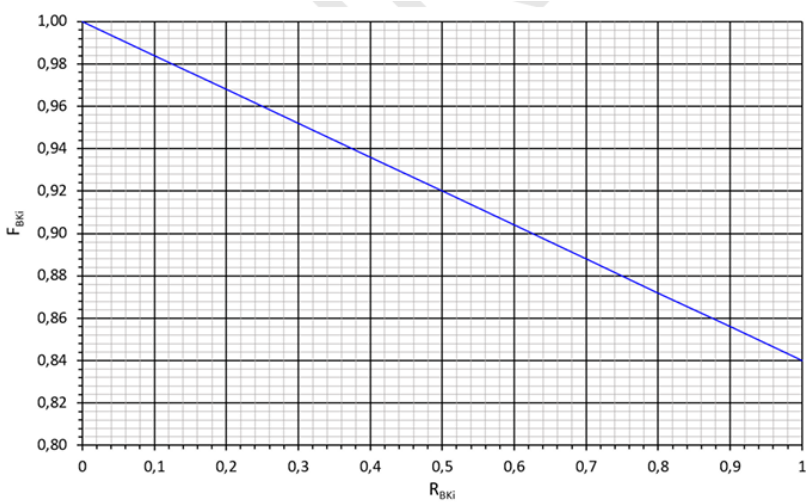
$$R_{Bka} = \frac{\text{R Bka}}{q\ total} \quad (3.5)$$

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




**Gambar 3.6 Faktor Koreksi untuk Belok Kanan ($F_{BKa}$), pada Pendekat Tipe P dengan Jalan Dua Arah, dan $L_E$ Ditentukan oleh $L_M$**
(Sumber: Bina Marga, 2023)

Untuk menentukan nilai faktor koreksi untuk belok kiri ($F_{BKi}$) dapat dilihat pada Gambar 3.7 sebagai berikut.




**Gambar 3.7 Faktor Koreksi untuk Belok Kiri ($F_{BKi}$), pada Pendekat Tipe P dengan Jalan Dua Arah, dan $L_E$ Ditentukan oleh $L_M$**
(Sumber: Bina Marga, 2023)

### 3.3.4 Rasio Arus Terhadap Arus Jenuh

Menurut Bina Marga (2023) untuk menganalisa rasio arus terhadap arus jenuh, ada beberapa hal yang harus diperhatikan sebagai berikut.

1. Jika arus BKIJT harus dibedakan dari analisis, maka arus lurus dan belok kanan yang dihitung sebagai nilai q.
2. Jika nilai LE sama dengan LK, maka arus lurus saja yang dimasukkan pada nilai q.
3. Jika pendekat memiliki dua fase yaitu fase kesatu arus tertawan (o) dan Fase kedua untuk terlindung (P) maka, arus gabungan dilakukan perhitungan dengan pembobotan seperti dalam proses arus jenuh yang dihitung menggunakan Persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$Rq/j = \frac{q}{j} \quad (3.7)$$

3.3.5 Waktu Isyarat APILL

1. Waktu merah semua dan waktu hijau hilang total
   a. Waktu Merah Semua ($W_{MS}$)

      Bina Marga (2023) menjelaskan bahwa pada simpang APILL diperlukan pemberian waktu merah semua untuk mengosongkan area konflik yang terjadi pada simpang di akhir fase. Waktu merah semua juga memberikan kesempatan untuk kendaraan terakhir (KBR) yang melewati garis henti pada akhir lampu kuning sampai meninggalkan titik konflik. Jadi waktu merah semua adalah fungsi dari kecepatan kendaraan yang berangkat, jarak dari garis henti masing-masing arah ke titik konflik, dan panjang kendaraan yang berangkat (PKBR).

      Titik konflik pada setiap tahap merupakan tempat yang menghasilkan waktu merah semua yang terbesar. Waktu merah semua per fase adalah pilihan terbaik dari dua perhitungan waktu lintasan yaitu kendaraan berangkat dan pejalan kaki. Untuk menghitung waktu merah semua dapat digunakan Persamaan 3.8 sebagai berikut.

$$w_{MS} = \text{Max}\begin{cases} \frac{L_{KBR} + P_{KBR}}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}} \\ \frac{L_{PK}}{V_{PK}} \end{cases} \quad (3.8)$$

      Keterangan :

      $L_{KBR}$, $L_{KRDT}$, $L_{PK}$ = jarak dari garis henti ke titik konflik masing masing untuk kendaraan berangkat, kendaraan datang dan

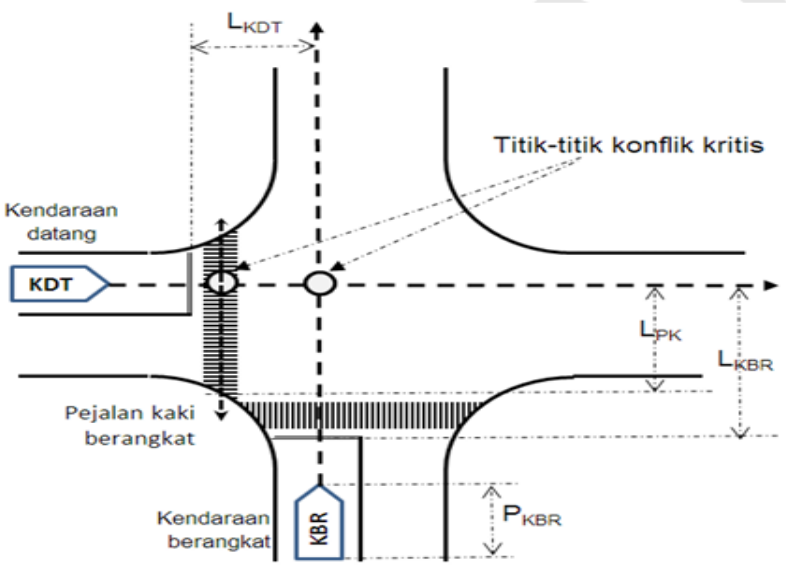
`

pejalan kaki (meter),

$P_{KBR}$ = panjang kendaraan yang berangkat (meter), dan

$V_{KBR}$ = kecepatan untuk masing masing kendaraan berangkat, kendaraan datang dan pejalan kaki (m/det).

Titik konflik kritis dan jarak untuk keberangkatan dan kedatangan dapat dilihat pada Gambar 3.8 sebagai berikut.




**Gambar 3.8 Titik Konflik Kritis dan Jarak untuk Keberangkatan dan Kedatangan**
(Sumber: Bina Marga, 2023)

b. Waktu Hijau Hilang ($W_{HH}$)

Setelah melakukan perhitungan $W_{MS}$ dan sudah ditetapkan, maka waktu hijau hilang total ($W_{HH}$) pada simpang APILL untuk setiap siklus dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu antar hijau menggunakan Persamaan 3.9 sebagai berikut.

$$W_{HH} = \Sigma i(W_{MS} + W_K)i \quad (3.9)$$

Keterangan:

$W_{MS}$ = waktu merah semua (detik), dan

$W_k$ = waktu kuning (detik).

2. Waktu siklus dan waktu hijau

a. Waktu siklus

Penentuan waktu siklus (s) untuk sistem kendali waktu tetap dapat dilakukan dengan menggunakan rumus Webster (1996). Rumus ini memiliki tujuan meminimalkan nilai tundaan total. Waktu siklus (s) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.10 sebagai berikut.

$$S = \frac{(1{,}5 \times W_{HH} + 5)}{(1 - \Sigma \mathrm{Rq/j}\ kritis)} \quad (3.10)$$

Keterangan :

S = waktu siklus (detik),

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

$\mathrm{R\,q/j}$ = rasio arus dibagi dengan arus jenuh, q/j, dan

$\Sigma \mathrm{R\,q/j}\ kritis$ = rasio arus simpang pada siklus.

Waktu siklus yang terlalu besar akan memberikan akibat yang menyebabkan peningkatan tundaan rata rata. Waktu siklus layak pada persimpangan dapat dilihat pada Tabel 3.4 sebagai berikut.

**Tabel 3.4 Waktu Siklus yang Layak**

| Tipe Pengaturan | Waktu Siklus Yang layak (detik) |
|---|---|
| Pengaturan dua-fase | 40-80 |
| Pengaturan tiga-fase | 50-100 |
| Pengaturan empat-fase | 80-130 |

(Sumber: Bina Marga, 2023)

b. Waktu Hijau ($W_H$)

Waktu hijau dihitung menggunakan Persamaan 3.11 sebagai berikut.

$$W_{HI} = (s - W_{HH}) \times \frac{\mathrm{Rq/j}\ kritis}{\Sigma 1(\mathrm{Rq/j}\ kritis)i} \quad (3.11)$$

Keterangan :

$W_{HI}$ = waktu hijau pada fase i (detik), dan

i = indeks untuk fase ke i.

`

3.3.6 Arus Lalu Lintas dan EMP

Menurut Bina Marga (2023), arus lalu lintas ($q_{JP}$) wajib dihitung dengan menggunakan nilai k yang berlaku dan LHRT yang representif. LHRT didasarkan atas perhitungan lalu lintas secara terus menerus selama satuan waktu tertentu. Arus lalu lintas ($q_{JP}$) dalam kendaraan/jam dikonversi menjadi satuan SMP/jam. Arus lalu lintas ($q_{JP}$) pada simpang APILL dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.12 sebagai berikut.

$$q_{JP} = \text{LHRT} \times K \quad (3.12)$$

Keterangan:

LHRT = lalu lintas harian rata rata tahunan (smp/jam), dan

K = faktor jam perencanaan (nilai k yang digunakan untuk jalan perkotaan berkisar 7% sampai dengan 12%).

Angka ekuivalensi kendaraan penumpang dapat dilihat pada Tabel 3.5 sebagai berikut

**Tabel 3.5 Angka Ekuivalensi Penumpang pada Simpang APILL**

| Jenis Kendaraan | Emp untuk Tipe Pendekat | |
|---|---|---|
| | Terlindung | Terlawan |
| Mobil Penumpang (MP) | 1,0 | 1,0 |
| Kendaraan Sedang (KS) | 1,3 | 1,3 |
| Sepeda Motor (SM) | 0,15 | 0,4 |

(Sumber: Bina Marga, 2023)

3.3.7 Kapasitas Simpang APILL

Kapasitas simpang APILL merupakan kemampuan persimpangan dalam menampung jumlah maksimum arus lalu lintas pada satu satuan waktu. Kapasitas pada simpang APILL dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.13 sebagai berikut

$$C = J \times \frac{W_H}{S} \quad (3.13)$$

Keterangan:

C = kapasitas simpang APILL (SMP/jam),

`

J = arus Jenuh (SMP/jam),

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

S = waktu siklus (detik).

3.3.8 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan rasio antara arus lalu lintas yang terjadi (q) terhadap kapasitas jalan (C). Derajat kejenuhan ($D_J$) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.14 sebagai berikut.

$$D_J = \frac{q}{C} \quad (3.14)$$

Keterangan:

$D_J$ = derajat kejenuhan,

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

q = volume lalu lintas (SMP/jam), yang dalam analisis kapasitas terdiri dari 2 jenis, yaitu $q_{eksisting}$ yang didapat dari hasil perhitungan lalu lintas dan $q_{JP}$ hasil prediksi atau hasil perancangan.

3.3.9 Panjang Antrian

Menurut Bina Marga (2023) panjang antrian merupakan panjang kendaraan yang mengantri pada simpang yang diakibatkan terjadinya hambatan atau kapasitas yang tidak mencukupi. Panjang antrian dinyatakan sebagai jarak dari titik akhir antrian hingga ke titik awal antrian di dalam suatu pendekat dinyatakan dalam satuan meter. Hasil perhitungan derajat kejenuhan digunakan untuk menghitung jumlah SMP yang tersisa dari fase hijau

Jumlah rata-rata kendaraan yang mengantri pada awal fase hijau (Nq) dinyatakan dalam satuan (smp) dihitung sebagai jumlah kendaraan terhenti (smp) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya ($N_{q1}$) ditambah jumlah kendaraan (smp) yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase merah ($N_{q2}$). Nilai $N_q$ diperoleh berdasarkan perhitungan Persamaan 3.15, 3.16, dan 3.17.

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \quad (3.15)$$

Untuk $D_J \leq 0{,}5$

maka $N_{q1} = 0$

Jika $D_J > 0{,}5$

`

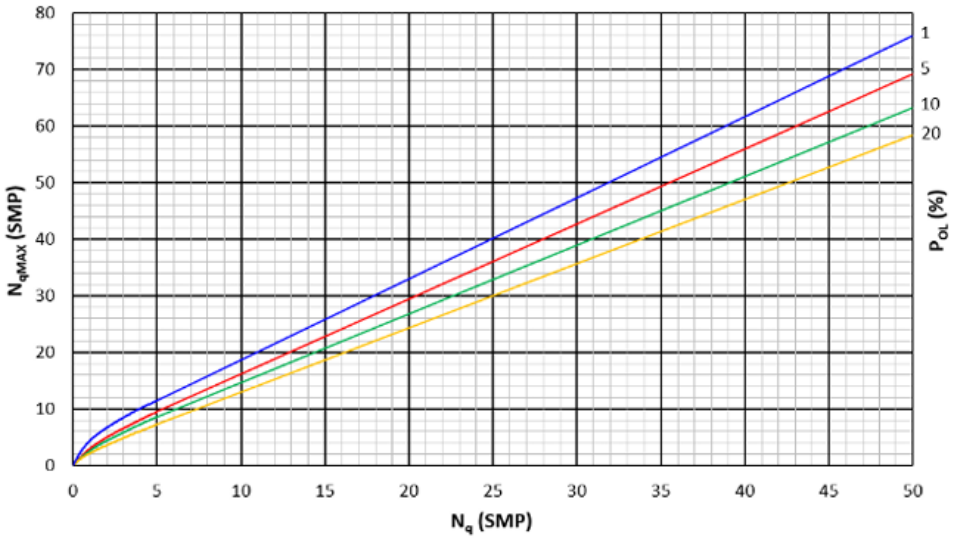
$$N_{q1} = O{,}25 \times s \times \left\{(D_J - 1) + \sqrt{(DJ - 1)^2 + \frac{8 \times (DJ - 0{,}5)}{s}}\right\} \quad (3.16)$$

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

Panjang antrian ($P_A$) didapatkan dari hasil perkalian $N_q$ (smp) dengan luas area rata-rata yang biasanya digunakan oleh satu mobil penumpang (smp) yaitu 20 $m^2$, dibagi lebar masuk (m) seperti dapat dilihat perhitungan untuk mencari nilai panjang antrian ($P_A$) pada Persamaan 3.18 sebagai berikut.

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

Nilai dari $N_{q\ max}$ diperoleh dengan menghubungkan Nq Total dengan *probabilitas overloading* (POl) yang dinyatakan dalam persentase. Rentang nilai Pol (%) direkomendasikan berada antara 5 % hingga 10%. Proses penentuan Nqmax dapat dilihat pada Gambar 3.9 berikut.




**Gambar 3.9 Penentuan Jumlah Antrean Rata – Rata**
(Sumber: Bina Marga, 2023)

3.3.10 Rasio Kendaraan Henti

Berdasarkan Bina Marga (2023), rasio kendaraan henti ($R_{KH}$) merupakan rasio kendaraan pada pendekat yang mengharuskan berhenti akibat lampu merah

sebelum kendaraan melintasi simpang bersiyal (APILL) terhadap jumlah dari fase yang sesuai dengan pendekat tersebut. Rasio kendaraan henti ($R_{KH}$) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.19 atau dapat juga ditentukan melalui Grafik pada Gambar 3.10.

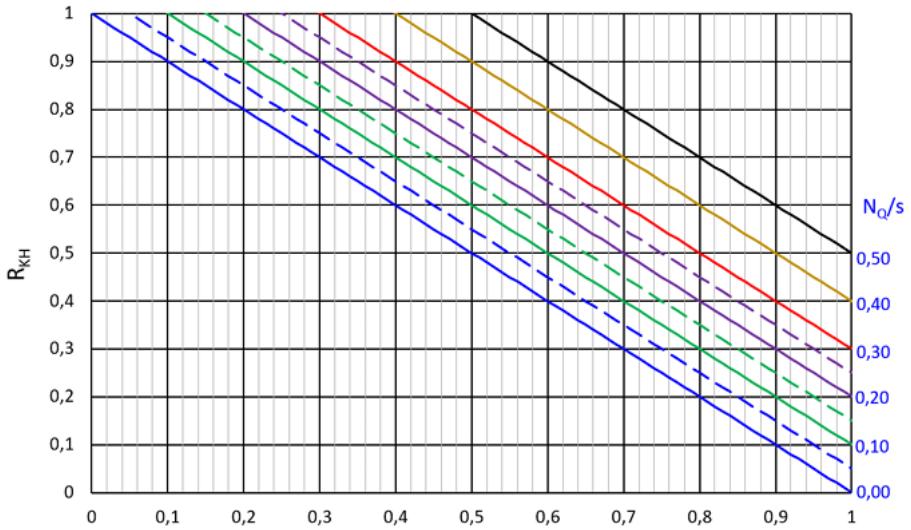
$$R_{KH} = 0{,}9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600 \quad (3.19)$$

Keterangan :

$N_q$ = jumlah rata-rata antrian kendaraan pada awal lampu hijau,

q = arus lalu lintas dari pendekat yang akan ditinjau (smp/jam), dan

s = waktu siklus (detik).




**Gambar 3.10 Penentuan Rasio Kendaraan Terhenti, $R_{KH}$**
(Sumber: Bina Marga, 2023)

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti ($N_{KH}$) merupakan total rata–rata kendaraan yang mengalami pemberhentian berulang, dalam antrian sebelum melewati simpang APILL. Nilai $N_{KH}$ dapat dihitung menggunakan persamaan 3.20 berikut.

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

Sementara itu, rasio rata – rata kendaraan berhenti untuk seluruh pendekat pada simpang APILL ($R_{KH}$ Total) dihitung menggunakan Persamaan 3.21, yaitu:

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

3.3.11 Tundaan

Menurut Bina Marga (2023), tundaan merupakan waktu tambahan yang dialami oleh kendaraan yang diakibatkan hambatan di simpang dibandingkan dengan waktu tanpa adanya hambatan. Tundaan pada simpang APILL terdiri dari dua jenis sebagai berikut.

1. Tundaan Lalu Lintas ($T_{LL}$)

   Tundaan lalu lintas rata - rata pada suatu pendekat i dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.22 sebagai berikut.

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

2. Tundaan Geometri ($T_G$)

   Tundaan geometri rata–rata pada suatu pendekat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.23 sebagai berikut.

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

   Keterangan :

   $P_B$ = porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat.

3. Tundaan Rata- Rata

   Tundaan rata-rata total dari dua jenis tundaan pada simpang APILL yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.24 sebagai berikut.

   $T_i = T_{LL} + T_G$ (3.24)

   Tundaan rata rata Pada seluruh pendekat simpang APILL dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.25 sebagai berikut.

   $T_i = \frac{\sum q \times T}{qtotal}$ (3.25)

## 3.4 Penilaian Tingkat Pelayanan Simpang APILL

Penilaian tingkat pelayanan dapat dijadikan sebagai ukuran untuk menilai kualiatas atau kinerja ruas jalan ketika melayani arus lalu lintas. Berdasarkan Kementerian Perhubungan (2015) dapat dilihat tingkat pelayanan Simpang pada Tabel 3.6 berikut.

`

**Tabel 3.6 Tingkat Pelayanan pada Persimpangan**

| Tingkat Pelayanan | Tundaan (det/smp) |
|---|---|
| A | < 5 |
| B | 5,1 – 15 |
| C | 15,1 – 25 |
| D | 25,1 – 40 |
| E | 40,1 – 60 |
| F | > 60 |

(Sumber: Kementerian Perhubungan, 2015)

Tingkat pelayanan suatu simpang juga dapat ditentukan berdasarkan fungsi jalan yang dihubungkan oleh simpang tersebut. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015, klasifikasi tingkat pelayanan pada simpang dibedakan menurut sistem jaringan jalan sebagai berikut.

1. Jaringan Jalan Primer
   a. Jalan arteri primer disyaratkan memiliki tingkat pelayanan minimal B.
   b. Jalan kolektor primer juga dituntut memiliki tingkat pelayanan paling rendah B.
   c. Jalan lokal primer setidaknya harus mencapai tingkat pelayanan C.
   d. Untuk jalan tol, tingkat pelayanan minimal yang harus dicapai adalah B.
2. Jaringan Jalan Sekunder
   a. Jalan arteri sekunder perlu memenuhi tingkat pelayanan minimal C.
   b. Jalan kolektor sekunder juga ditetapkan minimal pada tingkat pelayanan C.
   c. Jalan lokal sekunder diwajibkan memiliki tingkat pelayanan paling tidak D.
   d. Jalan lingkungan ditetapkan dengan tingkat pelayanan minimal D.

## 3.5 PTV VISSIM

PTV-AG (2011) menjelaskan bahwa PTV VISSIM (*Versatile Integrated Simulation Modeling*) merupakan perangkat lunak simulasi mikroskopis yang dijadikan alat bantu untuk menganalisis aliran lalu lintas, interaksi antar kendaraan dan pejalan kaki dalam jaringan transportasi. PTV VISSIM pertama kali diresmikan

`

pada tahun 1992 yang dikembangkan oleh PTV Group, sebuah perusahaan yang berasal dari Jerman yang bergerak di bidang solusi transportasi. VISSIM berasal dari singkatan "*Verkehr In Städten – SIMulationsmodell*," yang berarti "Model Simulasi Lalu Lintas di Kota". VISSIM memperhitungkan berbagai faktor seperti jarak antarkendaraan, kecepatan, akselerasi, dan reaksi pengemudi untuk menghasilkan simulasi lalu lintas yang realistis.

PTV VISSIM sering digunakan dalam mengevaluasi kinerja simpang. Hal ini dikarenakan analisis yang diberikan sangat rinci terhadap pengaturan lalu lintas di persimpangan. Dengan menggunakan data jaringan jalan, volume kendaraan, dan pengaturan lalu lintas PTV VISSIM dapat mensimulasikan aliran lalu lintas pada simpang, serta mengukur parameter kinerja, seperti tundaan, panjang antrian, dan tingkat pelayanan (*Level Of Service*-LOS). Melalui simulasi, pengguna dapat mengidentifikasi kemacetan, menganalisis dampak dari perubahan pengaturan sinyal dan mengevaluasi berbagai alternatif pengaturan lalu lintas untuk meningkatkan efisiensi simpang. VISSIM juga memberikan visualisasi aliran lalu lintas dalam bentuk 2D atau 3D yang memungkinkan pemahaman yang lebih baik terhadap interaksi kendaraan dan dampaknya terhadap kinerja simpang.

3.5.1 Kalibrasi dan Validasi Data

Kalibrasi merupakan proses penyesuaian komponen model simulasi agar sesuai dengan data yang diperoleh dari lapangan, sehingga pemodelan simulasi mampu merepresentasikan kondisi nyata secara efektif dan akurat. Sementara itu, validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi menggunakan hasil perangkat lunak VISSIM dengan data lapangan. Penyesuaian *Driving Behavior* dilakukan secara interatif, dengan beberapa kali perubahan. Proses dilakukan melalui pendekatan *trial and error* hingga diperoleh hasil simulasi mendekati data aktual dari lapangan. Pada tahap kalibrasi dan validasi untuk mengevaluasi kesesuaian data digunakan metode rumus statistik GEH. Rumus ini ditemukan oleh Geoffrey E. Havers yang merupakan modifikasi dari uji statistik *Chi-squared*, yang mempertimbangkan nilai relatif dan absolut dalam perhitungan. Pada Persamaan 3.26 dapat dilihat rumus GEH dan Tabel 3.7 syarat nilai *trial* dan *eror* yang dihasilkan sebagai berikut.

`

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

Keterangan:

q = data volume arus lalu lintas (kendaraan/jam).

**Tabel 3.7 Penilaian Hasil Uji Statistika GEH**

| | |
|---|---|
| GEH < 5,0 | Diterima |
| $5{,}0 \leq\ GEH\ \leq\ 10{,}0$ | Peringatan: Kemungkinan model *eror* atau data buruk |
| GEH > 10,0 | Ditolak |

Sumber: Gustavsson (2007) dalam Romadhona (2019)

Selanjutnya, persyaratan pengujian *Mean Average Percentage Error* (MAPE) digunakan untuk melakukan validasi eksternal. Hal ini dilakukan untuk memverifikasi parameter kinerja ruas jalan dan simpang, yaitu kecepatan kendaraan dan panjang antrian. Perhitungan nilai MAPE dapat digunakan Persamaan 3.27 sebagai berikut.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \times \sum_{t=1}^{n} \left| \frac{At - Ft}{At} \right| x\ 100\ \% \quad (3.27)$$

Keterangan:

n = jumlah data,

At = data dilapangan, dan

Ft = data simulasi.

Pada Tabel 3.8 dapat dilihat kesimpulan perhitungan MAPE sebagai berikut.

**Tabel 3.8 Kesimpulan dari Hasil Perhitungan MAPE**

| **Mape** | **Kesimpulan** |
|---|---|
| >10% | Hasil simulasi sangat baik |
| 10 - 20% | Hasil simulasi Baik |
| 20 - 50% | Hasil simulasi memadai |
| > 50 % | Hasil simulasi tidak akurat |

Sumber: Gustavsson (2007) dalam Romadhona (2019)

`

### 3.6 LAPI-ITB Tahun 2003

Isnaeni (2003) melakukan sebuah penelitian yang berfokus pada indikator lalu lintas dari prespektif lingkungan, yaitu konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Dalam studi tersebut, konsumsi bahan bakar dihitung menggunakan formulasi yang dikembangkan oleh Lembaga Afiliasi Penelitian dan Industri Institut Teknologi Bandung (LAPI-ITB). Formulasi ini disesuaikan ke dalam satuan mobil penumpang, sehingga konsumsi bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.28, Persamaan 3.29, dan Persamaan 3.30 sebagai berikut.

1. $F1 = A + B \cdot V + C \cdot V^2$ (3.28)
2. $F2 = E \cdot V^2$ (3.29)
3. $F3 = D$ (3.30)

Keterangan:

F1 = konsumsi bahan bakar pada kecepatan konstan (liter/smp-km),

F2 = konsumsi bahan bakar saat akselerasi atau deselerasi (liter/smp),

F3 = konsumsi bahan bakar saat *idle* (liter/smp-jam),

A = $170.10^{1}$, B = $-455.10^{-3}$, $490.10^{-5}$, D = $140.10^{-2}$, dan E = $770.10^{-8}$.

Pada konteks pendekatan simpang, konsumsi bahan bakar dihitung dengan menggunakan Persamaan F3, yang mempresentasikan konsumsi bahan bakar saat kendaaran berada dalam kondisi *idle* (diam atau berhenti menyala).

### 3.7 Persamaan Lamsal (ATIS- India) Tahun 2013

Persamaan Lamsal (2013) digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi Bahan Bakar (BBM), dengan mempertimbangkan kebutuhan bahan bakar (liter), yang dikonsumsi setiap kali terjadi tundaan kendaraan pada masing-masing pendekat simpang.

Perhitungan konsumsi bahan bakar (BBM) dilakukan dengan menggunakan koefisien konsumsi BBM yang disesuaikan dengan kondisi kendaraan dalam keadaan diam (*idle*), mengacu pada Lamsal (2013). Nilai konfersi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.9 sebagai berikut.

`

**Tabel 3.9 Koefisien Konsumsi BBM**

| Jenis Kendaraan | Koefisien Konsumsi BBM (ml/ jam) |
|---|---|
| *Motor Cycle* (MC) | 170 |
| *Light Vehicle* (LV) | 767 |
| *Heavy Vehicle* (HV) | 833 |

Sumber: Lamsal (2013)

Klasifikasi jenis kendaraan pada Tabel 3.9 mengacu pada metode Lamsal (2013), dan dalam tugas akhir ini telah disesuaikan dengan klasifikasi kendaraan berdasarkan PKJI 2023, dengan penyesuaian sebagai berikut:

1. Motor Cycle (MC) dikategorikan sebagai Sepeda Motor (SM) karena keduanya mewakili kendaraan bermotor roda dua dengan karakteristik kecepatan dan konsumsi bahan bakar yang serupa.
2. Light Vehicle (LV) disesuaikan sebagai Mobil Penumpang (MP) karena keduanya merepresentasikan kendaraan ringan beroda empat yang digunakan untuk angkutan pribadi.
3. Heavy Vehicle (HV) dikonversi menjadi Kendaraan Sedang (KS) dalam penelitian ini, karena tidak adanya nilai ekuivalensi mobil penumpang (EMP) untuk kendaraan berat pada PKJI 2023, sehingga kendaraan besar seperti Bus Besar dan Truk Besar dikelompokkan ke dalam kategori KS.

`

# BAB IV
# METODE PENELITIAN

## 4.1 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi dua jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan secara langsung oleh peneliti yang belum pernah diolah sebelumnya melalui hasil survei atau obeservasi di lokasi penelitian. Sedangkan data sekunder adalah data yang telah dikumpulkan, diproses, dan dipublikasikan oleh orang lain sebelum digunakan oleh peneliti. Sumber data ini biasanya berasal dari laporan, dokumen, jurnal, buku, arsip, atau data instansi resmi yang berkaitan dengan penelitian. Data Penelitian pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

**Tabel 4.1 Data Penelitian**

| Data Primer | Data Sekunder |
|---|---|
| 1. Volume Kendaraan<br>2. Waktu Siklus Simpang<br>3. Geometri Simpang<br>4. Kecepatan Kendaraan<br>5. Data *Driving Behavior*<br>6. Hambatan Samping<br>7. Panjang Antrean | 1. Jumlah Penduduk<br>2. Data Ukuran Kota |

## 4.2 Metode Pengambilan Data

4.2.1 Peralatan Penelitian

Beberapa peralatan yang digunakan pada penelitian yang dilakukan sebagai berikut.

1. Formulir survei dan alat tulis, digunakan sebagai alat bantu pada saat penulisan data survei di lokasi penelitian.

2. Kamera, digunakan sebagai alat perekam arus lalu lintas pada titik yang sudah ditentukan.
3. *Stopwatch,* digunakan untuk alat penghitung waktu tempuh kendaraan yang melintas.
4. *Double tape*, digunakan alat penanda lokasi untuk mengukur data yang didapatkan.
5. *Powerbank* untuk sumber daya alat perekam atau kamera selama perekaman berlangsung.
6. *Roll* meter, digunakan sebagai alat pengukur geometri jalan pada simpang berupa lebar jalan.
7. Komputer, digunakan sebagai alat bantu proses pengolahan data dan pemodelan simpang.

4.2.2 Waktu Pelaksanaan Survei

Survei dilakukan pada hari kerja dan hari libur dengan rentang waktu sebagai berikut.

1. Pagi hari, pukul : 07.00 – 09.00 WIB
2. Siang hari, pukul : 11.00 – 13.00 WIB
3. Sore hari, pukul : 16.00 – 18.00 WIB

Waktu pelaksanaan survei terbagi menjadi dua, yaitu waktu pelasanaan survei pada hari kerja yang diwakilkan oleh hari Senin dan Rabu, serta waktu pelaksanaan survei pada hari libur yang diwakilkan oleh hari Sabtu. Penentuan waktu dan hari survei didasarkan pada hasil observasi awal yang dilakukan selama satu minggu penuh di lokasi penelitian. Observasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola lalu lintas harian, termasuk waktu-waktu terjadinya puncak kepadatan lalu lintas (*peak hour*).

Pada hari pertama observasi, pemantauan dilakukan secara intensif dari pukul 06.00 hingga 18.00 WIB. Hasil observasi menunjukkan bahwa lalu lintas pada pukul 06.00–07.00 WIB belum mengalami kepadatan signifikan, sehingga tidak masuk dalam rentang waktu sibuk. Oleh karena itu, pada hari-hari berikutnya, waktu survei pagi dimulai dari pukul 07.00 WIB, saat arus lalu lintas mulai menunjukkan peningkatan volume kendaraan yang signifikan.

Dengan melakukan survei pada hari kerja dan hari libur, data yang diperoleh dapat mewakili variasi kondisi lalu lintas berdasarkan jenis aktivitas masyarakat, sehingga analisis kinerja simpang yang dihasilkan menjadi lebih komprehensif dan representatif. Semantara itu, waktu pengambilan data geometri pada simpang dilakukan pada malam hari agar tidak menggangu aktivitas pengguna jalan yang melewati simpang.

4.2.3 Survei Data Lalu Lintas

Survei data lalu lintas yang dilakukan bertujuan untuk memperoleh data yang akan digunakan dalam pemodelan pada penelitian ini. Proses survei tersebut terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Tahapan persiapan survei

   Tahapan persiapan survei meliputi beberapa langkah yang akan dilakukan, yaitu sebagai berikut.

   a. Menyusun formulir pencatatan data arus lalu lintas sesuai dengan pedoman yang ditetapkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga (2023).
   b. Memasang Kamera pada titik – titik yang telah ditentukan sebelumnya, dengan memastikan bahwa kamera yang terpasang mampu merekam arus lalu lintas secara optimal.
   c. Menempatkan Surveyor pada lokasi yang telah ditentukan, sesuai dengan posisi kamera yang telah dipasang.

2. Tahap pelaksanan survei

   Tahap pelaksanaan survei mencakup beberapa kegiatan yang akan dilakukan, yaitu sebagai berikut.

   a. Pengukuran kondisi geometri ruas jalan

      Survei geometri simpang dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi geometrik persimpangan. Dimensi yang perlu diukur meliputi lebar setiap jalur masuk dan lebar jalur keluar. Pengukuran geometri simpang dilakukan dengan menggunakan alat ukur *roll* meter. Selain pengukuran, dilakukan juga pengamatan secara visual untuk mencatat jumlah lajur, arah kendaraan, kode pendekat berdasarkan arah pada simpang, serta memastikan

ada tidaknya median. Pelaksanaan survei ini diupayakan pada waktu yang tidak mengganggu arus lalu lintas, antara lain pada malam hari.

b. Survei *driving behavior*

*Driving behavior* merupakan salah satu parameter penting dalam pemodelan menggunakan *software* PTV VISSIM yang secara langsung memengaruhi interaksi antar kendaraan. Parameter ini diperoleh melalui pengukuran jarak antara kendaraan, baik jarak depan – belakang maupun jarak samping kanan-kiri. Pada saat kendaraan berhenti, khususnya ketika lampu sinyal berwarna merah, dilakukan survei dengan mengukur jarak samping kendaraan depan-belakang dan samping kanan-kiri.

Pengukuran dibantu dengan menggunakan penanda double tape berwarna yang diletakkan di permukaan aspal dengan interval setiap 50 cm untuk mempermudah pengukuran jarak antarkendaraan.

Survei ini dilakukan dengan mengumpulkan sebanyak 80 sampel, yang terdiri dari:

1) 20 sampel jarak antara kendaraan depan-belakang dalam kondisi berhenti.
2) 20 sampel jarak antara kendaraan depan-belakang dalam kondisi berjalan.
3) 20 sampel jarak antara kendaraan berdampingan dalam kondisi berhenti.
4) 20 sampel jarak antara kendaraan berdampingan dalam kondisi berjalan.

Selain itu, survei ini juga memperhatikan perilaku kendaraan dalam menyiasati keberadaan kendaraan lain, baik dari arah kanan, kiri maupun kedua arah. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan data *driving behavior* yang diperoleh mencerminkan kondisi aktual di lapangan, sehingga menghasilkan simulasi yang akurat dan representif.

c. Pengambilan data volume lalu lintas

Pengumpulan data volume lalu lintas dilakukan menggunakan rekaman video kamera yang dipasang pada titik-titik strategis di sekitar simpang yang telah ditentukan sebelumnya. Kamera yang digunakan harus diposisikan sedemikian rupa untuk memastikan seluruh pergerakan kendaraan di setiap

lengan simpang dapat terpantau dengan jelas. Survei dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan dengan interval pencatatan data setiap 15 menit.

Data arus lalu lintas yang diperoleh dari rekaman video selanjutnya diklasifikasikan berdasarkan jenis kendaraan, yaitu Mobil Penumpang (MP), Kendaraan Sedang (KS), Sepeda Motor (SM), dan Kendaraan Tidak Bermotor (KTB). Kendaraan Berat (BB) dan Truk Berat (TB) dikategorikan ke dalam kelompok Kendaraan Sedang (KS). Pengelompokan ini dilakukan karena dalam PKJI 2023 tidak terdapat nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) khusus untuk kendaraan BB dan TB, sehingga keduanya disesuaikan dengan kategori kendaraan yang memiliki karakteristik paling mendekati, yakni Kendaraan Sedang (KS).

d. Pengambilan data kecepatan tempuh kendaraan pada simpang

Pengambilan data kecepatan kendaraan pada simpang dilakukan melalui pengamatan langsung di lapangan pada masing masing pendekat simpang, dengan jarak pengamatan yang telah ditentukan. Survei kecepatan dilakukan dalam dua kondisi, yaitu kecepatan konstan dan kecepatan kendaraan saat mengalami perlambatan.

Pengamatan kecepatan konstan dilakukan pada jarak 20 meter dari panjang antrean kendaraan di setiap lengan simpang. Sementara itu, survei kecepatan perlambatan dilakukan pada rentang jarak 20 meter hingga kendaraan mencapai titik kendaraan menentukan arah pergerakan, baik lurus maupun belok.

Jumlah sampel yang diambil untuk survei ini terdiri dari 5 kendaraan berat, 10 kendaraan ringan dan 20 sepeda motor yang masing masing diamati dalam kondisi kecepatan konstan maupun kecepatan saat perlambatan. Pengumpulan data yang dilakukan pada dua kondisi waktu yaitu saat jam puncak dan saat kondisi lalu lintas keadaan sepi.

e. Panjang antrian yang terjadi pada simpang

Pengukuran panjang antrian yang dilakukan dengan menghitung jumlah kendaraan yang masih tersisa dari fase hijau sebelumnya serta jumlah

kendaaraan yang mulai mengantri saat lampu merah menyala. Proses pengukuran ini dilakukan di setiap pendekat pada simpang. Sebelum pengukuran, setiap pendekat diberi penanda berupa garis dengan interval setiap 25 meter untuk mempermudah identifikasi panjang antrean secara akurat.

Pendekat ini dirancang untuk memastikan data panjang antrean yang diperoleh dapat mencerminkan kondisi aktual di lapangan, sehingga dapat digunakan sebagai salah satu parameter dalam analisis kinerja simpang secara lebih terperinci.

### 4.3 Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023

   Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 digunakan sebagai acuan dalam menganalisa kinerja simpang. Adapun kinerja simpang yang dianalisis di setiap lengan pada simpang sebagai berikut.

   a. Kapasitas simpang

      Kapasitas simpang adalah kemampuan maksimum suatu simpang untuk mengakomodasi jumlah arus lalu lintas yang melintas dalam satuan waktu tertentu.

   b. Panjang antrian

      Panjang antrian adalah jarak yang menunjukkan panjangnya deretan kendaraan yang berhenti atau bergerak lambat di suatu simpang pada suatu pendekat ketika terjadinya sinyal merah yang dinyatakan dalam satuan meter. Penentuan panjang antrian diperlukan beberapa langkah perhitungan, yaitu menghitung jumlah satuan mobil penumpang (SMP) yang datang selama fase merah, jumlah SMP yang tersisa dari fase hijau sebelumnya dan panjang antrean maksimum yang terbentuk pada pendekat tersebut.

   c. Derajat kejenuhan

Derajat Kejenuhan merupakan rasio antara lalu lintas yang terjadi terhadap kapasitas simpang. Parameter ini menjadi salah satu faktor penting dalam mengevaluasi kinerja simpang, karena menunjukkan tingkat pemanfaatan kapasistas simpang oleh arus lalu lintas. Volume lalu lintas dihitung berdasarkan jumlah kendaraan yang melintas pada setiap lengan simpang, yang diperoleh melalui survei lalu lintas sebelumnya. Sementara itu, kapasitas simpang dihitung menggunakan data arus jenuh, rasio arus jenuh, dan pengaturan waktu sinyal lalu lintas, termasuk durasi hijau, merah, dan interval antarfase.

d. Tundaan

Tundaan merupakan waktu tambahan yang dialami oleh kendaraan yang diakibatkan adanya hambatan samping, dibandingkan dengan waktu perjalanan tanpa hambatan. Tundaan mencakup waktu yang dihabiskan kendaraan untuk berhenti, melambat, dan mempercepat kembali akibat pengaturan sinyal lalu lintas.

2. Pemodelan menggunakan *Software* VISSIM

Tahap analisis data dalam penelitian ini turut memanfaatkan perangkat lunak *Microsoft Excel* dan PTV VISSIM sebagai alat bantu dalam mengavaluasi kineja simpang serta solusi alternatif. Data yang digunakan terdiri atas data yang diperoleh dari hasil survei langsung di lapangan dan data dari instansi terkait. Seluruh data tersebut dianalisis untuk dalam bentuk pemodelan dengan menggunakan *software* PTV VISSIM untuk mengevaluasi kinerja simpang Ketandan. Adapun langkah analisis data pada penelitian ini dijelaskan sebagai berikut.

a. Data primer diperoleh melalui survei di lapangan, kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk mengetahui volume lalu lintas pada saat jam puncak serta kecepatan tempuh kendaraan yang melintasi simpang.
b. Data sekunder meliputi peta lokasi simpang, data jumlah penduduk kabupaten bantul, serta informasi pendukung yang digunakan untuk menunjang dan melengkapi analisis kinerja simpang secara menyeluruh.

c. Setelah diperoleh data volume lalu lintas pada jam puncak serta kecepatan kendaraan, selanjutnya dilakukan pemodelan lalu lintas menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM untuk mensimulasikan kondisi eksisting pada simpang yang diteliti.
d. Melakukan Pemodelan jaringan jalan pada perangkat lunak PTV VISSIM yang menggambarkan geometri simpang dan pendekat berdasarkan data yang didapatkan dari survei langsung di lokasi simpang.
e. Selanjutnya, menginput jumlah dan komposisi kendaraan pada perangkat lunak PTV VISSIM. Data kendaraan dimasukkan sesuai hasil survei termasuk persentase kendaraan ringan, berat dan sepeda motor.
f. Pembuatan rute kendaraan yang sesuai dengan pola lalu lintas di lapangan pada perangkat lunak PTV VISSIM.
g. Mengatur perilaku pengemudi dalam perangkat lunak berdasarkan kondisi nyata di lapangan. serta parameter seperti jarak antar kendaran dan kecepatan.
h. Proses kalibrasi dan validasi data pada pemodelan dilakukan untuk memastikan bahwa hasil simulasi yang dibangun menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM merepresentasikan kondisi aktual di lapangan secara akurat. Kalibrasi dilakukan dengan menyesuaikan beberapa parameter pada *driving behaviour*, seperti jarak antarkendaraan, percepatan, deselerasi, pengaturan waktu reaksi pengemudi, dan hasil simulasi mendekati data survei lapangan. Setelah tahap kalibrasi selesai, dilakukan validasi untuk menguji keakuratan dan keandalan model yang telah dikalibrasi. Validasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa model simulasi dapat merepresentasikan kondisi nyata di lapangan secara akurat.

   Jika model telah divalidasi dan dinyatakan sesuai, maka hasil output simulasi diambil untuk dianalisis lebih lanjut. Output yang diperoleh mencakup volume kendaraan, kecepatan rata-rata, tundaan, panjang antrean, serta parameter lainnya yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja simpang. Output ini menjadi dasar untuk menilai tingkat pelayanan *(Level of Service)* simpang dan memberikan rekomendasi perbaikan.

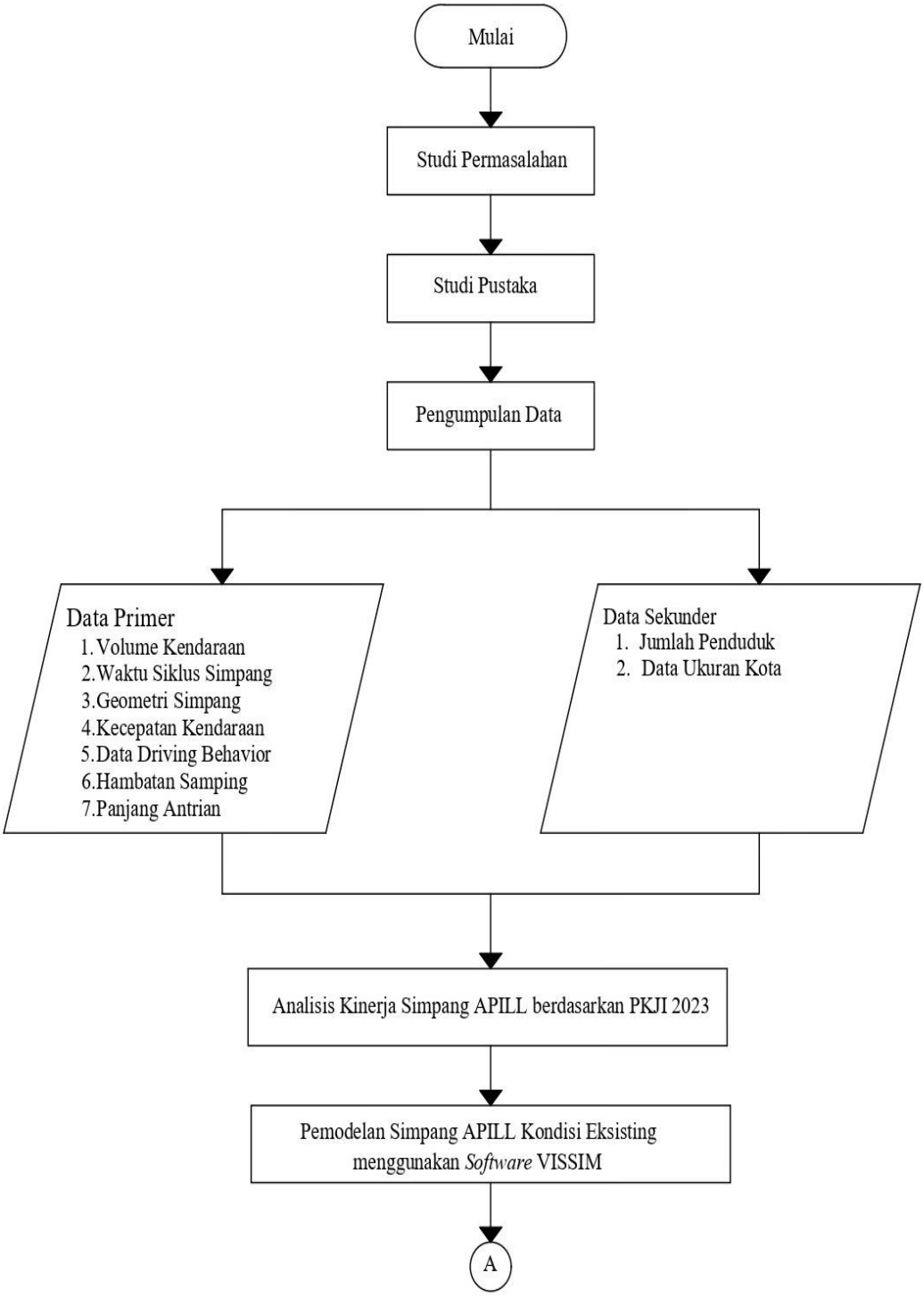
i. Melakukan analisisis perbandingan derajat kejenuhan dan kecepatan kendaraan pada kondisi eksisting simpang Ketandan dengan kondisi setelah penerapan perbaikan.
j. Kesimpulan yang diperoleh merupakan hasil perbandingan kinerja di simpang Ketandan antara kondisi eksisting dan setelah dilakukan perbaikan, yang dinilai berdasarkan Tingkat Pelayanan atau *Level of Service* (LOS). Penilaian ini mengacu pada ketentuan yang tecantum dalam peraturan Menteri Perhubungan PM 96/2015 tentang Penyelenggaraan Manajemen Lalu Lintas.

3. Konsumsi bahan bakar menggunakan persamaan LAPI-ITB tahun 2003 dan Lamsal (ATIS-India)

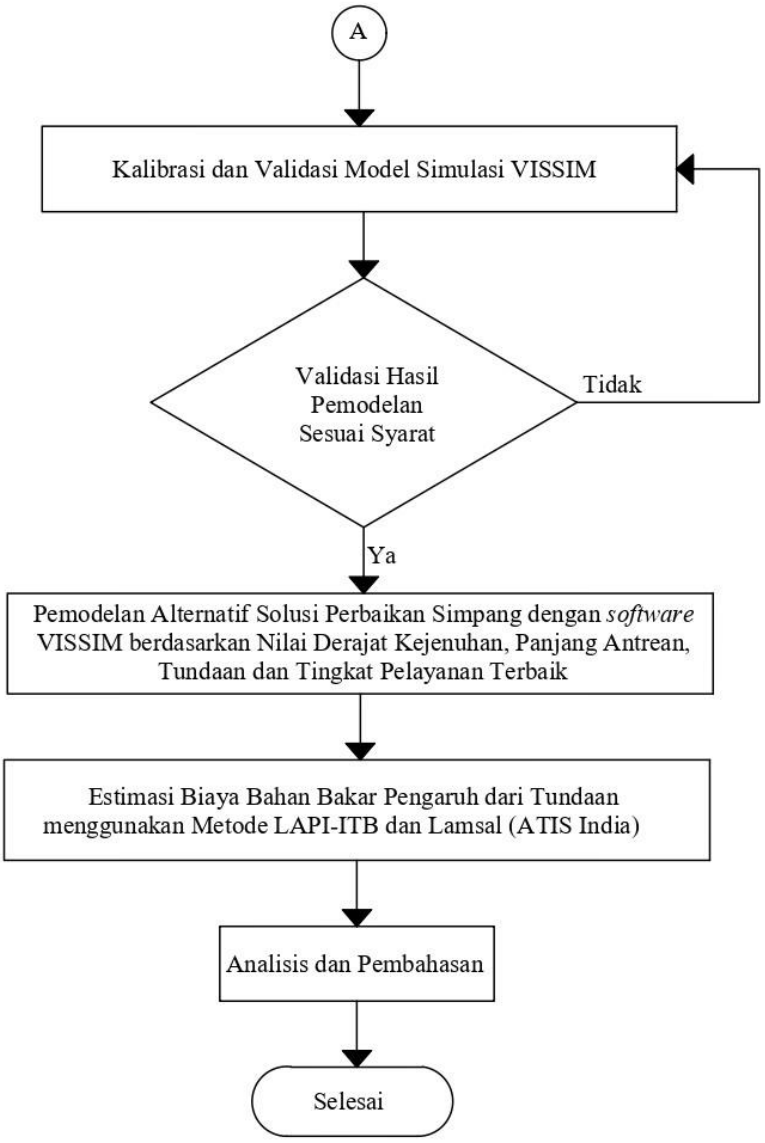
   Tahap analisis konsumsi bahan bakar dilakukan dengan menghitung kebutuhan bahan bakar (liter/smp) pada setiap kondisi lalu lintas. Perhitungan ini didasarkan pada tundaan masing masing pendekat dan tundaan rata rata di simpang dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh LAPI- ITB dan Lamsal (ATIS-India) yang telah disesuaikan ke dalam satuan mobil penumpang. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh tundaan yang terjadi pada simpang ketandan terhadap konsumsi bahan bakar.

## 4.4 Bagan Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan penilitian ini disajikan di bagan alir yang terdapat pada Gambar 4.1.




**Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian**




**Lanjutan Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian**

# BAB V
# ANALISIS DAN PEMBAHASAN

## 5.1 Data Hasil Penelitian

Data hasil penelitian digunakan sebagai dasar dalam menganalisis kinerja simpang. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lokasi penelitian. dalam penelitian ini, data primer meliputi volume lalu lintas, data kecepatan kendaraan, data panjang antrean, data *driving behaviour*, dan data geometri simpang. Sementara itu, data sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait atau sumber perantara (tidak secara langsung) seperti data jumlah penduduk kota.

Data yang dikumpulkan selanjutnya akan digunakan sebagai dasar perhitungan dengan metode PKJI 2023. Selain itu, data tersebut juga dimanfaatkan dalam pemodelan simulasi menggunakan software VISSIM.

5.1.1 Data Geometri Simpang

Data Geometri Simpang adalah informasi yang menggambarkan kondisi fisik dari simpang yang diperoleh melalui survei lapangan di lokasi penelitian. data yang dikumpulkan mencakup lebar setiap lajur, jenis jalan, keberadaan median, serta fasilitas belok kiri saat lampu merah (BKiJT). Data ini dipergunakan sebagai dasar analisis dengan metode PKJI 2023 serta pemodelan dalam perangkat lunak VISSIM. Geometri pada simpang Ketandan yang disajikan pada Tabel 5.1.

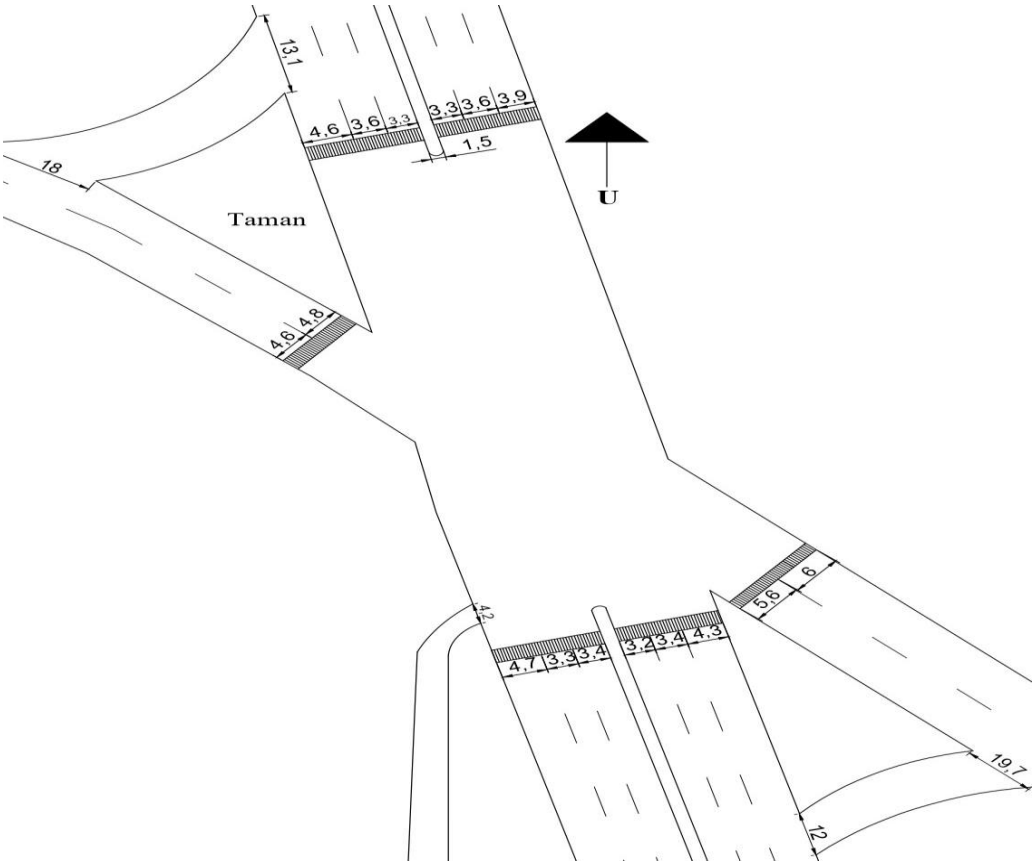
**Tabel 5.1 Geometri Simpang Ketandan Ringroad Timur**

| | Median | Kelandaian Pendekat | BKIJT | Lebar Pendekat ( m ) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kode Pendekat | Ya/Tidak | +/-(%) | Ya/Tidak | pada awal lajur L(m) | pada garis henti LM (m) | pada lajurbelok kiri LBKIJT (m) | pada lajur keluar LK (m) |
| B | T | 0 | Y | 4,80 | 0 | 0 | 4,60 |
| U | Y | 0 | Y | 10,80 | 6,90 | 3,90 | 11,00 |

**Lanjutan Tabel 5.1 Geometri Simpang Ketandan Ringroad Timur**

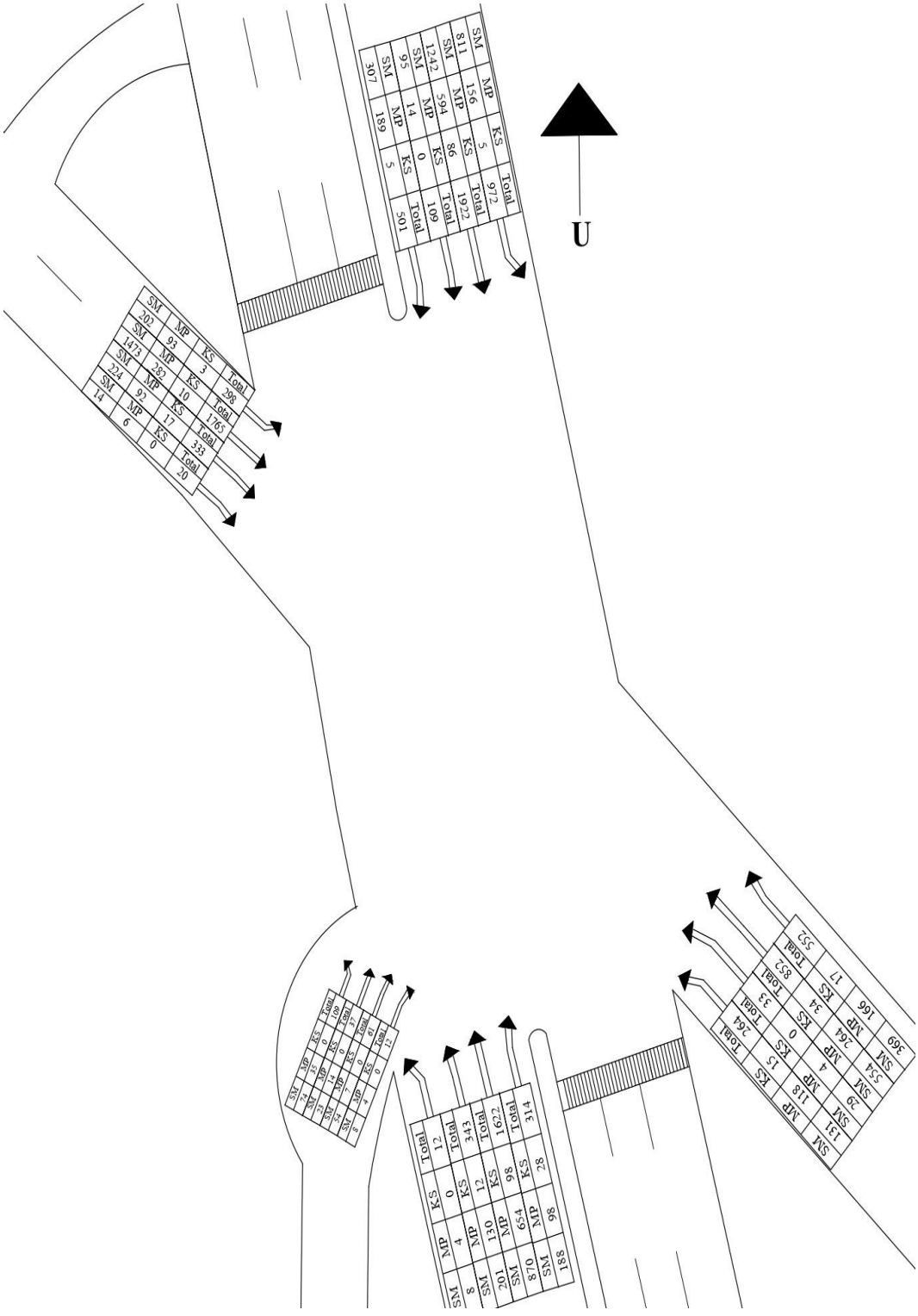
| | Median | Kelandaian Pendekat | BKIJT | Lebar Pendekat ( m ) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kode Pendekat | Ya/Tidak | +/-(%) | Ya/Tidak | pada awal lajur L(m) | pada garis henti LM (m) | pada lajurbelok kiri LBKIJT (m) | pada lajur keluar LK (m) |
| T | T | 0 | Y | 5,60 | 5,9 | 0,30 | 6,00 |
| S | Y | 0 | Y | 11,00 | 7,60 | 3,40 | 11,00 |

Adapun sketsa geometri pada Simpang dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut.




**Gambar 5.1 Sketsa Geometri Simpang Ketandan Ringroad Timur**

Berikut adalah distribusi arus lalu lintas pada simpang Ketandan yang didapatkan berasal dari perhitungan kendaraan secara langsung yang dapat dilihat pada Gambar 5.2 sebagai berikut.




**Gambar 5.2 Arus Lalu Lintas Simpang Ketandan Ringroad Timur**

5.1.2 Data Waktu Siklus Simpang dan Fase Sinyal

Pengumpulan data sinyal lalu lintas bertujuan untuk mengetahui durasi siklus sinyal pada setiap lengan dan fase simpang. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan bantuan *stopwatch* dilokasi simpang secara langsung untuk mengetahui waktu lampu hijau, kuning, merah, serta *allred* di masing masing lengan. Data hasil pengukuran waktu siklus simpang Ketandan dapat dilihat pada tabel 5,2 sebagai berikut.

**Tabel 5.2 Waktu Siklus Simpang Ketandan Ringroad Timur**

| Pendekat | Hijau (detik) | Kuning (detik) | *Allred* (detik) | Merah (detik) | Waktu siklus |
|---|---|---|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 32 | 3 | 5 | 157 | 197 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 49 | 2 | 5 | 141 | 197 |
| JalanWonosari (Timur) | 37 | 3 | 5 | 152 | 197 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 49 | 2 | 5 | 144 | 197 |

Selanjutnya Diagram Fase simpang Ketandan dapat dilihat pada Gambar 5.3 sebagai berikut.




**Gambar 5.3 Diagram Fase Simpang Ketandan Ringroad Timur**

5.1.3 Data Volume Lalu Lintas

Pengambilan data volume lalu lintas dilakukan secara langsung di lapangan yang dilakukan selama tiga hari yaitu pada hari Sabtu (15 Februari 2025), Senin (17 Februari 2025) dan Rabu (19 Februari 2025). Pengambilan data dilakukan dengan cara merekam arus lalu lintas menggunakan alat bantu kamera selama 6 jam perhari. Periode pelaksanaan survei dibagi 3 periode, yaitu periode pagi jam 07.00-09.00 WIB, periode siang pada jam 11.00-13.00 WIB dan periode sore pada jam 16.00-18.00 WIB.

Dalam analisis volume lalu lintas di Simpang Ketandan untuk mencapai keadaan eksisting, dilakukan sejumlah asumsi terhadap jalan garuda. Hal ini disebabkan oleh adanya keterbatasan dalam penerapan metode PKJI 2023, yang dalam konteks ini masih dianggap dapat diterima. Kendaraan yang berasal dari dan menuju Jalan Garuda dianggap sebagai bagian dari pendekat simpang. Setiap kendaraan yang berasal dari Jalan Garuda dikategorikan berdasarkan tujuannya, yaitu ditambahkan ke jumlah kendaraan pada pendekat selatan. Sementara itu, kendaraan dari pendekat utara yang menuju Jalan Garuda dihitung sebagai kendaraan yang berbelok ke kanan. Kendaraan dari pendekat timur yang menuju Jalan Garuda dianggap sebagai kendaraan yang bergerak lurus, sedangkan kendaraan dari pendekat barat yang menuju Jalan Garuda dikategorikan sebagai kendaraan yang berbelok ke kanan. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan perhitungan volume lalu lintas lebih akurat dalam analisis kinerja simpang.

Data volume lalu lintas yang diperoleh dinyatakan dalam satuan kendaraan per jam, sehingga perlu dilakukan konversi satuan ke smp/jam untuk dilakukan analisis selanjutnya. Konversi dilakukan guna menyesuaikan dengan perhitungan standar yang digunakan dalam evaluasi kinerja simpang. Satuan kendaraan per jam dapat dikonversi satuan smp/jam dengan menggunakan Persamaan 5.1 sebagai berikut.

$$\text{Volume (smp/jam)} = \text{Volume (kend/jam)} \times \text{emp} \quad (5.1)$$

Berikut ini merupakan proses perhitungan volume lalu lintas pada jam puncak, yaitu pada hari sabtu sore, 15 Februari 2025 dalam rentang waktu 16.00 - 17.00.

1. Jalan Wonosari (Pendekat Barat)
   a. Kendaraan Mobil Penumpang (MP), emp = 1
      Belok kiri jalan terus (BKiJT) = 93 × 1 = 93 smp/jam
      Lurus (ST) = 282 × 1 = 282 smp/jam
      Belok Kanan (RT) = 98 × 1 = 98 smp/jam
      Total MP = BKiJT + ST + RT = 93 + 282 + 98 = 473 smp/jam
   b. Kendaraan Sedang (KS), emp = 1,3
      Belok kiri jalan terus (BKiJT) = 3 × 1,3 = 3,9 smp/jam
      Lurus (ST) = 10 × 1,3 = 13 smp/jam
      Belok Kanan (RT) = 17 × 1,3 = 22,1 smp/jam
      Total KS = BKiJT + ST + RT = 3,9 + 13 + 22,1 = 39 smp/jam
   c. Sepeda Motor (SM), emp = 0,15
      Belok kiri jalan terus (BKiJT) = 202 × 0,15 = 30,3 smp/jam
      Lurus (ST) = 1473 × 0,15 = 220,95 smp/jam
      Belok Kanan (RT) = 238 × 0,15 = 35,7 smp/jam
      Total SM = BKiJT + ST + RT = 30,3 + 220,95 + 35,7 = 286,95 smp/jam

   Total = MP + KS + SM = 473 + 39 + 286,95 = 798,95 smp/jam
2. Jalan Majapahit (pendekat Utara)
   a. Kendaraan Mobil Penumpang (MP), emp = 1
      Belok kiri jalan terus (BKiJT) = 156 × 1 = 156 smp/jam
      Lurus (ST) = 594 × 1 = 594 smp/jam
      Belok Kanan (RT) = 203 × 1 = 203 smp/jam
      Total MP = BKiJT + ST + RT = 156 + 594 + 203 = 953 smp/jam
   b. Kendaraan Sedang (KS), emp = 1,3
      Belok kiri jalan terus (BKiJT) = 5 × 1,3 = 6,5 smp/jam
      Lurus (ST) = 86 × 1,3 = 111,8 smp/jam
      Belok Kanan (RT) = 5 × 1,3 = 6,5 smp/jam
      Total KS = BKiJT + ST + RT = 6,5 + 111,8 + 6,5 = 124,8 smp/jam
   c. Sepeda Motor (SM), emp = 0,15
      Belok kiri jalan terus (BKiJT) = 811 × 0,15 = 121,65 smp/jam
      Lurus (ST) = 1242 × 0,15 = 186,3 smp/jam

Belok Kanan (RT) = 402 × 0,15 = 60,3 smp/jam

Total SM = BKiJT + ST + RT = 121,65 + 186,3 + 60,3 = 368,25 smp/jam

Total = MP + KS + SM = 953 + 124,8 + 368,25 = 1.446,05 smp/jam

3. Jalan Wonosari (pendekat Timur)

a. Kendaraan Mobil Penumpang (MP), emp = 1

Belok kiri jalan terus (BKiJT) = 118 × 1 = 118 smp/jam

Lurus (ST) = 268 × 1 = 268 smp/jam

Belok Kanan (RT) = 166 × 1 = 166 smp/jam

Total MP = BKiJT + ST + RT = 118 + 268 + 166 = 552 smp/jam

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

Belok kiri jalan terus (BKiJT) = 15 × 1,3 = 19,5 smp/jam

Lurus (ST) = 34 × 1,3 = 44,59 smp/jam

Belok Kanan (RT) = 17 × 1,3 = 22,1 smp/jam

Total KB = BKiJT + ST + RT = 14,3 + 44,59 + 22,1 = 86,19 smp/jam

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

Belok kiri jalan terus (BKIJT) = 131 × 0,15 = 19,65 smp/jam

Lurus (ST) = 583 × 0,15 = 87,45 smp/jam

Belok Kanan (RT) = 369 × 0,15 = 55,35 smp/jam

Total SM = BKiJT + ST + RT = 19,65 + 87,45 + 55,35 = 162,45 smp/jam

Total = MP + KS + SM = 552 + 86,19 + 162,45 = 800,64 smp/jam

4. Jalan Ahmad Yani (Pendekat Selatan)

a. Kendaraan Mobil Penumpang (MP), emp = 1

Belok kiri jalan terus (BKiJT) = 172 × 1 = 172 smp/jam

Lurus (ST) = 668 × 1 = 668 smp/jam

Belok Kanan (RT) = 109 × 1 = 109 smp/jam

Total MP = BKiJT + ST + RT = 172 + 668+ 109 = 949 smp/jam

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

Belok kiri jalan terus (BKiJT) = 12 × 1,3 = 15,6 smp/jam

Lurus (ST) = 98 × 1,3 = 127,4 smp/jam

Belok Kanan (RT) = 28 × 1,3 = 36,4 smp/jam

Total KB = BKiJT + ST + RT = 15,6 + 127,4+ 36,4 = 179,4 smp/jam

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

Belok kiri jalan terus (BKIJT) = 281 × 0,15 = 42,15 smp/jam

Lurus (ST) = 1496 × 0,15 = 224,4 smp/jam

Belok Kanan (RT) = 250 × 0,15 = 37,5 smp/jam

Total SM = BKiJT + ST + RT = 42,15 + 224,4 + 37,5 = 304,05 smp/jam

Total = MP + KS + SM = 949 + 179,4 + 304,05 = 1.432,45 smp/jam

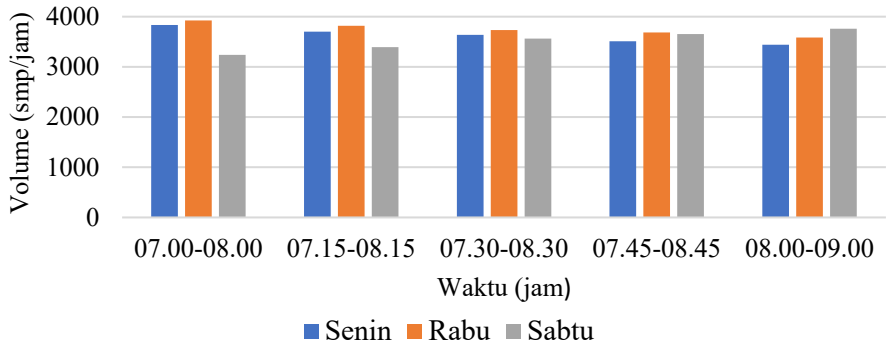
Total volume (smp/jam) = 798,95 + 1.446,05 + 800,64 + 1.432,45

= 4478 smp/jam

Hasil perhitungan volume lalu lintas pada tiga hari yang dianalisis kemudian dibandingkan untuk menentukan nilai maksimum sebagai dasar dalam analisis lebih lanjut. Data volume lalu lintas jam puncak pagi dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.4 sebagai berikut.

**Tabel 5.3 Data Volume Lalu Lintas Periode Pagi Simpang Ketandan**

| Periode Waktu | Jumlah Volume Lalu Lintas Per Jam (smp/jam) | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | Senin | Rabu | Sabtu |
| 07.00-08.00 | 3832,7 | 3926,35 | 3237,85 |
| 07.15-08.15 | 3702,65 | 3819,25 | 3394,80 |
| 07.30-08.30 | 3637,50 | 3735,6 | 3561,50 |
| 07.45-08.45 | 3511,50 | 3686,85 | 3652,60 |
| 08.00-09.00 | 3443,60 | 3584,25 | 3758,90 |



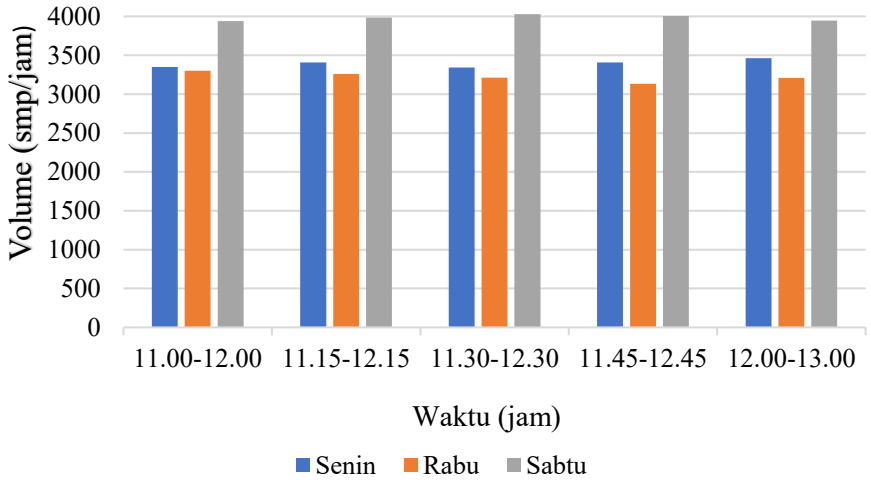

**Gambar 5.4 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Pagi (smp/jam)**

Berdasarkan data pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.3, diketahui bahwa jam puncak pagi hari terjadi pada hari Rabu pukul 07.00 – 08.00 WIB.

Sementara itu, hasil analisis dari survei arus lalu lintas menunjukkan Volume tertinggi pada jam puncak siang, yang dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Gambar 5.5 sebagai berikut.

**Tabel 5.4 Data Volume Lalu Lintas Periode Siang Simpang Ketandan**

| Periode Waktu | Jumlah Volume Lalu Lintas Per Jam (smp/jam) | | |
|---|---|---|---|
| | Senin | Rabu | Sabtu |
| 11.00-12.00 | 3351,25 | 3300,75 | 3940,60 |
| 11.15-12.15 | 3409,40 | 3260,25 | 3983,95 |
| 11.30-12.30 | 3341,20 | 3213,30 | 4027,65 |
| 11.45-12.45 | 3408,35 | 3133,45 | 4006,00 |
| 12.00-13.00 | 3463,85 | 3210,15 | 3946,15 |



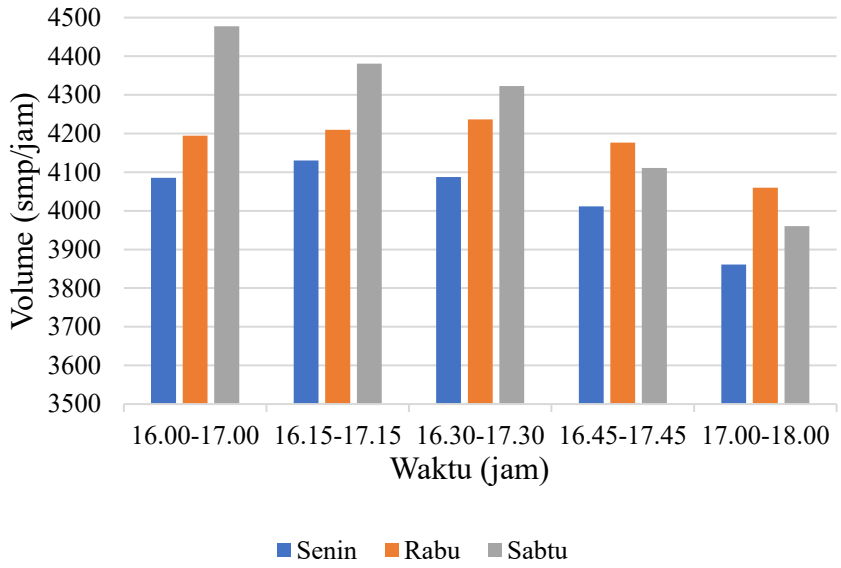

**Gambar 5.5 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Siang (smp/jam)**

Berdasarkan data pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.5, diketahui bahwa jam puncak Siang hari terjadi pada hari Sabtu pukul 11.30 – 12.30 WIB.

Sementara itu, hasil analisis dari survei arus lalu lintas menunjukkan Volume tertinggi pada jam puncak sore, yang dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.6 sebagai berikut.

**Tabel 5.5 Data Volume Lalu Lintas Periode Sore Simpang Ketandan**

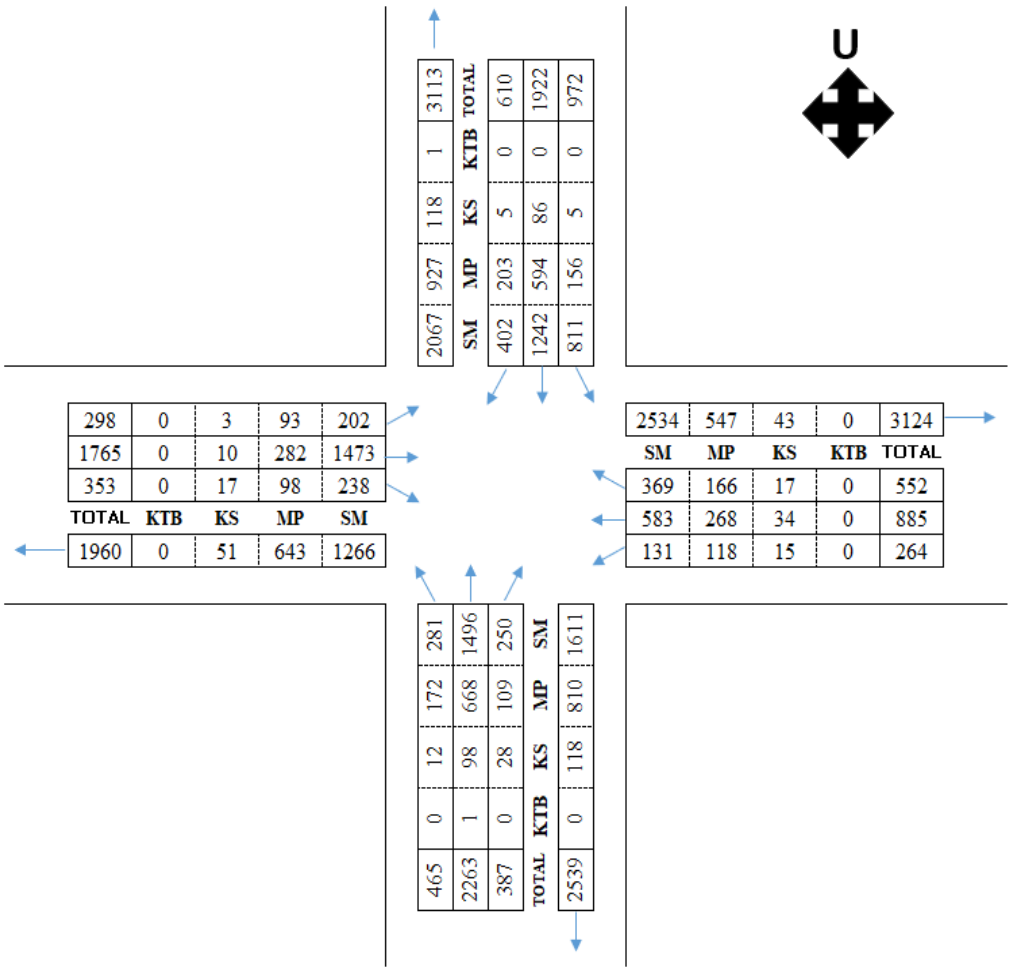
| Periode Waktu | Jumlah Volume Lalu Lintas Per Jam (smp/jam) | | |
|---|---|---|---|
| | Senin | Rabu | Sabtu |
| 16.00-17.00 | 4085,50 | 4194,30 | 4478,00 |
| 16.15-17.15 | 4130,50 | 4209,80 | 4381,05 |
| 16.30-17.30 | 4087,45 | 4236,75 | 4323,10 |
| 16.45-17.45 | 4011,85 | 4176,85 | 4111,25 |
| 17.00-18.00 | 3860,95 | 4060,00 | 3960,55 |




**Gambar 5.6 Grafik Volume Lalu Lintas Jam Puncak Sore (smp/jam)**

Berdasarkan Tabel 5.5 dan Gambar 5.5, maka diperoleh jam puncak pada hari Sabtu, 15 Februari 2025 pada pukul 16.00-17.00 dengan volume 4478 smp/jam.

Distribusi arus lalu lintas simpang Ketandan yang menyesuaikan PKJI 2023 dapat dilihat pada Gambar 5.7 sebagai berikut.




**Gambar 5.7 Distribusi Pergerakan Arus Lalu lintas Simpang Ketandan**

5.1.4 Data *Driving Behavior*

Data *driving behavior* diperoleh melalui pengamatan langsung dilapangan dengan mencatat perilaku pengemudi saat mengendarai kendaraan. Pengukuran dilakukan dengan mencatat jarak antar kendaraan, baik dalam kondisi bergerak maupun berhenti, termasuk jarak antar kendaraan di depan-belakang dan jarak lateral. Data ini digunakan sebagai parameter dalam pemodelan VISSIM. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata jarak depan-belakang kendaraan saat bergerak adalah 0,721 m, sedangkan jarak lateral rata-rata saat bergerak adalah 0,783 m. Untuk kendaraan yang berhenti, rata rata jarak depan-belakang adalah 0,588 m , dan rata jarak lateral adalah 0,783 m. Data lengkap mengenai *driving behavior* di simpang Ketandan dapat dilihat pada lampiran 3.

5.1.5 Data Panjang Antrian

Pengumpulan data panjang antrian dilakukan melalui observasi secara lansung di lokasi simpang. Observasi dilakukan dengan mencatat panjang antrian kendaraan terpanjang yang terjadi selama fase sinyal merah. Data tersebut kemudian dimanfaatkan untuk memvalidasi hasil analisis perhitungan menggunakan metode PKJI 2023 serta hasil simulasi dengan perangkat lunak VISSIM. Data panjang antrian kendaraan di simpang Ketandan dapat pada lampiran 2. Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan data panjang rata-rata pada jam puncak dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

**Tabel 5.6 Panjang Antrian Jam Puncak Terukur (Eksisting)**

| Pendekat | Panjang Antrian Rata-Rata (m) |
|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 199,21 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 315,44 |
| JalanWonosari (Timur) | 315,263 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 163,1579 |

Berdasarkan Tabel 5.6, panjang antrian rata-rata pada jam puncak pada Jalan Wonosari (Barat) sebesar 199,21 m, Jalan Majapahit (Utara) sebesar 315,44 m, JalanWonosari (Timur) sebesar 315,263 m, Jalan Ahmad Yani (Selatan) sebesar 163,1579 m.

5.1.6 Data Hambatan Samping

Pengamatan terhadap hambatan samping dilakukan survei secara langsung dilapangan dan didokumentasikan dalam bentuk foto serta dapat dilihat pada lampiran 4. Tujuan survei ini adalah untuk mengenali aktivitas-aktivitas yang memiliki potensi dapat menggangu arus lalu lintas, seperti parkir di bahu jalan, kendaraan yang keluar masuk dari area sekitar, serta pergerakan pejalan kaki. Data ini kemudian dapat digunakan sebagai variabel dalam menganalisis kinerja simpang berdasarkan PKJI 2023.

Adapun pada Jalan Wonosari (pendekat Barat) berada di kawasan dengan aktivitas komersial yang cukup padat, sehingga dikategorikan sebagai tipe

komersial dengan hambatan samping yang sedang. Kondisi hambatan samping pada pendekat barat dapat dilihat pada Gambar 5.8 sebagai berikut.



**Gambar 5.8 Hambatan Samping Jalan Wonosari (Pendekat Barat)**

Adapun pada Jalan Majapahit (pendekat Utara) berada di kawasan dengan aktivitas komersial yang tidak ramai, sehingga dikategorikan sebagai tipe komersial dengan hambatan samping yang rendah. Kondisi hambatan samping pada pendekat utara dapat dilihat pada Gambar 5.9 sebagai berikut.



**Gambar 5.9 Hambatan Samping Jalan Majapahit (Pendekat Utara)**

Berdasarkan Gambar 5.10, penetapan tipe lingkungan pada Jalan Wonosari (pendekat Timur) merupakan lingkungan komersial dengan memiliki kelas hambatan samping sedang.




**Gambar 5.10 Hambatan Samping Jalan Wonosari (Pendekat Timur)**

Berdasarkan Gambar 5.11, penetapan tipe lingkungan pada Jalan Ahmad Yani (pendekat Selatan) merupakan lingkungan komersial dengan memiliki kelas hambatan samping rendah.




**Gambar 5.11 Hambatan Samping Jalan Ahmad Yani (Pendekat Selatan)**

5.1.7 Data Sekunder

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2023, jumlah penduduk di Kabupaten Bantul tercatat sebanyak 972.161 jiwa.

## 5.2 Penilaian Kinerja Simpang Ketandan berdasarkan PKJI 2023

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja lalu lintas pada simpang Ketandan dalam kondisi eksisting dengan mengacu pada ketentuan dan parameter evaluasi yang tercantum dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Proses analisis ini dilakukan menggunakan *Microsoft Excel* sebagai alat bantu dalam perhitungan manual, sementara PTV VISSIM digunakan sebagai alat pembanding untuk mensimulasikan perilaku lalu lintas secara lebih rinci dan visual.

Tujuan dari analisis berdasarkan PKJI 2023 adalah untuk memperoleh nilai kapasitas jalan, derajat kejenuhan, serta menggambarkan karakteristik arus lalu lintas pada simpang tersebut. Dalam studi ini, *Microsoft Excel* dimanfaatkan sebagai alternatif dari perangkat lunak perhitungan khusus. Analisis perhitungan kondisi eksisting simpang berdasarkan PKJI 2023 adalah sebagai berikut.

1. Geometri, Pengaturan Lalu lintas dan Lingkungan
   a. Hari/Tanggal : Sabtu, 15 Februari 2025
   b. Provinsi : D.I.Yogyakarta
   c. Kota/Kabupaten : Bantul
   d. Simpang : Ketandan, Ringroad Timur
   e. periode volume lalu lintas : 16.00 – 17.00
   f. Ukuran Kota : 972.161 jiwa
   g. Jumlah fase lalu lintas : 4 fase
2. Arus lalu lintas

   Data lalu lintas yang digunakan dalam penelitian ini diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yaitu data arus lalu lintas eksisting dan data arus lalu lintas rencana. Data arus lalu lintas eksisting digunakan untuk mengevaluasi kondisi kinerja lalu lintas saat ini. Data ini diperoleh berdasarkan volume kendaraan per jam pada waktu-waktu tertentu yang mewakili kondisi puncak lalu lintas.

   Sesuai dengan pedoman PKJI 2023, arus kendaraan belok kiri langsung tidak dimasukkan dalam perhitungan kapasitas simpang apabila pendekat memiliki lajur khusus belok kiri langsung. Hal ini karena keberadaan lajur tersebut memungkinkan kendaraan melakukan manuver tanpa mengganggu arus utama, sehingga tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kapasitas simpang.

Namun, pada pendekat Barat dan Timur simpang Ketandan, lebar lajur belok kiri langsung (LBKiJT) kurang dari 2 meter. Berdasarkan ketentuan PKJI 2023, kondisi ini menyebabkan arus belok kiri langsung tetap dihitung karena dianggap dapat memengaruhi kapasitas simpang. Oleh karena itu, dalam analisis ini, arus belok kiri langsung dikecualikan dari seluruh pendekat, kecuali pada pendekat Barat dan Timur. Perhitungan selengkapnya disajikan pada bagian berikut.

a. Lengan Barat

$Q = Q_{lurus} + q_{BKA} + q_{BKiJT}$

$= 127 + 516 + 156$

$= 799$ smp/jam

b. Lengan Utara

$Q = Q_{lurus} + q_{BKA}$

$= 892 + 270$

$= 1162$ smp/jam

c. Lengan Timur

$Q = Q_{lurus} + q_{BKA} + q_{BKiJT}$

$= 157 + 400 + 243$

$= 800$ smp/jam

d. Lengan Selatan

$Q = Q_{lurus} + BK_A$

$= 1020 + 183$

$= 1203$ smp/jam

3. Arus jenuh dasar ($J_O$)

a. Lengan Barat

$J_O = 600 \times Le$

$= 600 \times 4{,}8$

$= 2880$ smp/jam

b. Lengan Utara

$J_O = 600 \times Le$

$= 600 \times 6{,}9$

= 4140 smp/jam

c. Lengan Timur

$J_O$ = 600 × $Le$

= 600 × 5,9

= 3540 smp/jam

d. Lengan Selatan

$J_O$ = 600 × $Le$

= 600 × 7,6

= 4560 smp/jam

4. Faktor penyesuaian ukuran kota ($F_{uk}$)

Semakin besar ukuran suatu kota, umunnya semakin tinggi tingkat agresivitas pengemudi dalam mengendarai kendaraannya. Kondisi ini dianggap berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas jalan. Oleh karena itu, Faktor penyesuaian Ukaran Kota ($F_{UK}$) ditetapkan berdasarkan jumlah penduduk suatu wilayah. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Bantul tahun 2023 sebanyak 972.161 jiwa. Dengan mempertimbahkan jumlah penduduk tersebut, maka nilai $F_{UK}$ yang digunakan untuk simpang Ketandan adalah 0,94.

5. Faktor penyesuaian hambatan samping

Tingkat hambatan samping ditentukan berdasarkan seberapa besar pengaruh aktivitas disekitar sisi jalan terhadap volume kendaraan yang keluar dari pendekat simpang. Pada simpang Ketandan, tingkat hambatan samping tergolong tinggi, yang ditunjukkan oleh keberadaan berbagai fasilitas penunjang aktivitas masyarakat seperti perkotaan. Aktivitas ini menyebabkan tingginya frekuensi yang keluar masuk dari jalan pendekat, disertai dengan keberadaan pejalan kaki yang berjalan disepanjang trotoar maupun melintasi jalan, serta pengendara yang melakukan manuver putar balik pada setiap lengan simpang.

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan diseluruh lengan pada simpang Ketandan dikategorikan memiliki tingkat hambatan samping yang berbeda.

Selain itu, mengacu kepada PKJI 2023, data yang didapatkan dikalikan angka konfersi sesuai kejadian yang dapat dilihat pada Lampiran 4.

Secara fungsional, kawasan di sekitar simpang Ketandan tergolong sebagai lingkungan komersial (KOM). Simpang ini juga termasuk kedalam tipe simpang fase terlawan dan terlindung. Berdasarkan Tabel 3.2, nilai faktor penyesuaian hambatan samping ($F_{HS}$) yang di gunakan untuk simpang dan juga dipengaruhi nilai rasio kendaraan tak bermotor setiap lengan. Oleh karena itu, dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

**Tabel 5.7 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping ($F_{HS}$)**

| Pendekat | Faktor Penyesuaian |
|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 0,94 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 0,83 |
| JalanWonosari (Timur) | 0,82 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 0,95 |

6. Faktor penyesuian parkir ($F_P$)

   Pada simpang Ketandan, posisi kendaraan yang terparkir berada pada jarak yang jauh dari garis henti simpang. Berdasarkan kententuan dalam PKJI 2023, kondisi tersebut tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kinerja simpang. oleh karena itu, nilai Faktor penyesuian parkir ($F_P$) yang digunakan untuk simpang Ketandan adalah 1.

7. Faktor penyesuaian kelandaian ($F_G$)

   Faktor penyesuaian kelandaian ($F_G$) ditentukan berdasarkan kemiringan pada jalan disetiap pendekat. Karena kemiringan jalan di simpang Ketandan diasumsikan sebesar 0%, maka mengacu pada Gambar 3.8 dalam PKJI 2023, nilai $F_G$ yang digunakan adalah 1,0, karena tidak terdapat pengaruh kemiringan terhadap kapasitas jalan pada kondisi tersebut.

8. Faktor penyesuaian belok kanan ($F_{BKA}$)

   a. Pendekat lengan Barat (Jalan Wonosari) pada simpang Ketandan tidak memiliki median dan termasuk pada tipe fase terlindung (P), sehingga nilai

faktor penyesuaian belok kanan adalah 1,0 yang dihitung menggunakan rumus dibawah ini.

$F_{BKa}$ = 1,0

b. Pendekat lengan Utara (Jalan Majapahit) pada simpang Ketandan memiliki median dan termasuk pada tipe fase terlindung (P) sehingga nilai faktor penyesuaian belok kanan adalah 1,05.

$F_{BKa}$ = 1,0 + $R_{BKa}$ × 0,26
= 1,0 + 0,187 × 0,26
= 1,05

c. Pendekat lengan Timur (Jalan Wonosari) pada simpang Ketandan tidak memiliki median dan termasuk pada tipe fase terlindung (P) sehingga nilai faktor penyesuaian belok kanan adalah 1,0.

$F_{BKa}$ = 1,0

d. Pendekat lengan Selatan (Jalan Majapahit) pada simpang Ketandan memiliki median dan termasuk pada tipe fase terlindung (P) sehingga nilai faktor penyesuaian belok kanan adalah 1,08.

$F_{BKa}$ = 1,0 + $R_{BKa}$ × 0,26
= 1,0 + 0,304 × 0,26
= 1,08

9. Faktor penyesuaian belok kiri ($F_{BKI}$)

Seluruh pendekat pada simpang Ketandan dilengkapi dengan lajur khusus belok kiri langsung (BKiJT), sehingga pergerakan belok kiri dapat dilakukan tanpa terganggu oleh fase sinyal. Berdasarkan kondisi tersebut, maka nilai faktor penyesuaian Belok kiri langsung ($F_{BKi}$) untuk setiap lengan simpang ditetapkan sebesar 1,0.

10. Arus jenuh (J)

a. Lengan Barat

$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{Bki} \times F_{Bka}$
= 2880 × 0,94 × 0,94 × 1,0 × 1 × 1 × 1,05
= 2674 smp/jam

b. Lengan Utara

$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{Bki} \times F_{Bka}$

$= 4140 \times 0{,}83 \times 0{,}94 \times 1{,}0 \times 1 \times 1 \times 1$

$= 3230$ smp/jam

c. Lengan Timur

$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{Bki} \times F_{Bka}$

$= 3540 \times 0{,}82 \times 0{,}94 \times 1{,}0 \times 1 \times 1 \times 1{,}08$

$= 2944$ smp/jam

d. Lengan Selatan

$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{Bki} \times F_{Bka}$

$= 4560 \times 0{,}95 \times 0{,}94 \times 1{,}0 \times 1 \times 1 \times 1$

$= 4072$ smp/jam

Rekap hasil perhitungan arus jenuh (J) dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

**Tabel 5.8 Rekapitulasi Arus Jenuh Simpang Ketandan**

| Parameter | Jalan Wonosari (Barat) | Jalan Majapahit (Utara) | Jalan Wonosari (Timur) | Jalan Ahmad Yani (Selatan) | Satuan |
|---|---|---|---|---|---|
| Arus lalu lintas (q) | 798,95 | 1162 | 800 | 1203 | smp/jam |
| Lebar efektif ($L_E$) | 4,8 | 6,9 | 5,9 | 7,60 | M |
| Arus jenuh dasar ($J_O$) | 2880 | 4140 | 3540 | 4560 | smp/jam |
| Faktor penyesuaian ukuran kota ($F_{uk}$) | 0,94 | 0,94 | 0,94 | 0,94 | - |
| Faktor penyesuaian hambatan samping | 0,94 | 0,83 | 0,82 | 0,95 | -- |
| Faktor penyesuian parkir ($F_P$) | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | - |
| Faktor penyesuaian kelandaian (FG) | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | - |

**Lanjutan Tabel 5.8 Rekapitulasi Arus Jenuh Simpang Ketandan**

| Parameter | Jalan Wonosari (Barat) | Jalan Majapahit (Utara) | Jalan Wonosari (Timur) | Jalan Ahmad Yani (Selatan) | Satuan |
|---|---|---|---|---|---|
| Faktor penyesuaian belok kanan ($F_{BKA}$) | 1,05 | 1,0 | 1,08 | 1,0 | - |
| Faktor penyesuaian belok kiri ($F_{BKI}$) | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | - |
| Arus jenuh (J) | 2674 | 3230 | 2944 | 4207 | smp/jam |

5.2.1 Perhitungan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

1. Kapasitas (C)

a. Lengan Barat

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

$= 2674 \times \frac{32}{197}$

= 434 smp/jam

b. Lengan Utara

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

$= 3230 \times \frac{49}{197}$

= 803 smp/jam

c. Lengan Timur

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

$= 2944 \times \frac{37}{197}$

= 553 smp/jam

d. Lengan Selatan

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

$= 4072 \times \frac{49}{197}$

= 1013 smp/jam

2. Derajat jenuh ($D_j$)

a. Lengan Barat

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

$= \frac{798,95}{434}$

= 1,8395

b. Lengan Utara

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

$= \frac{1162}{803}$

= 1,4462

c. Lengan Timur

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

$= \frac{800}{553}$

= 1,447

d. Lengan Selatan

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

$= \frac{1203}{1013}$

= 1,1874

3. Rasio arus

a. Lengan Barat

$= R_q/j$

= 798,95/2674

= 0,299

b. Lengan Utara

$= R_q/j$

= 1162/3230

= 0,360

c. Lengan Timur

$= R_q/j$

= 800/294

= 0,272

d. Lengan Selatan

= $R_q$/j

= 1203/4072

= 0,295

Rekap hasil perhitungan kapasitas simpang (C), rasio arus dan derajat jenuh ($D_j$) dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut.

**Tabel 5.9 Rekapitulasi Kapasitas, Rasio Arus dan Derajat Jenuh**

| Pendekat | Kapasitas (smp/jam) | Derajat Jenuh ($D_j$) | Rasio Arus |
|---|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 434 | 1,8395 | 0,299 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 803 | 1,4462 | 0,360 |
| JalanWonosari (Timur) | 553 | 1,4471 | 0,272 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 1013 | 1,1874 | 0,295 |

5.2.2 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas

Perilaku lalu lintas dianalisis berdasarkan pedoman PKJI 2023 yang hasilnya dapat dilihat sebagai berikut.

1. Panjang antrian ($P_A$)

   Panjang antrian untuk setiap pendekat pada simpang Ketandan dalam kondisi eksisting telah dihitung dan hasilnya dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.

   a. Lengan Barat

   $R_H = \frac{Whi}{s}$

   $= \frac{32}{197}$

   = 0,16

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

$$= 0{,}25\times 197 \times \left\{(1{,}840 - 1) + \sqrt{(1{,}840 - 1)^2 + \frac{8 \times (1{,}840 - 0{,}5)}{197}}\right\}$$

$$= 84{,}3$$

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

$$= 197 \times \frac{1 - 0{,}16}{(1 - 0{,}16 \times 1{,}840)} \times \frac{799}{3600}$$

$$= 52{,}2$$

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

$$= 84{,}3 + 52{,}2$$

$$= 136{,}5$$

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

$$= 136{,}5 \times \frac{20}{4{,}8}$$

$$= 569 \text{ m}$$

b. Lengan Utara

$$R_H = \frac{Whi}{s}$$

$$= \frac{49}{197}$$

$$= 0{,}25$$

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

$$= 0{,}25\times 197 \times \left\{(1{,}446 - 1) + \sqrt{(1{,}446 - 1)^2 + \frac{8 \times (1{,}379 - 0{,}5)}{197}}\right\}$$

$$= 46$$

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

$$= 197 \times \frac{1 - 0{,}25}{(1 - 0{,}25 \times 1{,}446)} \times \frac{1161{,}9}{3600}$$

$$= 74{,}6$$

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

$$= 46 + 74{,}6$$

$$= 120{,}6$$

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

$= 120{,}6 \times \frac{20}{6{,}9}$

$= 350$ m

c. Lengan Timur

$R_H = \frac{Whi}{s}$

$= \frac{37}{197}$

$= 0{,}19$

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

$= 0{,}25 \times 197 \times \left\{(1{,}447 - 1) + \sqrt{(1{,}447 - 1)^2 + \frac{8 \times (1{,}447 - 0{,}5)}{197}}\right\}$

$= 46{,}1$

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

$= 197 \times \frac{1 - 0{,}19}{(1 - 0{,}19 \times 1{,}447)} \times \frac{800{,}3}{3600}$

$= 48{,}8$

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

$= 46{,}1 + 48{,}8$

$= 94{,}9$

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

$= 94{,}9 \times \frac{20}{6{,}9}$

$= 322$ m

d. Lengan Selatan

$R_H = \frac{Whi}{s}$

$= \frac{49}{197}$

$= 0{,}25$

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

$$= 0{,}25\times 197 \times \left\{(1{,}187 - 1) + \sqrt{(1{,}187 - 1)^2 + \frac{8 \times (1{,}187 - 0{,}5)}{197}}\right\}$$

$$= 21{,}6$$

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

$$= 197 \times \frac{1 - 0{,}25}{(1 - 0{,}25 \times 1{,}187)} \times \frac{1202{,}7}{3600}$$

$$= 70{,}2$$

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

$$= 21{,}6 + 70{,}2$$

$$= 91{,}8$$

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

$$= 91{,}8 \times \frac{20}{5{,}9}$$

$$= 241 \text{ m}$$

Dalam perhitungan nilai $N_q$ Pada semua pendekat simpang, digunakan penjumlahan $N_{q1}$ + $N_{q2}$ dan bukan nilai $N_q$ maksimum ($N_{qmax}$). Hal ini disebabkan oleh batasan yang ditunjukkan pada Gambar 3.9, dimana nilai maksimum $N_q$ yang dapat digunakan hanya sampai 80 smp. Sementara itu, hasil perhitungan pada semua pendekat simpang menunjukkan bahwa $N_q$ yang dihasilkan melebihi 80 smp, sehingga $N_{qmax}$ tidak relevan untuk seluruh pendekat simpang.

2. Rasio kendaraan henti

   Rasio kendaraan henti menggambarkan proporsi kendaraan pada suatu pendekat yang harus berhenti akibat sinyal merah sebelum melintasi simpang. Nilai rasio kendaraan henti untuk masing masing lengan pada kondisi eksisting disimpang Ketandan dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

   a. Lengan Barat

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

$$= 0{,}9\times \frac{136{,}5}{799 \times 197} \times 3600$$

$$= 2{,}810$$

$N_{KH}$ = q × $R_{KH}$

= 799 × 2,810

= 2245 smp/jam

b. Lengan Utara

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

= 0,9× $\frac{120,6}{1161,9 \times 197} \times 3600$

= 1,707

$N_{KH}$ = q × $R_{KH}$

= 1161,9 × 1,707

= 1983 smp/jam

c. Lengan Timur

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

= 0,9× $\frac{94,9}{800,3 \times 197} \times 3600$

= 1,950

$N_{KH}$ = q × $R_{KH}$

= 800,3 × 1,950

= 1561 smp/jam

d. Lengan Selatan

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

= 0,9× $\frac{91,8}{1202,7 \times 197} \times 3600$

= 1,255

$N_{KH}$ = q × $R_{KH}$

= 1202,7 × 1,255

= 1509 smp/jam

Rasio kendaraan berhenti rata rata untuk seluruh simpang APILL Ketandan, yang dapat dikenal juga sebagai rasio kendaraan henti total ($R_{KH}$ Total). Adapun proses perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut.

$R_{KH}$ = $\frac{\Sigma N_{KH}}{QTotal}$

$$= \frac{2245 + 1983 + 1561 + 1509}{4478}$$

= 1,63 smp/jam

3. Tundaan

Perhitungan tundaan lalu lintas pada simpang Ketandan dalam kondisi eksisting dapat dilihat pada bagian dibawah ini.

a. Lengan Barat

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

$= 197 \times \frac{0,5 \times (1-0,16)^2}{(1-0,16 \times 1,840)} + \frac{84,3\ x\ 3600}{434}$

= 797,0 det/smp

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

$= (1- 2,810) \times 0,195 \times 6 + (2,810 \times 4)$

= 9,1 det/smp

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

= 797,0 + 9,1

= 806,1 det/smp

b. Lengan Utara

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

$= 197 \times \frac{0,5 \times (1-0,25)^2}{(1-0,25 \times 1,446)} + \frac{84,,3\ x\ 3600}{803}$

= 292,9 det/smp

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

$= (1 - 1,707) \times 1 \times 6 + (1,707 \times 4)$

= 2,6 det/smp

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

= 292,9 + 2,6

= 295,4 det/smp

c. Lengan Timur

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

$= 197 \times \frac{0,5 \times (1-0,19)^2}{(1-0,19 \times 1,447)} + \frac{46,1\ x\ 3600}{553}$

$= 389,1$ det/smp

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

$= (1- 1,950) \times 0,304 \times 6 + (1,950 \times 4)$

$= 6,1$ det/smp

$T_i = T_{LL} + T_G$

$= 389,1 + 6,1$

$= 395,1$ det/smp

d. Lengan Selatan

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

$= 197 \times \frac{0,5 \times (1-0,25)^2}{(1-0,25 \times 1,187)} + \frac{21,6\ x\ 3600}{1013}$

$= 155,7$ det/smp

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

$= (1 - 1,196) \times 1 \times 6 + (1,196 \times 4)$

$= 3,5$ det/smp

$T_i = T_{LL} + T_G$

$= 155,7 + 3,5$

$= 159,2$ det/smp

e. Semua pendekat Simpang dengan arus belok kiri jalan terus (BKJiT)

$T_{LL} = 0$ det/smp

$T_G = 6,0$

$T_i = T_{LL} + T_G$

$= 0 + 6,0$

$= 6,0$ det/smp

Perhitungan tundaan rata rata untuk seluruh setiap lengan pada simpang dapat dilihat sebagai berikut

$Ti = \frac{\sum q \times T}{qtotal}$

$= \frac{(806,1 \times 799) + (295,4 \times 1161,9) + (395,4 \times 800,3) + (159,2 \times 1202,7) + (6 \times 514)}{4478}$

= 334,54 det/smp

Rekapitulasi hasil perhitungan perilaku lalu lintas pada simpang Ketandan berdasarkan metode PKJI 2023 dapat dilihat pada Tabel 5.10 sebagai berikut.

**Tabel 5.10 Rekapitulasi Perilaku Lalu Lintas Pada Simpang Ketandan Kondisi Eksisting Menggunakan PKJI 2023**

| Parameter | Jalan Wonosari (Barat) | Jalan Majapahit (Utara) | Jalan Wonosari (Timur) | Jalan Ahmad Yani (Selatan) | Satuan |
|---|---|---|---|---|---|
| Panjang antrian ($P_{A)}$ | 569 | 350 | 322 | 241 | M |
| Rasio kendaraan henti ($R_{KH}$) | 2,810 | 1,707 | 1,950 | 1,255 | smp/jam |
| Anka henti seluruh simpang ($N_{KH}$) | 1,63 | | | | smp/jam |
| Tundaan per lengan (T) | 806,1 | 295,4 | 395,1 | 159,2 | det/smp |
| Tingkat pelayanan tiap lengan | F | F | F | F | - |
| Tundaan rata – rata simpang ($T_i$) | 334,54 | | | | det/smp |
| Tingkat pelayanan Simpang | F | | | | - |

Berdasarkan hasil perhitungan kondisi eksisting pada simpang Ketandan, diperoleh nilai tundaan ($T_i$) untuk masing masing lengan sebesar 806,1 det/smp pada lengan Barat, 295,4 det/smp pada lengan Utara, 395,1 det/smp pada lengan Timur, serta 159,2 det/smp pada lengan Selatan. Dari data tersebut, diperoleh tundaan rata – rata simpang sebesar 334,54 det/smp.

Mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015, tingkat pelayanan (*Level Of Service*/LOS) pada Simpang APILL Ketandan berada pada kategori F, yang mencerminkan kondisi lalu lintas sangat padat dan tidak efisien. Mengingat jalan pada simpang tersebut merupakan jalan arteri primer, maka tingkat pelayanan yang disyaratkan adalah minimal kategori B. Dengan demikian, simpang tersebut belum memenuhi standar pelayanan yang ditetapkan.

5.2.3 Perbandingan Panjang Antrian Terukur (eksisting) dengan Panjang Antrian Menggunakan PKJI 2023

Perbandingan hasil pengamatan, perhitungan panjang antrian secara langsung dilapangan dan menggunakan metode PKJI 2023 dapat dilihat pada Tabel 5.11 sebagai berikut.

**Tabel 5.11 Perbandingan Panjang Antrian Jam Puncak Terukur (Eksisting) dengan Panjang Antrian Menggunakan Metode PKJI 2023**

| Pendekat | Panjang Antrean Rata-Rata Terukur (Eksisting) (m) | Panjang Antrian Menggunakan PKJI (m) | Selisih (%) |
|---|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 199,21 | 569 | 185,47 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 315,44 | 350 | 10,8 |
| Jalan Wonosari (Timur) | 315,263 | 322 | 2,041 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 163,158 | 241 | 48,011 |

## 5.3 Pemodelan VISSIM Eksisting Simpang APILL Ketandan

Berdasarkan data primer yang telah diperoleh serta hasil analisis menggunakan metode PKJI 2023 pada simpang APILL Ketandan Ringroad Timur,

langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan dengan memanfaatkan perangkat lunak PTV VISSIM. Pemodelan ini bertujuan untuk merepresentasikan kondisi nyata di lokasi penelitian secara lebih visual dan rinci. Volume kendaraan, panjang antrian, kecepatan rata-rata, serta tundaan di simpang. Seluruh hasil simulasi tersebut akan divalisi menggunakan metode perhitungan GEH dan MAPE guna memastikan akurasu akurasi model terhadap kondisi aktual. Jika hasil simulasi awal (*default*) belum memenuhi kriteria validasi yang ditetapkan, maka perlu dilakukan proses kalibrasi lebih lanjut.

5.3.1 Hasil Pemodelan sebelum Kalibrasi

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

1. Perhitungan Volume Kendaraan
   a. Lengan Barat (Jalan Wonosari)

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

$$= \sqrt{\frac{(416-2416)^2}{0{,}5 \times (416-2416)}}$$

$$= 53{,}14$$

   b. Lengan Utara (Jalan Majapahit)

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

$$= \sqrt{\frac{(1191-3504)^2}{0{,}5 \times (1191-3504)}}$$

$$= 14{,}07$$

   c. Lengan Timur (Jalan Wonosari)

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

$$= \sqrt{\frac{(561-1707)^2}{0{,}5 \times (561-1707)}}$$

$$= 34{,}031$$

   d. Lengan Selatan (Jalan Ahmad Yani)

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

$$= \sqrt{\frac{(742-2292)^2}{0{,}5 \times (742-2292)}}$$

$$= 39{,}795$$

e. Jalan Garuda

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

$$= \sqrt{\frac{(237-219)^2}{0{,}5 \times (237-219)}}$$

$$= 1{,}19$$

Nilai GEH untuk semua pendekat lebih dari 5, sehinga nilai GEH belum memenuhi syarat.

2. Perhitungan kecepatan

a. Lengan Barat (Jalan Wonosari)

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

$$= \left|\frac{22{,}3-24{,}58}{22{,}3}\right| \times 100\%$$

$$= 10{,}23\%$$

b. Lengan Utara (Jalan Majapahit)

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

$$= \left|\frac{22{,}96-20{,}21}{22{,}96}\right| \times 100\%$$

$$= 11{,}97\ \%$$

c. Lengan Timur (Jalan Wonosari)

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

$$= \left|\frac{25{,}1-20{,}11}{25{,}1}\right| \times 100\%$$

$$= 19{,}87\%$$

d. Lengan Selatan (Jalan Ahmad Yani)

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

$$= \left|\frac{24{,}316-18{,}499}{24{,}316}\right| \times 100\%$$

$$= 23{,}92\%$$

e. Jalan Garuda

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{A_i - F_i}{A_i}\right| \times 100\%$$
$$= \left|\frac{27{,}3 - 24{,}82}{27{,}3}\right| \times 100\%$$
$$= 9{,}06\%$$

3. Perhitungan panjang antrian

a. Lengan Barat (Jalan Wonosari)

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{A_i - F_i}{A_i}\right| \times 100\%$$
$$= \left|\frac{199{,}21 - 393{,}01}{199{,}21}\right| \times 100\%$$
$$= 97{,}28\ \%$$

b. Lengan Utara (Jalan Majapahit)

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{A_i - F_i}{A_i}\right| \times 100\%$$
$$= \left|\frac{315{,}44 - 281{,}4}{315{,}44}\right| \times 100\%$$
$$= 10{,}79\ \%$$

c. Lengan Timur (Jalan Wonosari)

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{A_i - F_i}{A_i}\right| \times 100\%$$
$$= \left|\frac{315{,}263 - 479{,}72}{315{,}263}\right| \times 100\%$$
$$= 52{,}181\%$$

d. Lengan Selatan (Jalan Ahmad Yani)

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{A_i - F_i}{A_i}\right| \times 100\%$$
$$= \left|\frac{163{,}158 - 326{,}64}{163{,}158}\right| \times 100\%$$
$$= 100{,}2\ \%$$

Nilai MAPE pada lengan Selatan dan Utara masih melebihi dari 50 %, maka nilai belum memenuhi syarat

5.3.2 Hasil Pemodelan setelah Kalibrasi

Hasil pemodelan setelah proses kalibrasi dilakukan menunjukkan bahwa untuk mencapai nilai GEH dan MAPE yang sesuai standar, diperlukan penyesuaian

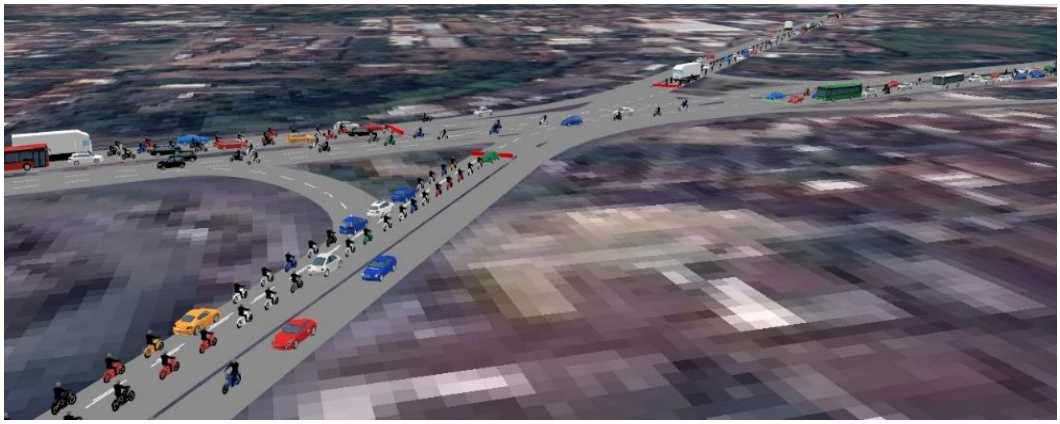
pada beberapa parameter *driving behaviour*. Perubahan yang diterapkan pada parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.12 sebagai berikut.

**Tabel 5.12 Nilai Perubahan *Driving Behavior* Setelah Kalibrasi**

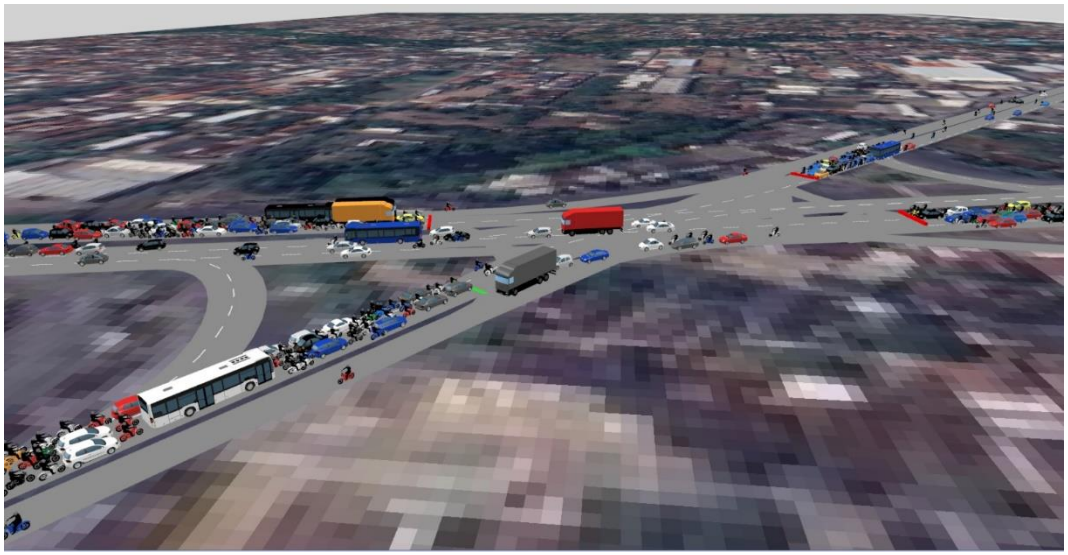
| Parameter yang Diubah | | | Nilai | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Sebelum | Sesudah |
| *Car Following* | *Average Standstill Distance (m)* | | 2 | 0,2 |
| | *Additive Part of Safety Distance* | | 2 | 0,2 |
| | *Multiplicative Part of Safety Distance* | | 3 | 0,2 |
| | *Look ahead distance (m)* | *Minimum* | 0 | 0 |
| | | *Maximum* | 250 | 250 |
| | | *Observed vehicles* | 4 | 4 |
| | *Look back distance (m)* | *Minimum* | 0 | 0 |
| | | *Maximum* | 150 | 150 |
| *Lane Change* | *Waiting time before diffusion (s)* | | 60 | 140 |
| | *Minimum headway (front /rear) (m)* | | 0,5 | 0,2 |
| | *Safety distance reduction factor* | | 0,6 | 0,2 |
| *Lateral* | *Desired position at free flow* | | *Middle of Lane* | *Any* |
| | *Minimum distance standing (m)* | | 0,2 | 0,15 |
| | *Minimum distance driving (m)* | | 1 | 0,2 |
| | *Overtake on same lane* | | *None* | *On left On right* |
| *Signal Controller* | *Behaviour at Red / Amber Signal* | | *Stop (same as red)* | *Go (same as Green)* |

Visualisasi hasil pemodelan simulasi sebelum dan sesudah kalibrasi ditampilkan pada Gambar 5.12 dan Gambar 5.13. Proses kalibrasi memberikan

pengaruh terhadap jumlah kendaraan yang keluar dari simpang serta memengaruhi panjang antrean kendaraan, seperti yang terlihat pada kedua gambar tersebut.



**Gambar 5.12 Pemodelan VISSIM Kondisi Eksisting Sebelum Kalibrasi**



**Gambar 5.13 Pemodelan VISSIM Kondisi Eksisting Setelah Kalibrasi**

Berikut ditampilkan hasil perhitungan uji GEH dan MAPE dari pemodelan VISSIM setelah dilakukan kalibrasi.

1. Perhitungan Volume Kendaraan
   a. Lengan Barat (Jalan Wonosari)

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

$$= \sqrt{\frac{(2471-2416)^2}{0{,}5 \times (2471-2416)}}$$

$$= 1{,}112$$

b. Lengan Utara (Jalan Majapahit)

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

$$= \sqrt{\frac{(3442-3504)^2}{0{,}5 \times (3442-3504)}}$$

$$= 1{,}052$$

c. Lengan Timur (Jalan Wonosari)

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

$$= \sqrt{\frac{(1530-1707)^2}{0{,}5 \times (1530-1707)}}$$

$$= 4{,}399$$

d. Lengan Selatan (Jalan Ahmad Yani)

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

$$= \sqrt{\frac{(2213-2292)^2}{0{,}5 \times (2213-2292)}}$$

$$= 1{,}664$$

e. Jalan Garuda

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

$$= \sqrt{\frac{(219-237)^2}{0{,}5 \times (219-237)}}$$

$$= 1{,}192$$

Nilai GEH untuk semua lengan kurang dari 5, maka sudah memenuhi syarat.

2. Perhitungan kecepatan

a. Lengan Barat (Jalan Wonosari)

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

$$= \left|\frac{22{,}3-15{,}38}{22{,}3}\right| \times 100\%$$

$= 31{,}03\%$

b. Lengan Utara (Jalan Majapahit)

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

$$= \left|\frac{22{,}96 - 19{,}7}{22{,}96}\right| \times 100\%$$

$$= 14{,}198\%$$

c. Lengan Timur (Jalan Wonosari)

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

$$= \left|\frac{25{,}1 - 20{,}027}{25{,}1}\right| \times 100\%$$

$$= 20{,}21\%$$

d. Lengan Selatan (Jalan Ahmad Yani)

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

$$= \left|\frac{24{,}316 - 18{,}86}{24{,}316}\right| \times 100\%$$

$$= 22{,}437\%$$

e. Jalan Garuda

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

$$= \left|\frac{27{,}3 - 25{,}27}{27{,}3}\right| \times 100\%$$

$$= 7{,}435\%$$

3. Perhitungan panjang antrian

a. Lengan Barat (Jalan Wonosari)

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

$$= \left|\frac{199{,}21 - 219{,}45}{199{,}21}\right| \times 100\%$$

$$= 10{,}16\ \%$$

b. Lengan Utara (Jalan Majapahit)

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

$$= \left|\frac{315{,}44 - 234{,}1}{315{,}44}\right| \times 100\%$$

$$= 25{,}785\ \%$$

c. Lengan Timur (Jalan Wonosari)

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

$$= \left|\frac{315{,}263 - 386{,}09}{315{,}263}\right| \times 100\%$$

$$= 22{,}465\ \%$$

d. Lengan Selatan (Jalan Ahmad Yani)

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

$$= \left|\frac{163{,}158 - 237{,}993}{163{,}158}\right| \times 100\%$$

$$= 45{,}86\ \%$$

Nilai MAPE pada semua lengan tidak melebihi dari 50 %, maka nilai sudah memenuhi syarat yang ditentukan.

Untuk memastikan hasil simulasi sudah valid, dilakukan proses validasi agar hasil kalibrasi dapat diterima. Pengujian dilakukan menggunakan metode GEH untuk memvalidasi volume lalu lintas, dengan GEH < 5%, serta metode MAPE < 50%. Perbandingan antara hasil simulasi VISSIM pada kondisi eksisting dapat dilihat pada Tabel 5.13, Tabel 5.14 dan Tabel 5.15 berikut.

**Tabel 5.13 Uji GEH VISSIM Volume Kendaraan Kondisi Eksisting**

| Pendekat | Volume Kendaraan (kend/jam) | | | Uji GEH | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|
| | Hasil survei | Hasil Simulasi ViSSIM | Selisih | | |
| Barat | 2416 | 2193 | 223 | 4,6 | Hasil pemodelan diterima |
| Utara | 3504 | 3442 | 62 | 1,05 | Hasil pemodelan diterima |
| Timur | 1707 | 1530 | 177 | 4,39 | Hasil Pemodelan diterima |
| Selatan | 2292 | 2213 | 79 | 1,67 | Hasil pemodelan diterima |
| Jl. Garuda | 219 | 237 | 18 | 1,19 | Hasil pemodelan diterima |

**Tabel 5.14 Uji MAPE VISSIM Kecepatan Kendaraan Kondisi Eksisting**

| Pendekat | Kecepatan kendaraan | | | Uji Mape | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|
| | Hasil survei | Hasil Simulasi ViSSIM | Selisih | | |
| Barat | 22,3 | 15,38 | 6,92 | 31,03 | Hasil simulasi memadai |
| Utara | 22,96 | 19,7 | 3,26 | 14,19 | Hasil simulasi baik |
| Timur | 25,1 | 20,027 | 5,073 | 20,21 | Hasil simulasi memadai |
| Selatan | 24,316 | 18,86 | 5,456 | 22,43 | Hasil simulasi memadai |
| Jl. Garuda | 27,3 | 25,27 | 2,03 | 7,4 | Hasil simulasi sangat baik |

**Tabel 5.15 Uji MAPE VISSIM Panjang Antrian Kondisi Eksisting**

| Pendekat | Panjang Antrian ($P_A$) | | | Uji MAPE | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|
| | Hasil survei | Hasil Simulasi ViSSIM | Selisih | | |
| Barat | 199,21 | 219,453 | 20,2427 | 10,161 | Hasil simulasi baik |
| Utara | 315,44 | 234,103 | 81,337 | 25,785 | Hasil simulasi memadai |
| Timur | 315,263 | 386,088 | 70,824 | 22,465 | Hasil simulasi memadai |
| Selatan | 163,158 | 237,993 | 74,835 | 45,867 | Hasil Simulasi Memadai |

Dari hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa simulasi VISSIM telah valid tehadap kondisi eksisting disimpang Ketandan. Seluruh lengan pada simpang menunjukkan nilai GEH di bawah 5% dan nilai MAPE dibawah 20%, sehingga

hasil simulasi dinyatakan sah dan layak digunakan sebagai dasar untuk pemodelan alternatif dalam upaya meningkatkan kinerja simpang Ketandan.

Setelah proses validasi selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah mengevaluasi hasil pemodelan untuk menilai kinerja lalu lintas pada simpang. Evaluasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi panjang antrian dan besar tundaan berdasarkan hasil simulasi. Nilai panjang antrian diperoleh dari data *queue length* yang tercatat melalui *queue counter* pada masing masing pendekat simpang, sedangkan nilai tundaan diambil dari parameter *queue dealay* yang terekam pada setiap lengan simpang. Hasil evaluasi kinerja simpang berdasarkan simulasi VISSIM disajikan pada Tabel 5.16.

**Tabel 5.16 Evaluasi Kinerja Simpang Eksisting Berdasarkan VISSIM**

| Parameter | Jalan Wonosari (Barat) | Jalan Majapahit (Utara) | Jalan Wonosari (Timur) | Jalan Ahmad Yani (Selatan) | Jalan Garuda |
|---|---|---|---|---|---|
| Panjang antrian (m) | 219,453 | 234,103 | 386,088 | 237,993 | - |
| Volume (kend/jam) | 2193 | 3442 | 1530 | 2213 | 237 |
| Kapasitas | 434 | 803 | 553 | 1013 | - |
| Derajat Kejenuhan | 1,67 | 1,32 | 1,19 | 1,37 | - |
| Tundaan (det/kend) | 639,546 | 64,224 | 152,7413 | 143,8702 | 0,03 |
| Tingkat pelayanan | F | F | F | F | - |
| Tundaan (det/kend) | 235,5 | | | | - |
| Tingkat pelayanan | F | | | | - |

## 5.4 Perbandingan Analisis Eksisting PKJI 2023 dengan PTV VISSIM

Hasil analisis kondisi eksisting menggunakan PKJI 2023 dan VISSIM menunjukkan adanya beberapa perbedaan. Perbandingan hasil Panjang antrian antara analisis PKJI dan VSSIM disajikan pada Tabel 5.17 berikut ini.

**Tabel 5.17 Perbandingan Panjang Antrian Eksisting PKJI dan VISSIM**

| Pendekat | Hasil Survei (m) | Hasil PKJI 2023 (m) | Hasil VISSIM (m) | Selisih Hasil PKJI 2023 (%) | Selisih Hasil VISSIM (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 199,21 | 569 | 219,453 | 185,47 | 10,161 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 315,44 | 350 | 234,103 | 10,8 | 25,785 |
| Jalan Wonosari (Timur) | 315,44 | 322 | 386,088 | 2,041 | 22,39 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 163,158 | 241 | 237,993 | 48,011 | 45,867 |

Berikut adalah perbandingan derajat kejenuhan ($D_J$) dan kapasitas hasil analisis PKJI dan pemodelan VISSIM pada Tabel 5.18 sebagai berikut.

**Tabel 5.18 Perbandingan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan ($D_J$) Kapasitas Hasil PKJI dengan VISSIM Kondisi Eksisting**

| Pendekat | Kapasitas | | Derajat Kejenuhan ($D_J$) | |
|---|---|---|---|---|
| | PKJI | VISSIM | PKJI | VISSIM |
| Jalan Wonosari (Barat) | 434 | 434 | 1,84 | 1,67 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 803 | 803 | 1,45 | 1,32 |

**Lanjutan Tabel 5.18 Perbandingan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan ($D_J$)**
**Kapasitas Hasil PKJI dengan VISSIM Kondisi Eksisting**

| Pendekat | Kapasitas | | Derajat Kejenuhan ($D_J$) | |
|---|---|---|---|---|
| | PKJI | VISSIM | PKJI | VISSIM |
| Jalan Wonosari (Timur) | 553 | 553 | 1,45 | 1,19 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 1013 | 1013 | 1,19 | 1,37 |

## 5.5 Estimasi Dampak Tundaan terhadap Biaya Bahan Bakar di Simpang Ketandan

Analisis dilakukan bertujuan untuk mengukur besarnya dampak tundaan terhadap efisiensi bahan bakar kendaraan yang melintasi simpang Ketandan, dengan memnggunakan metode LAPI-ITB dan Lamsal (ATISS-India) yang memiliki parameter perhitungan berbeda untuk konsumsi saat kendaraan diam (*idle*) atau antri akibat kemacetan.

Perhitungan dilakukan untuk mengidentifikasi potensi kerugian ekonomi akibat konsumsi bahan bakar berlebih, yang menjadi dasar penyusunan strategi peningkatan kinerja simpang. Hasil dari kedua metode dibandingkan untuk menguji konsistensi dan akurasi data, sehingga diperoleh gambaran komprehensif yang dapat dipertanggungjawabkan secara akademis. Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam perencanaan transportasi, khususnya dalam menekan dampak negatif tundaan terhadap efisiensi biaya operasional kendaraan serta mendukung kebijakan tranportasi yang lebih berkelanjutan.

### 5.5.1 Estimasi Biaya Bahan Bakar Kendaraan Berdasarkan LAPI-ITB

Berdasarkan hasil perhitungan tundaan menggunakan PKJI 2023 dan VISSIM, dapat diketahui durasi tundaan yang terjadi pada tiap pendekat di simpang Ketandan. Data tundaan ini digunakan sebagai dasar untuk menghitung konsumsi bahan bakar kendaraan saat meninggalkan masing masing pendekat. Perhitungan kebutuhan bahan bakar dilakukan menggunakkan rumus dari LAPI-ITB yang telah disesuaikan ke dalam satuan mobil penumpang. Konsumsi bahan bakar saat

kendaraan berada dalam kondisi diam (idle) berdasarkan durasi tundaan yang didapat pada setiap pendekat simpang APILL dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

F = 140 X $10^{-2}$ (smp/jam) × Tundaan (Jam)

Keterangan :

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

Tundaan = Waktu tundaan total pada setiap lengan pendekat (jam), dan

a. Tundaan pada simpang Ketandan berdasarkan PKJI 2023

1. Perhitungan konsumsi BBM kendaraan pada jam puncak

   Contoh perhitungan untuk mengetahui konsumsi bahan bakar minyak pada simpang Ketandan pendekat lengan barat.

   F = $140 \times 10^{-2} \times$ Tundaan (detik)

   = $\left(\frac{140 \times 10^{-2}}{3600}\right) \times 806{,}081$

   = 0,313 liter

   Rekapitulasi hasil perhitungan Konsumsi bahan bakar dengan metode LAPI ITB dapat dilihat pada Tabel 5.19 sebagai berikut.

**Tabel 5.19 Rekapitulasi Konsumsi Bahan Bakar Metode LAPI ITB (2003) Berdasarkan Tundaan (PKJI) Kondisi Eksisting**

| Pendekat | Tundaan (Detik/SMP) | | Total Konsumsi bahan bakar (Liter/smp) |
|---|---|---|---|
| Barat | 806,081 | 0,000388889 | 0,313476042 |
| Utara | 295,442 | 0,000388889 | 0,114894133 |
| Timur | 395,129 | 0,000388889 | 0,153661395 |
| Selatan | 159,152 | 0,000388889 | 0,06189243 |
| Total | 1655,805 | | 0,6439 |

Berdasarkan Tabel 5.19 diketahui bahwa nilai tundaan tertinggi terjadi pada pendekat Barat dengan waktu tundaan sebesar 806,081 det/smp dan

konsumsi bahan bakar mencapai 0,3134 liter. Sementara itu, tundaan terendah terjadi pada pendekat selatan sebesar 159,152 det/smp dan konsumsi bahan bakar sebesar 0,06189 liter.

2. Perhitungan kerugian BBM Kendaraan pada jam puncak

   Metode LAPI ITB mengasumsikan bahwa konsumsi bahan bakar bersifat uniform atau seragam untuk semua kategori kendaraan tanpa membedakan tipe maupun kapasitas mesin. Konsumsi bahan bakar diasumsikan untuk seluruh jenis kendaraan menggunakan bahan bakar pertalite.

   Contoh perhitungan kerugian bahan bakar Minyak pada simpang pendekat barat.

   biaya konsumsi BBM untuk Barat = F (liter/smp) × Arus lalu lintas
   × Biaya per liter
   = 0,315 × 798,95 × Rp 10.000
   = Rp 2.504.516

   Adapun rekapitulasi kerugian yang dialami pada simpang Ketandan menggunakan metode LAPI ITB dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut.

**Tabel 5.20 Jumlah Kerugian Konsumsi BBM dengan Metode LAPI ITB (2003) Berdasarkan Tundaan Hasil PKJI Kondisi Eksisting**

| Pendekat | Total Konsumsi bahan bakar (Liter/smp) | Arus Lalu lintas (smp/jam) | BBM (Liter / jam) | Biaya per Liter (RP) | Total Biaya (Rp/jam) |
|---|---|---|---|---|---|
| Barat | 0,313 | 798,95 | 250,452 | 10.000 | 2.504.517 |
| Utara | 0,115 | 1446 | 166,143 | 10.000 | 1.661.427 |
| Timur | 0,154 | 800,25 | 122,968 | 10.000 | 1.229.675 |
| Selatan | 0,062 | 1432 | 88,658 | 10.000 | 886.578 |
| Total | 0,6439 | 4477,7 | 628,2197 | | 6.282.197 |

Berdasarkan Tabel 5.20 didapatkan jumlah kerugian yang diakibatkan tundaan yang terjadi pada simpang Ketandan menggunakan metode LAPI ITB adalah sebesar Rp6.282.197 per jam.

b. Tundaan pada simpang Ketandan berdasarkan pemodelan VISSIM

1. Perhitungan konsumsi BBM kendaraan pada jam puncak

Contoh perhitungan konsumsi bahan bakar minyak pada pendekat Barat Simpang Ketandan dapat dilihat sebagai berikut.

F $= 140 \times 10^{-2} \times$ Tundaan (detik)

$= \left(\frac{140 \times 10^{-2}}{3600}\right) \times 639{,}546$

$=$ 0,248 liter

Ringkasan hasil perhitungan konsumsi bahan bakar menggunakan metode LAPI-ITB disajikan pada Tabel 5.21 berikut.

**Tabel 5.21 Rekapitulasi Konsumsi Bahan Bakar Metode LAPI ITB (2003) Berdasarkan Tundaan Hasil VISSIM Kondisi Eksisting**

| Pendekat | Tundaan (detik/smp) | | Total Konsumsi bahan bakar (liter/smp) |
|---|---|---|---|
| Barat | 639,546 | 0,00038889 | 0,248712518 |
| Utara | 64,224 | 0,00038889 | 0,024976158 |
| Timur | 152,741 | 0,00038889 | 0,059399399 |
| Selatan | 143,870 | 0,00038889 | 0,055949507 |
| Total | 1000,382 | | 0,3890 |

Berdasaran data pada Tabel 5.21, pendekat lengan Barat menunjukkan nilai tundaan tertinggi yaitu 639,546 det/smp, dengan estimasi konsumsi bahan bakar mencapai 0,2487 liter. Sementara itu, nilai tundaan terendah tercatat pada lengan Utara, yaitu sebesar 64,224 jam/smp dengan konsumsi bahan bakar sebesar 0,0249 liter.

2. Perhitungan kerugian BBM Kendaraan pada jam puncak

Perhitungan total biaya konsumsi bahan bakar dilakukan dengan menggunakan rumus berikut.

biaya konsumsi BBM untuk Barat $=$ F (liter/smp) $\times$ Arus lalu lintas $\times$ Biaya per liter

$= 0{,}248 \times 798{,}95 \times$ Rp 10.000

$=$ Rp 1.987.089

Rekapitulasi total kerugian akibat konsumsi bahan bakar pada simpang Ketandan berdasarkan perhitungan dengan metode LAPI-ITB dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut.

**Tabel 5.22 Jumlah Kerugian Konsumsi BBM dengan Metode LAPI ITB (2003) Berdasarkan Tundaan Hasil VISSIM Kondisi Eksisting**

| Pendekat | Total Konsumsi bahan bakar (Liter/smp) | Arus Lalu lintas (smp/ jam) | BBM (Liter / jam) | Biaya per Liter (RP) | Total Biaya |
|---|---|---|---|---|---|
| Barat | 0,249 | 798,95 | 198,709 | Rp10.000 | Rp1.987.089 |
| Utara | 0,025 | 1446,05 | 36,117 | Rp10.000 | Rp361.168 |
| Timur | 0,059 | 800,25 | 47,534 | Rp10.000 | Rp475.344 |
| Selatan | 0,056 | 1432,45 | 80,145 | Rp10.000 | Rp801.449 |
| Total | 0,3890 | 4477,7 | 362,5049 | | Rp3.625.049 |

Menurut Tabel 5.22 di atas total kerugian akibat tundaan yang terjadi di simpang Ketandan berdasarkan perhitungan menggunakan metode LAPI-ITB mencapai Rp 3.625.049 per jam.

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

Berdasarkan hasil analisis tundaan menggunakan metode PKJI 2023 dan simulasi VISSIM, diperoleh data durasi tundaan pada setiap pendekat simpang ketandan. Estimasi kebutuhan bahan bakar dihitung menggunakan metode Lamsal (ATIS-India) pada kondisi kendaraan berhenti (*iddle*). Berdasarkan Tabel 3.9 Konsumsi bahan bakar dibedakan menjadi 3 yaitu Sepeda Motor (MC), Mobil Penumpang (LV), dan Truck atau Bus (HV).

a. Tundaan pada simpang Ketandan berdasarkan PKJI 2023

1. Perhitungan konsumsi BBM kendaraan pada jam puncak

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

   Tundaan (*Delay*) = 806,081 detik/smp

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

= 170/3600 (ml/detik-smp) × 806,081 detik/smp

= 0,0472 (ml/detik-smp) × 806,081 detik/smp

= 0,0381 (liter/smp)

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

= 767/3600 (ml/detik-smp) × 806,081 detik/smp

= 0,2131 (ml/detik-smp) × 806,081 detik/smp

= 0,1717 (liter/smp)

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

= 833/3600 (ml/detik-smp) × 806,081 detik/smp

= 0,2314 (ml/detik-smp) × 806,081 detik/smp

= 0,1865 (liter/smp)

Rekapitulasi perhitungan tundaan hasil PKJI dengan menggunakan metode Lamsal (ATIS-India) untuk konsumsi BBM dapat dilihat pada Tabel 5.23 sebagai berikut.

**Tabel 5.23 Rekapitulasi Konsumsi Bahan Bakar Simpang Ketandan Berdasarkan Metode ATIS-India (2013) Kondisi Eksisting**

| Pendekat | Tundaan (Detik/SMP) | Konsumsi BBM (liter/smp) | | | Jumlah Kendaraan (smp/jam) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SM | MP | KS | SM | MP | KS |
| Barat | 806,08 | 0,038 | 0,172 | 0,187 | 287,0 | 473 | 39,0 |
| Utara | 295,44 | 0,014 | 0,063 | 0,068 | 368,3 | 953 | 124,8 |
| Timur | 395,13 | 0,019 | 0,084 | 0,091 | 162,5 | 441 | 74,1 |
| Selatan | 159,15 | 0,008 | 0,034 | 0,037 | 304,1 | 949 | 179,4 |
| Total | 1655,80 | 0,078 | 0,353 | 0,383 | 1121,7 | 2816 | 417,3 |

Berdasarkan Tabel 5.23 di atas bahwa nilai tundaan tertinggi terjadi pada pendekat Barat dengan waktu tundaan sebesar 806,08 detik/smp dan konsumsi bahan bakar sebesar 0,038 liter/smp untuk SM, 0,172 untuk MP dan 0,187 untuk KS. Sementara itu, tundaan terendah terjadi pada pendekat

selatan sebesar 159,15 detik/smp dan konsumsi bahan bakar sebesar 0,008 liter/smp untuk SM, 0,034 liter/smp untuk MP dan 0,037 liter/smp untuk .

2. Perhitungan kerugian BBM Kendaraan pada jam puncak

   Metode Lamsal (ATIS-India) mengasumsikan bahwa konsumsi bahan bakar dibedakan berdasarkan jenis kendaraan. Konsumsi bahan bakar diasumsikan untuk seluruh jenis kendaraan menggunakan bahan bakar pertalite dan solar. Dengan harga sebagai berikut.

   a. Pertalite = Rp 10.000,-/liter
   b. Solar = Rp 6.800,-/liter

   Contoh perhitungan kerugian bahan bakar Minyak pada simpang pendekat barat.

   Total biaya konsumsi BBM untuk SM = F (liter/smp) × Jumlah kendaraan (smp/jam) × Biaya per liter
   = 0,038 × 287 × Rp 10.000
   = Rp 109.227,37

   Total biaya konsumsi BBM untuk MP = F (liter/smp) × Jumlah kendaraan (smp/jam) × Biaya per liter
   = 0,172 × 473 × Rp 10.000
   = Rp 812.330,62

   Total biaya konsumsi BBM untuk KS = F (liter/smp) × Jumlah kendaraan (smp/jam) × Biaya per liter
   = 0,187 × 39 × Rp 6.800
   = Rp 49.464

   Rekapitulasi keseluruhan kerugian akibat konsumsi bahan bakar pada simpang Ketandan, berdasarkan perhitungan menggunakan metode Lamsal (ATIS-India) dapat dilihat pada Tabel 5.24 sebagai berikut.

**Tabel 5.24 Jumlah Kerugian Konsumsi BBM dengan Metode Lamsal (ATIS-India tahun 2013) Berdasarkan Tundaan Hasil PKJI Kondisi Eksisting**

| Pendekat | biaya total Konsumsi BBM (liter/ kendaraan) | | | Total Biaya Pengeluaran (Rp/jam) |
|---|---|---|---|---|
| | SM (Rp) | MP (Rp) | KS (Rp) | |
| Barat | 109.227 | 812.331 | 49.465 | 971.023 |
| Utara | 51.376 | 599.871 | 58.015 | 709.262 |
| Timur | 30.311 | 371.254 | 46.069 | 447.634 |
| Selatan | 22.851 | 321.789 | 44.925 | 389.565 |
| Total | 213.766 | 2.105.244 | 198.473 | 2.517.483 |

Mengacu pada Tabel 5.24, total kerugian yang ditimbulkan akibat tundaan lalu lintas hasil PKJI di simpang Ketandan, Berdasarkan perhitungan menggunakan metode Lamsol (ATIS-India) adalah sebesar Rp 2.517.483 per jam.

b. Tundaan pada simpang Ketandan berdasarkan pemodelan VISSIM

1. Perhitungan konsumsi BBM kendaraan pada jam puncak

Contoh perhitungan konsumsi bahan bakar untuk pendekat bagian barat dengan menggunakan persamaan dari metode Lamsal (ATIS-India) sebagai berikut.

Tundaan (*Delay*) = 639,546 detik/smp

1. SM = 170 (ml/jam-smp)
   = 170/3600 (ml/detik-smp) × 639,546 detik/smp
   = 0,0472 (ml/detik-smp) × 639,546 detik/smp
   = 0,0302 (liter/smp)
2. MP = 767 (ml/jam-smp)
   = 767/3600 (ml/detik-smp) × 639,546 detik/smp
   = 0,2131 (ml/detik-smp) × 639,546 detik/smp
   = 0,1363 (liter/smp)
3. KS = 833 (ml/jam-smp)
   = 833/3600 (ml/detik-smp) × 639,546 detik/smp
   = 0,2314 (ml/detik-smp) × 639,546 detik/smp

= 0,1480 (liter/smp)

Ringkasan hasil perhitungan tundaan berdasarkan VISSIM yang digunakan dalam estimasi konsumsi bahan bakar menggunakan metode Lamsal (ATIS-India) dapat dilihat pada Tabel 5.25 sebagai berikut.

**Tabel 5.25 Rekapitulasi Konsumsi Bahan Bakar Metode Lamsal (ATIS-India) Berdasarkan Tundaan Hasil VISSIM Kondisi Eksisting**

| Pendekat | Tundaan (detik/smp) | Konsumsi BBM , F (liter/smp) | | | Jumlah kendaraan (smp/jam) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SM | MP | KS | SM | MP | KS |
| Barat | 639,55 | 0,0302 | 0,1363 | 0,148 | 287,0 | 473 | 39 |
| Utara | 64,22 | 0,0030 | 0,0137 | 0,015 | 368,3 | 953 | 124,8 |
| Timur | 152,74 | 0,0072 | 0,0325 | 0,035 | 162,5 | 441 | 74,1 |
| Selatan | 143,87 | 0,0068 | 0,0307 | 0,033 | 304,1 | 949 | 179,4 |
| Total | 1000,38 | 0,047 | 0,213 | 0,231 | 1122 | 2816 | 417,3 |

Mengacu pada Tabel 5.25, pendekat Barat memiliki tundaan tertinggi sebesar 639,546 det/smp dengan konsumsi bahan bakar sebesar 0,0302 liter/smp untuk SM, 0,1363 det/smp untuk MP, dan 0,1480 untuk KS. Sebaliknya, nilai tundaan terendah terjadi pada pendekat Utara dengan tundaan sebesar 64,224 det/smp dengan konsumsi bahan bakar sebesar 0,0030 untuk SM, 0,0137 untuk MP dan 0,0149 untuk KS.

2. Perhitungan kerugian BBM Kendaraan pada jam puncak

   Metode Lamsal (ATIS-India) mendasarkan perhitungannya pada asumsi bahwa konsumsi bahan bakar dibedakan menurut jenis kendaraan. Seluruh kendaaran diasumsian menggunakan bahan bakar jenis Pertalite dan Solar dengan harga masing masing sebagai berikut.

   a. Pertalite = Rp 10.000,- per liter
   b. Solar = Rp 6.800,- per liter

   Berikut contoh perhitungan kerugian konsumsi bahan bakar minyak pada pendeat lengan barat simpang Ketandan.

   Total biaya konsumsi BBM untuk SM = F (liter/smp) × Jumlah kendaraan (smp/jam) × Biaya per liter

= 0,0302 × 287 × Rp 10.000

= Rp 86.661

Total biaya konsumsi BBM untuk MP = F (liter/smp) × Jumlah kendaraan (smp/jam) × Biaya per liter

= 0,1363 × 473 × Rp 10.000

= Rp 644.505

Total biaya konsumsi BBM untuk KS = F (liter/smp) × Jumlah kendaraan (smp/jam) × Biaya per liter

= 0,1480 × 39 × Rp 6.800

= Rp 39.245

Rekapitulasi Total kerugian konsumsi bahan bakar di simpang Ketandan yang diakibatkan tundaan hasil VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.26 Sebagai berikut.

**Tabel 5.26 Jumlah Kerugian Konsumsi BBM dengan Metode Lamsal (ATIS-India tahun 2013) Berdasarkan Tundaan Hasil VISSIM Kondisi Eksisting**

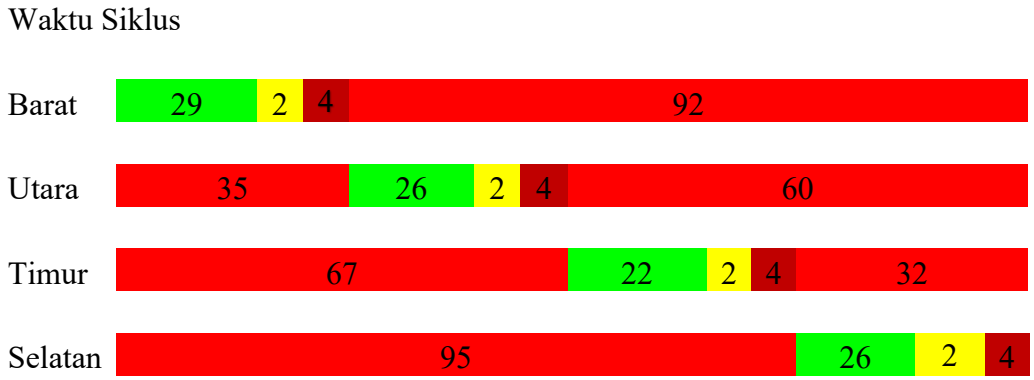
| Pendekat | biaya total Konsumsi BBM (liter/ kendaraan) | | | Total Biaya Pengeluaran (Rp/jam) |
|---|---|---|---|---|
| | SM (Rp) | MP (Rp) | KS (Rp) | |
| Barat | 86.661 | 644.505 | 39.245 | 770.411 |
| Utara | 11.168 | 130.402 | 12.611 | 154.182 |
| Timur | 11.717 | 143.512 | 17.808 | 173.038 |
| Selatan | 20.657 | 290.891 | 40.611 | 352.159 |
| Total | 130.203 | 1.209.310 | 110.276 | 1.449.790 |

Berdasarkan Tabel 5.26, estimasi total kerugian yang disebabkan oleh tundaan lalu lintas di simpang Ketandan hasil VISSIM adalah sebesar Rp 1.449.790 per jam.

## 5.6 Solusi Alternatif

### 5.6.1 Solusi Alternatif 1

Solusi alternatif yang pertama adalah dengan melakukan modifikasi terhadap waktu siklus yang semula 197 detik menjadi 127 detik yang ditentukan berdasarkan hasil percobaan bertahap (*trial and eror*). diterapkan pula sistem satu arah pada Jalan Garuda. Hanya kendaraan yang menuju ke arah Jalan garuda yang diperbolehkan melintas, sedangkan kendaraan dari arah jalan garuda tidak diperbolehkan. Perubahan waktu siklus/penyesuaian waktu siklus yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan Tabel 5.27 sebagai berikut.




**Gambar 5.14 Diagram Fase Alternatif 1**

**Tabel 5.27 Fase APILL Alternatif 1**

| Waktu Siklus | | | | | | Waktu siklus (detik) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pendekat | Fase | Hijau (detik) | Kuning (detik) | *Allred* (detik) | Merah (detik) | |
| Jalan Wonosari (Barat) | 1 | 29 | 2 | 4 | 92 | 127 |
| Jalan Ringroad Timur (Utara) | 2 | 26 | 2 | 4 | 95 | 127 |
| Jalan Wonosari (Timur) | 3 | 22 | 2 | 4 | 99 | 127 |
| Jalan Ahmad Yani (selatan) | 4 | 26 | 2 | 4 | 95 | 127 |

Alternatif yang dilakukan ini menunjukkan jumlah Volume yang sesuai dengan hasil kondisi eksisting simpang Ketandan. Rekapitulasi hasil dari pemodelan menggunakan VISSIM dapat dilihat Tabel 5.28 sebagai berikut.

**Tabel 5.28 Rekapitulasi Hasil Pemodelan VISSIM Alternatif 1**

| Parameter | Jalan Wonosari (Barat) | Jalan Majapahit (Utara) | Jalan Wonosari (Timur) | Jalan Ahmad Yani (Selatan) |
|---|---|---|---|---|
| Volume lalu lintas (kend/jam) | 2471 | 3436 | 1525 | 2100 |
| Panjang antrian (m) | 202,887 | 186,908 | 203,23 | 215,369 |
| Tundaan (det/kend) | 480,442 | 86,441 | 60,98 | 126,109 |
| Tingkat pelayanan | F | F | F | F |
| Tundaan Simpang (det/kend) | 181,2 | | | |
| Tingkat pelayanan | F | | | |

Berikut derajat kejenuhan ($D_J$) dan kapasitas hasil analisis PKJI dan pemodelan VISSIM dari solusi alternatif 1 pada Tabel 5.29 sebagai berikut.

**Tabel 5.29 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan ($D_J$) Hasil PKJI dengan VISSIM dari Solusi Alternatif 1**

| Parameter | Jalan Wonosari (Barat) | Jalan Majapahit (Utara) | Jalan Wonosari (Timur) | Jalan Ahmad Yani (Selatan) |
|---|---|---|---|---|
| Kapasitas | 611 | 661 | 510 | 834 |
| Derajat Kejenuhan | 1,338 | 1,54 | 1,28 | 1,17 |

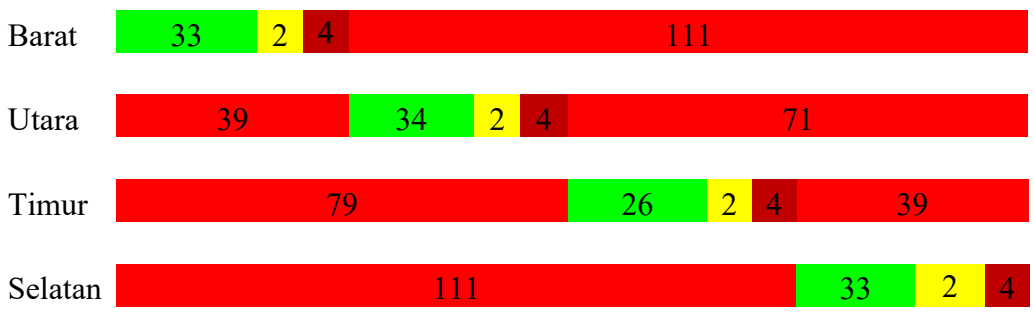
Dari hasil nilai tundaan pemodelan VISSIM dari solusi alternatif 1, maka dapat didapatkan total kerugian yang dialami pengendara yang dapat dilihat pada Tabel 5.30 sebagai berikut.

**Tabel 5.30 Total Kerugian BBM Solusi Alternatif 1**

| Pendekat | Biaya Kosumsi Bahan Bakar (BBM) LAPI- ITB (Rp/jam) | Biaya Kosumsi Bahan Bakar (BBM) Lamsal (ATIS-India) (Rp/jam) |
|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 1.526.729 | 578.751 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 486.103 | 207.517 |
| Jalan Wonosari (Timur) | 154.986 | 69.083 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 702.508 | 308.684 |
| Total biaya pengeluaran | 2.870.326 | 1.164.035 |

5.6.2 Solusi Alternatif 2

Alternatif kedua adalah Penambahan lebar terhadap pendekat Barat sebesar 1 m dengan pengubahan waktu siklus yaitu adalah 150 detik. Serta menerapkan sistem satu arah pada Jalan Garuda. Hanya kendaraan yang menuju ke arah Jalan garuda yang diperbolehkan melintas, sedangkan kendaraan dari arah jalan garuda tidak diperbolehkan. waktu siklus waktu siklus yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan Tabel 5.27 sebagai berikut.

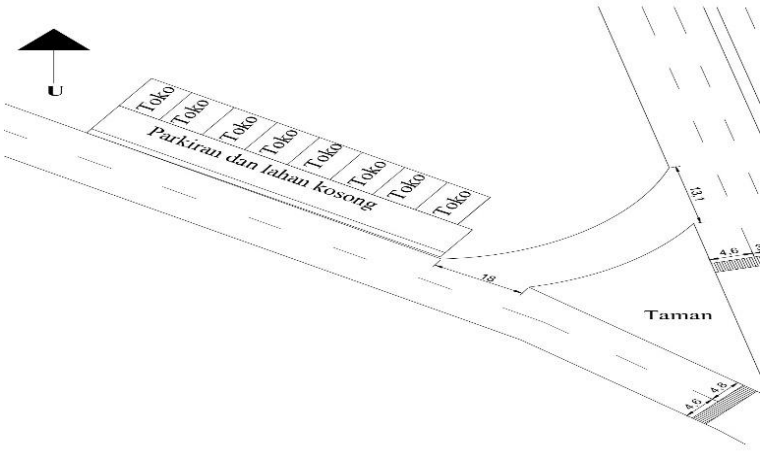



**Gambar 5.15 Diagram Fase Alternatif 2**

**Tabel 5.31 Fase APILL Alternatif 2**

| Waktu Siklus | | | | | | Waktu siklus (detik) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pendekat | Fase | Hijau (detik) | Kuning (detik) | *Allred* (detik) | Merah (detik) | |
| Jalan Wonosari (Barat) | 1 | 33 | 2 | 4 | 111 | 150 |
| Jalan Ringroad Timur (Utara) | 2 | 34 | 2 | 4 | 110 | 150 |
| Jalan Wonosari (Timur) | 3 | 26 | 2 | 4 | 118 | 150 |
| Jalan Ahmad Yani (selatan) | 4 | 33 | 2 | 4 | 111 | 150 |

Pelebaran pada pendekat Barat dapat dilakukan selebar 1 m dikarenakan masih terdapat lahan kosong sebesar 1 m yang masih dapat digunakan dalam rangka mengurangi tundaan yang sangat besar pada pendekat barat. Sketsa lokasi dari pendekat barat dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.




**Gambar 5.16 Sketsa Lokasi Pendekat Barat**

Alternatif skenario yang diterapkan menunjukkan kesesuaian volume lalu lintas dengan kondisi aktual simpang Ketandan. Hasil pemodelan yang diperoleh melalui VISSIM telah direkapitulasi secara lengkap yang dapat dilihat pada Tabel 5.32.

**Tabel 5.32 Rekapitulasi Hasil Pemodelan VISSIM Alternatif 2**

| Parameter | Jalan Wonosari (Barat) | Jalan Majapahit (Utara) | Jalan Wonosari (Timur) | Jalan Ahmad Yani (Selatan) |
|---|---|---|---|---|
| Volume lalu lintas (kend/jam) | 2430 | 3434 | 1527 | 1958 |
| Panjang antrian (m) | 165,475 | 187,154 | 223,241 | 215,369 |
| Tundaan (det/kend) | 338,41 | 44,235 | 74,188 | 145,36 |
| Tingkat pelayanan | F | E | F | F |
| Tundaan Simpang (det/kend) | 138,5 | | | |
| Tingkat pelayanan | F | | | |

Nilai derajat kejenuhan ($D_J$) dan kapasitas yang diperoleh dari hasil analisis menggunakan metode PKJI serta simulasi dengan VISSIM untuk skenario alternatif 2 disajikan pada Tabel 5.33.

**Tabel 5.33 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan ($D_J$) Hasil PKJI dengan VISSIM dari Solusi Alternatif 2**

| Parameter | Jalan Wonosari (Barat) | Jalan Majapahit (Utara) | Jalan Wonosari (Timur) | Jalan Ahmad Yani (Selatan) |
|---|---|---|---|---|
| Kapasitas | 711 | 854 | 595 | 896 |
| Derajat Kejenuhan | 1,13 | 1,19 | 1,28 | 1,02 |

Berdasarkan hasil nilai tundaan yang diperoleh dari simulasi VISSIM pada penerapan solusi Alternatif 2, estimasi total kerugian yang dialami oleh pengguna

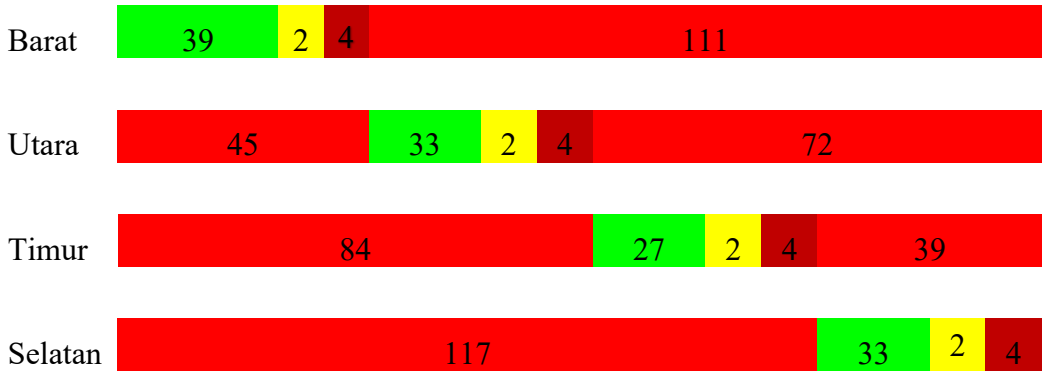
kendaraan dapat dihitung. Rekapitulasi nilai kerugian tersebut disajikan pada Tabel 5.34.

**Tabel 5.34 Total Kerugian BBM Solusi Alternatif 2**

| Pendekat | Biaya Kosumsi Bahan Bakar (BBM) LAPI- ITB (Rp/jam) | Biaya Kosumsi Bahan Bakar (BBM) Lamsal (ATIS-India) (Rp/jam) |
|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 1.057.542 | 407.656 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 248.757 | 106.194 |
| Jalan Wonosari (Timur) | 188.802 | 84.046 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 809.748 | 355.805 |
| Total biaya pengeluaran | 2.304.849 | 953.701 |

5.6.3 Solusi Alternatif 3

Alternatif ketiga adalah melakukan perubahan waktu siklus dari 197 detik menjadi 156 detik dan melakukan pelarangan untuk berbelok kanan bagi pendekat Utara maupun Selatan. Serta menerapkan sistem satu arah pada Jalan Garuda. Hanya kendaraan yang menuju ke arah Jalan garuda yang diperbolehkan melintas, sedangkan kendaraan dari arah jalan garuda tidak diperbolehkan. waktu siklus/penyesuaian waktu siklus yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Tabel 5.35 sebagai berikut.

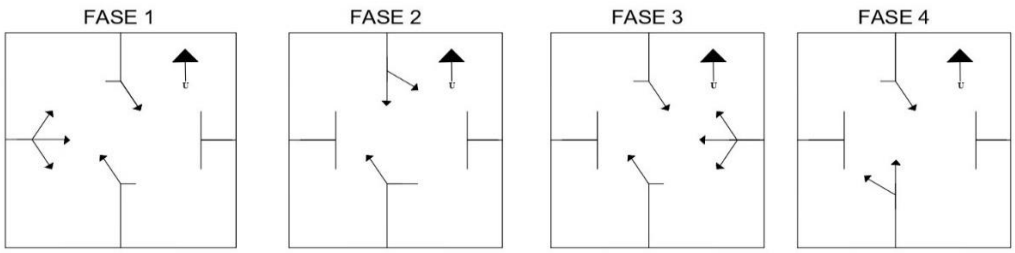



**Gambar 5.17 Diagram Fase Alternatif 3**

**Tabel 5.35 Fase APILL Alternatif 3**

| Waktu Siklus | | | | | Waktu siklus (detik) |
|---|---|---|---|---|---|
| Pendekat | Hijau (detik) | Kuning (detik) | *Allred* (detik) | Merah (detik) | |
| Jalan Wonosari (Barat) | 39 | 2 | 4 | 111 | 156 |
| Jalan Ringroad Timur (Utara) | 33 | 2 | 4 | 117 | 156 |
| JalanWonosari (Timur) | 27 | 2 | 4 | 123 | 156 |
| Jalan Ahmad Yani (selatan) | 33 | 2 | 4 | 117 | 156 |

Skema fase yang dilakukan dikarenakan pelarangan berbelok kekanan pada pendekat Utara dan Selatan dapat dilihat pada Gambar 5.18 sebagai berikut.




**Gambar 5.18 Skema Fase Pelarangan Berbelok kanan**

Skenario alternatif yang diuji menunjukkan bahwa volume lalu lintas yang dihasilkan memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi dengan kondisi nyata pada simpang Ketandan. Ringkasan hasil pemodelan menggunakan perangkat lunak VISSIM telah disusun secara menyeluruh dan dapat dilihat pada Tabel 5.36.

**Tabel 5.36 Rekapitulasi Hasil Pemodelan VISSIM Alternatif 3**

| Parameter | Jalan Wonosari (Barat) | Jalan Majapahit (Utara) | Jalan Wonosari (Timur) | Jalan Ahmad Yani (Selatan) |
|---|---|---|---|---|
| Volume lalu lintas (kend/jam) | 2482 | 3274 | 1523 | 2260 |
| Panjang antrian (m) | 168,012 | 165,547 | 243,541 | 139,987 |
| Tundaan (det/kend) | 369,155 | 29,98 | 84,64 | 58,755 |
| Tingkat pelayanan | F | D | F | E |
| Tundaan Simpang (det/kend) | 129,6 | | | |
| Tingkat pelayanan | F | | | |

Nilai derajat kejenuhan ($D_J$) dan kapasitas yang dihasilkan melalui analisis menggunakan metode PKJI 2023 serta simulasi dengan Perangkat lunak VISSIM pada skenario alternatif 3 telah dirangkum dan ditampilkan pada Tabel 5.37.

**Tabel 5.37 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan ($D_J$) Hasil PKJI dengan VISSIM dari Solusi Alternatif 3**

| Parameter | Jalan Wonosari (Barat) | Jalan Majapahit (Utara) | Jalan Wonosari (Timur) | Jalan Ahmad Yani (Selatan) |
|---|---|---|---|---|
| Kapasitas | 668 | 683 | 510 | 861 |

**Lanjutan Tabel 5.37 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan ($D_J$) Hasil PKJI dengan VISSIM dari Solusi Alternatif 3**

| Parameter | Jalan Wonosari (Barat) | Jalan Majapahit (Utara) | Jalan Wonosari (Timur) | Jalan Ahmad Yani (Selatan) |
|---|---|---|---|---|
| Derajat Kejenuhan | 1,23 | 1,14 | 1,28 | 1,22 |

Berdasarkan *output* nilai tundaan yang dihasilkan melalui simulasi VISSIM pada implementasi resiko alternatif 3, estimasi total kerugian yang dialami oleh pengguna kendaraan dapat dihitung. Ringkasan perhitungan kerugian tersebut disajikan secara lengkap pada Tabel 5.38.

**Tabel 5.38 Total Kerugian BBM Solusi Alternatif 3**

| Pendekat | Biaya Kosumsi Bahan Bakar (BBM) LAPI- ITB (Rp/jam) | Biaya Kosumsi Bahan Bakar (BBM) Lamsal (ATIS-India) (Rp/jam) |
|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 1.178.308 | 444.692 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 168.593 | 71.972 |
| Jalan Wonosari (Timur) | 214.838 | 95.887 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 327.303 | 143.818 |
| Total biaya pengeluaran | 1.889.042 | 756.369 |

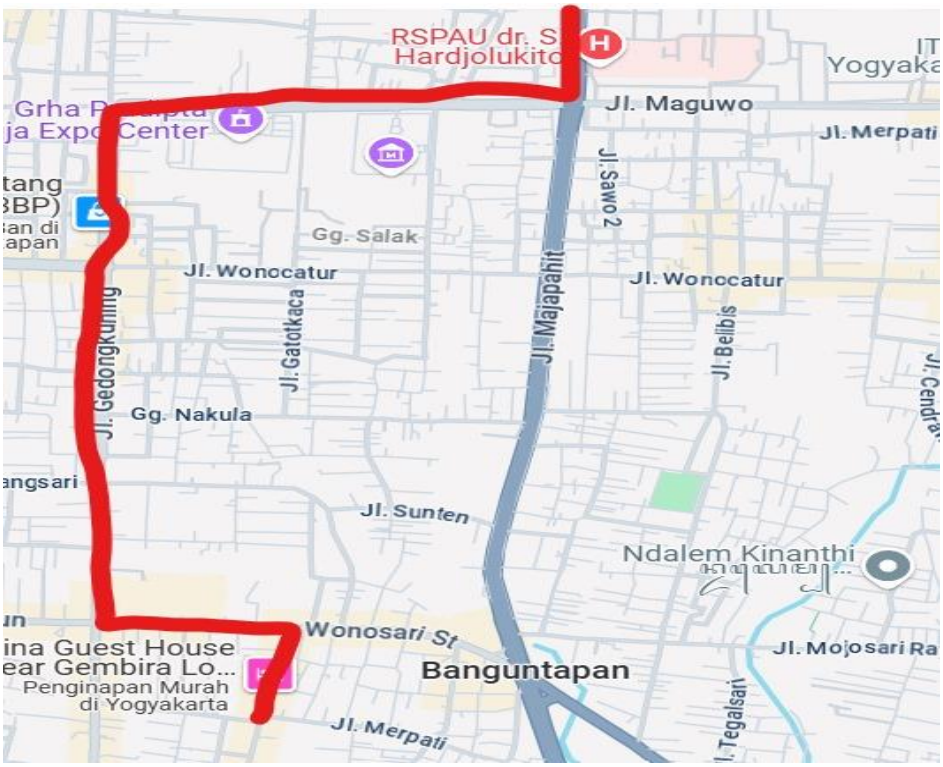
Penerapan skenario Alternatif 3 memerlukan dukungan berupa kebijakan manajemen lalu lintas yang tepat, khususnya terkait pengaturan manuver kendaraan

pada simpang. Salah satu penyesuaian yang harus dilakukan adalah pelarangan belok kanan pada pendekat Utara dan Selatan, guna mengurangi titik konflik dan meningkatkan kelancaran arus lalu lintas. Dampak dari kebijakan ini adalah perlunya pengalihan rute bagi kendaraan yang sebelumnya melakukan manuver tersebut. Oleh karena itu, sejumlah kebijakan tambahan perlu diterapkan agar pengalihan arus dapat berjalan secara efektif tanpa menimbulkan kemacetan baru di jalur alternatif.

Berikut ini merupakan kebijakan yang perlu diterapkan dalam mendukung implementasi Alternatif 3.

1. Pengalihan arus dikarenakan pelarangan belok kanan pada pendekat Utara

   Kendaraan dari arah pendekat Utara yang hendak berbelok ke arah Barat dialihkan melalui jalur alternatif melalui Simpang Blok O – Jalan Gedongkuning – Jalan Wonosari. Ilustrasi pengalihan arus tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut ini.




**Gambar 5.19 Sketsa Pengalihan Arus dikarenakan Pelarangan Belok Kanan pada Pendekat Utara**

(sumber : Google Maps, 2025)

2. Pengalihan arus dikarenakan pelarangan belok kanan pada pendekat Selatan Kendaraan dari arah Selatan yang akan berbelok ke Barat dialihkan untuk mengurangi konflik arus. Sepeda motor diarahkan melalui Jl. Ngipik – Jl. Wijoyo Kidul – Jl. Wonosari, sementara kendaraan bermobil dan kendaraan berat melalui Jl. Ngipik – Jl. Protorono Kidul – Jl. Wonosari. Ilustrasi pengalihan arus ditampilkan pada Gambar 5.20 ini.




**Gambar 5.20 Sketsa Pengalihan Arus dikarenakan Pelarangan Belok Kanan pada Pendekat Selatan**
(sumber : Google Maps, 2025)

Kebijakan-kebijakan yang telah dijabarkan sebelumnya belum dapat langsung diterapkan tanpa melalui tahap evaluasi dan pengujian lebih lanjut. Pengujian ini diperlukan untuk menilai sejauh mana kebijakan tersebut efektif dalam mengurangi konflik arus lalu lintas, memperlancar pergerakan kendaraan, serta meningkatkan kinerja simpang secara menyeluruh. Selain itu, pengujian juga berfungsi sebagai dasar pertimbangan dalam menentukan kelayakan implementasi kebijakan di lapangan, termasuk potensi dampaknya terhadap jaringan jalan di sekitarnya. Oleh karena itu, tahap simulasi dan analisis lanjutan menjadi langkah penting sebelum kebijakan tersebut direalisasikan.

## 5.7 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan pendekatan pedoman kapasitas jalan indonesia (PKJI) 2023 serta pemodelan simulasi dengan perangkat lunak VISSIM, ditemukan adanya perbedaan hasil dalam evaluasi kinerja simpang. Metode PKJI 2023 mengevaluasi kinerja lalu lintas melalui parameter seperti derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan pada masing-masing lengan simpang. Sementara itu, pemodelan dengan VISSIM lebih menitikberatkan pada hasil simulasi berupa panjang antrian dan waktu tundaan kendaraan secara dinamis berdasarkan perilaku mikroskopik lalu lintas secara lebih realistis.

Selain itu, dilakukan pula analisis estimasi kerugian konsumsi bahan bakar pada kendaraan yang diakibatkan oleh tundaan yang terjadi pada simpang. Perhitungan ini menggunakan dua pendekatan, yaitu metode LAPI ITB dan Lamsal (ATIS-India). Persamaan metode LAPI ITB menggunakan satu angka konversi umum yang mengasumsikan seluruh jenis kendaraan memiliki karakteristik konsumsi bahan bakar yang sama. Sebaliknya, metode Lamsal (ATIS-India) membedakan angka konversi berdasarkan tiga jenis kendaraan, sehingga memberikan hasil estimasi yang lebih rinci dan spesifik terhadap keragaman kendaraan yang melintas pada simpang Ketandan.

Analisis dilakukan terhadap empat kondisi yang berbeda, yaitu kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3. Perbandingan kinerja simpang dan kerugian konsumsi bahan bakar kendaraan dari masing-masing kondisi dilakukan guna memperoleh gambaran yang komprehensif terhadap performa lalu lintas di kawasan simpang Ketandan.

### 5.7.1 Kinerja Simpang Eksisting

Analisis kinerja simpang dilakukan berdasarkan PKJI 2023 dan PTV VISSIM kedua hasil menunjukkan adanya beberapa perbedaaan hasil analisis. Perbedaan yang terjadi pada hasil analisis dapat dilihat dibawah ini.

1. Perbandingan derajat kejenuhan (Eksisting)

   Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode PKJI 2023 dan pemodelan VISSIM terdapat perbedaan hasil pada nilai derajat kejenuhan. Nilai derajat kejenuhan dari hasil simulasi VISSIM diperoleh berdasarkan hasil volume

kendaraan pemodelan yang kemudian digunakan kembali ke rumus PKJI untuk mengetahui derajat kejenuhan. Perbedaan nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.39 berikut.

**Tabel 5.39 Perbandingan Derajat kejenuhan (Eksisting) Berdasarkan PKJI 2023 dan VISSIM**

| Pendekat | Derajat kejenuhan PKJI 2023 | Derajat kejenuhan VISSIM |
|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 1,84 | 1,67 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 1,45 | 1,32 |
| Jalan Wonosari (Timur) | 1,45 | 1,19 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 1,19 | 1,37 |

2. Perbandingan panjang antrian Eksisting

   Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan PKJI 2023 dan Pemodelan VISSIM hasil keduanya memiliki perbedaan hasil panjang antrian. Perbedaan panjang antrian dapat dilihat pada Tabel 5.40 berikut.

**Tabel 5.40 Perbandingan Panjang Antrian (Eksisting) Berdasarkan PKJI 2023 dan VISSIM**

| Pendekat | Panjang antrian PKJI 2023 | Panjang antrian VISSIM |
|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 569 | 219,453 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 350 | 234,103 |
| Jalan Wonosari (Timur) | 322 | 386,088 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 341 | 237,993 |

3. Perbandingan tundaan kondisi eksisting

   Hasil perhitungan berdasarkan metode PKJI 2023 dan pemodelan menggunakan VISSIM menunjukkan adanya perbedaan dalam nilai tundaan pada setiap

pendekat. Perbandingan hasil antara kedua metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.41 berikut.

**Tabel 5.41 Perbandingan Tundaan (Eksisting) Berdasarkan PKJI 2023 dan VISSIM**

| Pendekat | Tundaan PKJI 2023 | Tundaan VISSIM | Tundaan rata-rata PKJI 2023 | Tundaan rata-rata VISSIM 2023 |
|---|---|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 806,1 | 639,546 | 334,54 | 235,5 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 295,4 | 64,224 | | |
| Jalan Wonosari (Timur) | 395,1 | 152,741 | | |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 159,2 | 143,87 | | |

Tabel 5.39, Tabel 5.40 dan Tabel 5.41 menggambarkan adanya perbedaan hasil antara metode PKJI 2023 dan pemodelan VISSIM dalam mengambarkan untuk mengetahui kondisi eksisting simpang Ketandan. Namun, berdasarkan pedoman PKJI 2023 Dari kedua metode menunjukan bahwa nilai derajat kejenuhan pada kondisi eksisting telah melebihi >0,85 sehingga diperlukan peningkatan kinerja simpang untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Kinerja simpang Ketandan pada kondisi eksisting berdasarkan analisis menggunakan metode PKJI 2023, nilai derajat kejenuhan pada pendekat Barat adalah 1,84, pendekat Utara 1,45, pendekat Timur 1,45, dan pendekat Selatan 1,18. Panjang antrian yang tercatat yaitu 569 meter pada pendekat Barat, 350 m pada pendekat Utara, 322 m pada pendekat Timur, dan 341 m pada pendekat Selatan. Nilai tundaan masing-masing pendekat adalah 806,1 detik per smp (Barat), 295,4 detik per smp (Utara), 395,1 detik per smp (Timur), dan 159,2 detik per smp (Selatan). Rata-rata tundaan simpang sebesar 334,54 detik per smp dengan tingkat pelayanan F.

Sementara itu, hasil pemodelan menggunakan VISSIM menunjukkan nilai derajat kejenuhan sebesar 1,67 pada pendekat Barat, 1,32 pada pendekat Utara, 1,19

pada pendekat Timur, dan 1,37 pada pendekat Selatan. Panjang antrian masing-masing adalah 219,453 m (Barat), 234,103 m (Utara), 386,088 m (Timur), dan 237,993 m (Selatan). Nilai tundaan tercatat sebesar 639,456 detik per kendaraan pada pendekat Barat, 64,224 detik per kendaraan pada pendekat Utara, 152,741 detik per kendaraan pada pendekat Timur, dan 143,87 detik per kendaraan pada pendekat Selatan. Rata-rata tundaan dari hasil simulasi sebesar 235,5 detik per kendaraan dengan tingkat pelayanan F.

5.7.2 Perbandingan Alternatif Solusi

Dari hasil analisis 3 alternatif solusi, terlihat adanya perbedaan kinerja. Penelitian ini bertujuan memberikan solusi atas permasalahan lalu lintas di simpang Ketandan. Untuk itu dilakukan perbadingan antara kondisi eksisting dan alternatif perbaikan guna menentukan solusi terbaik. Perbandingan hasil dapat dilihat sebagai berikut.

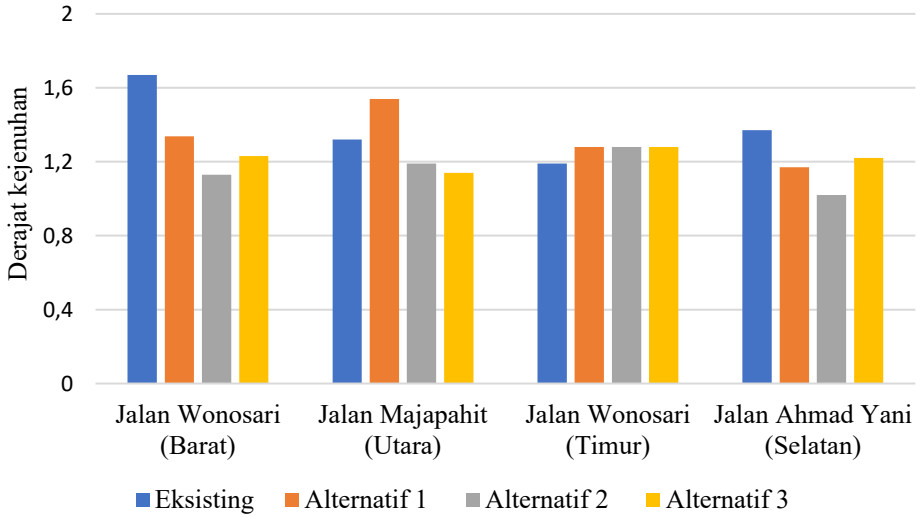
1. Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan

Analisis menunjukan bahwa terdapat perbedaan nilai derajat kejenuhan pada masing-masing kondisi, yaitu kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3. Variasi nilai derajat kejenuhan ini mencerminkan perubahan tingkat kinerja simpang akibat perubahan konfigurasi lalu lintas yang diterapkan pada setiap skenario. Perbandingan nilai derajat kejenuhan antar kondisi dapat dilihat pada Tabel 5.42 berikut ini.

**Tabel 5.42 Perbandingan Nilai Derajat kejenuhan**

| Pendekat | Eksisting | Alternatif 1 | Alternatif 2 | Alternatif 3 |
|---|---|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 1,67 | 1,338 | 1,13 | 1,23 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 1,32 | 1,54 | 1,19 | 1,14 |
| Jalan Wonosari (Timur) | 1,19 | 1,28 | 1,28 | 1,28 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 1,37 | 1,17 | 1,02 | 1,22 |

Perbandingan nilai derajat kejenuhan antar kondisi tersebut dapat dilihat secara visual pada diagram Gambar 5.21 ini.




**Gambar 5.21 Diagram Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan**

Dari Tabel 5.42 dan Gambar 5.21 di atas, dapat disimpulkan bahwa alternatif 2 memiliki penurunan derajat kejenuhan yang cukup signifikan diantara kondisi lainya terutama pada pendekat Barat.

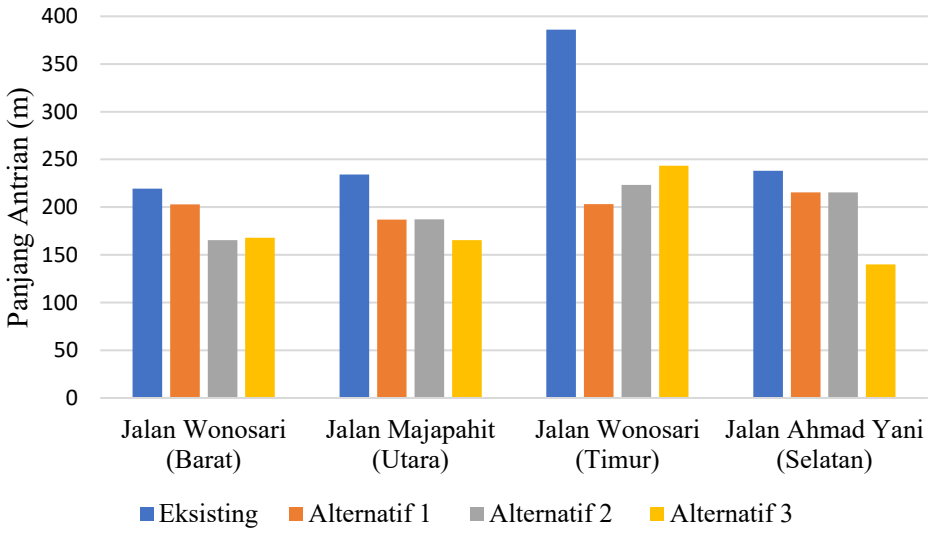
2. Perbandingan Nilai Panjang Antrian

Terdapat variasi panjang antrian yang cukup signifikan berdasarkan hasil pemodelan menggunakan VISSIM pada berbagai kondisi, yaitu kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3. Setiap skenario menunjukkan karakteristik panjang antrian yang berbeda, yang mencerminkan pengaruh perubahan tata guna lahan dan rekayasa lalu lintas terhadap kinerja simpang. Perbandingan panjang antrian dari masing-masing kondisi tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.43 berikut ini.

**Tabel 5.43 Perbandingan Nilai Panjang Antrian**

| Pendekat | Eksisting | Alternatif 1 | Alternatif 2 | Alternatif 3 |
|---|---|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 219,453 | 202,887 | 165,475 | 168,012 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 234,103 | 186,908 | 187,154 | 165,547 |
| Jalan Wonosari (Timur) | 386,088 | 203,23 | 223,241 | 243,541 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 237,993 | 215,369 | 215,369 | 139,987 |

Pada Gambar 5.22 dapat dilihat diagram perbandingan nilai panjang antrian antar kondisi sebagai berikut.




**Gambar 5.22 Diagram Perbandingan Panjang Antrian**

Berdasarkan Tabel 5.43 dan Gambar 5.22 berikut ini, menunjukkan adanya perbedaan yang cukup signifikan dalam nilai panjang antrian antar masing-masing skenario yang dianalisis. Persentase perbedaan antara kondisi eksisting dan setiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.44

**Tabel 5.44 Perbandingan Persentase Nilai Panjang Antrian**

| Pendekat | Alternatif 1 (%) | Alternatif 2 (%) | Alternatif 3 (%) |
|---|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | -7,55 | -24,60 | -23,44 |
| Jalan Majapahit (Utara) | -20,16 | -20,05 | -29,28 |
| Jalan Wonosari (Timur) | -47,36 | -42,18 | -36,92 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | -9,51 | -9,51 | -41,18 |

Berdasarkan Tabel 5.44 dapat dilihat perbedaan paling mencolok pada kondisi eksisting dengan alternatif 3. Hal ini mengidentifikasi bahwa perubahan penataan kawasan dan konfigurasi lalu lintas memiliki pengaruh yang subtansional terhadap performa operasional simpang, khususnya dalam hal panjang antrian.

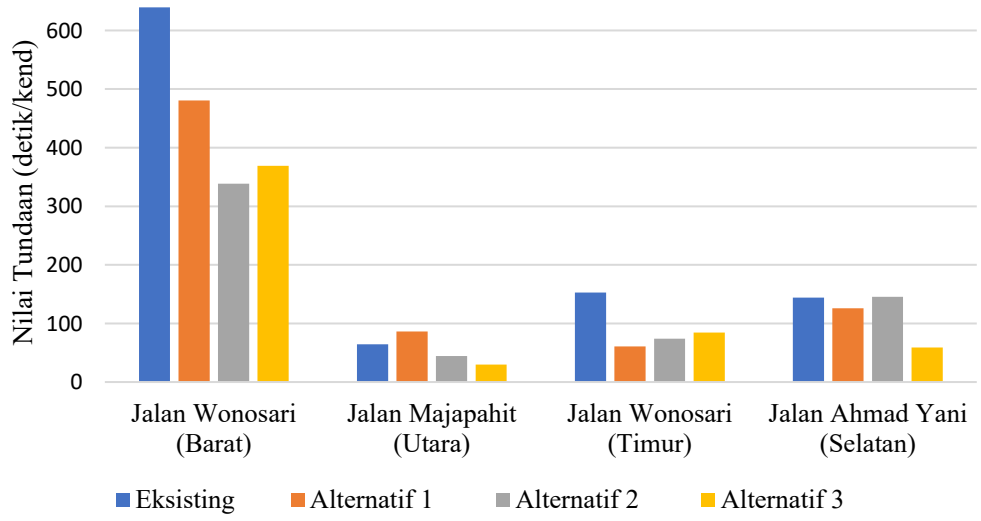
3. Perbandingan Nilai Tundaan

Tundaan lalu lintas didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan oelh kendaraan untuk berhenti atu melambat akibat adanya interaksi dengan arus lalu lintas yang saling bertentangan. Dalam simulasi menggunakan perangkat lunak VISSIM, digunakan nilai rata-rata tundaan sebagai indikator untuk mengevaluasi kinerja operasional simpang. Perbandingan nilai tundaan dari masing masing skenario disajikan secara rinci pada Tabel 5.45 berikut ini.

**Tabel 5.45 Perbandingan Nilai Tundaan**

| Pendekat | Eksisting | Alternatif 1 | Alternatif 2 | Alternatif 3 |
|---|---|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 639,546 | 480,442 | 338,41 | 369,155 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 64,224 | 86,441 | 44,235 | 29,98 |
| Jalan Wonosari (Timur) | 152,741 | 60,98 | 74,188 | 84,64 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 143,87 | 126,109 | 145,36 | 58,755 |

Pada Gambar 5.23 dapat dilihat diagram perbandingan nilai Tundaan antar kondisi sebagai berikut.




**Gambar 5.23 Diagram Perbandingan Nilai Tundaan**

Berdasarkan hasil yang ditampilkan Tabel 5.44 dan Gambar 5.23, terlihat bahwa terdapat perbedaan nilai tundaan yang cukup signifikan pada kondisi eksisting dibandingkan dengan skenario lainnya. Di antara seluruh alternatif yang dianalisis, Skenario 3 menunjukkan nilai tundaan rata-rata terendah sehingga dapat

dianggap sebagai solusi dengan kinerja simpang paling efisien dalam menurunkan waktu tunggu kendaraan.

4. Perbandingan Kinerja Simpang

Perbandingan ini digunakan untuk menilai perubahan kinerja lalu lintas pada masing-masing skenario. Berikut adalah nilai perbandingan hasil analisis pada kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3 yang dapat dilihat pada Tabel 5.46.

**Tabel 5.46 Perbandingan Kinerja Simpang Ketandan Ringroud Timur**

| Parameter | Pendekat | Eksisting | | Alternatif 1 | Alternatif 2 | Alternatif 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | PKJI 2023 | VISSIM | VISSIM | VISSIM | VISSIM |
| Volume lalu lintas (kend/jam) | B | 2416 | 2193 | 2471 | 2430 | 2482 |
| | U | 3504 | 3442 | 3436 | 3434 | 3274 |
| | T | 1668 | 1495 | 1525 | 1527 | 1523 |
| | S | 2292 | 2213 | 2100 | 1958 | 2260 |
| Derajat kejenuhan | B | 1,84 | 1,67 | 1,338 | 1,13 | 1,23 |
| | U | 1,45 | 1,32 | 1,54 | 1,19 | 1,14 |
| | T | 1,45 | 1,19 | 1,28 | 1,28 | 1,28 |
| | S | 1,18 | 1,37 | 1,17 | 1,02 | 1,22 |
| Panjang antrian (m) | B | 569 | 219,453 | 202,887 | 165,475 | 168,012 |
| | U | 350 | 234,103 | 186,908 | 187,154 | 165,547 |
| | T | 322 | 386,088 | 203,23 | 223,241 | 243,541 |
| | S | 341 | 237,993 | 215,369 | 215,369 | 139,987 |
| Tundaan per lengan | B | 806,1 | 639,546 | 480,442 | 338,41 | 369,155 |
| | U | 295,4 | 64,224 | 86,441 | 44,235 | 29,98 |
| | T | 395,1 | 152,741 | 60,98 | 74,188 | 84,64 |
| | S | 159,2 | 143,87 | 126,109 | 145,36 | 58,755 |
| Tundaan simpang (det/smp) | B | 334,54 | 235,5 | 181,2 | 138,5 | 129,6 |
| | U | | | | | |
| | T | | | | | |
| | S | | | | | |
| Tingkat pelayanan simpang | | F | F | F | F | F |

Berdasarkan hasil penelitian Semiun dkk. (2024) mengenai evaluasi kinerja dua simpang bersinyal berdekatan dengan pendekatan PKJI dan PTV VISSIM (studi kasus: simpang Jalan Sulfat dan simpang Jalan Ciliwung), disimpulkan bahwa perbaikan kinerja simpang eksisting direkomendasikan melalui pelebaran jalan pada seluruh pendekat simpang Jalan Sulfat, serta pada pendekat utara, selatan dan barat simpang jalan Ciliwung. Meskipun rekomendasi tersebut dinilai secara teknis efektif, implementasinya kurang relevan untuk diterapkan saat ini karena berpotensi mengurangi ruang bagi pejalan kaki dan memerlukan pembebasan lahan yang berisiko menggusur pemukiman warga sekitar. Selain itu, perlu dilakukan adanya waktu lebih untuk pembagunan terutama dengan adanya terdapat jembatan di pendakat Timur. Oleh karena itu, solusi alternatif 2 yang melibatkan pelebaran pendekat barat sebesar 1 m dan penyesuaian waktu siklus menjadi 127 detik dinilai belum optimal dilakukan. Alternatif 2 dapat menurunkan nilai derajat kejenuhan secara signifikan terutama pada pendekat Barat tetapi dilihat dari hasil pemodelan VISSIM tundaan simpang masih tinggi, yaitu sebesar 138,5 detik/kend. Demikian pula, untuk solusi alternatif 1 yang hanya melakukan penyesuaian waktu siklus menjadi 127 detik masih menghasilkan tundaan simpang sebesar 181,2 detik/kend yang masih tergolong tinggi. Dari ketiga solusi alternatif yang diusulkan, dapat dikatakan solusi yang paling baik digunakan adalah solusi alternatif 3. Solusi ini mencakup penyesuaian waktu siklus menjadi 156 detik serta pelarangan belok kanan bagi pendekat Utara dan Selatan, yang terbukti mampu menurunkan tundaan secara signifikan berdasarkan hasil pemodelan VISSIM menjadi 129,6 det/kend.
Solusi alternatif 3 yang diusulkan menunjukkan efektivitas yang signifikan dalam mengurangi panjang antrean dan tundaan lalu lintas berdasarkan pemodelan menggunakan perangkat lunak VISSIM. Panjang antrian pada lengan Barat menurun dari 219,453 m menjadi 168,012 m, pada lengan Utara dari 234,103 m menjadi 165,547 m, pada lengan Timur dari 386,088 m menjadi 243,541 m serta pada lengan Selatan dari 237,993 m menjadi 139,987 m. Selain itu, nilai tundaan simpang rata-rata juga mengalami penurunan yang sebelumnya 235,5 det/kend pada kondisi eksisting menjadi 129,6 det/kend. Penurunan tundaan sebesar 105,9

tersebut setara dengan pengurangan sebesar 45% dibandingkan dengan kondisi eksisting.

5.7.3 Perbandingan Kerugian Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan

Terdapat perbedaan nilai estimasi kerugian konsumsi bahan bakar yang dihasilkan dari perhitungan menggunakan metode LAPI ITB dan metode Lamsal (ATIS-India) pada beberapa kondisi, yaitu kondisi eksisting serta skenario alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3. Setiap metode memberikan hasil yang berbeda karena pendekatan perhitungan dan konversi konsumsi bahan bakar yang digunakan tidak sama. Perbandingan nilai kerugian konsumsi bahan bakar dari masing-masing kondisi dapat ditihat pada Tabel 5.47 dan Tabel 5.48 berikut.

**Tabel 5.47 Perbandingan Kerugian Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Metode LAPI ITB (2003)**

| Pendekat | Eksisting (Rp/jam) | Alternatif 1 (Rp/jam) | Alternatif 2 (Rp/jam) | Alternatif 3 (Rp/jam) |
|---|---|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 1.987.089 | 1.526.729 | 1.057.542 | 1.178.308 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 361.168 | 486.103 | 248.757 | 168.593 |
| Jalan Wonosari (Timur) | 475.334 | 154.986 | 188.802 | 214.838 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 801.449 | 702.508 | 809.748 | 327.303 |
| Total Pengeluaran | 3.625.049 | 2.870.326 | 2.304.849 | 1.889.042 |

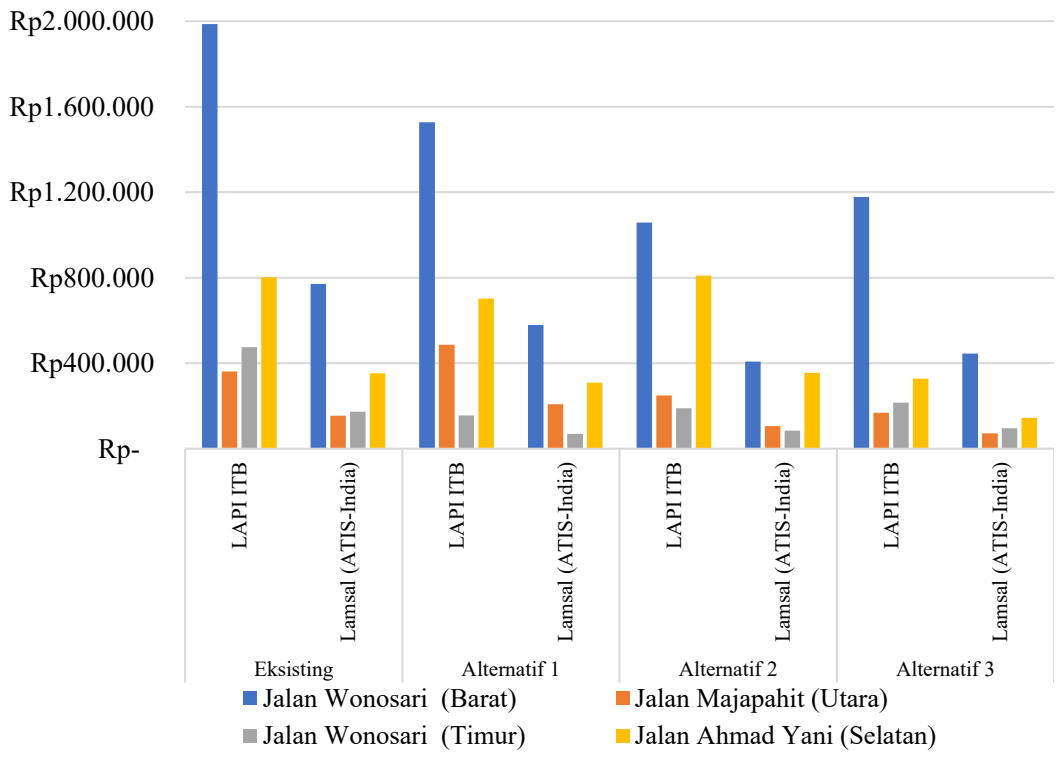
**Tabel 5.48 Perbandingan Kerugian Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Metode Lamsal (ATIS-India) Tahun 2013**

| Pendekat | Eksisting (Rp/jam) | Alternatif 1 (Rp/jam) | Alternatif 2 (Rp/jam) | Alternatif 3 (Rp/jam) |
|---|---|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Barat) | 770.411 | 578.751 | 407.656 | 444.692 |
| Jalan Majapahit (Utara) | 154.182 | 207.517 | 106.194 | 71.972 |

**Lanjutan Tabel 5.48 Perbandingan Kerugian Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Metode Lamsal (ATIS-India) Tahan 2013**

| Pendekat | Eksisting (Rp/jam) | Alternatif 1 (Rp/jam) | Alternatif 2 (Rp/jam) | Alternatif 3 (Rp/jam) |
|---|---|---|---|---|
| Jalan Wonosari (Timur) | 173.038 | 69.083 | 84.046 | 95.887 |
| Jalan Ahmad Yani (Selatan) | 352.159 | 308.684 | 355.805 | 143.818 |
| Total Pengeluaran | 1.449.790 | 1.164.035 | 953.701 | 756.369 |

Pada Gambar 5.24 dapat dilihat diagram perbandingan Kerugian konsumsi bahan bakar antar kondisi sebagai berikut.




**Gambar 5.24 Diagram Perbandingan Kerugian Konsumsi Bahan Bakar**

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5.47, Tabel 5.48 dan Gambar 5.24, terdapat perbedaan yang cukup signifikan dalam estimasi kerugian konsumsi bahan bakar kendaraan pada kondisi eksisting dibandingkan dengan skenario

lainnya. Di antara seluruh skenario yang dianalisis, kondisi alternatif 3 menghasilkan estimasi kerugian konsumsi bahan bakar yang paling rendah.

Dari penelitian yang dilakukan Romadona dan Suhanda (2019) menunjukkan bahwa nilai tundaan pada simpang berpengaruh besar terhadap tingkat konsumsi bahan bakar kendaraan. Semakin tinggi nilai tundaan yang terjadi, maka semakin besar pula jumlah bahan bakar yang terbuang. hal ini sejalan dengan hasil analisis dari penelitian yang dilakukan penulis yang menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting nilai tundaan simpang mencapai 235,5 det/smp. Nilai tersebut menghasilkan estimasi kerugian konsumsi bahan bakar sebesar Rp 3.625.049 per jam, jika dihitung dengan menggunakan metode LAPI ITB dan sebesar Rp1.449.790 per jam berdasarkan metode Lamsal (ATIS-India).

Penerapan solusi Alternatif 3, yang mencakup penyesuaian waktu siklus dan pelarangan manuver belok kanan pada pendekat Utara dan Selatan, terbukti efektif dalam menurunkan tingkat tundaan lalu lintas menjadi 129,6 detik per satuan mobil penumpang (det/smp). Penurunan tundaan ini memberikan dampak langsung terhadap efisiensi konsumsi bahan bakar. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode LAPI-ITB, estimasi kerugian akibat konsumsi bahan bakar menurun dari Rp3.625.049 per jam menjadi Rp1.889.042 per jam. Sementara itu, menurut metode Lamsal (ATIS-India), nilai kerugian menurun dari Rp1.449.790 per jam menjadi Rp756.369 per jam.

Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan Alternatif 3 tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan kinerja lalu lintas pada simpang, tetapi juga secara signifikan meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar. Persentase perbandingan kerugian total biaya bahan bakar kondisi eksisting dengan alternatif dapat dilihat pada Tabel 5.49 berikut ini.

**Tabel 5.49 Persentase Kerugian Konsumsi Bahan Bakar Kondisi Eksisting dengan Alternatif**

| Metode | Alternatif 1 (%) | Alternatif 2 (%) | Alternatif 3 (%) |
|---|---|---|---|
| LAPI-ITB | -20,82 | -36,42 | -47,89 |
| Lamsal (ATIS-India) | -19,71 | -34,22 | -47,83 |

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang ditampilkan pada Tabel 5.49, penerapan Alternatif 3 yang mencakup penyesuaian waktu siklus dan pelarangan belok kanan pada pendekat Utara dan Selatan menunjukkan dampak positif terhadap efisiensi konsumsi bahan bakar. Estimasi kerugian bahan bakar mengalami penurunan signifikan, yakni sebesar 47,89% berdasarkan metode LAPI-ITB dan 47,83% menurut metode Lamsal (ATIS-India), dibandingkan dengan kondisi eksisting. Meskipun nilai tundaan rata-rata yang dihasilkan pada simpang masih sebesar 129,6 detik per kendaraan dengan tingkat pelayanan kategori F, solusi ini tetap dinilai efektif dalam menekan pemborosan energi akibat tundaan yang tinggi yang terjadi pada simpang Ketandan.

Hasil penelitian ini mengindikasikan adanya keterkaitan yang kuat antara tingkat tundaan lalu lintas dengan besarnya konsumsi bahan bakar kendaraan. Semakin tinggi nilai tundaan yang terjadi pada simpang, maka semakin besar pula volume bahan bakar yang terbuang, disebabkan oleh kendaraan yang harus berhenti dan melaju kembali secara berulang dalam periode waktu yang lama. Oleh karena itu, strategi pengelolaan simpang yang difokuskan pada upaya pengurangan tundaan tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan kelancaran arus lalu lintas, tetapi juga memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi energi dan penurunan biaya operasional kendaraan.

# BAB VI
# KESIMPULAN DAN SARAN

## 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari simpang Ketandan Ringroad Timur, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis kinerja simpang Ketandan pada kondisi eksisting dengan menggunakan pedoman PKJI 2023, diperoleh nilai derajat kejenuhan sebesar 1,84 untuk lengan Barat, 1,45 untuk lengan Utara, 1,45 untuk lengan Timur, 1,18 untuk lengan Selatan. Selanjutnya, hasil pemodelan menggunakan VISSIM didapatkan nilai panjang antrian yaitu 219,453 m di lengan Barat, 234,103 m di lengan Utara, 386,088 m di lengan Timur dan 237,993 m untuk lengan Selatan. Selain itu, nilai tundaan rata-rata simpang diperoleh sebesar 235,5 det/kend dengan tingkat pelayanan yang dikategorikan F.
2. Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan perangkat lunak VISSIM, alternatif solusi yang paling efektif dalam penanganan simpang Ketandan adalah alternatif 3. Solusi ini berupa penyesuaian waktu siklus berdasarkan PKJI 2023 dengan durasi siklus sebesar 156 detik dan pelarangan berbelok kanan untuk pendekat Utara serta pendekat Selatan. Dari penerapan alternatif ini, diperoleh nilai derajat kejenuhan ($D_J$) sebesar 1,23 untuk lengan Barat (Jalan Wonosari), 1,14 pada lengan Utara (Jalan Majapahit), 1,28 pada lengan Timur (Jalan Wonosari), dan 1,22 pada lengan Selatan (Jalan Ahmad Yani). Nilai tundaan rata-rata simpang yang mengalami penurunan menjadi 129,5 det/kend, yang termasuk dalam kategori tingkat pelayanan F.
3. Total konsumsi bahan bakar yang terbuang selama satu jam pada kondisi lalu lintas puncak pada simpang Ketandan pada kondisi eksisting adalah sebesar 362,505 liter/jam dengan kerugian sebesar Rp 3.625.049 per jam berdasarkan metode LAPI ITB. Sementara itu, metode Lamsal (ATIS-India) mencatat konsumsi bahan bakar sebesar 150,168 liter/jam dengan kerugian Rp 1.449.790

per jam. Setelah, dilakukan penerapan alternatif 3 estimasi kerugian konsumsi bahan bakar mengalami penurunan yang signifikan. Mengacu pada metode LAPI ITB total konsumsi bahan bakar sebesar 188,904 liter/jam dengan nilai kerugian sebesar Rp1.889.042 per jam, atau mengalami penurunan 47,89 % dibandingkan kondisi eksisting simpang. Sementara itu, berdasarkan metode Lamsal (ATIS-India) konsumsi bahan bakar mencapai 78,225 liter/jam dengan estimasi kerugian sebesar Rp756.369 per jam yang juga mengalami penurunan sebesar 47,83% dibandingkan kondisi awal. Dapat disimpulkan bahwa tundaan lalu lintas, memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingkat konsumsi bahan bakar pada simpang APILL Ketandan. Semakin tinggi nilai tundaan maka semakin besar pula jumlah bahan bakar yang akan terbuang.

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis, pemodelan dan pembahasan yang telah dilakukan terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk pertimbangan evaluasi maupun pengembangan penelitian kedepan guna meningkatkan kinerja simpang Ketandan agar mampu memberikan pelayanan optimal bagi pengguna jalan. Adapun saran dari penulis sebagai berikut.

1. Disarankan adanya pengembangan lebih lanjut pada PKJI 2023, khususnya dengan penambahan nilai ekuivalensi mobil penumpang (EMP) untuk kendaraan Bus Besar (BB) dan Truk Besar (TB), guna meningkatkan akurasi dalam analisis volume lalu lintas.
2. Hasil evaluasi yang diperoleh melalui analisis dan pemodelan ini diharapkan dapat dijadikan rujukan oleh Dinas Perhubungan Kabupaten Bantul dalam perbaikan kinerja lalu lintas di simpang Ketandan.
3. Penerapan Alternatif 3 memerlukan pemasangan rambu belok kiri jalan terus (BKiJT), pelarangan belok kanan pada pendekat Selatan dan Utara, pengecatan ulang marka pada seluruh pendekat, serta penyesuaian waktu siklus dari 197 detik menjadi 156 detik
4. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan pemodelan perencanaan *flyover* dalam rangka menurunkan nilai tundaan dan derajat kejenuhan pada simpang.

# DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. 2022. Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Angka 2022. Badan Pusat Statistik Provinsi D.I. Yogyakarta.Yogyakarta.

Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Penerbit Bina Marga. Jakarta.

Direktorat Jenderal Bina Marga. 2023. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Penerbit Bina Marga. Jakarta.

Google (2024) *Google Earth*. [online] Available at: https://earth.google.com/ [Accessed 12 Dec. 2024].

Google (2025) *Google Maps*. [online] Available at: https://maps.google.com/ [Accessed 15 Jul. 2025].

Isnaeni, M. and Lubis, H.A.S., 2003. Efek Lingkungan Interaksi Transportasi Dan Tata Ruang Kota. *Tesis Magister.* Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Lamsal, A. 2013. *Toward Geo Enebel Economy*. Automotive Traffic Information System India.

Nindita, F.A., 2020. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Software VISSIM (Studi Kasus: Simpang Ngabean Yogyakarta). *Tugas Akhir*. Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta.

Octaviani, N.A.C., 2024. Kinerja Simpang Bersinyal: Analisis dengan PKJI 2023 dan Simulasi dengan Aplikasi Pemodelan Lalu Lintas. *Tugas Akhir*. Politeknik Negeri Jakarta. Jakarta.

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia. 2015. Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Penerbit menteri perhubungan. Jakarta.

Putra, S., 2024. Evaluasi Kinerja Simpang Empat Bersinyal Talangagung Kepanjen menggunakan Metode PKJI 2023 dan Software VISSIM. *Journal GELAGAR* Vol. X No.X. Institut Teknologi Nasional Malang. Malang

Putri, L.C., Rahardjo, B. and Pranoto, P., 2024. Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal (Studi Kasus: Jl. Hasyim Asyari–Jl. Imam Bonjol–Dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro). *Jurnal Inovasi Teknologi dan Edukasi Teknik*, *4*(4), pp.3-3. Bojonegoro.

Rahman, M.F., 2024. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Dongkelan, Ring Road Selatan, Yogyakarta. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Rahmawati, D., Agustin, T. and Mahmudah, A.M., 2024. Analisis Dampak Aktivitas Sekolah terhadap Kinerja Ruas Jalan (Studi Kasus Taman Pendidikan Prasekolah Al Firdaus Surakarta). *Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal*, vol 1 No.4, pp.9-9. Surakarta.

Ramzy, M., Rahardjo, B. and Supriyanto, B., 2024. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal di Kota Malang menggunakan PKJI 2023 (Studi Kasus: Simpang Dieng Malang). Jurnal Inovasi Teknologi dan Edukasi Teknik, 4(7), pp.4-4. Malang.

Romadhona, P.J. and Suhanda, A.A., 2019. Hubungan Antara Kinerja Simpang Bersinyal Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Minyak Di Gondomanan, Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Â· A Scientific Journal Of Civil EngineeringÂ*, *23*(1), pp.1411-1292.

Sinambela, T.P., Kumaat, M. and Pandey, S.V., 2021. Analisa Hubungan Kinerja Simpang Bersinyal Dengan Konsumsi Bahan Bakar (Studi Kasus: Simpang Jl. AA Maramis–Jl. Ringroad II). *Jurnal TEKNO*. Vol.IX No.78. Manado.

Semiun, Y., Sebayang, N. and Nainggolan, T., 2021. Evaluasi Kinerja Dua Simpang Bersinyal Berdekatan Menggunakan Program Ptv Vissim 11. *Student Journal Gelagar*, *3*(1), pp.35-45.

Ulum, M.C., 2023. Evaluasi Kinerja Simpang dan Biaya Konsumsi Bahan Bakar pada Simpang Bersinyal Jalan Raya Kasri–Jalan Raya Gempol–Jalan Patimura–Jalan Wr. Supratman Di Kabupaten Pasuruan. *Tugas Akhir.* Institut Teknologi Nasional Malang.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1 Formulir Survei Volume Lalu Lintas

| Waktu Periode 15 Menit | Sabtu sesi Pagi, 15 Februari 2025 (Periode :07.00-09.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 07.00-07.15 | 136 | 174 | 73 | 163 | 52 | 30 | 270 | 119 | 36 | 299 | 30 | 218 | 14 | 18 | 0 | 10 | 23 | 0 | 1 | 7 |
| 07.15-07.30 | 211 | 101 | 112 | 194 | 38 | 34 | 327 | 126 | 35 | 351 | 28 | 269 | 9 | 21 | 2 | 19 | 27 | 1 | 1 | 13 |
| 07.30-07.45 | 227 | 122 | 129 | 237 | 67 | 25 | 496 | 174 | 39 | 377 | 23 | 141 | 16 | 26 | 1 | 14 | 34 | 0 | 0 | 9 |
| 07.45-08.00 | 259 | 131 | 175 | 244 | 71 | 33 | 378 | 169 | 44 | 438 | 27 | 361 | 15 | 16 | 3 | 11 | 20 | 0 | 0 | 8 |
| 08.00-08.15 | 193 | 114 | 135 | 236 | 69 | 24 | 389 | 173 | 33 | 363 | 32 | 161 | 14 | 13 | 2 | 9 | 19 | 0 | 0 | 7 |
| 08.15-08.30 | 147 | 105 | 93 | 207 | 65 | 36 | 313 | 162 | 43 | 302 | 28 | 244 | 10 | 11 | 3 | 10 | 24 | 0 | 0 | 9 |
| 08.30-08.45 | 153 | 120 | 118 | 235 | 73 | 47 | 250 | 137 | 30 | 188 | 25 | 186 | 9 | 8 | 2 | 5 | 14 | 0 | 0 | 11 |
| 08.45-09.00 | 157 | 122 | 125 | 241 | 75 | 52 | 280 | 152 | 48 | 271 | 26 | 189 | 5 | 4 | 3 | 6 | 12 | 0 | 0 | 12 |

| Waktu Periode 15 Menit | Sabtu sesi Pagi, 15 Februari 2025 (Periode :07.00-09.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 07.00-07.15 | 72 | 16 | 12 | 21 | 22 | 5 | 120 | 31 | 15 | 39 | 12 | 42 | 6 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 07.15-07.30 | 87 | 33 | 22 | 34 | 18 | 15 | 96 | 19 | 16 | 33 | 14 | 24 | 4 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 07.30-07.45 | 70 | 27 | 18 | 42 | 23 | 11 | 119 | 25 | 13 | 42 | 12 | 31 | 4 | 4 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 |
| 07.45-08.00 | 97 | 34 | 34 | 32 | 25 | 11 | 104 | 28 | 16 | 59 | 14 | 26 | 3 | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 08.00-08.15 | 101 | 43 | 33 | 41 | 24 | 15 | 119 | 29 | 17 | 46 | 18 | 33 | 4 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| 08.15-08.30 | 81 | 33 | 24 | 53 | 22 | 13 | 145 | 27 | 21 | 63 | 20 | 55 | 3 | 4 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 |
| 08.30-08.45 | 122 | 40 | 31 | 66 | 27 | 14 | 122 | 23 | 15 | 50 | 17 | 35 | 2 | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 08.45-09.00 | 125 | 41 | 35 | 77 | 28 | 19 | 135 | 26 | 18 | 77 | 25 | 45 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| Waktu Periode 15 Menit | Sabtu sesi Pagi (Periode :07.00-09.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 07.00-07.15 | 15 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 19 | 1 | 11 | 3 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07.15-07.30 | 18 | 5 | 2 | 1 | 0 | 1 | 15 | 1 | 4 | 4 | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07.30-07.45 | 10 | 3 | 0 | 4 | 2 | 0 | 26 | 0 | 12 | 5 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07.45-08.00 | 16 | 3 | 4 | 5 | 2 | 0 | 19 | 2 | 6 | 3 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08.00-08.15 | 20 | 3 | 2 | 5 | 2 | 0 | 20 | 1 | 4 | 3 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08.15-08.30 | 24 | 2 | 9 | 3 | 1 | 1 | 28 | 1 | 5 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08.30-08.45 | 21 | 4 | 1 | 5 | 3 | 1 | 33 | 0 | 3 | 4 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08.45-09.00 | 23 | 5 | 1 | 5 | 2 | 1 | 29 | 0 | 4 | 6 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Waktu Periode 15 Menit | Sabtu sesi Siang, 15 Februari 2025 (Periode :11.00-13.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 11.00-11.15 | 135 | 91 | 85 | 188 | 37 | 37 | 109 | 52 | 26 | 176 | 34 | 110 | 6 | 23 | 0 | 12 | 25 | 0 | 4 | 7 |
| 11.15-11.30 | 151 | 68 | 70 | 183 | 43 | 29 | 137 | 69 | 35 | 169 | 35 | 96 | 6 | 12 | 1 | 24 | 15 | 3 | 1 | 5 |
| 11.30-11.45 | 145 | 71 | 60 | 165 | 41 | 25 | 144 | 55 | 38 | 145 | 37 | 139 | 7 | 10 | 0 | 14 | 16 | 4 | 0 | 6 |
| 11.45-12.00 | 151 | 77 | 67 | 202 | 46 | 35 | 145 | 57 | 36 | 173 | 42 | 101 | 8 | 14 | 0 | 15 | 10 | 5 | 0 | 6 |
| 12.00-12.15 | 134 | 99 | 61 | 171 | 39 | 37 | 140 | 52 | 39 | 178 | 44 | 112 | 9 | 15 | 1 | 14 | 24 | 5 | 0 | 8 |
| 12.15-12.30 | 127 | 81 | 58 | 166 | 37 | 38 | 143 | 48 | 41 | 182 | 41 | 112 | 10 | 14 | 1 | 19 | 22 | 4 | 0 | 9 |
| 12.30-12.45 | 124 | 95 | 68 | 230 | 33 | 58 | 178 | 41 | 37 | 165 | 33 | 98 | 11 | 16 | 1 | 20 | 24 | 5 | 0 | 7 |
| 12.45-13.00 | 126 | 96 | 78 | 190 | 36 | 37 | 151 | 35 | 37 | 184 | 37 | 103 | 8 | 15 | 2 | 16 | 25 | 3 | 0 | 8 |

| Waktu Periode 15 Menit | Sabtu sesi Siang, 15 Februari 2025 (Periode :11.00-13.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 11.00-11.15 | 129 | 40 | 38 | 57 | 28 | 29 | 125 | 32 | 17 | 69 | 21 | 43 | 2 | 4 | 0 | 1 | 6 | 2 | 2 | 3 |
| 11.15-11.30 | 114 | 30 | 29 | 63 | 35 | 35 | 182 | 48 | 17 | 72 | 24 | 36 | 6 | 4 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 11.30-11.45 | 131 | 33 | 42 | 52 | 30 | 30 | 190 | 52 | 15 | 57 | 25 | 26 | 8 | 5 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 11.45-12.00 | 125 | 41 | 35 | 69 | 42 | 42 | 140 | 38 | 18 | 66 | 28 | 29 | 7 | 6 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 12.00-12.15 | 111 | 30 | 40 | 54 | 44 | 44 | 153 | 37 | 28 | 63 | 33 | 57 | 4 | 7 | 0 | 2 | 4 | 1 | 0 | 1 |
| 12.15-12.30 | 98 | 35 | 42 | 61 | 51 | 51 | 161 | 42 | 33 | 67 | 37 | 61 | 5 | 8 | 0 | 1 | 4 | 1 | 0 | 2 |
| 12.30-12.45 | 119 | 31 | 39 | 62 | 50 | 25 | 143 | 31 | 28 | 66 | 28 | 41 | 6 | 3 | 0 | 3 | 5 | 2 | 0 | 1 |
| 12.45-13.00 | 121 | 33 | 49 | 78 | 48 | 19 | 105 | 28 | 19 | 55 | 24 | 45 | 4 | 4 | 0 | 2 | 6 | 2 | 0 | 2 |

| Waktu Periode 15 Menit | Sabtu sesi Siang (Periode :11.00-13.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 11.00-11.15 | 29 | 10 | 1 | 7 | 2 | 8 | 26 | 7 | 2 | 5 | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.15-11.30 | 18 | 8 | 3 | 2 | 3 | 3 | 36 | 2 | 6 | 5 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.30-11.45 | 23 | 5 | 4 | 2 | 2 | 1 | 27 | 2 | 7 | 7 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.45-12.00 | 27 | 4 | 3 | 5 | 0 | 6 | 17 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.00-12.15 | 23 | 5 | 1 | 5 | 2 | 1 | 24 | 8 | 4 | 4 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.15-12.30 | 25 | 4 | 2 | 6 | 0 | 2 | 21 | 8 | 3 | 4 | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.30-12.45 | 19 | 1 | 4 | 2 | 1 | 2 | 23 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.45-13.00 | 20 | 2 | 4 | 6 | 1 | 3 | 18 | 4 | 2 | 2 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Waktu Periode 15 Menit | Sabtu sesi Sore, 15 Februari 2025 (Periode :16.00-17.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 16.00-16.15 | 298 | 181 | 76 | 410 | 44 | 65 | 236 | 58 | 48 | 112 | 46 | 91 | 7 | 24 | 3 | 18 | 24 | 4 | 0 | 9 |
| 16.15-16.30 | 368 | 234 | 93 | 349 | 43 | 47 | 193 | 42 | 42 | 145 | 28 | 89 | 5 | 17 | 1 | 14 | 30 | 3 | 3 | 7 |
| 16.30-16.45 | 292 | 209 | 71 | 377 | 53 | 60 | 230 | 55 | 52 | 143 | 31 | 80 | 6 | 18 | 1 | 15 | 25 | 5 | 2 | 9 |
| 16.45-17.00 | 284 | 187 | 67 | 337 | 61 | 52 | 211 | 46 | 46 | 154 | 26 | 109 | 5 | 15 | 3 | 7 | 16 | 2 | 1 | 4 |
| 17.00-17.15 | 274 | 171 | 82 | 269 | 50 | 43 | 173 | 58 | 35 | 180 | 36 | 120 | 4 | 15 | 0 | 11 | 25 | 3 | 3 | 8 |
| 17.15-17.30 | 210 | 207 | 66 | 351 | 57 | 53 | 159 | 56 | 55 | 150 | 25 | 84 | 9 | 23 | 0 | 6 | 13 | 3 | 0 | 9 |
| 17.30-17.45 | 245 | 228 | 66 | 279 | 48 | 38 | 179 | 41 | 45 | 147 | 31 | 81 | 7 | 16 | 1 | 7 | 12 | 2 | 0 | 11 |
| 17.45-18.00 | 237 | 219 | 65 | 277 | 52 | 40 | 181 | 52 | 47 | 137 | 35 | 84 | 8 | 13 | 0 | 8 | 15 | 2 | 0 | 13 |

| Waktu Periode 15 Menit | Sabtu sesi Sore 15 Februari 2025 (Periode :16.00-17.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 16.00-16.15 | 127 | 24 | 42 | 80 | 24 | 18 | 188 | 33 | 30 | 61 | 24 | 45 | 5 | 10 | 2 | 1 | 4 | 3 | 0 | 1 |
| 16.15-16.30 | 155 | 45 | 58 | 52 | 26 | 28 | 131 | 29 | 24 | 73 | 28 | 37 | 4 | 10 | 0 | 3 | 2 | 1 | 5 | 0 |
| 16.30-16.45 | 159 | 56 | 43 | 75 | 25 | 28 | 181 | 36 | 23 | 68 | 35 | 46 | 5 | 11 | 0 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| 16.45-17.00 | 153 | 31 | 46 | 75 | 18 | 18 | 154 | 32 | 21 | 62 | 31 | 38 | 0 | 4 | 2 | 1 | 5 | 0 | 0 | 2 |
| 17.00-17.15 | 131 | 29 | 56 | 65 | 20 | 20 | 157 | 39 | 29 | 66 | 28 | 38 | 1 | 7 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 17.15-17.30 | 127 | 47 | 37 | 63 | 18 | 22 | 156 | 25 | 25 | 55 | 23 | 49 | 1 | 6 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 17.30-17.45 | 135 | 33 | 35 | 45 | 22 | 17 | 167 | 31 | 26 | 62 | 32 | 31 | 2 | 5 | 0 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 17.45-18.00 | 137 | 28 | 37 | 64 | 24 | 19 | 130 | 35 | 22 | 46 | 23 | 30 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |

| Waktu Periode 15 Menit | Sabtu sesi Sore (Periode :16.00-17.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 16.00-16.15 | 29 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 24 | 4 | 5 | 15 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16.15-16.30 | 25 | 0 | 1 | 3 | 0 | 9 | 18 | 3 | 6 | 6 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16.30-16.45 | 17 | 1 | 1 | 3 | 0 | 4 | 23 | 1 | 8 | 9 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16.45-17.00 | 15 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 33 | 4 | 9 | 4 | 3 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17.00-17.15 | 17 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 20 | 4 | 6 | 5 | 6 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17.15-17.30 | 24 | 4 | 0 | 4 | 3 | 2 | 23 | 3 | 10 | 7 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17.30-17.45 | 20 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 16 | 4 | 5 | 2 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17.45-18.00 | 18 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 15 | 2 | 6 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Waktu Periode 15 Menit | Senin sesi Pagi, 17 Februari 2025 (Periode :07.00-09.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 07.00-07.15 | 162 | 99 | 238 | 311 | 89 | 46 | 483 | 208 | 36 | 440 | 33 | 452 | 5 | 23 | 4 | 28 | 33 | 7 | 3 | 10 |
| 07.15-07.30 | 234 | 121 | 186 | 183 | 85 | 36 | 519 | 158 | 47 | 530 | 24 | 519 | 9 | 34 | 1 | 17 | 52 | 0 | 0 | 5 |
| 07.30-07.45 | 264 | 119 | 239 | 281 | 76 | 51 | 593 | 204 | 39 | 421 | 61 | 418 | 12 | 16 | 7 | 18 | 41 | 3 | 2 | 9 |
| 07.45-08.00 | 206 | 113 | 167 | 209 | 86 | 24 | 467 | 181 | 38 | 514 | 25 | 390 | 13 | 16 | 3 | 17 | 38 | 2 | 2 | 17 |
| 08.00-08.15 | 176 | 112 | 113 | 202 | 40 | 37 | 369 | 151 | 36 | 328 | 24 | 348 | 11 | 23 | 2 | 18 | 31 | 0 | 4 | 7 |
| 08.15-08.30 | 115 | 71 | 90 | 238 | 38 | 27 | 350 | 120 | 32 | 281 | 31 | 289 | 5 | 11 | 4 | 8 | 33 | 6 | 0 | 7 |
| 08.30-08.45 | 142 | 86 | 111 | 184 | 58 | 31 | 335 | 118 | 27 | 292 | 32 | 307 | 7 | 11 | 0 | 6 | 42 | 2 | 0 | 17 |
| 08.45-09.00 | 163 | 106 | 93 | 200 | 45 | 31 | 281 | 117 | 39 | 226 | 35 | 197 | 11 | 22 | 2 | 7 | 18 | 1 | 0 | 11 |

| Waktu Periode 15 Menit | Senin sesi Pagi, 17 Februari 2025 (Periode :07.00-09.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 07.00-07.15 | 118 | 18 | 41 | 36 | 10 | 23 | 155 | 41 | 10 | 58 | 12 | 47 | 4 | 5 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 |
| 07.15-07.30 | 98 | 24 | 34 | 30 | 17 | 11 | 133 | 45 | 15 | 53 | 10 | 51 | 8 | 7 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 07.30-07.45 | 103 | 26 | 44 | 48 | 26 | 19 | 149 | 42 | 21 | 37 | 15 | 36 | 7 | 6 | 0 | 0 | 6 | 1 | 1 | 1 |
| 07.45-08.00 | 94 | 26 | 44 | 45 | 23 | 15 | 154 | 51 | 20 | 46 | 6 | 49 | 4 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 08.00-08.15 | 64 | 29 | 28 | 43 | 22 | 14 | 103 | 47 | 15 | 52 | 14 | 45 | 5 | 4 | 0 | 0 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| 08.15-08.30 | 68 | 28 | 32 | 47 | 20 | 12 | 144 | 36 | 18 | 46 | 26 | 45 | 6 | 4 | 1 | 1 | 4 | 0 | 1 | 1 |
| 08.30-08.45 | 108 | 35 | 34 | 30 | 26 | 16 | 98 | 30 | 20 | 56 | 8 | 43 | 1 | 3 | 1 | 0 | 7 | 1 | 0 | 1 |
| 08.45-09.00 | 111 | 31 | 38 | 55 | 22 | 19 | 132 | 35 | 19 | 59 | 17 | 41 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | 1 | 3 |

| Waktu Periode 15 Menit | Senin sesi Pagi (Periode :07.00-09.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 07.00-07.15 | 10 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 4 | 3 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07.15-07.30 | 11 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 13 | 3 | 4 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07.30-07.45 | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 8 | 1 | 3 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07.45-08.00 | 11 | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 | 21 | 1 | 5 | 3 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08.00-08.15 | 18 | 2 | 1 | 9 | 2 | 4 | 15 | 1 | 5 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08.15-08.30 | 17 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 24 | 1 | 8 | 3 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08.30-08.45 | 17 | 3 | 0 | 2 | 0 | 2 | 17 | 7 | 5 | 1 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08.45-09.00 | 15 | 4 | 0 | 2 | 1 | 3 | 21 | 4 | 9 | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Waktu Periode 15 Menit | Senin sesi Siang, 17 Februari 2025 (Periode :11.00-13.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 11.00-11.15 | 121 | 87 | 57 | 163 | 26 | 16 | 109 | 48 | 17 | 112 | 27 | 102 | 3 | 9 | 0 | 7 | 21 | 2 | 0 | 5 |
| 11.15-11.30 | 144 | 91 | 63 | 226 | 37 | 53 | 161 | 58 | 24 | 130 | 19 | 118 | 2 | 16 | 0 | 10 | 11 | 2 | 3 | 10 |
| 11.30-11.45 | 160 | 71 | 71 | 162 | 39 | 34 | 194 | 52 | 25 | 171 | 31 | 150 | 7 | 7 | 4 | 6 | 20 | 3 | 0 | 8 |
| 11.45-12.00 | 166 | 69 | 86 | 207 | 38 | 39 | 140 | 59 | 26 | 142 | 30 | 98 | 3 | 11 | 0 | 9 | 21 | 1 | 2 | 11 |
| 12.00-12.15 | 108 | 79 | 60 | 171 | 45 | 56 | 167 | 97 | 29 | 179 | 26 | 119 | 8 | 11 | 0 | 14 | 18 | 3 | 1 | 8 |
| 12.15-12.30 | 163 | 89 | 83 | 213 | 55 | 41 | 132 | 83 | 29 | 172 | 16 | 146 | 18 | 16 | 0 | 7 | 26 | 1 | 1 | 9 |
| 12.30-12.45 | 108 | 88 | 66 | 217 | 36 | 48 | 176 | 92 | 28 | 156 | 14 | 126 | 7 | 11 | 2 | 17 | 15 | 2 | 1 | 9 |
| 12.45-13.00 | 122 | 91 | 79 | 161 | 31 | 33 | 169 | 71 | 15 | 213 | 19 | 128 | 9 | 12 | 1 | 19 | 28 | 3 | 1 | 14 |

| Waktu Periode 15 Menit | Senin sesi Siang, 17 Februari 2025 (Periode :11.00-13.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 11.00-11.15 | 118 | 32 | 35 | 47 | 26 | 18 | 116 | 21 | 14 | 55 | 18 | 37 | 2 | 4 | 0 | 2 | 4 | 1 | 0 | 3 |
| 11.15-11.30 | 126 | 36 | 41 | 54 | 23 | 19 | 147 | 39 | 27 | 72 | 18 | 36 | 3 | 6 | 0 | 3 | 3 | 1 | 0 | 1 |
| 11.30-11.45 | 114 | 34 | 36 | 40 | 20 | 16 | 136 | 47 | 27 | 52 | 12 | 36 | 5 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 11.45-12.00 | 121 | 43 | 37 | 63 | 22 | 24 | 108 | 32 | 13 | 35 | 25 | 31 | 1 | 5 | 0 | 0 | 6 | 3 | 1 | 0 |
| 12.00-12.15 | 108 | 37 | 37 | 46 | 28 | 38 | 120 | 31 | 23 | 73 | 18 | 28 | 1 | 5 | 0 | 2 | 5 | 1 | 0 | 1 |
| 12.15-12.30 | 154 | 35 | 44 | 72 | 25 | 24 | 92 | 29 | 18 | 44 | 36 | 27 | 1 | 3 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 |
| 12.30-12.45 | 122 | 37 | 29 | 79 | 23 | 19 | 126 | 32 | 27 | 52 | 37 | 34 | 3 | 3 | 1 | 1 | 4 | 0 | 2 | 2 |
| 12.45-13.00 | 111 | 38 | 48 | 43 | 26 | 16 | 141 | 32 | 14 | 55 | 37 | 53 | 5 | 4 | 0 | 0 | 12 | 0 | 1 | 2 |

| Waktu Periode 15 Menit | Senin sesi Siang (Periode :11.00-13.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 11.00-11.15 | 25 | 3 | 3 | 2 | 0 | 0 | 30 | 1 | 3 | 1 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.15-11.30 | 19 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 24 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.30-11.45 | 13 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 13 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.45-12.00 | 19 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 17 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.00-12.15 | 19 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 17 | 1 | 1 | 1 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.15-12.30 | 12 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 4 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.30-12.45 | 19 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 17 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.45-13.00 | 15 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 15 | 0 | 5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Waktu Periode 15 Menit | Senin sesi Sore, 17 Februari 2025 (Periode :16.00-17.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 16.00-16.15 | 264 | 169 | 73 | 416 | 38 | 126 | 229 | 38 | 63 | 168 | 36 | 79 | 12 | 11 | 2 | 29 | 22 | 7 | 0 | 9 |
| 16.15-16.30 | 354 | 229 | 76 | 386 | 36 | 75 | 168 | 56 | 33 | 222 | 26 | 117 | 9 | 8 | 0 | 18 | 32 | 0 | 0 | 10 |
| 16.30-16.45 | 340 | 231 | 70 | 376 | 37 | 78 | 231 | 57 | 44 | 147 | 36 | 86 | 4 | 6 | 0 | 17 | 22 | 0 | 0 | 6 |
| 16.45-16.00 | 368 | 229 | 89 | 335 | 39 | 73 | 148 | 41 | 37 | 145 | 29 | 78 | 4 | 8 | 1 | 14 | 27 | 2 | 1 | 3 |
| 17.00-17.15 | 312 | 236 | 55 | 331 | 39 | 62 | 167 | 57 | 42 | 181 | 27 | 100 | 11 | 12 | 2 | 20 | 30 | 1 | 0 | 3 |
| 17.15-17.30 | 371 | 228 | 78 | 383 | 34 | 79 | 189 | 61 | 46 | 123 | 33 | 82 | 11 | 8 | 0 | 16 | 32 | 2 | 0 | 6 |
| 17.30-17.45 | 395 | 228 | 81 | 291 | 36 | 44 | 140 | 43 | 36 | 111 | 28 | 86 | 11 | 20 | 1 | 11 | 26 | 0 | 0 | 2 |
| 17.45-18.00 | 242 | 170 | 43 | 316 | 38 | 54 | 137 | 44 | 38 | 130 | 30 | 85 | 9 | 14 | 1 | 17 | 27 | 0 | 0 | 10 |

| Waktu Periode 15 Menit | Senin sesi Sore, 17 Februari 2025 (Periode :16.00-17.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 16.00-16.15 | 132 | 57 | 43 | 62 | 18 | 26 | 142 | 27 | 33 | 66 | 15 | 35 | 4 | 5 | 0 | 5 | 4 | 0 | 1 | 2 |
| 16.15-16.30 | 158 | 51 | 36 | 51 | 23 | 16 | 137 | 29 | 23 | 61 | 25 | 46 | 2 | 8 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| 16.30-16.45 | 138 | 57 | 29 | 72 | 16 | 17 | 157 | 37 | 29 | 52 | 19 | 42 | 8 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 16.45-16.00 | 145 | 48 | 42 | 83 | 21 | 28 | 128 | 33 | 36 | 51 | 18 | 33 | 5 | 8 | 2 | 2 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| 17.00-17.15 | 153 | 53 | 48 | 82 | 18 | 24 | 136 | 19 | 34 | 66 | 21 | 49 | 9 | 6 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 1 |
| 17.15-17.30 | 128 | 31 | 34 | 75 | 18 | 30 | 134 | 29 | 37 | 47 | 13 | 36 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| 17.30-17.45 | 163 | 40 | 29 | 63 | 22 | 31 | 95 | 28 | 18 | 43 | 22 | 37 | 1 | 5 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 | 1 |
| 17.45-18.00 | 109 | 39 | 37 | 46 | 26 | 14 | 96 | 22 | 18 | 68 | 26 | 45 | 1 | 6 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 | 2 |

| Waktu Periode 15 Menit | Senin sesi Sore (Periode :16.00-17.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 16.00-16.15 | 8 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 12 | 0 | 4 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16.15-16.30 | 11 | 0 | 1 | 2 | 7 | 1 | 11 | 0 | 1 | 1 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16.30-16.45 | 11 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 13 | 0 | 2 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16.45-16.00 | 14 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 14 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17.00-17.15 | 20 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 10 | 0 | 0 | 6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17.15-17.30 | 18 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 13 | 1 | 9 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17.30-17.45 | 20 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 15 | 0 | 5 | 8 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17.45-18.00 | 19 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 21 | 0 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Waktu Periode 15 Menit | Rabu sesi Pagi, 19 Februari 2025 (Periode :07.00-09.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 07.00-07.15 | 231 | 100 | 149 | 345 | 54 | 81 | 465 | 189 | 29 | 340 | 26 | 357 | 21 | 42 | 2 | 16 | 41 | 2 | 0 | 8 |
| 07.15-07.30 | 227 | 125 | 169 | 228 | 85 | 41 | 626 | 224 | 33 | 490 | 23 | 428 | 18 | 39 | 0 | 11 | 33 | 2 | 0 | 8 |
| 07.30-07.45 | 275 | 116 | 200 | 274 | 34 | 45 | 540 | 221 | 45 | 494 | 25 | 380 | 20 | 32 | 1 | 34 | 48 | 5 | 1 | 15 |
| 07.45-08.00 | 222 | 137 | 173 | 299 | 36 | 40 | 541 | 211 | 71 | 495 | 27 | 376 | 16 | 41 | 2 | 21 | 33 | 3 | 0 | 12 |
| 08.00-08.15 | 202 | 88 | 159 | 202 | 32 | 44 | 358 | 165 | 43 | 401 | 32 | 312 | 12 | 36 | 0 | 10 | 39 | 2 | 1 | 8 |
| 08.15-08.30 | 171 | 125 | 114 | 193 | 28 | 39 | 381 | 133 | 38 | 250 | 28 | 222 | 10 | 23 | 0 | 14 | 15 | 2 | 1 | 8 |
| 08.30-08.45 | 161 | 102 | 114 | 184 | 23 | 22 | 353 | 109 | 42 | 294 | 24 | 283 | 17 | 29 | 1 | 11 | 42 | 0 | 0 | 4 |
| 08.45-09.00 | 172 | 114 | 90 | 220 | 20 | 36 | 272 | 116 | 29 | 213 | 18 | 154 | 11 | 22 | 0 | 10 | 38 | 0 | 2 | 3 |

| Waktu Periode 15 Menit | Rabu sesi Pagi, 19 Februari 2025 (Periode :07.00-09.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 07.00-07.15 | 119 | 29 | 28 | 46 | 19 | 29 | 174 | 66 | 10 | 38 | 15 | 44 | 2 | 9 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| 07.15-07.30 | 80 | 36 | 43 | 49 | 22 | 14 | 176 | 51 | 12 | 61 | 11 | 55 | 7 | 10 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 07.30-07.45 | 97 | 34 | 33 | 37 | 18 | 14 | 112 | 42 | 12 | 45 | 14 | 41 | 5 | 7 | 0 | 1 | 4 | 0 | 1 | 0 |
| 07.45-08.00 | 73 | 23 | 35 | 44 | 23 | 9 | 149 | 40 | 29 | 58 | 15 | 48 | 3 | 6 | 0 | 0 | 6 | 0 | 1 | 0 |
| 08.00-08.15 | 100 | 30 | 30 | 48 | 25 | 17 | 93 | 32 | 21 | 49 | 18 | 46 | 4 | 3 | 1 | 2 | 4 | 0 | 3 | 2 |
| 08.15-08.30 | 103 | 28 | 30 | 54 | 27 | 15 | 139 | 29 | 19 | 43 | 12 | 42 | 10 | 5 | 0 | 0 | 8 | 0 | 1 | 1 |
| 08.30-08.45 | 96 | 39 | 37 | 43 | 24 | 12 | 112 | 33 | 28 | 62 | 14 | 39 | 7 | 7 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 08.45-09.00 | 113 | 43 | 27 | 56 | 22 | 14 | 91 | 36 | 20 | 37 | 16 | 37 | 11 | 6 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 2 |

| Waktu Periode 15 Menit | Rabu sesi Pagi (Periode :07.00-09.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 07.00-07.15 | 14 | 2 | 4 | 3 | 1 | 5 | 14 | 1 | 3 | 3 | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07.15-07.30 | 12 | 2 | 1 | 9 | 1 | 3 | 19 | 7 | 6 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07.30-07.45 | 14 | 1 | 1 | 2 | 1 | 10 | 24 | 4 | 3 | 1 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07.45-08.00 | 13 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 8 | 4 | 6 | 5 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08.00-08.15 | 23 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 17 | 4 | 9 | 7 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08.15-08.30 | 24 | 4 | 0 | 5 | 4 | 3 | 19 | 3 | 8 | 2 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08.30-08.45 | 21 | 2 | 1 | 2 | 5 | 1 | 31 | 2 | 9 | 2 | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08.45-09.00 | 18 | 3 | 2 | 2 | 2 | 5 | 14 | 5 | 8 | 5 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Waktu Periode 15 Menit | Rabu sesi Siang, 19 Februari 2025 (Periode :11.00-13.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 11.00-11.15 | 137 | 82 | 69 | 204 | 38 | 38 | 166 | 53 | 31 | 151 | 15 | 102 | 6 | 22 | 0 | 4 | 12 | 2 | 0 | 4 |
| 11.15-11.30 | 152 | 98 | 61 | 143 | 45 | 29 | 147 | 47 | 24 | 135 | 36 | 88 | 5 | 24 | 1 | 11 | 22 | 2 | 0 | 7 |
| 11.30-11.45 | 134 | 101 | 85 | 201 | 51 | 36 | 162 | 66 | 27 | 162 | 45 | 73 | 8 | 33 | 2 | 11 | 16 | 4 | 1 | 5 |
| 11.45-12.00 | 112 | 75 | 57 | 138 | 37 | 24 | 159 | 52 | 24 | 138 | 33 | 94 | 10 | 20 | 0 | 11 | 10 | 2 | 3 | 6 |
| 12.00-12.15 | 127 | 90 | 86 | 183 | 39 | 29 | 111 | 44 | 22 | 150 | 38 | 94 | 12 | 18 | 0 | 10 | 9 | 3 | 4 | 5 |
| 12.15-12.30 | 126 | 93 | 66 | 154 | 38 | 28 | 169 | 40 | 24 | 148 | 42 | 134 | 11 | 15 | 0 | 8 | 12 | 4 | 2 | 7 |
| 12.30-12.45 | 146 | 103 | 69 | 156 | 41 | 56 | 135 | 38 | 17 | 165 | 37 | 149 | 13 | 21 | 0 | 0 | 14 | 2 | 3 | 5 |
| 12.45-13.00 | 153 | 118 | 90 | 195 | 37 | 55 | 165 | 32 | 23 | 182 | 35 | 138 | 15 | 22 | 0 | 5 | 15 | 4 | 4 | 6 |

| Waktu Periode 15 Menit | Rabu sesi Siang, 19 Februari 2025 (Periode :11.00-13.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 11.00-11.15 | 115 | 38 | 24 | 43 | 19 | 26 | 109 | 31 | 18 | 40 | 13 | 30 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| 11.15-11.30 | 125 | 33 | 37 | 34 | 27 | 19 | 94 | 38 | 16 | 69 | 26 | 30 | 5 | 8 | 1 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| 11.30-11.45 | 112 | 32 | 34 | 61 | 28 | 17 | 110 | 25 | 26 | 44 | 24 | 37 | 2 | 4 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 11.45-12.00 | 98 | 40 | 39 | 55 | 22 | 21 | 81 | 22 | 20 | 45 | 19 | 29 | 3 | 2 | 0 | 0 | 5 | 1 | 1 | 0 |
| 12.00-12.15 | 79 | 37 | 47 | 56 | 24 | 19 | 69 | 18 | 18 | 37 | 23 | 29 | 4 | 3 | 0 | 0 | 3 | 1 | 2 | 0 |
| 12.15-12.30 | 116 | 40 | 26 | 46 | 25 | 17 | 105 | 23 | 22 | 58 | 25 | 41 | 5 | 4 | 0 | 0 | 4 | 2 | 3 | 2 |
| 12.30-12.45 | 107 | 25 | 33 | 55 | 23 | 21 | 61 | 19 | 13 | 61 | 21 | 39 | 7 | 5 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| 12.45-13.00 | 110 | 32 | 19 | 55 | 22 | 18 | 113 | 21 | 11 | 53 | 24 | 44 | 6 | 8 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 0 |

| Waktu Periode 15 Menit | Rabu sesi Siang (Periode :11.00-13.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 11.00-11.15 | 28 | 6 | 2 | 3 | 0 | 4 | 24 | 2 | 5 | 0 | 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.15-11.30 | 32 | 3 | 2 | 6 | 1 | 2 | 22 | 2 | 5 | 8 | 10 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.30-11.45 | 21 | 2 | 4 | 6 | 0 | 2 | 36 | 6 | 4 | 2 | 8 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.45-12.00 | 29 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 37 | 3 | 3 | 4 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.00-12.15 | 28 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 29 | 2 | 10 | 3 | 7 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.15-12.30 | 16 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 27 | 2 | 5 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.30-12.45 | 37 | 0 | 3 | 2 | 1 | 3 | 21 | 1 | 10 | 2 | 3 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.45-13.00 | 25 | 3 | 3 | 4 | 1 | 4 | 22 | 1 | 10 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Waktu Periode 15 Menit | Rabu sesi Sore, 19 Februari 2025 (Periode :16.00-17.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 16.00-16.15 | 377 | 229 | 101 | 426 | 32 | 95 | 207 | 68 | 57 | 166 | 29 | 113 | 23 | 29 | 3 | 25 | 28 | 1 | 2 | 9 |
| 16.15-16.30 | 472 | 279 | 103 | 432 | 34 | 91 | 288 | 57 | 62 | 203 | 30 | 125 | 18 | 29 | 2 | 17 | 26 | 4 | 2 | 12 |
| 16.30-16.45 | 450 | 261 | 115 | 517 | 38 | 111 | 202 | 51 | 46 | 175 | 25 | 116 | 15 | 25 | 4 | 13 | 22 | 5 | 1 | 15 |
| 16.45-16.00 | 417 | 242 | 108 | 334 | 34 | 70 | 249 | 47 | 37 | 193 | 27 | 122 | 16 | 22 | 5 | 12 | 20 | 1 | 2 | 11 |
| 17.00-17.15 | 330 | 210 | 82 | 449 | 31 | 107 | 248 | 40 | 43 | 175 | 23 | 110 | 14 | 20 | 2 | 15 | 23 | 2 | 3 | 7 |
| 17.15-17.30 | 520 | 258 | 96 | 409 | 28 | 73 | 264 | 41 | 42 | 126 | 25 | 110 | 15 | 17 | 1 | 10 | 22 | 3 | 2 | 6 |
| 17.30-17.45 | 342 | 238 | 93 | 313 | 30 | 70 | 212 | 64 | 51 | 192 | 28 | 94 | 15 | 18 | 1 | 18 | 25 | 6 | 0 | 9 |
| 17.45-18.00 | 249 | 210 | 83 | 323 | 28 | 64 | 159 | 53 | 41 | 158 | 24 | 104 | 14 | 14 | 2 | 14 | 18 | 5 | 0 | 10 |

| Waktu Periode 15 Menit | Rabu sesi Sore, 19 Februari 2025 (Periode :16.00-17.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 16.00-16.15 | 145 | 48 | 47 | 70 | 18 | 23 | 105 | 36 | 23 | 45 | 21 | 28 | 4 | 7 | 1 | 3 | 4 | 0 | 0 | 1 |
| 16.15-16.30 | 150 | 36 | 30 | 65 | 15 | 23 | 131 | 37 | 30 | 72 | 25 | 30 | 3 | 5 | 0 | 3 | 4 | 0 | 1 | 0 |
| 16.30-16.45 | 123 | 45 | 39 | 93 | 20 | 29 | 123 | 31 | 16 | 60 | 23 | 33 | 5 | 6 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 |
| 16.45-16.00 | 154 | 38 | 36 | 73 | 18 | 27 | 141 | 34 | 17 | 59 | 28 | 29 | 6 | 7 | 0 | 0 | 5 | 0 | 2 | 2 |
| 17.00-17.15 | 130 | 39 | 44 | 81 | 22 | 35 | 133 | 35 | 18 | 53 | 25 | 23 | 3 | 5 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 1 |
| 17.15-17.30 | 156 | 54 | 47 | 63 | 18 | 24 | 123 | 32 | 30 | 54 | 24 | 32 | 4 | 4 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 2 |
| 17.30-17.45 | 116 | 46 | 17 | 70 | 23 | 20 | 122 | 34 | 25 | 44 | 21 | 32 | 3 | 5 | 0 | 2 | 4 | 0 | 0 | 3 |
| 17.45-18.00 | 129 | 35 | 35 | 77 | 20 | 15 | 96 | 30 | 20 | 51 | 25 | 30 | 5 | 5 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 2 |

| Waktu Periode 15 Menit | Rabu sesi Sore (Periode :16.00-17.00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jumlah Kendaraan (volume Lalu lintas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Utara | | | Barat | | | Selatan | | | Timur | | | Jl Garuda | | | | Menuju Jl Garuda | | | |
| | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | ST | LT | RT | U | B | S | T | U | B | S | T |
| 16.00-16.15 | 25 | 4 | 2 | 2 | 1 | 0 | 16 | 2 | 7 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16.15-16.30 | 23 | 3 | 0 | 3 | 1 | 0 | 19 | 3 | 12 | 3 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16.30-16.45 | 37 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 22 | 2 | 10 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16.45-16.00 | 27 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 19 | 3 | 9 | 2 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17.00-17.15 | 25 | 4 | 1 | 5 | 1 | 1 | 18 | 2 | 6 | 1 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17.15-17.30 | 37 | 3 | 0 | 4 | 2 | 1 | 14 | 1 | 6 | 3 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17.30-17.45 | 35 | 3 | 1 | 10 | 0 | 1 | 22 | 2 | 9 | 8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17.45-18.00 | 22 | 2 | 0 | 6 | 2 | 1 | 25 | 1 | 4 | 2 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

## Lampiran 2 Formulir Survei Panjang Antrian

| Sabtu, 15 Februari 2025 periode Pagi | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Utara** | | **selatan** | | **barat** | | **Timur** | |
| **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** |
| 07.00 | 80 | 07.01 | 140 | 07.01 | 42 | 07.04 | 100 |
| 07.02 | 63 | 07.04 | 80 | 07.05 | 30 | 07.07 | 100 |
| 07.05 | 58 | 07.07 | 80 | 07.08 | 30 | 07.10 | 60 |
| 07.09 | 55 | 07.11 | 80 | 07.11 | 45 | 07.13 | 80 |
| 07.12 | 58 | 07.14 | 45 | 07.15 | 55 | 07.16 | 70 |
| 07.15 | 82 | 07.17 | 60 | 07.18 | 45 | 07.19 | 100 |
| 07.19 | 50 | 07.20 | 85 | 07.21 | 40 | 07.23 | 100 |
| 07.22 | 77 | 07.24 | 80 | 07.25 | 55 | 07.26 | 100 |
| 07.25 | 61 | 07.27 | 60 | 07.28 | 40 | 07.29 | 80 |
| 07.29 | 140 | 07.30 | 80 | 07.31 | 68 | 07.33 | 100 |
| 07.32 | 72 | 07.34 | 80 | 07.34 | 58 | 07.36 | 100 |
| 07.35 | 63 | 07.37 | 60 | 07.38 | 45 | 07.39 | 100 |
| 07.39 | 76 | 07.40 | 60 | 07.41 | 55 | 07.42 | 80 |
| 07.42 | 60 | 07.43 | 120 | 07.44 | 42 | 07.46 | 110 |
| 07.45 | 65 | 07.46 | 60 | 07.48 | 78 | 07.49 | 120 |
| 07.49 | 38 | 07.50 | 85 | 07.51 | 62 | 07.52 | 120 |
| 07.52 | 98 | 07.53 | 80 | 07.54 | 64 | 07.56 | 90 |
| 07.55 | 83 | 07.56 | 60 | 07.57 | 110 | 07.59 | 150 |
| 08.02 | 70 | 08.00 | 50 | 08.01 | 86 | 08.03 | 220 |
| 08.05 | 136 | 08.03 | 105 | 08.04 | 64 | 08.06 | 220 |
| 08.08 | 83 | 08.07 | 140 | 08.07 | 60 | 08.09 | 160 |
| 08.11 | 80 | 08.10 | 150 | 08.11 | 46 | 08.12 | 160 |
| 08.15 | 72 | 08.13 | 160 | 08.14 | 105 | 08.16 | 160 |
| 08.18 | 86 | 08.16 | 120 | 08.17 | 70 | 08.19 | 180 |
| 08.21 | 79 | 08.19 | 80 | 08.20 | 60 | 08.22 | 100 |
| 08.25 | 80 | 08.23 | 80 | 08.24 | 90 | 08.25 | 120 |
| 08.28 | 82 | 08.26 | 100 | 08.27 | 66 | 08.28 | 150 |
| 08.31 | 71 | 08.29 | 90 | 08.30 | 44 | 08.32 | 160 |
| 08.34 | 76 | 08.32 | 90 | 08.34 | 84 | 08.35 | 200 |
| 08.38 | 73 | 08.36 | 100 | 08.37 | 84 | 08.38 | 180 |
| 08.41 | 110 | 08.39 | 90 | 08.40 | 84 | 08.41 | 200 |
| 08.44 | 138 | 08.43 | 100 | 08.43 | 46 | 08.44 | 220 |
| 08.47 | 75 | 08.46 | 160 | 08.47 | 80 | 08.47 | 220 |
| 08.51 | 82 | 08.49 | 80 | 08.50 | 44 | 08.50 | 220 |
| 08.54 | 95 | 08.52 | 100 | 08.53 | 76 | 08.53 | 200 |
| 08.57 | 142 | 08.55 | 60 | 08.57 | 64 | 08.56 | 190 |
| 09.00 | 97 | 08.59 | 90 | 09.00 | 80 | 08.59 | 260 |

| Sabtu, 15 Februari 2025 periode Siang | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Utara** | | **selatan** | | **barat** | | **Timur** | |
| **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** |
| 11.02 | 190 | 11.01 | 240 | 11.02 | 70 | 11.03 | 160 |
| 11.05 | 97 | 11.04 | 300 | 11.05 | 120 | 11.06 | 180 |
| 11.09 | 156 | 11.07 | 180 | 11.08 | 120 | 11.09 | 180 |
| 11.12 | 98 | 11.10 | 260 | 11.11 | 120 | 11.12 | 200 |
| 11.15 | 208 | 11.14 | 300 | 11.15 | 80 | 11.15 | 200 |
| 11.19 | 104 | 11.17 | 300 | 11.18 | 55 | 11.19 | 200 |
| 11.22 | 88 | 11.20 | 260 | 11.21 | 100 | 11.23 | 240 |
| 11.25 | 230 | 11.24 | 200 | 11.24 | 60 | 11.26 | 240 |
| 11.28 | 240 | 11.27 | 220 | 11.28 | 85 | 11.29 | 120 |
| 11.32 | 235 | 11.30 | 140 | 11.31 | 160 | 11.32 | 140 |
| 11.35 | 110 | 11.34 | 160 | 11.35 | 200 | 11.38 | 280 |
| 11.38 | 120 | 11.37 | 80 | 11.39 | 300 | 11.42 | 200 |
| 11.42 | 76 | 11.41 | 80 | 11.42 | 340 | 11.45 | 200 |
| 11.45 | 100 | 11.44 | 160 | 11.45 | 290 | 11.49 | 220 |
| 11.48 | 82 | 11.47 | 40 | 11.48 | 300 | 11.52 | 200 |
| 11.51 | 87 | 11.50 | 70 | 11.51 | 260 | 11.56 | 200 |
| 11.55 | 80 | 11.53 | 90 | 11.54 | 240 | 11.59 | 180 |
| 11.58 | 86 | 11.57 | 90 | 11.57 | 210 | 12.03 | 180 |
| 12.01 | 82 | 12.00 | 100 | 12.01 | 180 | 12.06 | 160 |
| 12.05 | 97 | 12.03 | 70 | 12.04 | 125 | 12.09 | 140 |
| 12.08 | 98 | 12.06 | 140 | 12.07 | 130 | 12.12 | 140 |
| 12.11 | 85 | 12.09 | 80 | 12.11 | 80 | 12.15 | 120 |
| 12.14 | 208 | 12.13 | 120 | 12.14 | 120 | 12.19 | 100 |
| 12.18 | 166 | 12.16 | 140 | 12.17 | 70 | 12.22 | 120 |
| 12.21 | 83 | 12.19 | 150 | 12.20 | 120 | 12.25 | 120 |
| 12.24 | 128 | 12.22 | 80 | 12.24 | 100 | 12.28 | 180 |
| 12.27 | 78 | 12.26 | 100 | 12.27 | 160 | 12.32 | 100 |
| 12.31 | 184 | 12.29 | 100 | 12.30 | 150 | 12.35 | 160 |
| 12.34 | 124 | 12.33 | 120 | 12.34 | 115 | 12.38 | 160 |
| 12.37 | 114 | 12.36 | 40 | 12.37 | 105 | 12.41 | 180 |
| 12.41 | 130 | 12.39 | 90 | 12.40 | 125 | 12.45 | 160 |
| 12.44 | 72 | 12.42 | 80 | 12.43 | 100 | 12.48 | 160 |
| 12.47 | 132 | 12.46 | 60 | 12.47 | 110 | 12.52 | 100 |
| 12.51 | 134 | 12.49 | 100 | 12.50 | 110 | 12.55 | 100 |
| 12.54 | 155 | 12.53 | 100 | 12.53 | 90 | 12.58 | 120 |
| 12.57 | 86 | 12.56 | 60 | 12.57 | 80 | | |
| 13.00 | 100 | 12.59 | 100 | 13.00 | 100 | | |

| Sabtu, 15 Februari 2025 periode Sore | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Utara** | | **selatan** | | **barat** | | **Timur** | |
| **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** |
| 16.02 | 240 | 16.01 | 110 | 16.01 | 125 | 16.03 | 300 |
| 16.05 | 280 | 16.04 | 130 | 16.04 | 205 | 16.06 | 320 |
| 16.08 | 320 | 16.07 | 120 | 16.07 | 250 | 16.09 | 300 |
| 16.12 | 345 | 16.11 | 160 | 16.11 | 208 | 16.12 | 300 |
| 16.15 | 360 | 16.14 | 240 | 16.14 | 230 | 16.15 | 320 |
| 16.18 | 325 | 16.17 | 180 | 16.17 | 340 | 16.18 | 340 |
| 16.22 | 410 | 16.20 | 210 | 16.20 | 280 | 16.22 | 300 |
| 16.25 | 450 | 16.23 | 180 | 16.23 | 310 | 16.25 | 360 |
| 16.28 | 385 | 16.25 | 200 | 16.25 | 315 | 16.28 | 300 |
| 16.31 | 370 | 16.28 | 140 | 16.28 | 270 | 16.32 | 260 |
| 16.35 | 360 | 16.31 | 140 | 16.31 | 245 | 16.36 | 300 |
| 16.38 | 240 | 16.34 | 110 | 16.34 | 235 | 16.39 | 280 |
| 16.41 | 235 | 16.38 | 130 | 16.38 | 184 | 16.43 | 300 |
| 16.44 | 340 | 16.41 | 180 | 16.41 | 104 | 16.46 | 280 |
| 16.48 | 238 | 16.44 | 250 | 16.44 | 100 | 16.50 | 320 |
| 16.51 | 285 | 16.48 | 200 | 16.48 | 100 | 16.54 | 300 |
| 16.54 | 290 | 16.51 | 140 | 16.51 | 94 | 16.57 | 380 |
| 16.58 | 205 | 16.55 | 120 | 16.55 | 90 | 17.00 | 350 |
| 17.01 | 325 | 16.58 | 160 | 16.58 | 100 | 17.03 | 380 |
| 17.04 | 385 | 17.02 | 60 | 17.02 | 125 | 17.06 | 280 |
| 17.08 | 250 | 17.05 | 100 | 17.05 | 105 | 17.10 | 400 |
| 17.11 | 375 | 17.09 | 120 | 17.09 | 70 | 17.14 | 300 |
| 17.15 | 245 | 17.12 | 120 | 17.12 | 90 | 17.17 | 300 |
| 17.18 | 350 | 17.16 | 100 | 17.16 | 80 | 17.20 | 400 |
| 17.21 | 260 | 17.19 | 90 | 17.19 | 130 | 17.23 | 260 |
| 17.24 | 345 | 17.22 | 180 | 17.22 | 90 | 17.27 | 220 |
| 17.27 | 310 | 17.26 | 160 | 17.26 | 95 | 17.30 | 200 |
| 17.31 | 265 | 17.29 | 150 | 17.29 | 85 | 17.34 | 180 |
| 17.34 | 275 | 17.33 | 120 | 17.33 | 65 | 17.37 | 180 |
| 17.37 | 200 | 17.36 | 110 | 17.36 | 70 | 17.40 | 220 |
| 17.41 | 175 | 17.40 | 80 | 17.40 | 68 | 17.43 | 160 |
| 17.44 | 125 | 17.43 | 160 | 17.43 | 84 | 17.46 | 160 |
| 17.47 | 90 | 17.47 | 60 | 17.47 | 160 | 17.49 | 200 |
| 17.51 | 70 | 17.50 | 80 | 17.50 | 145 | 17.52 | 180 |
| 17.54 | 85 | 17.54 | 90 | 17.54 | 100 | 17.55 | 140 |
| 17.58 | 45 | 17.57 | 120 | 17.57 | 110 | 17.58 | 160 |
| 18.01 | 85 | 18.01 | 100 | 18.01 | 100 | | |

| Senin, 17 Februari 2025 periode Pagi | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Utara** | | **selatan** | | **barat** | | **Timur** | |
| **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** |
| 07.00 | 125 | 07.01 | 100 | 07.01 | 145 | 07.04 | 180 |
| 07.02 | 80 | 07.04 | 110 | 07.05 | 80 | 07.07 | 180 |
| 07.05 | 108 | 07.07 | 140 | 07.08 | 64 | 07.10 | 320 |
| 07.09 | 82 | 07.11 | 100 | 07.11 | 45 | 07.13 | 320 |
| 07.12 | 85 | 07.14 | 120 | 07.15 | 55 | 07.16 | 300 |
| 07.15 | 86 | 07.17 | 120 | 07.18 | 65 | 07.19 | 220 |
| 07.19 | 74 | 07.20 | 100 | 07.21 | 50 | 07.23 | 280 |
| 07.22 | 91 | 07.24 | 90 | 07.25 | 55 | 07.26 | 300 |
| 07.25 | 60 | 07.27 | 90 | 07.28 | 62 | 07.29 | 260 |
| 07.29 | 79 | 07.30 | 70 | 07.31 | 65 | 07.33 | 240 |
| 07.32 | 77 | 07.34 | 100 | 07.34 | 70 | 07.36 | 240 |
| 07.35 | 87 | 07.37 | 80 | 07.38 | 100 | 07.39 | 240 |
| 07.39 | 85 | 07.40 | 100 | 07.41 | 100 | 07.42 | 240 |
| 07.42 | 70 | 07.43 | 120 | 07.44 | 70 | 07.46 | 220 |
| 07.45 | 68 | 07.46 | 100 | 07.48 | 80 | 07.49 | 220 |
| 07.49 | 83 | 07.50 | 110 | 07.51 | 110 | 07.52 | 200 |
| 07.52 | 81 | 07.53 | 140 | 07.54 | 65 | 07.56 | 180 |
| 07.55 | 89 | 07.56 | 150 | 07.57 | 60 | 07.59 | 200 |
| 08.02 | 110 | 08.00 | 140 | 08.01 | 70 | 08.03 | 240 |
| 08.05 | 90 | 08.03 | 100 | 08.04 | 45 | 08.06 | 240 |
| 08.08 | 80 | 08.07 | 120 | 08.07 | 80 | 08.09 | 220 |
| 08.11 | 86 | 08.10 | 100 | 08.11 | 60 | 08.12 | 200 |
| 08.15 | 76 | 08.13 | 80 | 08.14 | 60 | 08.16 | 160 |
| 08.18 | 62 | 08.16 | 120 | 08.17 | 70 | 08.19 | 160 |
| 08.21 | 68 | 08.19 | 120 | 08.20 | 40 | 08.22 | 140 |
| 08.25 | 70 | 08.23 | 100 | 08.24 | 70 | 08.25 | 140 |
| 08.28 | 59 | 08.26 | 160 | 08.27 | 76 | 08.28 | 120 |
| 08.31 | 62 | 08.29 | 80 | 08.30 | 52 | 08.32 | 100 |
| 08.34 | 80 | 08.32 | 60 | 08.34 | 58 | 08.35 | 80 |
| 08.38 | 93 | 08.36 | 140 | 08.37 | 55 | 08.38 | 80 |
| 08.41 | 101 | 08.39 | 110 | 08.40 | 70 | 08.41 | 80 |
| 08.44 | 79 | 08.43 | 120 | 08.43 | 40 | 08.44 | 80 |
| 08.47 | 80 | 08.46 | 80 | 08.47 | 110 | 08.47 | 100 |
| 08.51 | 48 | 08.49 | 120 | 08.50 | 65 | 08.50 | 60 |
| 08.54 | 61 | 08.52 | 110 | 08.53 | 40 | 08.53 | 70 |
| 08.57 | 65 | 08.55 | 110 | 08.57 | 40 | 08.56 | 80 |
| 09.00 | 75 | 08.59 | 70 | 09.00 | 70 | 08.59 | 80 |

| Senin, 17 Februari 2025 periode Siang | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Utara** | | **selatan** | | **barat** | | **Timur** | |
| **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** |
| 11.02 | 87 | 11.01 | 70 | 11.02 | 55 | 11.03 | 70 |
| 11.05 | 71 | 11.04 | 80 | 11.05 | 40 | 11.06 | 70 |
| 11.09 | 90 | 11.07 | 140 | 11.08 | 70 | 11.09 | 50 |
| 11.12 | 127 | 11.10 | 100 | 11.11 | 86 | 11.12 | 90 |
| 11.15 | 103 | 11.14 | 160 | 11.15 | 92 | 11.15 | 80 |
| 11.19 | 83 | 11.17 | 140 | 11.18 | 60 | 11.19 | 120 |
| 11.22 | 121 | 11.20 | 160 | 11.21 | 55 | 11.23 | 160 |
| 11.25 | 109 | 11.24 | 100 | 11.24 | 110 | 11.26 | 160 |
| 11.28 | 133 | 11.27 | 160 | 11.28 | 70 | 11.29 | 150 |
| 11.32 | 81 | 11.30 | 100 | 11.31 | 80 | 11.32 | 140 |
| 11.35 | 96 | 11.34 | 80 | 11.35 | 40 | 11.38 | 90 |
| 11.38 | 80 | 11.37 | 80 | 11.39 | 45 | 11.42 | 80 |
| 11.42 | 93 | 11.41 | 60 | 11.42 | 75 | 11.45 | 80 |
| 11.45 | 84 | 11.44 | 100 | 11.45 | 75 | 11.49 | 90 |
| 11.48 | 103 | 11.47 | 100 | 11.48 | 75 | 11.52 | 80 |
| 11.51 | 79 | 11.50 | 90 | 11.51 | 70 | 11.56 | 100 |
| 11.55 | 62 | 11.53 | 80 | 11.54 | 95 | 11.59 | 80 |
| 11.58 | 112 | 11.57 | 80 | 11.57 | 75 | 12.03 | 80 |
| 12.01 | 89 | 12.00 | 65 | 12.01 | 60 | 12.06 | 80 |
| 12.05 | 118 | 12.03 | 80 | 12.04 | 55 | 12.09 | 80 |
| 12.08 | 131 | 12.06 | 70 | 12.07 | 58 | 12.12 | 80 |
| 12.11 | 117 | 12.09 | 80 | 12.11 | 86 | 12.15 | 70 |
| 12.14 | 143 | 12.13 | 120 | 12.14 | 85 | 12.19 | 100 |
| 12.18 | 165 | 12.16 | 70 | 12.17 | 65 | 12.22 | 70 |
| 12.21 | 80 | 12.19 | 70 | 12.20 | 95 | 12.25 | 70 |
| 12.24 | 163 | 12.22 | 80 | 12.24 | 100 | 12.28 | 80 |
| 12.27 | 79 | 12.26 | 60 | 12.27 | 60 | 12.32 | 70 |
| 12.31 | 93 | 12.29 | 100 | 12.30 | 75 | 12.35 | 80 |
| 12.34 | 127 | 12.33 | 160 | 12.34 | 80 | 12.38 | 80 |
| 12.37 | 85 | 12.36 | 70 | 12.37 | 90 | 12.41 | 80 |
| 12.41 | 88 | 12.39 | 40 | 12.40 | 80 | 12.45 | 80 |
| 12.44 | 82 | 12.42 | 100 | 12.43 | 60 | 12.48 | 100 |
| 12.47 | 84 | 12.46 | 100 | 12.47 | 40 | 12.52 | 100 |
| 12.51 | 129 | 12.49 | 90 | 12.50 | 47 | 12.55 | 60 |
| 12.54 | 122 | 12.53 | 70 | 12.53 | 90 | 12.58 | 80 |
| 12.57 | 79 | 12.56 | 60 | 12.57 | 80 | | |
| 13.00 | 101 | 12.59 | 80 | 13.00 | 60 | | |

| Senin, 17 Februari 2025 periode Sore | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Utara** | | **selatan** | | **barat** | | **Timur** | |
| **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** |
| 16.02 | 110 | 16.01 | 40 | 16.01 | 120 | 16.03 | 300 |
| 16.05 | 107 | 16.04 | 60 | 16.04 | 210 | 16.06 | 320 |
| 16.08 | 95 | 16.07 | 60 | 16.07 | 230 | 16.09 | 300 |
| 16.12 | 140 | 16.11 | 100 | 16.11 | 290 | 16.12 | 350 |
| 16.15 | 138 | 16.14 | 80 | 16.14 | 270 | 16.15 | 320 |
| 16.18 | 205 | 16.17 | 100 | 16.17 | 310 | 16.18 | 260 |
| 16.22 | 172 | 16.20 | 90 | 16.20 | 300 | 16.22 | 280 |
| 16.25 | 258 | 16.23 | 100 | 16.23 | 310 | 16.25 | 200 |
| 16.28 | 372 | 16.25 | 90 | 16.25 | 260 | 16.28 | 200 |
| 16.31 | 340 | 16.28 | 60 | 16.28 | 300 | 16.32 | 200 |
| 16.35 | 327 | 16.31 | 90 | 16.31 | 304 | 16.36 | 200 |
| 16.38 | 220 | 16.34 | 80 | 16.34 | 330 | 16.39 | 180 |
| 16.41 | 360 | 16.38 | 100 | 16.38 | 350 | 16.43 | 180 |
| 16.44 | 280 | 16.41 | 60 | 16.41 | 365 | 16.46 | 180 |
| 16.48 | 390 | 16.44 | 100 | 16.44 | 345 | 16.50 | 170 |
| 16.51 | 345 | 16.48 | 120 | 16.48 | 310 | 16.54 | 160 |
| 16.54 | 350 | 16.51 | 90 | 16.51 | 230 | 16.57 | 160 |
| 16.58 | 260 | 16.55 | 110 | 16.55 | 280 | 17.00 | 140 |
| 17.01 | 365 | 16.58 | 90 | 16.58 | 300 | 17.03 | 160 |
| 17.04 | 315 | 17.02 | 60 | 17.02 | 280 | 17.06 | 160 |
| 17.08 | 240 | 17.05 | 120 | 17.05 | 200 | 17.10 | 140 |
| 17.11 | 360 | 17.09 | 100 | 17.09 | 140 | 17.14 | 140 |
| 17.15 | 285 | 17.12 | 90 | 17.12 | 210 | 17.17 | 150 |
| 17.18 | 195 | 17.16 | 80 | 17.16 | 200 | 17.20 | 120 |
| 17.21 | 180 | 17.19 | 80 | 17.19 | 165 | 17.23 | 130 |
| 17.24 | 210 | 17.22 | 100 | 17.22 | 180 | 17.27 | 100 |
| 17.27 | 145 | 17.26 | 90 | 17.26 | 155 | 17.30 | 120 |
| 17.31 | 150 | 17.29 | 100 | 17.29 | 150 | 17.34 | 140 |
| 17.34 | 137 | 17.33 | 100 | 17.33 | 120 | 17.37 | 100 |
| 17.37 | 180 | 17.36 | 40 | 17.36 | 85 | 17.40 | 140 |
| 17.41 | 160 | 17.40 | 60 | 17.40 | 75 | 17.43 | 140 |
| 17.44 | 165 | 17.43 | 120 | 17.43 | 50 | 17.46 | 140 |
| 17.47 | 150 | 17.47 | 80 | 17.47 | 75 | 17.49 | 130 |
| 17.51 | 125 | 17.50 | 80 | 17.50 | 70 | 17.52 | 140 |
| 17.54 | 115 | 17.54 | 100 | 17.54 | 90 | 17.55 | 150 |
| 17.58 | 75 | 17.57 | 90 | 17.57 | 85 | 17.58 | 60 |
| 18.01 | 70 | 18.01 | 100 | 18.01 | 75 | | |

| Rabu, 19 Februari 2025 periode Pagi | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Utara** | | **selatan** | | **barat** | | **Timur** | |
| **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** |
| 07.00 | 104 | 07.01 | 70 | 07.01 | 85 | 07.04 | 120 |
| 07.02 | 93 | 07.04 | 80 | 07.05 | 95 | 07.07 | 140 |
| 07.05 | 75 | 07.07 | 70 | 07.08 | 90 | 07.10 | 100 |
| 07.09 | 72 | 07.11 | 90 | 07.11 | 105 | 07.13 | 100 |
| 07.12 | 75 | 07.14 | 100 | 07.15 | 65 | 07.16 | 140 |
| 07.15 | 100 | 07.17 | 110 | 07.18 | 70 | 07.19 | 160 |
| 07.19 | 68 | 07.20 | 80 | 07.21 | 110 | 07.23 | 180 |
| 07.22 | 132 | 07.24 | 60 | 07.25 | 200 | 07.26 | 220 |
| 07.25 | 80 | 07.27 | 70 | 07.28 | 115 | 07.29 | 240 |
| 07.29 | 58 | 07.30 | 100 | 07.31 | 45 | 07.33 | 180 |
| 07.32 | 52 | 07.34 | 140 | 07.34 | 70 | 07.36 | 160 |
| 07.35 | 80 | 07.37 | 80 | 07.38 | 45 | 07.39 | 120 |
| 07.39 | 57 | 07.40 | 80 | 07.41 | 110 | 07.42 | 120 |
| 07.42 | 72 | 07.43 | 120 | 07.44 | 115 | 07.46 | 100 |
| 07.45 | 80 | 07.46 | 140 | 07.48 | 50 | 07.49 | 100 |
| 07.49 | 88 | 07.50 | 70 | 07.51 | 55 | 07.52 | 90 |
| 07.52 | 45 | 07.53 | 140 | 07.54 | 45 | 07.56 | 80 |
| 07.55 | 82 | 07.56 | 60 | 07.57 | 75 | 07.59 | 80 |
| 08.02 | 60 | 08.00 | 100 | 08.01 | 65 | 08.03 | 90 |
| 08.05 | 57 | 08.03 | 80 | 08.04 | 67 | 08.06 | 100 |
| 08.08 | 62 | 08.07 | 60 | 08.07 | 75 | 08.09 | 70 |
| 08.11 | 96 | 08.10 | 100 | 08.11 | 65 | 08.12 | 90 |
| 08.15 | 60 | 08.13 | 70 | 08.14 | 80 | 08.16 | 90 |
| 08.18 | 105 | 08.16 | 90 | 08.17 | 75 | 08.19 | 80 |
| 08.21 | 64 | 08.19 | 120 | 08.20 | 60 | 08.22 | 100 |
| 08.25 | 96 | 08.23 | 60 | 08.24 | 65 | 08.25 | 80 |
| 08.28 | 136 | 08.26 | 80 | 08.27 | 85 | 08.28 | 70 |
| 08.31 | 110 | 08.29 | 60 | 08.30 | 60 | 08.32 | 70 |
| 08.34 | 84 | 08.32 | 100 | 08.34 | 45 | 08.35 | 80 |
| 08.38 | 96 | 08.36 | 100 | 08.37 | 85 | 08.38 | 70 |
| 08.41 | 58 | 08.39 | 160 | 08.40 | 45 | 08.41 | 100 |
| 08.44 | 135 | 08.43 | 100 | 08.43 | 65 | 08.44 | 60 |
| 08.47 | 86 | 08.46 | 60 | 08.47 | 60 | 08.47 | 60 |
| 08.51 | 106 | 08.49 | 100 | 08.50 | 65 | 08.50 | 100 |
| 08.54 | 110 | 08.52 | 80 | 08.53 | 65 | 08.53 | 80 |
| 08.57 | 66 | 08.55 | 80 | 08.57 | 67 | 08.56 | 70 |
| 09.00 | 68 | 08.59 | 80 | 09.00 | 50 | 08.59 | 90 |

| Rabu, 19 Februari 2025 periode Sore | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Utara** | | **selatan** | | **barat** | | **Timur** | |
| **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** |
| 16.00 | 82 | 16.02 | 100 | 16.03 | 230 | 16.00 | 60 |
| 16.03 | 205 | 16.05 | 80 | 16.06 | 260 | 16.04 | 80 |
| 16.07 | 130 | 16.08 | 70 | 16.09 | 220 | 16.07 | 90 |
| 16.10 | 108 | 16.11 | 80 | 16.12 | 270 | 16.10 | 90 |
| 16.13 | 138 | 16.14 | 100 | 16.16 | 260 | 16.14 | 90 |
| 16.16 | 150 | 16.18 | 120 | 16.19 | 210 | 16.17 | 90 |
| 16.20 | 185 | 16.21 | 110 | 16.22 | 320 | 16.20 | 80 |
| 16.23 | 225 | 16.24 | 100 | 16.26 | 280 | 16.24 | 80 |
| 16.27 | 230 | 16.28 | 80 | 16.29 | 290 | 16.27 | 120 |
| 16.30 | 275 | 16.32 | 100 | 16.33 | 220 | 16.31 | 120 |
| 16.33 | 195 | 16.35 | 80 | 16.36 | 265 | 16.34 | 130 |
| 16.37 | 144 | 16.38 | 80 | 16.40 | 180 | 16.37 | |
| 16.40 | 200 | 16.42 | 100 | 16.43 | 210 | 16.40 | 100 |
| 16.44 | 210 | 16.45 | 90 | 16.47 | 185 | 16.44 | 100 |
| 16.47 | 265 | 16.49 | 100 | 16.50 | 130 | 16.48 | 120 |
| 16.51 | 300 | 16.52 | 100 | 16.54 | 120 | 16.51 | 120 |
| 16.54 | 285 | 16.56 | 70 | 16.57 | 110 | 16.55 | 100 |
| 16.58 | 280 | 16.59 | 80 | 17.01 | 190 | 16.58 | 100 |
| 17.01 | 245 | 17.03 | 70 | 17.04 | 120 | 17.02 | 90 |
| 17.05 | 215 | 17.06 | 60 | 17.07 | 125 | 17.05 | 120 |
| 17.08 | 260 | 17.10 | 100 | 17.11 | 85 | 17.09 | 120 |
| 17.11 | 260 | 17.13 | 90 | 17.14 | 110 | 17.12 | 70 |
| 17.15 | 270 | 17.17 | 90 | 17.17 | 95 | 17.15 | 90 |
| 17.18 | 184 | 17.20 | 100 | 17.21 | 110 | 17.19 | 80 |
| 17.22 | 154 | 17.24 | 100 | 17.25 | 190 | 17.22 | 120 |
| 17.26 | 186 | 17.27 | 60 | 17.28 | 180 | 17.26 | 100 |
| 17.29 | 152 | 17.30 | 100 | 17.32 | 200 | 17.30 | 120 |
| 17.32 | 230 | 17.34 | 80 | 17.35 | 350 | 17.33 | 140 |
| 17.36 | 170 | 17.38 | 80 | 17.39 | 310 | 17.37 | 80 |
| 17.39 | 265 | 17.41 | 60 | 17.42 | 340 | 17.40 | 80 |
| 17.43 | 194 | 17.45 | 90 | 17.46 | 330 | 17.44 | 100 |
| 17.46 | 152 | 17.48 | 60 | 17.50 | 300 | 17.47 | 140 |
| 17.50 | 105 | 17.51 | 80 | 17.53 | 265 | 17.51 | 140 |
| 17.53 | 100 | 17.55 | 80 | 17.56 | 135 | 17.54 | 120 |
| 17.56 | 106 | 17.58 | 100 | 17.59 | 60 | 17.57 | 100 |
| 18.00 | 120 | | | | | 18.00 | 120 |

| Rabu, 19 Februari 2025 periode Siang | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Utara** | | **selatan** | | **barat** | | **Timur** | |
| **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** |
| 11.02 | 130 | 11.01 | 100 | 11.02 | 100 | 11.03 | 60 |
| 11.05 | 105 | 11.04 | 100 | 11.05 | 65 | 11.06 | 70 |
| 11.09 | 98 | 11.07 | 60 | 11.08 | 60 | 11.09 | 80 |
| 11.12 | 75 | 11.10 | 60 | 11.11 | 40 | 11.12 | 80 |
| 11.15 | 176 | 11.14 | 100 | 11.15 | 80 | 11.15 | 100 |
| 11.19 | 135 | 11.17 | 60 | 11.18 | 70 | 11.19 | 100 |
| 11.22 | 98 | 11.20 | 100 | 11.21 | 40 | 11.23 | 70 |
| 11.25 | 70 | 11.24 | 70 | 11.24 | 60 | 11.26 | 80 |
| 11.28 | 125 | 11.27 | 50 | 11.28 | 80 | 11.29 | 60 |
| 11.32 | 120 | 11.30 | 100 | 11.31 | 90 | 11.32 | 80 |
| 11.35 | 144 | 11.34 | 60 | 11.35 | 85 | 11.38 | 60 |
| 11.38 | 122 | 11.37 | 60 | 11.39 | 55 | 11.42 | 90 |
| 11.42 | 85 | 11.41 | 140 | 11.42 | 50 | 11.45 | 80 |
| 11.45 | 82 | 11.44 | 100 | 11.45 | 70 | 11.49 | 100 |
| 11.48 | 86 | 11.47 | 70 | 11.48 | 65 | 11.52 | 60 |
| 11.51 | 70 | 11.50 | 80 | 11.51 | 70 | 11.56 | 60 |
| 11.55 | 77 | 11.53 | 120 | 11.54 | 90 | 11.59 | 60 |
| 11.58 | 125 | 11.57 | 60 | 11.57 | 80 | 12.03 | 80 |
| 12.01 | 85 | 12.00 | 140 | 12.01 | 60 | 12.06 | 50 |
| 12.05 | 96 | 12.03 | 120 | 12.04 | 105 | 12.09 | 80 |
| 12.08 | 132 | 12.06 | 70 | 12.07 | 67 | 12.12 | 80 |
| 12.11 | 120 | 12.09 | 70 | 12.11 | 65 | 12.15 | 80 |
| 12.14 | 76 | 12.13 | 80 | 12.14 | 50 | 12.19 | 90 |
| 12.18 | 80 | 12.16 | 80 | 12.17 | 75 | 12.22 | 90 |
| 12.21 | 150 | 12.19 | 140 | 12.20 | 45 | 12.25 | 80 |
| 12.24 | 100 | 12.22 | 40 | 12.24 | 90 | 12.28 | 100 |
| 12.27 | 77 | 12.26 | 60 | 12.27 | 45 | 12.32 | 80 |
| 12.31 | 70 | 12.29 | 50 | 12.30 | 65 | 12.35 | 90 |
| 12.34 | 115 | 12.33 | 70 | 12.34 | 65 | 12.38 | 100 |
| 12.37 | 132 | 12.36 | 80 | 12.37 | 90 | 12.41 | 100 |
| 12.41 | 98 | 12.39 | 100 | 12.40 | 90 | 12.45 | 100 |
| 12.44 | 86 | 12.42 | 100 | 12.43 | 125 | 12.48 | 80 |
| 12.47 | 72 | 12.46 | 80 | 12.47 | 85 | 12.52 | 70 |
| 12.51 | 145 | 12.49 | 40 | 12.50 | 75 | 12.55 | 80 |
| 12.54 | 80 | 12.53 | 60 | 12.53 | 75 | 12.58 | 80 |
| 12.57 | 82 | 12.56 | 60 | 12.57 | 55 | | |
| 13.00 | 82 | 12.59 | 50 | 13.00 | 85 | | |

| Rabu, 19 Februari 2025 periode Sore | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Utara** | | **selatan** | | **barat** | | **Timur** | |
| **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** | **Jam** | **Panjang Antrean (m)** |
| 16.00 | 82 | 16.02 | 100 | 16.03 | 230 | 16.00 | 60 |
| 16.03 | 205 | 16.05 | 80 | 16.06 | 260 | 16.04 | 80 |
| 16.07 | 130 | 16.08 | 70 | 16.09 | 220 | 16.07 | 90 |
| 16.10 | 108 | 16.11 | 80 | 16.12 | 270 | 16.10 | 90 |
| 16.13 | 138 | 16.14 | 100 | 16.16 | 260 | 16.14 | 90 |
| 16.16 | 150 | 16.18 | 120 | 16.19 | 210 | 16.17 | 90 |
| 16.20 | 185 | 16.21 | 110 | 16.22 | 320 | 16.20 | 80 |
| 16.23 | 225 | 16.24 | 100 | 16.26 | 280 | 16.24 | 80 |
| 16.27 | 230 | 16.28 | 80 | 16.29 | 290 | 16.27 | 120 |
| 16.30 | 275 | 16.32 | 100 | 16.33 | 220 | 16.31 | 120 |
| 16.33 | 195 | 16.35 | 80 | 16.36 | 265 | 16.34 | 130 |
| 16.37 | 144 | 16.38 | 80 | 16.40 | 180 | 16.37 | 130 |
| 16.40 | 200 | 16.42 | 100 | 16.43 | 210 | 16.40 | 100 |
| 16.44 | 210 | 16.45 | 90 | 16.47 | 185 | 16.44 | 100 |
| 16.47 | 265 | 16.49 | 100 | 16.50 | 130 | 16.48 | 120 |
| 16.51 | 300 | 16.52 | 100 | 16.54 | 120 | 16.51 | 120 |
| 16.54 | 285 | 16.56 | 70 | 16.57 | 110 | 16.55 | 100 |
| 16.58 | 280 | 16.59 | 80 | 17.01 | 190 | 16.58 | 100 |
| 17.01 | 245 | 17.03 | 70 | 17.04 | 120 | 17.02 | 90 |
| 17.05 | 215 | 17.06 | 60 | 17.07 | 125 | 17.05 | 120 |
| 17.08 | 260 | 17.10 | 100 | 17.11 | 85 | 17.09 | 120 |
| 17.11 | 260 | 17.13 | 90 | 17.14 | 110 | 17.12 | 70 |
| 17.15 | 270 | 17.17 | 90 | 17.17 | 95 | 17.15 | 90 |
| 17.18 | 184 | 17.20 | 100 | 17.21 | 110 | 17.19 | 80 |
| 17.22 | 154 | 17.24 | 100 | 17.25 | 190 | 17.22 | 120 |
| 17.26 | 186 | 17.27 | 60 | 17.28 | 180 | 17.26 | 100 |
| 17.29 | 152 | 17.30 | 100 | 17.32 | 200 | 17.30 | 120 |
| 17.32 | 230 | 17.34 | 80 | 17.35 | 350 | 17.33 | 140 |
| 17.36 | 170 | 17.38 | 80 | 17.39 | 310 | 17.37 | 80 |
| 17.39 | 265 | 17.41 | 60 | 17.42 | 340 | 17.40 | 80 |
| 17.43 | 194 | 17.45 | 90 | 17.46 | 330 | 17.44 | 100 |
| 17.46 | 152 | 17.48 | 60 | 17.50 | 300 | 17.47 | 140 |
| 17.50 | 105 | 17.51 | 80 | 17.53 | 265 | 17.51 | 140 |
| 17.53 | 100 | 17.55 | 80 | 17.56 | 135 | 17.54 | 120 |
| 17.56 | 106 | 17.58 | 100 | 17.59 | 60 | 17.57 | 100 |
| 18.00 | 120 | | | | | 18.00 | 120 |

**Lampiran 3 Formulir Survei *Driving Behavior***

| Pendekat | Jenis Kendaraan | Depan Belakang Kendaraan Kondisi Berhenti | Depan Belakang Kendaraan Kondisi Berjalan (M) | Kendaraan berdampingan Kondisi berhenti | Kendaraan berdampingan Kondisi Berjalan |
|---|---|---|---|---|---|
| Timur | MP | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| | MP | 0,7 | 0,7 | 1,1 | 0,8 |
| | KS | 0,8 | 1 | 1,2 | 1 |
| | KS | 0,6 | 1,2 | 1 | 1,3 |
| | SM | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,4 |
| | SM | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,4 |
| Selatan | MP | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,9 |
| | MP | 0,8 | 0,5 | 0,7 | 0,7 |
| | KS | 0,5 | 1,1 | 1 | 1,1 |
| | KS | 0,7 | 1 | 1,1 | 1,2 |
| | SM | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| | SM | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,4 |
| Timur | MP | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,9 |
| | MP | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,8 |
| | KS | 0,9 | 1,1 | 0,9 | 1 |
| | KS | 1,1 | 1,3 | 1,2 | 1,1 |
| | SM | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,3 |
| | SM | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,2 |
| Barat | MP | 0,6 | 0,9 | 0,8 | 0,8 |
| | MP | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 0,9 |
| | KS | 1,2 | 1 | 1,4 | 1,1 |
| | KS | 0,9 | 1,3 | 1 | 1,3 |
| | SM | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,5 |
| | SM | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,3 |

## Lampiran 4 Formulir Survei Hambatan Samping

| Pendekat Barat : Hambatan Samping Sedang | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NO | Waktu | sisi sebelah Kiri | | | | | | sisi sebelah Kanan | | | | | |
| | | Pejalan Kaki | | Kendaraan Berhenti | | Kendaraan Keluar Masuk | | Pejalan Kaki | | Kendaraan Berhenti | | Kendaraan Keluar Masuk | |
| | | Orang | Bobot (0,5) | Kend | Bobot (1,0) | Kend | Bobot (0,7) | Orang | Bobot (0,5) | Kend | Bobot (1,0) | Kend | Bobot (0,7) |
| 1 | 16.00-16.15 | 6 | 3 | 24 | 24 | 41 | 28,7 | 4 | 2 | 15 | 15 | 43 | 30,1 |
| 2 | 16.15-16.30 | 7 | 3,5 | 14 | 14 | 26 | 18,2 | 5 | 2,5 | 16 | 16 | 37 | 25,9 |
| 3 | 16.30-16.45 | 10 | 5 | 21 | 21 | 44 | 30,8 | 13 | 6,5 | 15 | 15 | 39 | 27,3 |
| 4 | 16.45-17.00 | 8 | 4 | 15 | 15 | 29 | 20,3 | 7 | 3,5 | 17 | 17 | 44 | 30,8 |
| | | | 15,5 | | 74 | | 98 | | 14,5 | | 63 | | 114,1 |
| | | | | | | Total = | 379,1 | | | | | | |

| Pendekat Utara : Hambatan Samping Rendah | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NO | Waktu | sisi sebelah Kiri | | | | | | sisi sebelah Kanan | | | | | |
| | | Pejalan Kaki | | Kendaraan Berhenti | | Kendaraan Keluar Masuk | | Pejalan Kaki | | Kendaraan Berhenti | | Kendaraan Keluar Masuk | |
| | | Orang | Bobot (0,5) | Kend | Bobot (1,0) | Kend | Bobot (0,7) | Orang | Bobot (0,5) | Kend | Bobot (1,0) | Kend | Bobot (0,7) |
| 1 | 16.00-16.15 | 0 | 0 | 4 | 4 | 28 | 19,6 | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 | 2,8 |
| 2 | 16.15-16.30 | 0 | 0 | 4 | 4 | 22 | 15,4 | 0 | 0 | 3 | 3 | 5 | 3,5 |
| 3 | 16.30-16.45 | 0 | 0 | 2 | 2 | 19 | 13,3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 | 2,8 |
| 4 | 16.45-17.00 | 2 | 1 | 4 | 4 | 23 | 16,1 | 0 | 0 | 3 | 3 | 5 | 3,5 |
| | | | 1 | | 14 | | 64,4 | | 0 | | 9 | | 12,6 |
| | | | | | | Total = | 101 | | | | | | |

| Pendekat Selatan :Hambatan Samping Rendah | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NO | Waktu | sisi sebelah Kiri | | | | | | sisi sebelah Kanan | | | | | |
| | | Pejalan Kaki | | Kendaraan Berhenti | | Kendaraan Keluar Masuk | | Pejalan Kaki | | Kendaraan Berhenti | | Kendaraan Keluar Masuk | |
| | | Orang | Bobot (0,5) | Kend | Bobot (1,0) | Kend | Bobot (0,7) | Orang | Bobot (0,5) | Kend | Bobot (1,0) | Kend | Bobot (0,7) |
| 1 | 16.00-16.15 | 0 | 0 | 3 | 3 | 18 | 12,6 | 1 | 0,5 | 5 | 5 | 11 | 7,7 |
| 2 | 16.15-16.30 | 2 | 1 | 4 | 4 | 14 | 9,8 | 0 | 0 | 3 | 3 | 13 | 9,1 |
| 3 | 16.30-16.45 | 3 | 1,5 | 0 | 0 | 18 | 12,6 | 1 | 0,5 | 4 | 4 | 11 | 7,7 |
| 4 | 16.45-17.00 | 1 | 0,5 | 2 | 2 | 11 | 7,7 | 1 | 0,5 | 3 | 3 | 12 | 8,4 |
| | | | 3 | | 9 | | 42,7 | | 1,5 | | 15 | | 32,9 |
| | | | | | | Total = | 104,1 | | | | | | |

| Pendekat Timur : Hambatan Samping Sendang | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NO | Waktu | sisi sebelah Kiri | | | | | | sisi sebelah Kanan | | | | | |
| | | Pejalan Kaki | | Kendaraan Berhenti | | Kendaraan Keluar Masuk | | Pejalan Kaki | | Kendaraan Berhenti | | Kendaraan Keluar Masuk | |
| | | Orang | Bobot (0,5) | Kend | Bobot (1,0) | Kend | Bobot (0,7) | Orang | Bobot (0,5) | Kend | Bobot (1,0) | Kend | Bobot (0,7) |
| 1 | 16.00-16.15 | 2 | 1 | 1 | 1 | 62 | 43,4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 26 | 18,2 |
| 2 | 16.15-16.30 | 0 | 0 | 1 | 1 | 67 | 46,9 | 1 | 0,5 | 2 | 2 | 43 | 30,1 |
| 3 | 16.30-16.45 | 0 | 0 | 1 | 1 | 72 | 50,4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 38 | 26,6 |
| 4 | 16.45-17.00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 64 | 44,8 | 0 | 0 | 3 | 3 | 35 | 24,5 |
| | | | 1 | | 4 | | 185,5 | | 1,5 | | 10 | | 99,4 |
| | | | | | | Total = | 301,4 | | | | | | |

**Lampiran 5 Formulir Survei Kecepatan**

| Sampel | Utara (Km/jam) | | | Selatan (Km/jam) | | | Timur (Km/jam) | | | Barat (Km/jam) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SM | MP | KS | SM | MP | KS | SM | MP | KS | SM | MP | KS |
| 1 | 32 | 19 | 18 | 39 | 25 | 22 | 30 | 20 | 17 | 25 | 22 | 17 |
| 2 | 25 | 25 | 19 | 36 | 22 | 20 | 33 | 28 | 22 | 30 | 25 | 15 |
| 3 | 34 | 20 | 15 | 26 | 20 | 18 | 34 | 30 | 16 | 22 | 17 | 20 |
| 4 | 20 | 25 | 15 | 35 | 20 | 18 | 25 | 35 | 17 | 30 | 20 | 20 |
| 5 | 35 | 17 | 20 | 28 | 17 | 20 | 40 | 32 | 22 | 25 | 20 | 25 |
| 6 | 27 | 20 | | 40 | 24 | | 28 | 15 | | 35 | 25 | |
| 7 | 29 | 30 | | 37 | 18 | | 25 | 28 | | 20 | 20 | |
| 8 | 37 | 18 | | 39 | 20 | | 30 | 30 | | 28 | 24 | |
| 9 | 25 | 33 | | 35 | 15 | | 33 | 25 | | 26 | 25 | |
| 10 | 28 | 20 | | 40 | 20 | | 24 | 18 | | 30 | 18 | |
| 11 | 28 | | | 30 | | | 25 | | | 31 | | |
| 12 | 28 | | | 35 | | | 26 | | | 18 | | |
| 13 | 25 | | | 30 | | | 28 | | | 15 | | |
| 14 | 38 | | | 45 | | | 35 | | | 35 | | |
| 15 | 25 | | | 25 | | | 30 | | | 23 | | |
| 16 | 30 | | | 20 | | | 33 | | | 20 | | |
| 17 | 25 | | | 25 | | | 28 | | | 30 | | |
| 18 | 30 | | | 30 | | | 30 | | | 25 | | |
| 19 | 20 | | | 35 | | | 33 | | | 28 | | |
| 20 | 35 | | | 35 | | | 38 | | | 22 | | |