

TUGAS AKHIR

**KOORDINASI SIMPANG 4 CEBONGAN DAN
SIMPANG 3 TAMAN RINGIN CEBONGAN
KABUPATEN SLEMAN DENGAN PEMODELAN
PTV VISSIM
(COORDINATION OF INTERSECTION 4 CEBONGAN
AND INTERSECTION 3 TAMAN RINGIN CEBONGAN
SLEMAN REGENCY WITH PTV VISSIM MODELLING)**

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



**Ad Zulfa Geofani Firdaus
20511427**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR

**KOORDINASI SIMPANG 4 CEBONGAN DAN
SIMPANG 3 TAMAN RINGIN CEBONGAN
KABUPATEN SLEMAN DENGAN PEMODELAN
PTV VISSIM
(COORDINATION OF INTERSECTION 4 CEBONGAN
AND INTERSECTION 3 TAMAN RINGIN CEBONGAN
SLEMAN REGENCY WITH PTV VISSIM MODELLING)**

Disusun Oleh

Ad Zulfa Geofani Firdaus
20511427

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

Diuji pada tanggal 30 April 2024
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I

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

Penguji I

Muhamad Abdul Hadi, M.T.
NIK : 215111307

Penguji II

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



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Yohana Murtafi, 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 memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil 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, 30 April 2024

Yang membuat pernyataan,



Ad Zulfa Geofani Firdaus


(20511427)

LEMBAR DEDIKASI

**Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk Abah,
Mama, Kakak, Para Guru, dan Sahabat.
Semua ini karena pelajaran, doa, keberkahan,
dan dukungan mereka.**

Shallu'alan-Nabi!

*Please, hadiahkan Al-Fatihah
dan shalawat untuk mereka.*



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Ta'ala atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Koordinasi Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Kabupaten Sleman dengan Pemodelan PTV VISSIM*. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menempuh gelar sarjana strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dari pihak lain baik dari segi bimbingan, arahan, serta saran dan kritik demi terselesaikannya laporan ini dengan hasil yang baik. Untuk itu, pada kesempatan kali ini penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa membimbing selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I. Terima kasih atas masukan yang telah diberikan kepada penulis.
3. Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc., selaku Dosen Penguji II. Terima kasih atas masukan yang telah diberikan kepada penulis.
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Ibu Aisyah Nur Jannah, S.T., M.Sc. dan Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc. selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Transportasi yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini.
6. Saudara Rizka Ariyanto, S.Kom. selaku laboran Laboratorium Rekayasa Transportasi yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini.

7. Teman-teman surveyor yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan survei.
8. Bapak Drs. Marlan, M.Pd.I. dan Ibu Parti, S.Pd., yang selalu mendoakan penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Terima kasih tiada akhir atas semua doa, dukungan, dan ketulusan dalam membesarkan dan mendidik sehingga penulis menjadi seperti sekarang ini.
9. Kakak Inzaar Qq Falachul 'Ars, S.Pt., yang selalu memberikan dukungan dan arahan kepada penulis.
10. Keluarga Teknik Sipil 2020 yang telah menjadi rekan dan sahabat selama menjalani masa kuliah. Terima kasih atas segala bantuan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Semua pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis sehingga penulis bersemangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya. Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 30 April 2024

Penulis,



Ad Zulfa Geofani Firdaus

(20511427)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	iii
Lembar Pengesahan	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
LEMBAR DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xix
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xx
ABSTRAK	xxii
<i>ABSTRACT</i>	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Tinjauan Umum	8
2.2 Jenis Simpang	8
2.2.1 Simpang Tak Bersinyal	8
2.2.2 Simpang Bersinyal	10
2.3 Koordinasi Antar Simpang	11
2.4 Perbandingan Penelitian Kinerja Simpang	14
BAB III LANDASAN TEORI	19
3.1 Persimpangan Jalan	19
3.2 Jenis Persimpangan	20

3.3 Simpang	23
3.3.1 Arus Lalu Lintas	23
3.3.2 Kapasitas	23
3.3.3 Derajat Kejenuhan	28
3.3.4 Tundaan	28
3.3.5 Peluang Antrean	30
3.4 Simpang APILL	31
3.4.1 Tipe Pendekat	32
3.4.2 Satuan Mobil Penumpang	33
3.4.3 Arus Jenuh	33
3.4.4 Rasio Arus	37
3.4.5 Waktu Siklus dan Waktu Hijau	38
3.4.6 Kapasitas Simpang APILL	39
3.4.7 Derajat Kejenuhan	39
3.4.8 Panjang Antrean	40
3.4.9 Rasio Kendaraan Henti	42
3.4.10 Tundaan	43
3.5 Tingkat Pelayanan	44
3.6 Koordinasi Simpang APILL	45
3.6.1 Syarat Koordinasi Sinyal	49
3.6.2 <i>Offset</i> dan <i>Bandwidth</i>	49
3.6.3 Pemilihan Alternatif Terbaik	51
3.6.4 Keuntungan Sistem Koordinasi	51
3.7 <i>Software</i> PTV VISSIM	52
3.7.1 Bagian-bagian <i>Software</i> PTV VISSIM	53
3.7.2 Langkah-langkah Pengoperasian <i>Software</i> PTV VISSIM	60
3.7.3 Kalibrasi dan Validasi <i>Software</i> PTV VISSIM	64
BAB IV METODE PENELITIAN	66
4.1 Tinjauan Umum	66
4.2 Jenis Penelitian	66
4.3 Lokasi Penelitian	67

4.4 Metode Pengumpulan Data	68
4.4.1 Data Penelitian	68
4.4.2 Peralatan Penelitian	70
4.4.3 Waktu Penelitian	70
4.4.4 Survei Data Lalu Lintas	71
4.5 Metode Pemodelan PTV VISSIM	74
4.5.1 <i>Network Setting</i>	75
4.5.2 <i>Input Background Image</i>	76
4.5.3 <i>Set Scale</i>	77
4.5.4 Pembuatan Jaringan Jalan (<i>Link dan Connector</i>)	77
4.5.5 <i>Vehicle Inputs</i>	79
4.5.6 <i>Desired Speed Distribution</i>	80
4.5.7 <i>Vehicle Compositions</i>	80
4.5.8 <i>Vehicle Routes</i>	81
4.5.9 <i>Conflict Areas</i>	82
4.5.10 <i>Priority Rules</i>	83
4.5.11 <i>Reduced Speed Areas</i>	83
4.5.12 <i>Data Collection Points</i>	84
4.5.13 <i>Vehicle Travel Times</i>	85
4.5.14 <i>Queue Counters</i>	86
4.5.15 <i>Measurement Definition</i>	86
4.5.17 Pengaturan <i>Signal Controllers</i>	87
4.5.18 <i>Driving Behaviour</i>	90
4.5.19 <i>Evaluation dan Configuration</i>	92
4.5.20 <i>Result List</i>	92
4.5.21 <i>Running Simulation</i>	93
4.6 Analisis Data	94
4.7 Bagan Alir Penelitian	95
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	97
5.1 Data Hasil Survei	97
5.1.1 Data Volume Lalu Lintas	97

5.1.2 Data Kecepatan Ruas Jalan	100
5.1.3 Data Geometri Simpang	101
5.1.4 Data Hambatan Samping	103
5.1.5 Data Panjang Antrean dan Tundaan pada Simpang	107
5.1.6 Data <i>Driving Behaviour</i>	107
5.2 Data Sekunder	109
5.2.1 Data Jumlah Penduduk Kabupaten Sleman	109
5.2.2 Peta Lokasi Penelitian	109
5.3 Kalibrasi dan Validasi Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM	110
5.3.1 Hasil Pemodelan Sebelum Kalibrasi	110
5.3.2 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi	113
5.4 Analisis Perencanaan Simpang Berdasarkan PKJI 2023	117
5.4.1 Perhitungan Volume Lalu Lintas	118
5.4.2 Perhitungan Kapasitas	120
5.4.3 Perhitungan Derajat Kejenuhan	122
5.4.4 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas	122
5.4.5 Penentuan Tingkat Pelayanan Simpang Tidak Bersinyal	125
5.4.6 Rekapitulasi Hasil Analisis Simpang	125
5.5 Analisis Perencanaan Simpang APILL Berdasarkan PKJI 2023	126
5.5.1 Perhitungan Volume Lalu Lintas	126
5.5.2 Arus Kendaraan	128
5.5.3 Lebar Efektif Lengan	128
5.5.4 Perhitungan Arus Jenuh Dasar	128
5.5.5 Penentuan Faktor Koreksi	128
5.5.6 Perhitungan Penilaian Arus Jenuh	132
5.5.7 Rasio Arus	132
5.5.8 Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian	133
5.5.9 Waktu Siklus yang Layak	134
5.5.10 Waktu Hijau	134
5.5.11 Kapasitas	135
5.5.12 Derajat Kejenuhan	135

5.5.13 Panjang Antrean	136
5.5.14 Kendaraan Terhenti	139
5.5.15 Tundaan	140
5.5.16 Rekapitulasi Hasil Analisis Simpang APILL	143
5.6 Perancangan Koordinasi Antar Simpang APILL	145
5.6.1 Pemodelan Koordinasi Simpang Alternatif 1	145
5.6.2 Pemodelan Koordinasi Simpang Alternatif 2	150
5.7 Pemodelan Perencanaan Koordinasi Simpang Bersinyal Menggunakan <i>Software</i> PTV VISSIM	155
5.8 Pembahasan Kinerja Perancangan Koordinasi Simpang	156
5.8.1 Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan	156
5.8.2 Perbandingan Nilai Panjang Antrean	158
5.8.3 Perbandingan Nilai Tundaan	161
5.8.4 Perbandingan Tingkat Pelayanan Simpang	164
5.8.5 Perbandingan Nilai <i>Offset</i> dan <i>Bandwidth</i>	165
5.8.6 Rekapitulasi Hasil Pembahasan Kinerja Perancangan Koordinasi Simpang	166
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	169
6.1 Kesimpulan	169
6.1.1 Hasil kinerja Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan pada kondisi eksisting	169
6.1.2 Alternatif Solusi Terbaik Koordinasi Simpang antara Simpang 4 Cebongan dengan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	169
6.2 Saran	170
DAFTAR PUSTAKA	172

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Kinerja Simpang	15
Tabel 3.1 Angka Ekuivalensi Mobil Penumpang pada Simpang Tak Bersinyal	23
Tabel 3.2 Kapasitas Dasar Simpang 3 dan Simpang 4	24
Tabel 3.3 Faktor Koreksi Median pada Jalan Mayor	26
Tabel 3.4 Faktor Koreksi Ukuran Kota	26
Tabel 3.5 F_{HS} sebagai Fungsi dari Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan R_{KTB}	26
Tabel 3.6 Faktor Koreksi Rasio Arus Jalan Minor dalam Bentuk Persamaan	27
Tabel 3.7 Tipe Pendekat	32
Tabel 3.8 Angka Ekuivalensi Mobil Penumpang pada Simpang Bersinyal	33
Tabel 3.9 Faktor Koreksi Ukuran Kota	34
Tabel 3.10 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping	35
Tabel 3.11 Waktu Siklus yang Layak	39
Tabel 3.12 Tingkat Pelayanan pada Persimpangan	44
Tabel 3.13 Penjelasan Menu <i>File</i>	54
Tabel 3.14 Penjelasan Menu <i>Edit</i>	54
Tabel 3.15 Penjelasan Menu <i>View</i>	55
Tabel 3.16 Penjelasan Menu <i>List</i>	56
Tabel 3.17 Penjelasan Menu <i>Base Data</i>	57
Tabel 3.18 Penjelasan Menu <i>Traffic</i>	58
Tabel 3.19 Penjelasan Menu <i>Control</i>	58
Tabel 3.20 Penjelasan Menu <i>Simulation</i>	58
Tabel 3.21 Penjelasan Menu <i>Evaluation</i>	59
Tabel 3.22 Penjelasan Menu <i>Presentation</i>	59
Tabel 3.23 Penjelasan Menu <i>Help</i>	59
Tabel 3.24 Ketentuan Nilai <i>Error</i> Rumus Statistik GEH	65
Tabel 3.25 Kesimpulan dari Hasil Perhitungan MAPE	65

Tabel 5.1 Rekapitulasi Data Volume Lalu Lintas Simpang 4 Cebongan	97
Tabel 5.2 Rekapitulasi Data Volume Lalu Lintas Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	98
Tabel 5.3 Rekapitulasi Data Kecepatan Kendaraan Mobil Penumpang pada Jam Puncak	101
Tabel 5.4 Data Geometri Simpang	101
Tabel 5.5 Kriteria Kelas Hambatan Samping	103
Tabel 5.6 Data Panjang Antrean dan Tundaan pada Simpang	107
Tabel 5.7 Data <i>Driving Behaviour</i>	108
Tabel 5.8 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Volume Sebelum Kalibrasi	110
Tabel 5.9 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Tundaan Sebelum Kalibrasi	111
Tabel 5.10 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Panjang Antrean Sebelum Kalibrasi	112
Tabel 5.11 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Kecepatan Sebelum Kalibrasi	112
Tabel 5.12 Perubahan Komponen <i>Driving Behaviour</i> Setelah Kalibrasi	114
Tabel 5.13 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Volume Setelah Kalibrasi	115
Tabel 5.14 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Kecepatan Setelah Kalibrasi	116
Tabel 5.15 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Tundaan Setelah Kalibrasi	116
Tabel 5.16 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Panjang Antrean Setelah Kalibrasi	117
Tabel 5.17 Data Volume Lalu Lintas pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	119
Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Analisis Kinerja Simpang	125
Tabel 5.19 Data Volume Lalu Lintas pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	127

Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Analisis Kinerja Simpang APILL	144
Tabel 5.21 Data Sinyal pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Alternatif 1	146
Tabel 5.22 Data Sinyal pada Simpang 4 Cebongan Alternatif 1	147
Tabel 5.23 Data Sinyal pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Alternatif 2	151
Tabel 5.24 Data Sinyal pada Simpang 4 Cebongan Alternatif 2	152
Tabel 5.25 Hasil pemodelan koordinasi simpang menggunakan PTV VISSIM Alternatif 1	155
Tabel 5.26 Hasil pemodelan koordinasi simpang menggunakan PTV VISSIM Alternatif 2	155
Tabel 5.27 Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan	156
Tabel 5.28 Perbandingan Nilai Panjang Antrean	159
Tabel 5.29 Perbandingan Nilai Tundaan	162
Tabel 5.30 Perbandingan Tingkat Pelayanan Simpang	165
Tabel 5.31 Perbandingan Nilai <i>Offset</i> dan <i>Bandwidth</i>	166
Tabel 5.32 Rekapitulasi Hasil Pembahasan Kinerja Perancangan Koordinasi Simpang	168

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Penelitian dan Lingkungan Sekitarnya	4
Gambar 1.2 Kondisi Lalu Lintas Simpang 4 Cebongan	5
Gambar 1.3 Kondisi Lalu Lintas Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	5
Gambar 1.4 Kondisi Lalu Lintas Ruas Jalan Kebon Agung	5
Gambar 3.1 Grafik BSH Pemilihan Jenis Simpang	20
Gambar 3.2 Jenis Persimpangan Jalan Sebidang	21
Gambar 3.3 Jenis Persimpangan Jalan Tak Sebidang	22
Gambar 3.4 Jenis Manuver Kendaraan pada Simpang	22
Gambar 3.5 Lebar Rata-Rata Pendekat	25
Gambar 3.6 Peluang Antrean pada Simpang	31
Gambar 3.7 Faktor Penyesuaian Kelandaian	35
Gambar 3.8 Faktor Penyesuaian Parkir	36
Gambar 3.9 Faktor Penyesuaian Belok Kanan	36
Gambar 3.10 Faktor koreksi untuk belok kiri (F_{BK_i}) untuk pendekat tipe P tanpa B_{KijT} , dan L_E ditentukan oleh L_M	37
Gambar 3.11 Penentuan Jumlah Antrean Rata-rata	41
Gambar 3.12 Penentuan Rasio Kendaraan Henti	42
Gambar 3.13 Prinsip Koordinasi Sinyal dan <i>Green Wave</i>	47
Gambar 3.14 Diagram Koordinasi antara <i>Offset</i> dan <i>Bandwidth</i>	51
Gambar 3.15 Tampilan <i>Interface Software</i> PTV VISSIM	53
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian	67
Gambar 4.2 Denah Titik Pemasangan Kamera	72
Gambar 4.3 Pengaturan <i>Vehicle Behaviour</i>	75
Gambar 4.4 Pengaturan <i>Units</i>	75
Gambar 4.5 <i>Input Background Image</i> (1/2)	76
Gambar 4.6 <i>Input Background Image</i> (2/2)	76
Gambar 4.7 Pengaturan Skala pada <i>Background Image</i> (1/2)	77
Gambar 4.8 Pengaturan Skala pada <i>Background Image</i> (2/2)	77

Gambar 4.9 Pengaturan <i>Link</i>	78
Gambar 4.10 Pengaturan <i>Connectors</i>	79
Gambar 4.11 Pengaturan <i>Vehicle Inputs</i>	79
Gambar 4.12 <i>Input Desired Speed Distribution</i>	80
Gambar 4.13 Pengaturan <i>Vehicle Compositions</i>	81
Gambar 4.14 Pengaturan <i>Vehicle Routes</i>	82
Gambar 4.15 Pengaturan <i>Conflict Areas</i>	82
Gambar 4.16 Pengaturan <i>Priority Rules</i>	83
Gambar 4.17 Pengaturan <i>Reduced Speed Areas</i>	84
Gambar 4.18 Pengaturan <i>Data Collection Points</i>	85
Gambar 4.19 Pengaturan <i>Vehicle Travel Times</i>	85
Gambar 4.20 Pengaturan <i>Queue Counters</i>	86
Gambar 4.21 Pengaturan <i>Measurement Definition</i> untuk <i>Data Collection</i>	
<i>Measurement</i>	87
Gambar 4.22 Pengaturan <i>Measurement Definition</i> untuk <i>Delay Measurement</i>	87
Gambar 4.23 Pengaturan <i>Signal Controllers (1/2)</i>	88
Gambar 4.24 Pengaturan <i>Signal Controllers (2/2)</i>	88
Gambar 4.25 Pengaturan <i>Signal Groups (1/2)</i>	89
Gambar 4.26 Pengaturan <i>Signal Groups (2/2)</i>	89
Gambar 4.27 <i>Input Signal Head</i>	90
Gambar 4.28 Pengaturan <i>Driving Behaviour (Following)</i>	91
Gambar 4.29 Pengaturan <i>Driving Behaviour (Lane Change)</i>	91
Gambar 4.30 Pengaturan <i>Driving Behaviour (Lateral)</i>	91
Gambar 4.31 Pengaturan <i>Driving Behaviour (Signal Control)</i>	92
Gambar 4.32 Pengaturan <i>Evaluation Configuration</i>	92
Gambar 4.33 Pengaturan <i>Result List</i>	93
Gambar 4.34 <i>Simulation Parameters</i>	93
Gambar 4.35 Hasil Simulasi PTV VISSIM	94
Gambar 4.36 Bagan Alir Penelitian	95
Gambar 5.1 Grafik Data Volume Lalu Lintas Simpang 4 Cebongan	99

Gambar 5.2 Grafik Data Volume Lalu Lintas Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	99
Gambar 5.3 Distribusi Volume Lalu Lintas	100
Gambar 5.4 Geometri Simpang 4 Cebongan	102
Gambar 5.5 Geometri Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	102
Gambar 5.6 Hambatan Samping Jalan Purbaya (Utara) pada Simpang 4 Cebongan	103
Gambar 5.7 Hambatan Samping Jalan Kebon Agung (Timur) pada Simpang 4 Cebongan	104
Gambar 5.8 Hambatan Samping Jalan Gadjah Mada (Selatan) pada Simpang 4 Cebongan	104
Gambar 5.9 Hambatan Samping Jalan Kebon Agung (Barat) pada Simpang 4 Cebongan	105
Gambar 5.10 Hambatan Samping Jalan Letkol Subadri (Utara) pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	105
Gambar 5.11 Hambatan Samping Jalan Kebon Agung (Timur) pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	106
Gambar 5.12 Hambatan Samping Jalan Gadjah Mada (Selatan) pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	106
Gambar 5.13 Kondisi pada Pemodelan Sebelum Kalibrasi	115
Gambar 5.14 Kondisi pada Pemodelan Setelah Kalibrasi	115
Gambar 5.15 Distribusi Volume Lalu Lintas Jam Puncak pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	118
Gambar 5.17 Pengaturan Fase pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Alternatif 1	146
Gambar 5.18 Diagram Sinyal pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Alternatif 1	146
Gambar 5.19 Pengaturan Fase pada Simpang 4 Cebongan Alternatif 1	147
Gambar 5.20 Diagram Sinyal pada Simpang 4 Cebongan Alternatif 1	147
Gambar 5.21 Diagram <i>Time Space</i> Alternatif 1	148

Gambar 5.22 Pengaturan Fase pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Alternatif 2	151
Gambar 5.23 Diagram Sinyal pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Alternatif 2	151
Gambar 5.24 Pengaturan Fase pada Simpang 4 Cebongan Alternatif 2	152
Gambar 5.25 Diagram Sinyal pada Simpang 4 Cebongan Alternatif 2	152
Gambar 5.26 Diagram <i>Time Space</i> Alternatif 2	153
Gambar 5.27 Diagram Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan pada Simpang 4 Cebongan	158
Gambar 5.28 Diagram Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	158
Gambar 5.29 Diagram Perbandingan Nilai Panjang Antrean pada Simpang 4 Cebongan	161
Gambar 5.30 Diagram Perbandingan Nilai Panjang Antrean pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	161
Gambar 5.31 Diagram Perbandingan Nilai Tundaan pada Simpang 4 Cebongan	164
Gambar 5.32 Diagram Perbandingan Nilai Tundaan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	164

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lampiran Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)	177
Lampiran 2 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)	185
Lampiran 3 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)	193
Lampiran 4 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)	201
Lampiran 5 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)	209
Lampiran 6 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)	217
Lampiran 7 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Senin Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)	225
Lampiran 8 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Senin Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)	228
Lampiran 9 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Senin Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)	231
Lampiran 10 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Sabtu Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)	234
Lampiran 11 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Sabtu Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)	237
Lampiran 12 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Sabtu Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)	240
Lampiran 13 Data Panjang Antrean dan Tundaan Hari Senin	243
Lampiran 14 Data Panjang Antrean dan Tundaan Hari Sabtu	245
Lampiran 15 Dokumentasi survei Penelitian	247

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

APILL	=	Alat pemberi isyarat lalu lintas
BW	=	<i>Bandwidth</i> (detik)
C	=	Kapasitas simpang (smp/jam)
C_0	=	Kapasitas dasar simpang (smp/jam)
CBW	=	Kapasitas <i>bandwidth</i> (smp/jam)
D_j	=	Derajat kejenuhan
EMP	=	Ekuivalensi mobil penumpang
F_{BKa}	=	Faktor koreksi rasio arus belok kanan
F_{BKl}	=	Faktor koreksi rasio arus belok kiri
F_G	=	Faktor koreksi J_0 akibat kelandaian memanjang pendekat
F_{HS}	=	Faktor koreksi hambatan samping
F_{LP}	=	Faktor koreksi lebar rata-rata pendekat
F_M	=	Faktor koreksi tipe median
F_P	=	Faktor koreksi J_0 akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama
F_{Rmi}	=	Faktor koreksi rasio arus dari jalan minor
F_{UK}	=	Faktor koreksi ukuran kota
GEH	=	Nilai validasi menggunakan persamaan GEH
J	=	Arus jenuh (smp/jam-hijau)
J_0	=	Arus jenuh dasar (smp/jam-hijau)
k	=	Waktu jenuh (detik)
km	=	Kilometer
KS	=	Kendaraan sedang
KTB	=	Kendaraan tak bermotor
L_e	=	Lebar efektif pendekat (m)
LOS	=	<i>Level of service</i>
m	=	Meter
MP	=	Mobil penumpang

N_{KH}	=	Jumlah rata-rata kendaraan berhenti
NL	=	Jumlah lajur dalam arah yang digunakan
N_q	=	Jumlah rata-rata antrean kendaraan pada awal isyarat lampu hijau
N_{q1}	=	Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
N_{q2}	=	Jumlah kendaraan yang datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah
P_a	=	Peluang antrean (%)
P_A	=	Panjang antrean
PKJI 2023	=	Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023
PTV-AG	=	<i>Planning Transportasi Verker AG</i>
q	=	Arus lalu lintas kendaraan bermotor (smp/jam)
R_{KH}	=	Rasio kendaraan henti
$R_{q/I}$	=	Rasio arus terhadap arus jenuh
s	=	Waktu siklus (detik)
SM	=	Sepeda motor
SMP	=	Satuan mobil penumpang
T	=	Tundaan simpang (detik/smp)
T_G	=	Tundaan geometri simpang (detik/smp)
T_i	=	Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat
t_{ideal}	=	Waktu ideal <i>offset</i> (s)
T_I	=	Tundaan rata-rata untuk seluruh lengan simpang APILL
T_{LL}	=	Tundaan lalu lintas (detik/smp)
T_{LLma}	=	Tundaan lalu lintas jalan utama (detik/smp)
T_{LLmi}	=	Tundaan lalu lintas rata-rata jalan minor (detik/smp)
VISSIM	=	<i>Verkehr InStadten Simulations Model</i>
W_{HH}	=	Jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik)
W_{Hi}	=	Waktu hijau pada fase i (detik)

ABSTRAK

Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan merupakan simpang yang banyak dilalui oleh kendaraan karena lokasi simpang tersebut berada di kawasan pertokoan dan jalan penghubung antar tempat strategis di Kabupaten Sleman. Banyaknya kendaraan bermotor yang melalui kedua simpang tersebut mengakibatkan kemacetan pada Simpang 4 Cebongan dan tidak jarang panjang antreannya dapat mengganggu simpang yang berada di dekatnya yaitu Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. Evaluasi kinerja pada kedua dilakukan untuk mengetahui kinerja pada kondisi eksisting serta memberikan alternatif solusi penerapan koordinasi antara kedua simpang.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari survei di lokasi penelitian, sedangkan untuk data sekunder didapatkan dari BPS D.I. Yogyakarta. Kedua data tersebut kemudian dianalisis menggunakan Microsoft Excel kemudian disimulasikan dengan *Software* PTV VISSIM. Setelah hasil pemodelan valid maka dilanjutkan dengan analisis kinerja simpang sehingga didapatkan perbandingan nilai derajat kejenuhan, panjang antrean, tundaan, tingkat pelayanan, dan nilai *bandwidth*.

Berdasarkan PKJI 2023 menunjukkan hasil bahwa nilai derajat kejenuhan pada kondisi eksisting Simpang 4 Cebongan adalah sebesar 0,8 dan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan adalah sebesar 0,52. Alternatif solusi untuk menurunkan panjang antrean pada Jalan Kebon Agung yang menghubungkan kedua simpang adalah dengan melakukan koordinasi simpang antara Simpang 4 Cebongan dengan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. Terdapat dua penerapan solusi alternatif untuk mengatasi panjang antrean yang terjadi. Kedua solusi alternatif yang diterapkan menggunakan waktu siklus yang sama yaitu 100 detik, namun berbeda jumlah fase pada Simpang 4 Cebongan, solusi alternatif 1 menggunakan 4 fase, sementara pada solusi alternatif 2 menggunakan 3 fase. Koordinasi simpang yang lebih efektif menggunakan solusi alternatif 1 yaitu dengan waktu siklus 100 detik pada kedua simpang dengan 4 fase pada Simpang 4 Cebongan dan 3 fase pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan, sehingga didapatkan nilai *bandwidth* pada alternatif 1 dengan arah dari Barat ke Timur sebesar 29 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 29% dan arah dari Timur ke Barat sebesar 19 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 19%. Jadi diharapkan dengan penerapan solusi alternatif 1 ini dapat mengurangi panjang antrean dan tundaan pada kedua simpang sehingga permasalahan panjang antrean yang saling mengganggu antar simpang pada jam puncak dan waktu tempuh untuk melintasi kedua simpang dapat dikurangi.

Kata kunci: *bandwidth*, derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan.

ABSTRACT

Simpang 4 Cebongan and Simpang 3 Taman Ringin Cebongan are intersections that are widely traversed by vehicles because the location of the intersection is in the shopping area and connecting roads between strategic places in Sleman Regency. The number of motorized vehicles passing through the two intersections causes congestion at Simpang 4 Cebongan and not infrequently the length of the queue can interfere with the nearby intersection, namely Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. Performance evaluation in both is carried out to determine performance in existing conditions and provide alternative solutions for implementing coordination between the two intersections.

This study used quantitative descriptive method. The primary data in this study was obtained from a survey at the research location, while the secondary data was obtained from BPS D.I. Yogyakarta. Both data were then analyzed using Microsoft Excel and then simulated with VISSIM PTV Software. After the modeling results are valid, it is continued with the analysis of intersection performance so that a comparison of saturation degree values, queue length, delays, service levels, and bandwidth values is obtained.

Based on PKJI 2023, it shows that the saturation degree value in the existing conditions of Simpang 4 Cebongan is 0.8 and at Simpang 3 Taman Ringin Cebongan is 0.52. An alternative solution to reduce the queue length on Jalan Kebon Agung that connects the two intersections is to coordinate the intersection between Simpang 4 Cebongan and Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. There are two alternative solutions to overcome the queue length that occurs. Both alternative solutions applied use the same cycle time of 100 seconds, but different number of phases at Simpang 4 Cebongan, alternative solution 1 uses 4 phases, while alternative solution 2 uses 3 phases. More effective intersection coordination using alternative solution 1, namely with a cycle time of 100 seconds at both intersections with 4 phases at Simpang 4 Cebongan and 3 phases at Simpang 3 Taman Ringin Cebongan, so that the bandwidth value is obtained in alternative 1 with a direction from West to East of 29 seconds with bandwidth efficiency of 29% and direction from East to West of 19 seconds with bandwidth efficiency of 19%. So it is hoped that the implementation of alternative solution 1 can reduce the length of queues and delays at both intersections so that the problem of queue length that interferes with each other between intersections at peak hours and travel time to cross both intersections can be reduced.

Keywords: *bandwidth, delay, queue length, and saturation degree.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persimpangan merupakan pertemuan atau percabangan jalan baik sebidang maupun tak sebidang. Persimpangan juga dapat diartikan sebagai dua jalur atau lebih ruas jalan yang perpotongan dan memiliki fasilitas jalur-jalur, serta tepi jalan. Persimpangan merupakan daerah yang rawan terhadap tundaan dan kecelakaan karena terjadinya konflik antar pergerakan kendaraan lain dengan lainnya maupun kendaraan dengan pejalan kaki. Semakin banyak persimpangan pada suatu jalan, maka akan semakin besar tundaan pada suatu jalan tersebut, dan akan semakin besar kemacetan yang terjadi. Risiko dari konflik lalu lintas yang menjadi titik pertemuan yaitu apabila tidak memiliki pengaturan seperti rambu dan tanda peringatan maka akan berakibat terhadap risiko kecelakaan. Oleh karena itu, dalam penempatan tanda di titik pertemuan, perlu diperhatikan titik pertemuan arah agar kendaraan yang melakukan manuver tidak mengalami kemacetan yang berlebihan. Selain itu, faktor lain yang mempengaruhi kecepatan di titik pertemuan adalah saat kendaraan belok ke kiri atau kanan, serta peluang kendaraan yang memasuki arah lurus mengalami perlambatan hal semacam ini bukan saja terjadi di daerah kota besar dan juga kota pendidikan seperti Kota Yogyakarta, melainkan sejumlah tempat di luar kota yang memiliki aktivitas dengan tingkat volume kendaraan yang begitu besar.

Perkembangan wilayah di sekitar Kota Yogyakarta khususnya Kabupaten Sleman ini akan berdampak pada tingkat mobilitas penduduk. Contohnya adalah daerah Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan terletak di Kabupaten Sleman. Kawasan tersebut merupakan daerah pasar tradisional dan perkantoran yang menghubungkan Kabupaten Sleman dengan kota Yogyakarta, serta dengan Provinsi Jawa Tengah. Letak kedua simpang tersebut yang merupakan arus lalu lintas vital, sehingga memiliki mobilitas yang padat. Padatnya mobilitas di antara kedua simpang tidak didukung dengan adanya Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas

(APILL), sehingga kendaraan yang melewati simpang tak bersinyal akan saling menunggu, tidak tertata, dan terkadang sembarang untuk melewati simpang. Hal itu dapat mengakibatkan adanya antrean kendaraan yang panjang, sehingga dapat menimbulkan kemacetan. Kemacetan tersebut selain ditimbulkan oleh padatnya mobilitas, juga diperparah oleh tidak adanya Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Kemacetan pada kedua simpang tersebut tidak terjadi setiap saat, namun hanya terjadi pada jam-jam sibuk saja. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh penulis, jam-jam sibuk tersebut terjadi pada pukul 06:00-09:00 WIB, 11:00-13:00 WIB, dan 15:00-18:00 WIB. Jam-jam sibuk pada kedua simpang tersebut diperoleh dari pengamatan harian secara langsung di lokasi penelitian, maupun melalui CCTV yang disiarkan secara *online* melalui *website* slemankab.go.id. Kemacetan yang terjadi pada jam-jam sibuk tersebut sering mengakibatkan antrean kendaraan yang panjang hingga menemui simpang satunya. Panjangnya antrean kendaraan tersebut biasanya terjadi pada Simpang 4 Cebongan dan dampaknya dapat mempengaruhi kinerja Simpang 3 Taman Ringin Cebongan, hal tersebut dikarenakan jarak kedua simpang yang pendek.

Permasalahan yang terjadi pada kedua simpang tersebut tidak hanya kemacetan saja, namun tidak jarang terjadi kecelakaan pada kedua simpang tersebut. Selain itu pada tahun 2024 akan ada pembangunan pintu tol Solo-Jogja-Bawen yang terletak di Trihanggo yang dekat dengan lokasi penelitian. Permasalahan yang terjadi pada kedua simpang tersebut dapat dikurangi dengan pemasangan lampu APILL. Pemasangan lampu APILL pada kedua simpang tersebut bertujuan untuk mengatur arus lalu lintas pada simpang, mengurangi angka kecelakaan, dan dapat memberikan informasi pada masyarakat (*Variable Message System/VMS*).

Permasalahan pada kedua simpang ini tidak hanya berhenti dengan pemasangan lampu APILL saja, hal itu dikarenakan jarak kedua simpang yang berdekatan. Jarak antara Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan hanya sepanjang 230 m dan jarak bersih antara kedua simpang sepanjang 212 m. Jarak antar simpang bersinyal yang pendek pada satu ruas jalan dapat menimbulkan permasalahan tersendiri. Kendaraan yang melewati dua simpang atau

lebih dengan jarak antar simpang yang pendek tentunya akan menambah waktu tempuh kendaraan karena harus berhenti pada tiap simpang apabila terkena sinyal merah sehingga dapat menyebabkan kemacetan. Pengaturan sinyal pada simpang bersinyal yang berdekatan seharusnya didesain ketika kendaraan mendapat sinyal hijau pada suatu simpang, kemudian berjalan sesuai kecepatan rencana, sehingga pada simpang selanjutnya mendapatkan sinyal hijau juga. Oleh karena itu, pada simpang yang berdekatan harus ada koordinasi antar simpang yang baik.

Sebelumnya sudah dilakukan penelitian pada lokasi yang sama lebih tepatnya pada Simpang 4 Cebongan oleh Majid (2023) dengan merencanakan pemasangan APILL menggunakan 3 fase dan waktu siklus 90 detik. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa nilai derajat kejenuhan pada pendekat timur sebesar 0,849 dengan nilai tundaan sebesar 153,9 det/kend, derajat kejenuhan pada pendekat barat sebesar 0,849 dengan nilai tundaan lengan 68,6 det/kend, derajat kejenuhan pendekat Utara sebesar 0,849 dengan nilai tundaan lengan 35,1 det/kend, dan derajat kejenuhan pendekat Selatan sebesar 0,849 dengan nilai tundaan lengan sebesar 25,6 det/kend. Panjang antrean berdasarkan pemodelan PTV VISSIM pada pendekat barat sebesar 217,2 m, pendekat timur sebesar 229,5 m, pendekat Utara sebesar 36,2 m, dan pendekat Selatan sebesar 14,7 m. Tundaan simpang sebesar 78,92 det/kend dengan tingkat pelayanan E. Akan tetapi usulan alternatif yang disampaikan hanya memperbaiki kinerja simpang, mengurangi tundaan, dan panjang antrean pada lengan Utara dan lengan Selatan, sedangkan permasalahan utama panjang antrean pada lengan Barat Simpang 4 Cebongan yang panjangnya sampai menyentuh Simpang 3 Taman Ringin Cebongan sehingga dapat mengganggu kinerja simpang tersebut belum dapat teratasi dengan baik. Kinerja Simpang 3 Taman Ringin Cebongan yang terganggu dapat menimbulkan permasalahan baru yaitu panjang antrean dan tundaan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan mengalami peningkatan yang drastis. Oleh karena itu untuk mengatasi permasalahan panjang antrean pada lengan Barat Simpang 4 Cebongan yang dapat mengganggu kinerja Simpang 3 Taman Ringin Cebongan perlu dilakukan koordinasi simpang APILL antara Simpang 4 Cebongan dengan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. Sistem koordinasi simpang APILL dapat dilakukan jika

kedua simpang merupakan simpang APILL, sehingga perlu dilakukan perencanaan penerapan APILL pada kedua simpang sehingga menjadi simpang APILL, setelah itu baru bisa dilakukan penerapan koordinasi simpang APILL.

Berdasarkan adanya permasalahan yang sudah dibahas di atas, maka peneliti mengusulkan adanya lampu APILL dan koordinasi rekayasa lampu APILL pada kedua simpang, sehingga pada saat pengendara telah melewati salah satu simpang akan menghindari tundaan akibat lampu merah pada simpang berikutnya, dengan demikian panjang antrean yang menyebabkan keterlambatan dan panjang antrean yang mengganggu kinerja simpang 3 Cebongan dapat diminimalkan. Kedua simpang tidak ada perubahan simpang dan geometrinya, dengan mempertahankan kondisi eksisting simpang dan geometrinya. Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia yang disusun oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) dan juga akan dilakukan pemodelan dengan menggunakan *Software* PTV VISSIM. Gambar peta lokasi penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.1. Kondisi eksisting di lokasi penelitian yang diambil pada jam-jam sibuk dapat dilihat pada Gambar 1.2, Gambar 1.3, dan Gambar 1.4.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Penelitian dan Lingkungan Sekitarnya
(sumber: google maps)



Gambar 1.2 Kondisi Lalu Lintas Simpang 4 Cebongan



Gambar 1.3 Kondisi Lalu Lintas Simpang 3 Taman Ringin Cebongan



Gambar 1.4 Kondisi Lalu Lintas Ruas Jalan Kebon Agung

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, didapatkan rumusan masalah yang dapat dibahas sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja Simpang 4 Cebongan dengan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan pada saat kondisi eksisting menggunakan metode PKJI 2023 dan *Software* PTV VISSIM?
2. Bagaimana menentukan alternatif solusi koordinasi simpang antara Simpang 4 Cebongan dengan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan menggunakan metode PKJI 2023 dan *Software* PTV VISSIM?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kinerja Simpang 4 Cebongan dengan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan pada saat kondisi eksisting menggunakan metode PKJI 2023 dan *Software* PTV VISSIM.
2. Mengetahui alternatif solusi koordinasi simpang antara Simpang 4 Cebongan dengan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan menggunakan metode PKJI 2023 dan *Software* PTV VISSIM.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai bahan masukan untuk pihak Dinas Perhubungan Komunikasi dan Informatika Kabupaten Sleman dalam usaha peningkatan pelayanan lalu lintas.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data geometri simpang didapatkan dengan cara pengukuran langsung di lapangan.
2. Analisis data dilakukan dengan berpedoman kepada Pedoman Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) dan pemodelan menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM.

3. Parameter kinerja simpang yang digunakan adalah derajat kejenuhan, kecepatan rata-rata, tundaan, peluang antrean, dan kapasitas.
4. Pengelompokkan jenis kendaraan yang disurvei adalah sebagai berikut.
 - a. Sepeda motor (SM)
Contoh lain dari klasifikasi ini adalah kendaraan bermotor roda 3 (tiga).
 - b. Mobil Penumpang (MP)
Contohnya adalah Sedan, jeep, minibus, mikrobus, pikup, dan truk kecil.
 - c. Kendaraan sedang (KS)
Contohnya adalah Bus tanggung, bus metromini, dan truk sedang.
 - d. Kendaraan tidak bermotor (KTB)
5. Penelitian pendahuluan dilakukan pada Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan guna mengetahui jam puncak pada daerah tersebut.
6. Penentuan tingkat pelayanan simpang dilakukan berdasarkan Republik Indonesia (2015) pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Peninjauan terhadap penelitian terdahulu bertujuan untuk menemukan hal-hal yang relevan atau berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis. Berdasarkan peninjauan terhadap penelitian terdahulu, penulis dapat melakukan perbandingan atau komparasi obyek penelitian sehingga tidak terjadi pengulangan penelitian yang akan dilakukan.

Persimpangan adalah komponen yang menjadi elemen penting dalam sistem lalu lintas. Kebanyakan jalan di Indonesia yang berada di daerah perkotaan biasanya memiliki persimpangan. Pengemudi kendaraan yang menemui persimpangan dapat memutuskan untuk berbelok dan berpindah jalan. Persimpangan jalan bisa diartikan sebagai daerah umum dengan dua jalan atau lebih yang bergabung atau bersimpangan. Persimpangan sangat menentukan kondisi lalu lintas di suatu daerah, dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan. Persimpangan digunakan oleh pengguna jalan diantaranya adalah pengendara kendaraan dan pejalan kaki, yang di mana hubungan antara pengemudi dan pejalan kaki harus dirancang dengan mengutamakan keselamatan, kecepatan, efisiensi, kapasitas, dan juga biaya operasional.

2.2 Jenis Simpang

Menurut Morlok (1988) menyatakan bahwa jenis-jenis simpang dapat dikelompokkan menjadi dua kategori berdasarkan cara pengaturannya, yaitu sebagai berikut.

2.2.1 Simpang Tidak Bersinyal

Simpang tidak bersinyal (*unsignalized intersection*) adalah persimpangan yang tidak menggunakan lampu pengatur lalu lintas untuk mengatur arus kendaraan pada saat melewati simpang. Pengendara harus menggunakan aturan prioritas dan mempraktikkan prinsip saling mengalah untuk menentukan urutan dan keamanan

dalam melewati simpang tidak bersinyal. Jenis simpang ini paling banyak dijumpai di luar perkotaan dan sesuai diterapkan apabila arus lalu lintas di jalan minor dengan pergerakan membelok sedikit. Akan tetapi, jika arus lalu lintas di jalan mayor sangat tinggi dan meningkatkan risiko kecelakaan bagi pengendara di jalan minor (disebabkan oleh upaya pengendara pada jalan mayor untuk melewati dengan celah yang sempit), maka dipertimbangkan untuk memasang sinyal lalu lintas di persimpangan tersebut.

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) menyatakan bahwa secara umum simpang tidak bersinyal dengan pengaturan hak jalan (prioritas dari sebelah kiri) biasanya digunakan di daerah pemukiman perkotaan dan daerah pedalaman. Simpang ini sesuai untuk persimpangan antara jalan lokal dengan arus lalu lintas pedalaman atau persimpangan antara jalan lokal dengan arus lalu lintas yang relatif rendah. Akan tetapi, untuk persimpangan dengan kelas dan/atau fungsi jalan yang berbeda, lalu lintas pada jalan minor harus diatur dengan tanda "*Yield*" atau "*Stop*". Simpang tak bersinyal akan sangat efektif jika ukurannya kecil dan daerah konflik lalu lintasnya telah ditentukan dengan baik. Simpang ini sangat sesuai untuk persimpangan antara jalan dua lajur yang tidak memiliki pemisah tengah (tak berbagi).

Simpang tidak bersinyal dikategorikan menjadi beberapa bentuk, sebagai berikut.

1. Simpang tanpa pengontrol

Simpang tanpa pengontrol (*uncontrolled intersection*) tidak memberikan hak untuk berjalan (*right of way*) yang diutamakan pada salah satu jalan dari simpang tersebut. Bentuk simpang ini sesuai untuk persimpangan dengan volume lalu lintas rendah.

2. Simpang dengan prioritas

Simpang dengan prioritas (*priority intersection*) memberikan hak yang lebih kepada jalan tertentu dalam operasinya. Bentuk ini digunakan pada simpang dengan volume lalu lintas yang berbeda, dan pada pendekat jalan yang memiliki volume arus lalu lintas yang lebih rendah, disarankan untuk memasang rambu lalu lintas.

3. Persimpangan dengan pembagian ruang

Persimpangan dengan pembagian ruang (*space-sharing intersection*) memberikan prioritas yang sama dan gerakan yang berkesinambungan bagi semua kendaraan yang datang dari setiap lengan simpang. Arus kendaraan bergerak secara bersilangan pada kecepatan relatif rendah dan dapat melintasi persimpangan tanpa harus berhenti. Contoh pengendalian simpang jenis ini adalah melalui penggunaan bundaran (*roundabout*) dan area menjalin (*weaving area*).

Hidayat (2015) dalam Kushari (2020) melakukan penelitian pada simpang tak bersinyal di simpang tiga lengan yang terdapat di jalan masuk Universitas Islam Indonesia. Penelitian tersebut bertujuan untuk menemukan solusi yang optimal guna meningkatkan efektivitas pengaturan simpang. Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa kondisi simpang saat ini tidak memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (1997). Hal tersebut ditunjang dengan data kondisi eksisting, yaitu nilai derajat kejenuhan terbesar mencapai 1,0127, dengan kapasitas rata-rata sebesar 2589 smp/jam, dan tundaan pada simpang rata-rata sebesar 19,005 detik/smp. Solusi alternatif yang diajukan penulis adalah dengan mengubah simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal menggunakan metode yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (1997). Solusi alternatif ini menghasilkan simpang bersinyal dengan derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,558, kapasitas rata-rata sebesar 791 smp/jam, dan tundaan rata-rata sebesar 25,008 detik/smp. Berdasarkan hasil analisis pemecahan masalah pada kondisi eksisting direncanakan menjadi simpang bersinyal dalam 5 tahun mendatang. Setelah dilakukan analisis didapatkan data Pendekat Utara dengan arah lurus didapatkan nilai kapasitas sebesar 856 smp/jam, nilai arus lalu lintas sebesar 595 smp/jam, dan derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,694. Nilai derajat kejenuhan kurang dari 0,75, sehingga memenuhi syarat yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (1997).

2.2.2 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal (*signalised intersection*) adalah tipe simpang jalan yang dilengkapi dengan lampu lalu lintas atau sinyal untuk mengatur aliran kendaraan

dari berbagai arah. Pada simpang bersinyal, setiap arah lalu lintas diberikan giliran untuk bergerak melalui pengaturan lampu hijau, kuning, dan merah. Sinyal lalu lintas diatur secara bergantian untuk memastikan keselamatan dan kelancaran lalu lintas di simpang tersebut. Pengaturan lampu lalu lintas dapat disesuaikan berdasarkan volume lalu lintas yang berbeda pada waktu-waktu tertentu.

Triani (2006) melakukan penelitian untuk mengevaluasi efektifitas kinerja simpang bersinyal pada simpang jalan AR. Hakim-WR. Supratman kota Mataram dan mencari solusi optimal untuk meningkatkan pengaturan simpang tersebut. Berdasarkan hasil analisis akhir, dapat disimpulkan bahwa kondisi eksisting menunjukkan tingkat kinerja simpang yang kurang efektif. Kinerja simpang yang optimal dapat dicapai dengan beberapa alternatif solusi telah diajukan, antara lain perubahan waktu sinyal dan penambahan lebar pendekatan. Alternatif perubahan waktu sinyal dianggap sebagai solusi terbaik dari segi ekonomis, karena lebih mudah untuk dianalisis di lapangan dibandingkan dengan melakukan penambahan lebar pendekatan. Oleh karena itu, berdasarkan hasil penelitian disarankan agar dilakukan perubahan waktu sinyal pada simpang tersebut guna meningkatkan efektivitas kinerja simpang secara ekonomis.

2.3 Koordinasi Antar Simpang

Susanti (2021) melakukan penelitian mengenai koordinasi antar simpang di Jl. Dr. Soetomo, Jl. RA. Kartini, dan Jl. Pandegiling. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi masalah koordinasi antar simpang yang menyebabkan tundaan panjang di Jalan Raya Darmo. Seluruh perhitungan dalam penelitian ini mengacu pada aturan yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (1997). Perencanaan terbaik akan dipilih berdasarkan metode pembobotan tiga kinerja simpang, yaitu derajat kejenuhan (D_s) dengan bobot 0,5, panjang antrean (Q_L) dengan bobot 0,2, dan tundaan (*delay*) dengan bobot 0,3. Metode pembobotan yang sama digunakan dalam menentukan kinerja terbaik untuk setiap rencana yang diusulkan. Terdapat tiga simpang yang terletak di ruas Jalan Raya Darmo, yaitu Simpang Dr. Soetomo, Simpang RA. Kartini, dan Simpang Pandegiling. Kondisi eksisting pada ketiga simpang tersebut memiliki derajat kejenuhan (D_s) sebesar

1,104, panjang antrean (Q_L) sebesar 832 meter, dan tundaan (*delay*) sebesar 325 detik. Setelah dilakukan empat rencana perencanaan, nilai rata-rata simpang menunjukkan penurunan menjadi DS sebesar 0,857, Q_L sebesar 353 meter, dan tundaan sebesar 75 detik. Nilai *offset* antara Simpang Dr. Soetomo dengan Simpang RA. Kartini adalah 24 detik, antara Simpang RA. Kartini dengan Simpang Pandegiling adalah 27 detik, dan antara Simpang Dr. Soetomo dengan Simpang Pandegiling adalah 51 detik. Setiap simpang memiliki *bandwidth* sebesar 170 detik hijau. Oleh karena itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa melalui perencanaan yang dilakukan dengan metode pembobotan, terdapat peningkatan kinerja simpang dengan penurunan derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan. *Offset* waktu yang tepat dan alokasi waktu hijau yang sesuai juga berkontribusi dalam meningkatkan efektivitas koordinasi antar simpang di Jalan Raya Darmo.

Kirono (2018) melakukan penelitian mengenai koordinasi antar simpang pada Simpang Garuda di jalan Garuda-Rajawali dan Simpang Tingang di jalan Tingang-Rajawali. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis simpang di jalan Garuda-Rajawali dan jalan Tingang-Rajawali dengan melakukan koordinasi antara kedua simpang untuk mengurangi antrean dan tundaan. Perencanaan waktu siklus dilakukan berdasarkan kondisi terjenuh saat ini dengan memperhatikan teori koordinasi persimpangan dan rumus yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (1997). Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk memberikan kinerja simpang yang lebih efektif melalui pengaturan waktu siklus yang baru. Penulis melakukan perencanaan koordinasi antara kedua simpang berdasarkan waktu siklus yang telah diperoleh melalui analisis yang telah dilakukan. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapatkan waktu siklus pada Simpang Garuda adalah 98 detik. Rincian waktu untuk masing-masing pendekat pada Simpang Garuda, yaitu pendekat Utara sebesar 11 detik, pendekat Timur sebesar 21 detik, pendekat Selatan sebesar 12 detik, dan pendekat Barat sebesar 29 detik. Sedangkan pada Simpang Tingang, waktu siklus yang diperoleh adalah 113 detik, dengan rincian waktu untuk masing-masing pendekat, yaitu pendekat Utara sebesar 12 detik, pendekat Timur sebesar 31 detik, pendekat Selatan sebesar 12 detik, dan pendekat Barat sebesar 34 detik. Berdasarkan perbandingan waktu siklus setelah dilakukan analisis,

didapatkan bahwa waktu siklus pada Simpang Tingang sebesar 113 detik lebih besar daripada waktu siklus pada Simpang Garuda yang hanya 98 detik. Oleh karena itu, dalam koordinasi antara kedua simpang diambil waktu siklus terpanjang, yaitu sebesar 113 detik. Waktu tempuh dari Simpang Garuda ke Simpang Tingang sekitar 61,42 detik, pada waktu hijau pertama fase ke-2 di Simpang Garuda, t (waktu) adalah 0, sedangkan di Simpang Tingang, t (waktu) adalah 61,42 detik dan itu merupakan waktu hijau pertama fase ke-2 di Simpang Tingang. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kedua simpang, yaitu Simpang Garuda dan Simpang Tingang, dapat dikoordinasikan dengan menggunakan waktu siklus terpanjang, yaitu 113 detik. Hal ini diharapkan dapat mengurangi antrean dan tundaan serta meningkatkan kinerja simpang secara efektif.

Aulia (2023) melakukan penelitian mengenai koordinasi antar simpang pada Simpang Bekasi Timur dan Simpang DPRD. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi kinerja lalu lintas yang ada, melakukan optimalisasi waktu hijau, dan mengkoordinasikan simpang bersinyal pada Simpang Bekasi Timur dan Simpang DPRD. Metode penelitian dilakukan dengan membuat model valid menggunakan simulasi perangkat lunak PTV VISSIM. Model ini akan digunakan untuk mengevaluasi kinerja lalu lintas pada kondisi eksisting dan untuk mencari solusi peningkatan kinerja. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor, seperti waktu siklus optimal, *coupling index*, *signal offset* ideal, kapasitas, dan efisiensi *bandwidth*. Hasil dari analisis ini akan memberikan gambaran tentang kinerja lalu lintas dari setiap alternatif yang diteliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam kondisi eksisting, Simpang Bekasi Timur pada hari kerja di Hari Selasa pagi memiliki nilai tundaan sebesar 87 detik (LOS F), sedangkan pada hari libur Sabtu pagi memiliki nilai tundaan sebesar 87 detik (LOS F). Simpang DPRD pada hari kerja di Hari Selasa pagi memiliki nilai tundaan sebesar 47 detik (LOS E), sedangkan pada hari libur Sabtu pagi memiliki nilai tundaan sebesar 105 detik (LOS F). Setelah dilakukan optimalisasi simpang, kinerja Simpang Bekasi Timur pada hari kerja di Hari Selasa pagi membaik menjadi 80 detik (LOS F), sedangkan pada hari libur Sabtu pagi membaik menjadi 52 detik (LOS E). Sedangkan nilai tundaan Simpang DPRD pada hari kerja di Hari Selasa

pagi sedikit membaik menjadi 22 detik (LOS C), namun pada hari libur Sabtu pagi nilai tundaan meningkat menjadi 115 detik (LOS F). Setelah dilakukan penerapan koordinasi simpang, kinerja Simpang Bekasi Timur pada hari kerja di Hari Selasa pagi membaik menjadi 61 detik (LOS F), sedangkan pada hari libur Sabtu pagi membaik menjadi 44 detik (LOS E). Sedangkan nilai tundaan Simpang DPRD pada hari kerja di Hari Selasa pagi sedikit membaik menjadi 25 detik (LOS D), namun pada hari libur Sabtu pagi nilai tundaan meningkat menjadi 109 detik (LOS F). Dapat disimpulkan bahwa penelitian menunjukkan penerapan optimalisasi dan koordinasi simpang dapat memperbaiki kinerja lalu lintas pada Simpang Bekasi Timur dan Simpang DPRD, namun hasilnya dapat bervariasi tergantung pada situasi dan kondisi spesifik.

2.4 Perbandingan Penelitian Kinerja Simpang

Perbandingan penelitian kinerja simpang akan disajikan dalam Tabel 2.1 yang dapat dilihat pada halaman selanjutnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Kinerja Simpang

No.	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Lokasi	Penulis
1	Studi Perencanaan Simpang Koordinasi Jl. Dr. Soetomo-Jl. RA. Kartini-Jl. Pandegiling di Kota Surabaya	Mengetahui hasil rekayasa waktu siklus pada setiap lengan simpang yang menghubungkan Jl. Dr. Soetomo, Jl. RA. Kartini dan Jl. Pandegiling, serta untuk mengetahui koordinasi antar simpang empat Jl. Dr. Soetomo dengan simpang Jl. RA Kartini dan simpang Jl. Pandegiling yang selama ini mengakibatkan tundaan yang panjang di Jalan Raya Darmo.	Jl. Dr. Soetomo-Jl. RA. Kartini-Jl. Pandegiling di Kota Surabaya	Susanti (2021)
2	Analisis Koordinasi Sinyal antar Simpang (Studi Kasus Jalan Rajawali-Tingang dan Jalan Rajawali-Garuda)	Mengetahui efektivitas siklus baru (<i>circle time</i>) dan koordinasi yang tepat untuk dapat mengurangi waktu tundaan dan panjang antrean.	Jalan Rajawali-Tingang dan Jalan Rajawali-Garuda Kota Palangka Raya	Kirono (2018)

Sumber: Susanti(2021) dan Kirono (2018)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Kinerja Simpang

No.	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Lokasi	Penulis
3	Analisis Penerapan Koordinasi Simpang Bersinyal pada Simpang Bekasi Timur dan Simpang DPRD	Menganalisis kondisi kinerja lalu lintas eksisting, optimalisasi waktu hijau, dan koordinasi simpang bersinyal Simpang Bekasi Timur dan Simpang DPRD	Simpang Bekasi Timur dan Simpang DPRD di Kota Bekasi	Aulia (2023)
4	Analisis Koordinasi Sinyal Antar Simpang Wirobrajan dan Simpang Ngabean Yogyakarta	Menganalisis penerapan koordinasi simpang bersinyal pada kedua simpang, serta mendapatkan koordinasi yang tepat untuk mengurangi waktu tundaan dan panjang antrean.	Simpang Wirobrajan dan Simpang Ngabean, Yogyakarta	Patrias (2021)
5	Penerapan Koordinasi Simpang Bersinyal pada Kawasan Jl. Kalimantan–Jl. Belitung–Jl. Bali–Jl. Sumbawa di Kota Bandung	Mendapatkan koordinasi sinyal antar simpang yang tepat untuk mengurangi waktu tundaan dan panjang antrean.	Kawasan Jl. Kalimantan–Jl. Belitung–Jl. Bali–Jl. Sumbawa di Kota Bandung	Zihansyah (2022)

Sumber: Aulia (2023), Patrias (2021), dan Zihansyah (2022)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Kinerja Simpang

No.	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Lokasi	Penulis
6	Koordinasi Simpang Bersinyal pada Persimpangan Sambong dengan Persimpangan Mibar Kabupaten Jombang	Mengoptimalkan kinerja simpang pada Simpang Sambong dan Simpang Mibar dengan cara mengkoordinasikannya.	Simpang Sambong dan Simpang Mibar, Kabupaten Jombang	Tara (2024)
7	Kajian Simpang Koordinasi Moh Yamin Juanda–Moh Hatta Gatot Subroto di Kota Palu	Melakukan optimasi isolasi simpang dan koordinasi simpang APILL	Simpang Moh Yamin Juanda–Moh Hatta Gatot Subroto di Kota Palu	Veronica (2023)
8	Perencanaan Koordinasi Sinyal di Ruas Jalan Yogyakarta-Solo (Studi Kasus: Simpang Stasiun Brambanan dan Simpang Taman Wisata Candi)	Menyajikan koordinasi sinyal pada jalan dua arah dengan pemodelan (PTV VISSIM, 2011) pada kondisi jam sibuk lalu lintas dan penentuan waktu hijau optimum.	Simpang Stasiun Brambanan dan Simpang Taman Wisata Candi, Yogyakarta	Yulianyahya (2023)

Sumber: Tara (2024), Veronica (2023), dan Yulianyahya (2023)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Kinerja Simpang

No.	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Lokasi	Penulis
9	Peningkatan Kinerja Simpang dengan Koordinasi Sinyal Lalu Lintas di Simpang BPK dan Badran Yogyakarta	Mendapatkan koordinasi sinyal antar simpang yang tepat untuk mengurangi waktu tundaan dan panjang antrean.	Simpang BPK dan Badran Yogyakarta	Romadhona (2019)
10	Evaluasi Kinerja Sinyal dan Tidak Bersinyal pada Simpang Cebongan Berdasarkan MKJI 1997 dan PKJI 2023	Menganalisis perbandingan kinerja, tingkat pelayanan eksisting dan kinerja alternatif, serta memilih yang terbaik dari alternatif yang diusulkan.	Simpang 4 Cebongan Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta	Majid (2023)
11	Koordinasi Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Kabupaten Sleman dengan Pemodelan PTV VISSIM	Mengetahui kinerja Simpang 4 Cebongan dengan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan pada saat kondisi eksisting dan setelah koordinasi simpang menggunakan metode PKJI 2023 dan <i>Software</i> PTV VISSIM.	Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta	Firdaus (2024)

Sumber: Romadhona (2019) dan Majid (2023)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan Jalan

Persimpangan adalah elemen yang tak terpisahkan dalam setiap sistem jalan. Saat berada di dalam kota, orang dapat melihat bahwa sebagian besar jalan perkotaan umumnya dilengkapi dengan persimpangan. Pengemudi dapat memilih untuk melanjutkan perjalanan atau berbelok dan mengubah jalur di persimpangan.

Persimpangan merupakan titik di mana terjadi pertemuan atau percabangan antara banyak jalan, baik sejajar maupun tidak sejajar, yang menjadi bagian dari suatu sistem jaringan jalan. Persimpangan memiliki peran yang penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan dalam jaringan jalan. Persimpangan perlu diatur dan dikelola dengan baik untuk mencegah masalah seperti kemacetan. Selain itu, tujuan pembuatan persimpangan adalah untuk mengendalikan konflik antara pejalan kaki dan kendaraan. Beberapa masalah yang terkait dengan persimpangan meliputi hal-hal sebagai berikut.

1. Volume dan kapasitas, yang mempengaruhi hambatan.
2. Desain geometri jalan dan kebebasan pandang.
3. Kecelakaan dan keselamatan.
4. Parkir, akses, dan pembangunan umum.
5. Pejalan kaki.
6. Jarak antar simpang.

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), menjelaskan bahwa persimpangan adalah titik pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan, yang dapat berupa simpang, simpang APILL, bundaran, atau simpang tidak sebidang. Lalu lintas pada setiap bagian persimpangan bergerak secara bersama-sama dengan lalu lintas yang lain. Oleh karena itu, persimpangan memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan dalam suatu jaringan jalan.

Persimpangan juga merupakan bagian dari sistem lalu lintas darat yang sangat vital, maka dari itu harus didesain berdasarkan peraturan yang berlaku dengan mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasional, dan kapasitas. Pergerakan lalu lintas dan urutannya dapat diatur dengan berbagai metode, tergantung pada jenis persimpangan yang diperlukan. Tujuan utama dari pembuatan persimpangan adalah untuk mengurangi potensi konflik antar pengguna jalan yang melewati simpang, di sisi lain juga menyediakan kenyamanan dan kemudahan pergerakan maksimal bagi kendaraan.

3.2 Jenis Persimpangan

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) pemilihan jenis persimpangan baru (simpang, simpang APILL, bundaran, atau simpang tak sebidang) harus didasarkan pada analisis biaya siklus hidup (BSH, *life cycle costs*). Grafik BSH pemilihan jenis simpang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Grafik BSH Pemilihan Jenis Simpang

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Tujuan dari pemilihan jenis simpang baru berdasarkan pada analisis biaya siklus hidup (BSH, *life cycle costs*) adalah sebagai berikut.

1. Mengurangi atau menghindari terjadinya kecelakaan dan masalah lain yang disebabkan oleh titik-titik konflik pada simpang.
2. Mengontrol agar kapasitas di persimpangan dapat berjalan secara maksimal.
3. Meminimalkan tundaan.

Secara garis besar persimpangan terbagi menjadi 2 bagian yaitu persimpangan sebidang dan persimpangan tak sebidang.

1. Persimpangan sebidang

Persimpangan sebidang adalah di mana ruas jalan bertemu dengan suatu bidang yang sama. Terdapat beberapa jenis persimpangan yang umum digunakan dalam mendesain persimpangan sebidang pada ruas jalan. Persimpangan tersebut mencakup beberapa jenis, antara lain persimpangan berbentuk huruf T, huruf Y, persimpangan empat kaki, dan persimpangan berkaki banyak. Menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintas pada persimpangan sebidang dibagi menjadi 2 bagian, sebagai berikut.

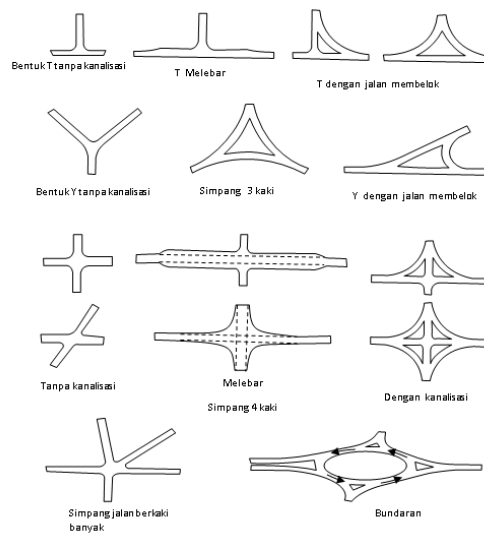
a. Simpang tak bersinyal

Simpang tak bersinyal atau sekarang hanya disebut sebagai simpang yaitu pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang dan tidak diatur oleh Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL).

b. Simpang APILL

Simpang APILL yaitu pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang yang dilengkapi APILL untuk pengaturan lalu lintasnya.

Gambaran jenis persimpangan sebidang dapat dilihat pada Gambar 3.2.

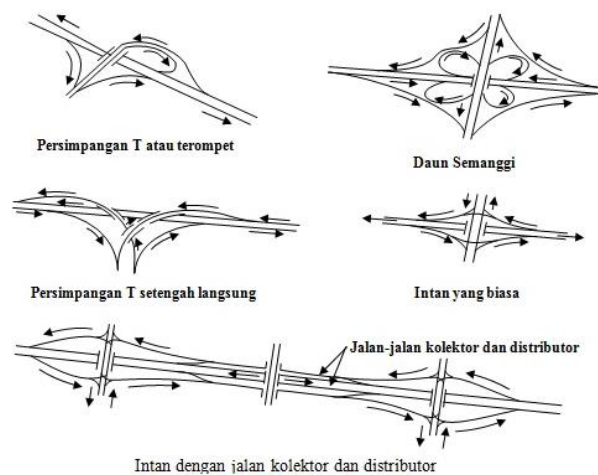


Gambar 3.2 Jenis Persimpangan Jalan Sebidang

(Sumber: Morlok, 1991)

2. Persimpangan tak sebidang

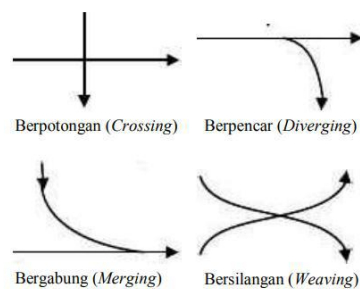
Persimpangan tak sebidang yaitu persimpangan pada suatu ruas jalan dengan ruas jalan yang lainnya tidak saling bertemu pada satu bidang dan memiliki beda tinggi antara keduanya. Contoh dari simpang tak sebidang, yaitu pada jalan layang. Gambaran jenis persimpangan tidak sebidang dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Jenis Persimpangan Jalan Tak Sebidang

(Sumber: Morlok, 1991)

Perilaku kendaraan yang menghasilkan pergerakan arus lalu lintas di suatu persimpangan jalan seringkali menyebabkan terjadinya konflik antar pengemudi kendaraan dan berisiko tabrakan. Manuver dari kendaraan dapat dibagi menjadi 4 jenis, yang bisa dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Jenis Manuver Kendaraan pada Simpang

(Sumber: Morlok, 1991)

3.3 Simpang

Simpang adalah pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang dan tidak diatur oleh Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Oleh karena itu, jenis persimpangan ini tidak sesuai untuk diletakkan pada jalan yang mengalami tingkat kepadatan yang sangat tinggi.

3.3.1 Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas (Q) adalah jumlah kendaraan bermotor yang melalui suatu segmen jalan per jam, dengan satuan kendaraan per jam (kend/jam) atau satuan mobil penumpang per jam (smp/jam). Arus lalu lintas untuk setiap arus gerakan pada setiap jenis kendaraan berupa mobil penumpang (MP), kendaraan sedang (KS), dan sepeda motor (SM) perlu dikonversi dari kendaraan per jam (kend/jam) menjadi satuan mobil penumpang per jam (smp/jam) dengan menggunakan angka ekuivalensi mobil penumpang. Angka ekuivalensi mobil penumpang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Angka Ekuivalensi Mobil Penumpang pada Simpang Tak Bersinyal

Jenis Kendaraan	EMP	
	$Q_{TOTAL} \geq 1000$ kend/jam	$Q_{TOTAL} < 1000$ kend/jam
Mobil Penumpang (MP)	1,0	1,0
Kendaraan Sedang (KS)	1,8	1,3
Sepeda Motor (SM)	0,2	0,5

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.3.2 Kapasitas

Kapasitas (C) simpang adalah volume lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan suatu persimpangan selama 1 (satu) jam dalam kondisi tertentu yang melingkupi geometri, lingkungan, dan lalu lintas (smp/jam). Kapasitas simpang tidak bersinyal menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1.

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \times F_{R_{mi}} \quad (3.1)$$

dengan:

C = kapasitas simpang (smp/jam),

C_0 = kapasitas dasar simpang (smp/jam),

F_{LP} = faktor koreksi lebar rata-rata pendekat,

F_M = faktor koreksi tipe median,

F_{UK} = faktor koreksi ukuran kota,

F_{HS} = faktor koreksi hambatan samping,

F_{BK_i} = faktor koreksi rasio arus belok kiri,

F_{BK_a} = faktor koreksi rasio arus belok kanan, dan

$F_{R_{mi}}$ = faktor koreksi rasio arus dari jalan minor.

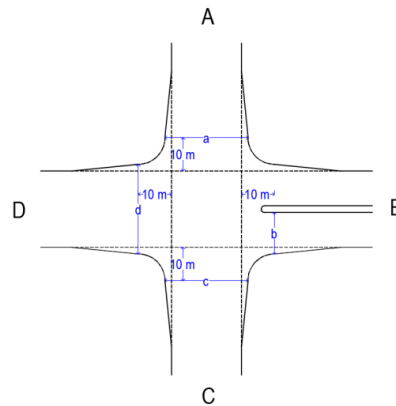
Kapasitas dasar (C_0) ditentukan dengan menggunakan ketentuan yang terdapat pada tabel kapasitas dasar untuk simpang tidak bersinyal pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Nilai kapasitas dasar (C_0) untuk simpang tidak bersinyal dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kapasitas Dasar Simpang 3 dan Simpang 4

Tipe Simpang	C_0 (smp/jam)
322	2.700
324	3.200
344	3.200
422	2.900
424	3.400

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Penentuan nilai lebar rata-rata pendekat dapat dilihat berdasarkan Gambar 3.5, Persamaan 3.2, Persamaan 3.3, dan Persamaan 3.4.



Gambar 3.5 Lebar Rata-Rata Pendekat

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

1. Lebar rata-rata pendekat jalan utama (L_{AC})

$$L_{AC} = \frac{L_A + L_C}{2} = \frac{\left(\frac{A}{2} + \frac{C}{2}\right)}{2} \quad (3.2)$$

2. Lebar rata-rata pendekat jalan minor (L_{BD})

$$L_{BD} = \frac{L_B + L_D}{2} = \frac{\left(B + \frac{D}{2}\right)}{2} \quad (3.3)$$

3. Lebar rata-rata pendekat (L_{RP})

$$L_{RP} = \frac{L_A + L_B + L_C + L_D}{\text{jumlah lengan simpang}} \quad (3.4)$$

Keterangan:

Pada Lengan B yang tergambar pada Gambar 3.3. di halaman sebelumnya terdapat median atau pemisah jalan, sehingga tidak diperlukan pembagian dengan angka 2.

Nilai faktor koreksi lebar rata-rata pendekat dapat dihitung berdasarkan Persamaan 3.5 hingga Persamaan 3.8 dengan menyesuaikan tipe simpang yang akan digunakan.

$$\text{untuk Tipe Simpang 422} \quad : F_{LP} = 0,70 + 0,0866 \times L_{RP} \quad (3.5)$$

$$\text{untuk Tipe Simpang 424 atau 444} \quad : F_{LP} = 0,61 + 0,0740 \times L_{RP} \quad (3.6)$$

$$\text{untuk Tipe Simpang 322} \quad : F_{LP} = 0,73 + 0,0760 \times L_{RP} \quad (3.7)$$

$$\text{untuk Tipe Simpang 324 atau 344} \quad : F_{LP} = 0,62 + 0,0866 \times L_{RP} \quad (3.8)$$

Nilai faktor koreksi median (F_M) pada jalan mayor dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.3. Nilai faktor koreksi ukuran kota (F_{UK}) dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.4. Nilai faktor koreksi lingkungan jalan, hambatan samping, dan kendaraan tak bermotor dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.5.

Tabel 3.3 Faktor Koreksi Median pada Jalan Mayor

Kondisi Simpang	Tipe Median	Faktor Koreksi, F_M
Tidak ada median di jalan mayor	Tidak ada	1,00
Ada median di jalan mayor dengan lebar <3 m	Median sempit	1,05
Ada median di jalan mayor dengan lebar ≥ 3 m	Median lebar	1,20

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Tabel 3.4 Faktor Koreksi Ukuran Kota

Ukuran Kota	Populasi Penduduk, Juta Jiwa	F_{UK}
Sangat kecil	<0,1	0,82
Kecil	0,1-0,5	0,88
Sedang	0,5-1,0	0,94
Besar	1,0-3,0	1,00
Sangat besar	>3,0	1,05

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Tabel 3.5 F_{HS} sebagai Fungsi dari Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan R_{KTB}

Tipe Lingkungan Jalan	Hambatan samping	F_{HS} untuk nilai R_{KTB}					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersial	Tinggi	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Sedang	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	Rendah	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Permukiman	Tinggi	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Sedang	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Rendah	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Akses terbatas	Tinggi/Sedang/Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

Nilai faktor koreksi rasio arus belok kiri dapat ditentukan menggunakan Persamaan 3.9.

$$F_{BK_i} = 0,84 + 1,61 \times R_{BK_i} \quad (3.9)$$

dengan:

R_{BK_i} = rasio belok kiri.

Nilai faktor koreksi rasio arus belok kanan dapat ditentukan menggunakan Persamaan 3.10 dan Persamaan 3.11.

$$\text{untuk Simpang 4: } F_{BK_a} = 1 \quad (3.10)$$

$$\text{untuk Simpang 3: } F_{BK_a} = 1,09 - 0,922 \times R_{BK_a} \quad (3.11)$$

dengan:

R_{BK_a} = rasio belok kanan.

Nilai faktor koreksi rasio arus dari jalan minor (F_{mi}) dapat ditentukan menggunakan Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Faktor Koreksi Rasio Arus Jalan Minor dalam Bentuk Persamaan

Tipe Simpang	F_{mi}	R_{mi}
422	$1,19 \times R_{mi}^2 - 1,19 \times R_{mi} + 1,19$	0,1-0,9
424 dan 444	$16,6 \times R_{mi}^4 - 33,3 \times R_{mi}^2 - 8,6 \times R_{mi} + 1,95$	0,1-0,3
	$1,11 \times R_{mi}^2 - 1,11 \times R_{mi} + 1,11$	0,3-0,9
322	$1,19 \times R_{mi}^2 - 1,19 \times R_{mi} + 1,19$	0,1-0,5
	$-0,595 \times R_{mi}^2 - 0,595 \times R_{mi} + 0,74$	0,5-0,9
324 dan 344	$16,6 \times R_{mi}^4 - 33,3 \times R_{mi}^2 - 8,6 \times R_{mi} + 1,95$	0,1-0,3
	$1,11 \times R_{mi}^2 - 1,11 \times R_{mi} + 1,11$	0,3-0,5
	$-0,595 \times R_{mi}^2 - 0,595 \times R_{mi} + 0,74$	0,5-0,9

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.3.3 Derajat Kejenuhan

Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) menyatakan bahwa derajat kejenuhan (D_J) adalah rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Nilai derajat kejenuhan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.12.

$$D_J = \frac{q}{C} \quad (3.12)$$

dengan:

D_J = derajat kejenuhan,

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

q = semua arus lalu lintas kendaraan bermotor dari semua lengan simpang yang masuk ke dalam simpang (smp/jam).

3.3.4 Tundaan

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), tundaan adalah waktu tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu persimpangan dibandingkan dengan situasi tanpa persimpangan.

1. Tundaan Lalu Lintas (T_{LL})

Tundaan lalu lintas adalah waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu persimpangan apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa persimpangan yang disebabkan oleh interaksi antara gerakan arus lalu lintas yang berlawanan di persimpangan. Tundaan lalu lintas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.13 atau Persamaan 3.14.

a. untuk $D_J \leq 0,6$

$$T_{LL} = 2 + 8,2078 \times D_J - (1 - D_J)^2 \quad (3.13)$$

b. untuk $D_J > 0,6$

$$T_{LL} = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 \times D_J)} - (1 - D_J)^2 \quad (3.14)$$

dengan:

T_{LL} = tundaan lalu lintas, dan

D_J = derajat kejenuhan.

2. Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (T_{LLma})

Tundaan lalu lintas jalan utama merupakan tundaan lalu lintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan mayor. Tundaan lalu lintas jalan utama dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.15 atau Persamaan 3.16.

a. untuk $D_J \leq 0,6$

$$T_{LLma} = 1,8 + 5,8234 \times D_J - (1 - D_J)^{1,8} \quad (3.15)$$

b. untuk $D_J > 0,6$

$$T_{LL} = \frac{1,0504}{(0,346 - 0,246 \times D_J)} - (1 - D_J)^{1,8} \quad (3.16)$$

3. Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (T_{LLmi})

Tundaan lalu lintas rata-rata jalan minor adalah waktu tambahan yang dialami oleh semua kendaraan bermotor yang memasuki persimpangan dari jalan minor. Tundaan lalu lintas jalan minor dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.17.

$$T_{LLmi} = \frac{q_{KB} \times T_{LL} - q_{ma} \times T_{LLma}}{q_{mi}} \quad (3.17)$$

dengan:

q_{KB} = arus total kendaraan bermotor yang masuk simpang (smp/jam),
dan

q_{ma} = arus kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan mayor (smp/jam).

4. Tundaan Geometri Simpang (T_G)

Tundaan geometri simpang adalah waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu persimpangan apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa persimpangan yang disebabkan oleh perlambatan dan atau percepatan arus lalu lintas yang membelok di persimpangan. Tundaan geometri simpang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.18 atau Persamaan 3.19.

a. untuk $D_J < 1$

$$T_G = (1 - D_J) \times \{6 \times R_B + 3 \times (1 - R_B)\} + 4 \times D_J \quad (3.18)$$

b. untuk $D_J \geq 1,0$

$$T_G = 4 \quad (3.19)$$

dengan:

T_G = tundaan geometri simpang (detik/smp), dan

R_B = rasio arus belok terhadap arus kendaraan bermotor total simpang.

5. Tundaan Simpang (T)

Tundaan simpang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.20.

$$T = T_{LL} + T_G \quad (3.20)$$

dengan:

T = tundaan simpang (detik/smp),

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

T_G = tundaan geometri (detik/smp).

3.3.5 Peluang Antrean

Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) menyatakan bahwa peluang antrean merupakan peluang terjadinya antrean kendaraan yang mengantre di sepanjang pendekat. Peluang antrean (P_a) tergantung dari D_J dan digunakan sebagai salah satu dasar penilaian kinerja lalu lintas Simpang. P_a dinyatakan dalam rentang

kemungkinan (%). Peluang antrean dengan batas atas dan batas bawah dapat dihitung dengan menggunakan metode yang spesifik sebagaimana Persamaan 3.21 dan Persamaan 3.22.

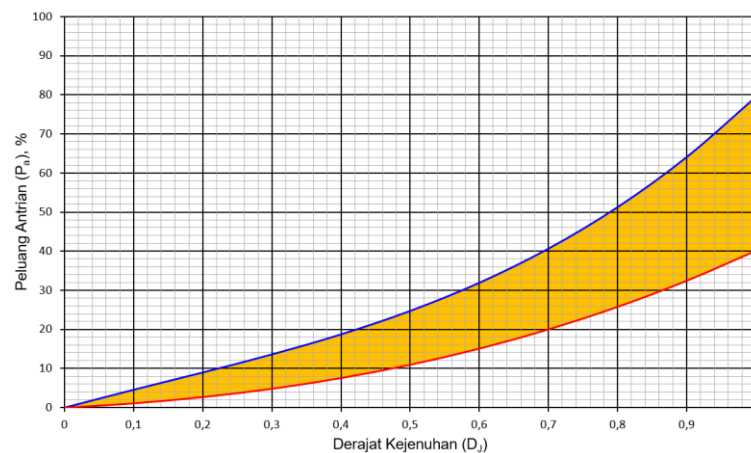
1. Batas atas peluang

$$P_a = 47,71 \times D_j - 24,68 \times D_j^2 + 56,47 \times D_j^3 \quad (3.21)$$

2. Batas bawah peluang

$$P_a = 9,02 \times D_j - 20,66 \times D_j^2 + 10,49 \times D_j^3 \quad (3.22)$$

Penentuan nilai P_a juga dapat ditentukan menggunakan grafik peluang antrean (P_a , %) pada simpang sebagai fungsi dari D_j . Grafik peluang antrean (P_a , %) pada simpang sebagai fungsi dari D_j dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Peluang Antrean pada Simpang

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.4 Simpang APILL

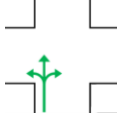
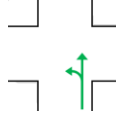
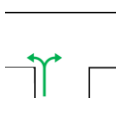
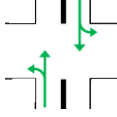
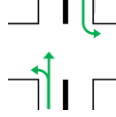
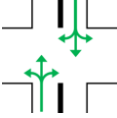
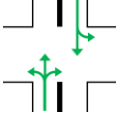
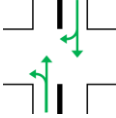
Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) menyatakan bahwa simpang APILL merupakan pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang yang dilengkapi APILL untuk pengaturan lalu lintasnya. APILL atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas

merupakan alat yang digunakan untuk mengatur lalu lintas simpang dengan cara meminimalkan konflik, baik konflik primer maupun konflik sekunder dengan memisahkan waktu berjalannya arus. Penggunaan APILL di persimpangan bertujuan untuk membagi kapasitas secara merata ke berbagai pendekat dengan mengalokasikan waktu hijau pada setiap pendekat. APILL dianggap sebagai metode paling efektif dalam mengatur lalu lintas di persimpangan dengan volume lalu lintas yang relatif tinggi pada setiap kaki simpang. Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) menyatakan beberapa alasan simpang APILL digunakan dengan tujuan untuk mempertahankan kapasitas persimpangan pada jam puncak dan mengurangi kecelakaan akibat tabrakan antar kendaraan dari arah yang berlawanan.

3.4.1 Tipe Pendekat

Penentuan tipe pendekat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Tipe Pendekat

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

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.4.2 Satuan Mobil Penumpang

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) satuan mobil penumpang (SMP) satuan untuk arus lalu lintas dimana arus berbagai kendaraan yang berbeda telah diubah menjadi arus mobil penumpang dengan menggunakan nilai ekuivalen mobil penumpang. Ekuivalensi mobil penumpang (EMP) adalah faktor konversi untuk jenis kendaraan sedang, bus besar, truk besar, dan sepeda motor yang dibandingkan terhadap mobil penumpang sehubungan dengan dampaknya terhadap kapasitas jalan, untuk mobil penumpang dan juga kendaraan ringan yang mirip memiliki nilai EMP 1. Angka ekuivalensi kendaraan penumpang dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Angka Ekuivalensi Mobil Penumpang pada Simpang Bersinyal

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: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

3.4.3 Arus Jenuh

Arus jenuh (J) menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) merupakan besarnya arus lalu lintas keberangkatan antrean dari dalam suatu pendekat selama kondisi yang ada dan dinyatakan dalam satuan smp/jam. Arus jenuh pada Simpang APILL dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23.

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \quad (3.23)$$

dengan:

J = arus jenuh (smp/jam-hijau),

J₀ = arus jenuh dasar (smp/jam-hijau),

F_{HS} = faktor koreksi J₀ akibat hambatan samping lingkungan jalan,

F_{UK} = faktor koreksi J₀ akibat ukuran kota,

F_G = faktor koreksi J_0 akibat kelandaian memanjang pendekat,

F_P = faktor koreksi J_0 akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama,

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

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

Penentuan nilai dari arus jenuh dasar menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) untuk pendekat terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif (L_e). Arus jenuh dasar pada Simpang APILL dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24.

$$J_0 = 600 \times L_e \quad (3.24)$$

dengan:

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

L_e = lebar efektif pendekat (meter).

Selanjutnya untuk menentukan faktor-faktor dapat dilihat pada bagian berikut ini.

Nilai untuk penentuan faktor koreksi ukuran kota (F_{UK}) dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Faktor Koreksi Ukuran Kota

Ukuran Kota	Populasi penduduk, juta jiwa	Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{UK})
Sangat kecil	< 0,1	0,82
Kecil	0,1-0,5	0,83
Sedang	0,5 – 1,0	0,94
Besar	1,0 – 3,0	1,00
Sangat Besar	> 3,0	1,05

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)

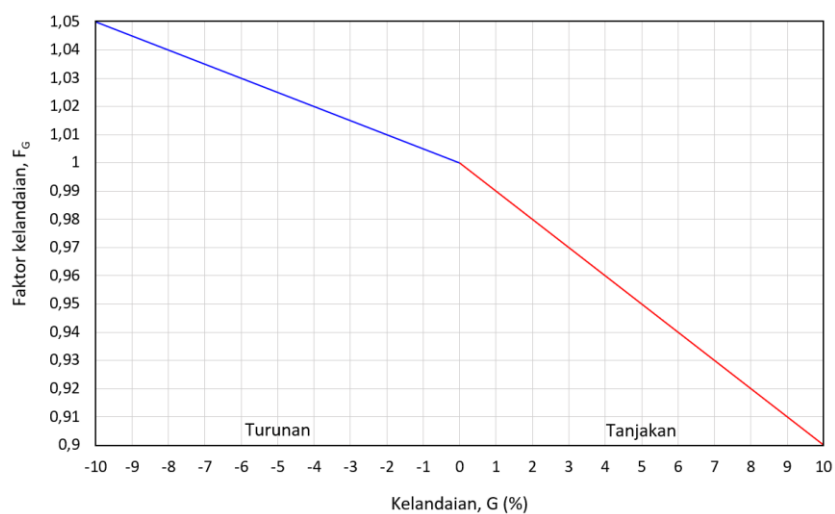
Nilai untuk penentuan faktor penyesuaian hambatan samping menyesuaikan dari lingkungan jalan, hambatan samping, tipe fase, dan rasio kendaraan tak bermotor. Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{HS}) dapat dilihat pada Tabel

3.10. Faktor penyesuaian kelandaian (F_G) yaitu fungsi dari kelandaian lengan simpang yang ditentukan dari Gambar 3.7.

Tabel 3.10 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Lingkungan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0	0,05	0,10	0,15	0,2	> 0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
		Terlindung	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Redah	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 (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84
	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
	Redah	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 (RA)	T/S/R	Terlawan	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,0	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

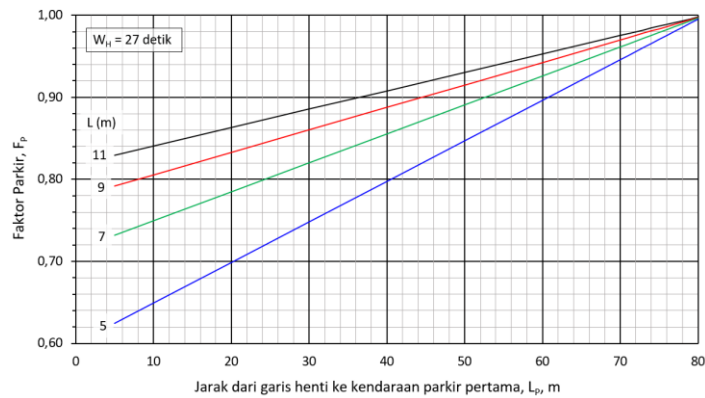
Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2023)



Gambar 3.7 Faktor Penyesuaian Kelandaian

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2023)

Faktor penyesuaian parkir (F_p) adalah jarak dari garis henti ke kendaraan yang parkir pertama dan lebar *approach*. Faktor penyesuaian parkir dapat dilihat pada Gambar 3.8.



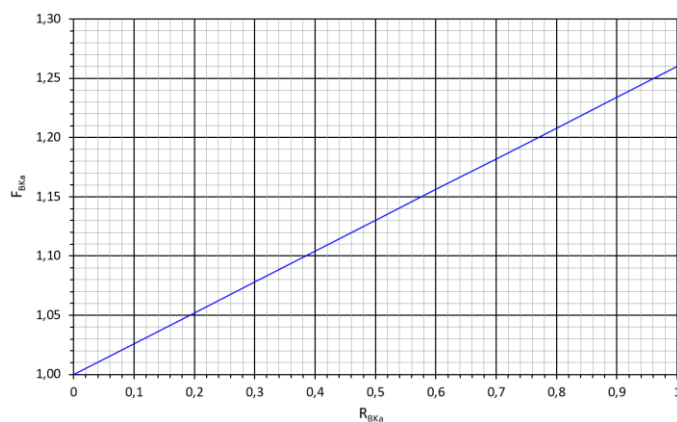
Gambar 3.8 Faktor Penyesuaian Parkir

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2023)

Faktor penyesuaian belok kanan (F_{BKa}) diketahui rasio kendaraan yang belok kanan (R_{BKa}). Untuk mendapatkan nilai dari F_{BKa} dapat dilihat dari Persamaan 3.25 dan Persamaan 3.26 dan pada Gambar 3.9.

$$R_{BKa} = \frac{Q_{BKa}}{Q_{Total}} \quad (3.25)$$

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26 \quad (3.26)$$



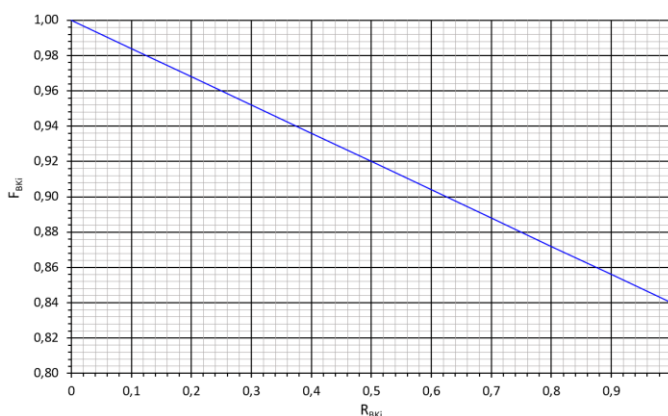
Gambar 3.9 Faktor Penyesuaian Belok Kanan

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2023)

Faktor koreksi belok kiri (F_{BK_i}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri R_{BK_i} . Perhitungan ini berlaku untuk pendekat tipe P tanpa B_{KijT} , lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk dan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.27 dan Persamaan 3.28 atau dapat diperoleh dari Gambar 3.10.

$$R_{BK_i} = \frac{q_{BK_i}}{q_{Total}} \quad (3.27)$$

$$F_{BK_i} = 1,0 - R_{BK_i} \times 0,16 \quad (3.28)$$



Gambar 3.10 Faktor koreksi untuk belok kiri (F_{BK_i}) untuk pendekat tipe P tanpa B_{KijT} , dan L_E ditentukan oleh L_M

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2023)

3.4.4 Rasio Arus

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga (2023) dalam menganalisis rasio arus terhadap arus jenuh ($R_{q/J}$) perlu memperhatikan beberapa hal sebagai berikut.

1. Jika harus memisahkan arus BK_{ijT} dari analisis, maka hanya arus lurus dan belok kanan saja yang dihitung sebagai nilai q .
2. Jika Laju Ekuivalensi (L_E) sama dengan Laju Kendaraan (L_K), maka hanya arus lurus yang akan masuk dalam perhitungan nilai q .
3. Apabila pendekat mempunyai dua fase, yaitu fase kesatu untuk arus terlawan (O) dan fase kedua untuk arus terlindung (P), maka arus gabungan dihitung dengan pembobotan seperti dalam proses perhitungan arus jenuh.

$R_{q/J}$ dihitung menggunakan Persamaan 3.29.

$$R_{q/J} = \frac{q}{J} \quad (3.29)$$

3.4.5 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga (2023) menyatakan definisi mengenai waktu siklus dan lingkupnya meliputi, waktu siklus (*Cycle Time*) yaitu waktu selama satu urutan lengkap dari fase sebuah sinyal lalu lintas di mana satuannya dalam detik. Kemudian fase (*phase*) yaitu merupakan satu tahapan sinyal dalam periode waktu tertentu di mana satu atau lebih pergerakan lalu lintas diberikan kesempatan untuk bergerak. Waktu siklus optimal (*optimum cycle time, Co*) yaitu waktu siklus yang memberikan nilai minimum untuk parameter kinerja yang dipilih seperti tundaan, panjang antrean dan juga jumlah stop per detik. Waktu hilang (*lost time, l*) yaitu periode waktu yang secara efektif. Waktu siklus dan waktu hijau terbagi menjadi dua bagian sebagai berikut.

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian bisa dihitung menggunakan rumus di bawah ini pada Persamaan 3.30.

$$s = \frac{(1,5 \times W_{HH} + 5)}{(1 - \Sigma R_{q/J} \text{kritis})} \quad (3.30)$$

dengan:

s = waktu siklus (detik),

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

$R_{q/J}$ = rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh (q/J).

2. Waktu hijau

Perhitungan waktu hijau (W_H) untuk masing-masing fase dapat dilihat pada Persamaan 3.31.

$$W_{Hi} = (s - W_{HH}) \times \frac{R_{q/J} \text{kritis}}{\Sigma_i (R_{q/J} \text{kritis})_i} \quad (3.31)$$

dengan:

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

i = indeks untuk fase ke i.

Waktu siklus yang layak ditunjukkan dalam Tabel 3.11.

Tabel 3.11 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: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.4.6 Kapasitas Simpang APILL

APILL mengatur lalu lintas simpang dengan cara meminimalkan konflik, baik konflik primer maupun konflik sekunder dengan memisahkan waktu berjalannya arus. Kapasitas simpang APILL merupakan kemampuan suatu persimpangan untuk menampung jumlah maksimum arus lalu lintas dalam satu satuan waktu. Kapasitas ini biasanya diukur dalam satuan smp/jam hijau. Kapasitas sebuah simpang APILL dinyatakan dengan Persamaan 3.32.

$$C = J \times \frac{W_H}{s} \quad (3.32)$$

dengan:

C = kapasitas simpang APILL (smp/jam),

J = arus jenuh (smp/jam),

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

s = waktu siklus (detik).

3.4.7 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (D_J) yaitu rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Derajat kejenuhan dinyatakan dalam Persamaan 3.33.

$$D_J = \frac{q}{C} \quad (3.33)$$

dengan:

D_J = derajat kejenuhan,

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

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

3.4.8 Panjang Antrean

Antrean menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), yaitu jumlah suatu kendaraan yang mengantre dalam suatu pendekat simpang yang dinyatakan dalam kendaraan atau satuan mobil penumpang (smp), kemudian panjang antrean adalah panjang Antrean kendaraan di dalam suatu pendekat kemudian dinyatakan dalam satuan meter. Ketika melakukan perhitungan, hasil dari perhitungan derajat kejenuhan digunakan untuk menghitung jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Jumlah rata-rata antrean kendaraan (smp) pada awal isyarat lampu hijau (N_q) dapat dihitung dengan menambahkan jumlah kendaraan terhenti (smp) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) dengan jumlah kendaraan (smp) yang datang dan terhenti dalam antrean selama fase merah (N_{q2}). Perhitungan analisisnya dijelaskan pada Persamaan 3.34, Persamaan 3.35, Persamaan 3.36, dan Persamaan 3.37.

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \quad (3.34)$$

untuk $D_J < 0,5$

$$N_{q1} = 0 \quad (3.35)$$

untuk $D_J > 0,5$.

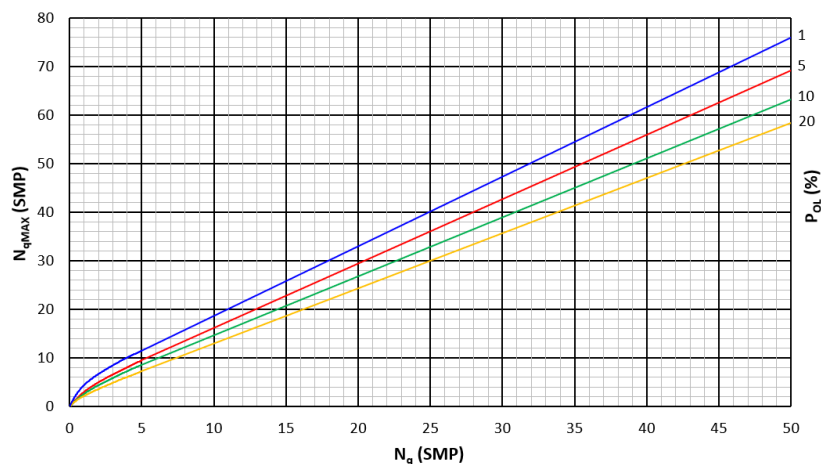
$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{s}} \right\} \quad (3.36)$$

$$N_{q2} = s \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_J)} \times \frac{q}{3.600} \quad (3.37)$$

Panjang antrean (P_A) dapat diperoleh dengan mengalikan jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_q) dalam satuan smp dengan luas area rata-rata yang digunakan oleh satu mobil penumpang (smp), yang diasumsikan sebesar 20 m^2 , kemudian dibagi dengan lebar masuk (m). Perhitungannya dapat menggunakan Persamaan 3.38.

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M} \quad (3.38)$$

Untuk nilai dari $N_{Q_{MAX}}$ diperoleh dengan cara menghubungkan nilai $N_{Q_{Total}}$ dengan *probabilitas overloading* Pol (%). Disarankan $Pol = 5-10\%$. Nilai dari $N_{Q_{MAX}}$ dapat dilihat dalam Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Penentuan Jumlah Antrean Rata-rata

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

3.4.9 Rasio Kendaraan Henti

Rasio Kendaraan Henti (R_{KH}) yaitu rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu Simpang APILL terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut. Rasio Kendaraan Henti (R_{KH}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.39.

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600 \quad (3.39)$$

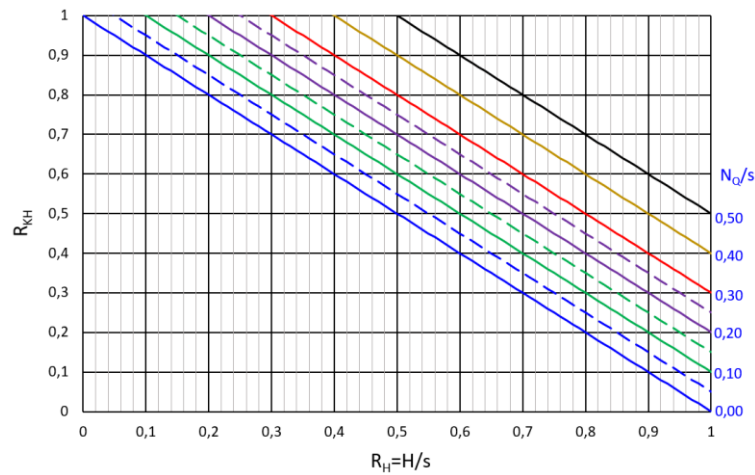
dengan:

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

s = waktu siklus (detik), dan

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

Penentuan Rasio Kendaraan Henti (R_{KH}) juga dapat dilakukan menggunakan Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Penentuan Rasio Kendaraan Henti

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) adalah jumlah total rata-rata kendaraan yang berhenti (termasuk berhenti berulang dalam antrean) sebelum

melintasi simpang APILL. Perhitungannya dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.40.

$$N_{KH} = q \times R_{KH} \quad (3.40)$$

Rasio rata-rata kendaraan berhenti untuk seluruh simpang APILL atau angka henti seluruh simpang APILL ($R_{KH \text{ Total}}$), dihitung menggunakan Persamaan 3.41.

$$R_{KH} = \frac{\sum N_{KH}}{q_{\text{Total}}} \quad (3.41)$$

3.4.10 Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu Simpang APILL apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa Simpang APILL. Tundaan ini terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Tundaan lalu lintas (T_{LL})

Tundaan lalu lintas yaitu waktu menunggu yang disebabkan kondisi lalu lintas yang terjadi gerakan lalu lintas yang bertentangan. Perhitungan Tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat bisa dilihat pada Persamaan 3.42.

$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_j)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C} \quad (3.42)$$

2. Tundaan Geometri (T_G)

Tundaan geometri terjadi ketika kendaraan mengalami perlambatan dan percepatan saat melintasi simpang atau saat terhenti oleh lampu merah. Tundaan geometri simpang masing-masing pendekat dihitung dengan persamaan 3.43.

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (3.43)$$

dengan:

P_B = porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat.

3. Tundaan rata-rata (T_i)

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat i dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.44.

$$T_i = T_{LLi} + T_{Gi} \quad (3.44)$$

Tundaan rata-rata untuk seluruh lengan simpang APILL dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.45.

$$T_i = \frac{\sum(q \times T)}{q_{Total}} \quad (3.45)$$

3.5 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan menjadi ukuran yang digunakan sebagai kualitas suatu simpang ketika melayani arus lalu lintas. Menurut Republik Indonesia (2015) pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015, tingkat pelayanan adalah ukuran kuantitatif dan kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional lalu lintas. Tingkat pelayanan pada simpang dapat dilihat pada Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Tingkat Pelayanan pada Persimpangan

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

Sumber: Republik Indonesia (2015)

3.6 Koordinasi Simpang APILL

Tujuan dari koordinasi sinyal antar simpang APILL adalah untuk mengoptimalkan kapasitas jaringan jalan. Penerapan koordinasi sinyal antar simpang APILL diharapkan dapat mengurangi terjadinya tundaan (*delay*) dan mencegah terbentuknya antrean kendaraan yang panjang. Kendaraan yang sudah berjalan menuju simpang berikutnya diupayakan tidak mendapat sinyal merah pada simpang berikutnya, jadi kendaraan dapat terus berjalan dengan kecepatan normal tanpa terkena sinyal merah di simpang kedua.

Taylor (1996) juga mengungkapkan bahwa sistem koordinasi sinyal bertujuan untuk mengikuti volume lalu lintas maksimum sehingga kendaraan dapat melewati simpang tanpa harus berhenti. Oleh karena itu, waktu hijau (*green periods*) pada simpang berikutnya diatur sedemikian rupa sehingga mengikuti kedatangan kelompok kendaraan (*platoon*).

Pendekatan yang telah disebutkan sebelumnya didasarkan pada hasil penelitian di lokasi tertentu dan memberikan gambaran umum tentang arus lalu lintas. Akan tetapi, penting untuk memperhatikan bentuk arus lalu lintas yang terjadi saat memasuki sebuah persimpangan. Jika terdapat kelompok kendaraan yang keluar dari satu persimpangan dan masih bergerombol saat memasuki persimpangan berikutnya itu disebut sebagai *platoon*, maka koordinasi antara kedua persimpangan tersebut sangat penting untuk dilakukan. Demikian sebaliknya, jika arus lalu lintas saat tiba pada persimpangan di hilir memiliki pola seragam (tidak membentuk *platoon*), maka koordinasi antara kedua persimpangan tidak dibutuhkan. Jika ada kemungkinan kriteria yang disebutkan di atas tidak berlaku pada jalan tertentu. Hal tersebut mengindikasikan bahwa koordinasi antara kedua simpang masih dianggap lebih efektif, jika jarak antar keduanya sekitar 800 hingga 1200 meter. Koordinasi yang baik antara persimpangan dapat membantu menghindari pembentukan *platoon* yang berkelanjutan dan memastikan aliran lalu lintas yang lebih efisien.

Menurut Papacostas dan Prevedouros (2005) simulasi komputer sangat penting untuk analisis jalan bebas hambatan dan sistem jalan perkotaan. Melalui simulasi, khusus transportasi bisa mempelajari pembentukan disipasi kemacetan di

jalan raya, menilai dampak dari strategi kontrol, dan membandingkan konfigurasi geometri alternatif. Model simulasi memiliki karakteristik yang berbeda yaitu statis atau dinamis, deterministik atau stokastik, mikroskopis atau makroskopis. Setiap model simulasi memiliki logika dan batasan penggunaannya sendiri dan dapat diterapkan untuk komponen tertentu dari sistem transportasi.

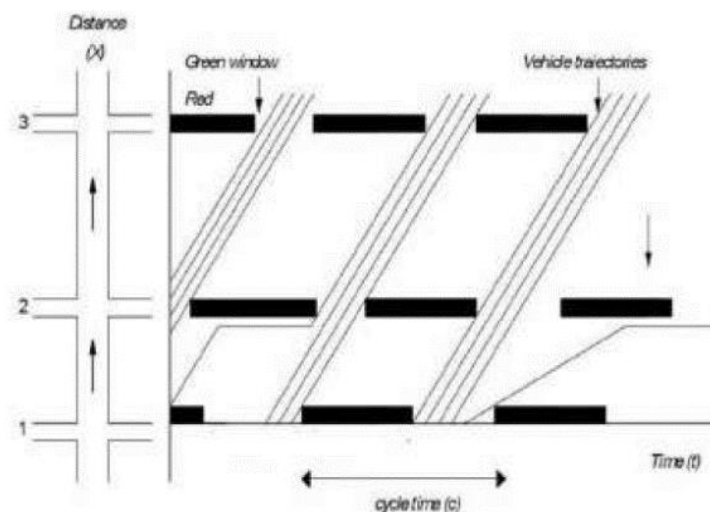
Klasifikasi model simulasi lalu lintas didasarkan pada tingkat agregasi. Model mikroskopis mempertimbangkan karakteristik setiap kendaraan individu dan interaksinya dengan kendaraan lain dalam arus lalu lintas. Oleh karena itu simulasi lalu lintas yang dihasilkan rinci namun membutuhkan *input* yang luas dan waktu eksekusi yang lama. Model makroskopis dicirikan oleh representasi cairan kontinum dari arus lalu lintas dalam hal ukuran agregat seperti laju aliran, kecepatan, dan kepadatan. Model ini kurang detail namun mampu untuk menangani masalah besar dalam waktu singkat. Prosedur analitik dimasukkan ke dalam model mikroskopis dan makroskopis untuk mengevaluasi kondisi yang ada dan memprediksi kinerja di bawah desain yang berbeda dan skenario kontrol.

Tipe metode pemodelan simulasi mikroskopis didasarkan pada teori mengikuti kendaraan dan perubahan jalur yang dapat mewakili operasi lalu lintas dan perilaku kendaraan atau pengemudi secara rinci. Teori mengikuti kendaraan menggambarkan pergerakan longitudinal kendaraan. Pendekatan klasik mengikuti kendaraan cukup mudah yaitu pada kecepatan yang diinginkan dengan tetap menjaga jarak aman mengikuti kendaraan di depan. Teori pengubahan jalur menggambarkan perilaku lalu lintas lateral. Ini dapat dipertimbangkan dalam hal sejumlah ambang persepsi yang mengatur pertimbangan risiko menerima celah di jalur tetangga. Seperangkat aturan keputusan digunakan untuk menghitung apakah keuntungan kecepatan dapat diperoleh jika kendaraan berganti jalur. Pemodelan simulasi mikroskopis menggabungkan analisis antrean, analisis gelombang kejut dan teknik analisis lainnya. Selain itu, sebagian besar model simulasi mikroskopis bersifat stokastik, menggunakan proses *Monte Carlo* untuk menghasilkan angka acak untuk mewakili perilaku pengemudi atau kendaraan dalam kondisi lalu lintas nyata.

Menurut Taylor (1996), prinsip koordinasi simpang bersinyal ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam koordinasikan sinyal adalah sebagai berikut.

1. Membuat waktu siklus pada sinyal di setiap simpang sama, dengan tujuan mempermudah penentuan selisih waktu antara lampu hijau pada simpang satu dengan simpang berikutnya.
2. Pola pengaturan simpang yang paling optimal adalah penggunaan *fixed time signal*, karena koordinasi sinyal dapat dilakukan secara terus-menerus.

Prinsip koordinasi sinyal dan *Green Wave* menurut Taylor ditunjukkan dalam Gambar 3.13 sebagai berikut.



Gambar 3.13 Prinsip Koordinasi Sinyal dan *Green Wave*

(Sumber: Taylor, 1996)

Pengaturan koordinasi lampu lalu lintas yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Koordinasi pada jalan satu arah dan jalan dua arah untuk koordinasi lampu lalu lintas

Koordinasi pada jalan satu arah dan jalan dua arah untuk koordinasi lampu lalu lintas yaitu pada jalan satu arah di mana tidak ada lalu lintas yang dapat masuk ke dalam ruas jalan tersebut di antara dua persimpangan.

2. Diagram waktu jarak (*time distance diagram*)

Diagram waktu jarak (*time distance diagram*) adalah representasi visual dua dimensi dari serangkaian simpang yang terkoordinasi. Diagram ini berguna

untuk menggambarkan hubungan antara jarak dan pola waktu pada lampu lalu lintas di setiap simpang terkait.

3. Metode Koordinasi Lampu Lalu Lintas

a. Pola Pengaturan Waktu Tetap (*Fixed Time Control*)

Pola pengaturan tetap adalah waktu pola yang ditetapkan hanya satu dan tidak berubah. Pola Pengaturan Waktu Tetap sesuai untuk kondisi jalan atau jaringan jalan yang terkoordinasi. Pola pengaturan waktu untuk lampu lalu lintas tidak hanya bersifat tetap dan dapat diubah sesuai dengan kondisi lalu lintas yang ada. Ada 3 pola yang biasa digunakan secara umum di mana berdasarkan kondisi lalu lintas sibuk pagi (*morning peak condition*), kondisi lalu lintas sibuk sore (*evening peak condition*), Kondisi lalu lintas di antara kedua periode waktu tersebut dikenal sebagai kondisi lalu lintas di luar puncak (*off-peak condition*).

c. Pola Pengaturan Waktu Berubah Sesuai Kondisi Lalu Lintas (*traffic responsive system*)

Untuk pola pengaturan waktu ini, waktu yang sudah diterapkan dapat berubah setiap waktu yang sesuai dengan perkiraan kondisi sebuah lalu lintas yang ada dan pada waktu yang bersangkutan. Pola ini ditetapkan berdasarkan perkiraan kedatangan kendaraan yang dihitung beberapa saat sebelum diterapkan.

Sistem koordinasi sinyal antar simpang dapat dibagi menjadi empat macam, yaitu sebagai berikut.

1. Sistem serentak (*simultaneous system*)

Sistem serentak (*simultaneous system*) adalah kondisi pada saat semua indikator warna pada suatu koridor jalan menyala secara bersama.

2. Sistem berganti-ganti (*alternative system*)

Sistem berganti-ganti (*alternative system*) adalah sistem dengan semua indikator sinyal berubah pada waktu yang sama, tetapi sinyal atau kelompok sinyal di simpang dekatnya menunjukkan warna yang berlawanan.

3. Sistem progresif sederhana (*simple progressive system*)

Sistem progresif sederhana (*simple progressive system*) adalah sistem di mana berpedoman pada siklus yang umum namun dilengkapi dengan indikasi sinyal jalan secara terpisah.

4. Sistem progresif fleksibel (*flexible progressive system*)

Sistem progresif fleksibel (*flexible progressive system*) adalah sistem progresif fleksibel adalah sistem yang memiliki mekanisme pengendali induk yang mengatur pengendali di setiap sinyal.

3.6.1 Syarat Koordinasi Sinyal

Mengoordinasikan simpang, diperlukan beberapa syarat yang harus dipenuhi.

Berikut ini merupakan syarat koordinasi simpang.

1. Semua sinyal harus mempunyai panjang waktu siklus yang sama.
2. Jarak untuk antar simpang yang dikoordinasikan tidak boleh lebih dari 800 meter. Jika lebih dari 800 meter koordinasi sinyal sudah tidak efektif.
3. Lampu lalu lintas di bagian hulu dapat menjadi penyebab terbentuknya sekelompok kendaraan (*platoon*).
4. Umumnya digunakan pada jaringan jalan utama (arteri, kolektor) dan juga dapat digunakan untuk jaringan jalan yang berbentuk *grid*. Kinerja simpang bersinyal yang baik dapat dilihat dari nilai derajat kejenuhannya (D_j). Derajat kejenuhan yang baik itu di bawah 0,85, jika lebih dari itu maka kinerja di persimpangan tersebut masuk dalam kategori buruk.

3.6.2 *Offset* dan *Bandwidth*

1. *Offset*

Offset adalah selisih waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dengan awal sinyal hijau pada simpang berikutnya, seperti yang dijelaskan oleh Papacostas (2005). Waktu *offset* dapat dihitung melalui diagram koordinasi dan dapat digunakan untuk membentuk lintasan koordinasi. *Offset* yang ideal adalah *offset* yang tepat, di mana saat kendaraan pertama dalam *platoon* baru tiba di sinyal dari arah hilir, sinyal dari arah hulu segera berubah menjadi hijau. Untuk mendapatkan *offset* yang memiliki nilai ideal dapat diketahui dengan Persamaan 3.46.

$$t_{\text{ideal}} = \frac{L}{S} \quad (3.46)$$

dengan:

t_{ideal} = waktu ideal *offset* (detik),

L = jarak antara sinyal antar simpang (m), dan

S = kecepatan kendaraan (m/detik).

2. *Bandwidth*

Bandwidth adalah selisih waktu antara sinyal hijau pada lintasan pertama dan sinyal hijau pada lintasan terakhir dalam suatu lintasan paralel, seperti yang dijelaskan oleh Papacostas (2005). McShane (1990) menyatakan bahwa jika kendaraan bergerak dengan kecepatan yang sesuai sehingga tetap berada dalam batas *bandwidth*, maka diharapkan kendaraan tersebut tidak akan mengalami tundaan akibat lampu merah.

Kapasitas *Bandwidth* adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat melintasi rangkaian sinyal tanpa harus berhenti atau mengalami tundaan. Untuk nilai dari kapasitas *Bandwidth* dapat diketahui dari Persamaan 3.47.

$$CBW = \frac{3600 \times BW \times NL}{C \times k} \quad (3.47)$$

dengan:

CBW = kapasitas *Bandwidth* (smp/jam),

BW = *bandwidth* (detik),

NL = jumlah lajur dalam arah yang digunakan,

C = panjang siklus (detik), dan

k = waktu jenuh (detik).

Nilai efisiensi *Bandwidth* yang bagus dan baik dengan nilai antara 40% hingga 50%. Perhitungan untuk mendapatkan nilai tersebut dapat diketahui menggunakan Persamaan 3.48.

$$\text{EFFBW} = \frac{\text{BW}}{C} \times 100\% \quad (3.48)$$

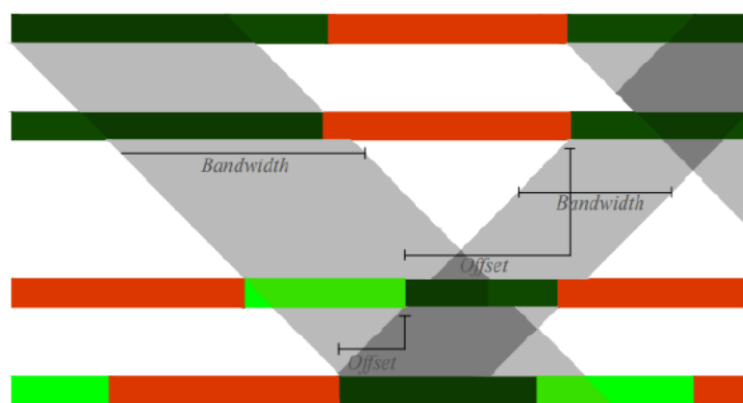
dengan:

EFFBW = efisiensi *Bandwidth* (%),

BW = *bandwidth* (detik), dan

C = panjang siklus (detik).

Untuk diagram koordinasi antara *offset* dan *Bandwidth* dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Diagram Koordinasi antara *Offset* dan *Bandwidth*

(Sumber: Papacosta, 2005)

3.6.3 Pemilihan Alternatif Terbaik

Waktu siklus yang layak diperoleh berdasarkan Tabel 3.11 dan juga perlu dilakukan beberapa percobaan alternatif. Perencanaan terbaik akan dipilih berdasarkan waktu *bandwidth* terbanyak, karena akan dapat meloloskan kendaraan dari Simpang Cebongan menuju Simpang Taman Ringin Cebongan ataupun sebaliknya, sehingga didapatkan waktu perjalanan total yang lebih singkat, mengurangi derajat polusi udara, mengurangi polusi suara, menurunkan konsumsi energi bahan bakar, dan menurunkan angka kecelakaan.

3.6.4 Keuntungan Sistem Koordinasi

Menurut Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat No.AJ401/1/7/1991 Keputusan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (1991), terdapat beberapa keuntungan dalam penerapan sistem koordinasi sebagai berikut.

1. Diperolehnya waktu perjalanan total yang lebih singkat bagi kendaraan-kendaraan dengan karakteristik tertentu.
2. Pengurangan derajat polusi udara.
3. Pengurangan polusi suara.
4. Penurunan konsumsi energi bahan bakar.
5. Penurunan angka kecelakaan.

3.7 Software PTV VISSIM

PTV VISSIM (*Verkehr in Städten Simulations Model*) menurut PTV-AG (2011) adalah perangkat lunak simulasi lalu lintas aliran mikroskopis multimoda yang menjadi solusi untuk menganalisis operasi kendaraan pribadi dan angkutan umum dalam berbagai skenario, termasuk permasalahan seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas, dan lain-lain. VISSIM dikembangkan oleh PTV (*Planing Transportasi Verker AG*) di Karlsruhe, Jerman.

PTV VISSIM menyediakan lingkungan simulasi yang komprehensif untuk memodelkan perilaku kendaraan, pejalan kaki, dan pengguna jalan lainnya di jalan raya, jalan perkotaan, simpang, dan lingkungan transportasi lainnya. Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk mempelajari dan menganalisis interaksi antara berbagai elemen lalu lintas, termasuk sinyal lalu lintas, perubahan jalur, penyeberangan pejalan kaki, parkir, kendaraan, dan lain-lain.

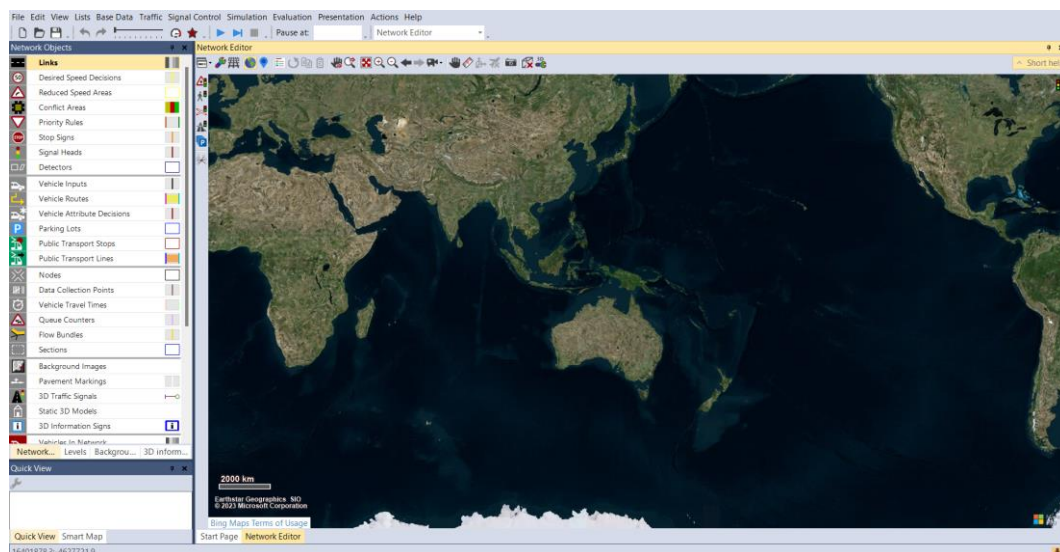
Menggunakan bantuan PTV VISSIM, pengguna dapat melakukan simulasi untuk menguji dan membandingkan berbagai skenario lalu lintas, melakukan evaluasi kinerja jalan dan simpang, merancang rancangan sinyal lalu lintas yang efisien, menganalisis kepadatan lalu lintas, mengidentifikasi kebutuhan infrastruktur tambahan, dan mengoptimalkan aliran lalu lintas di suatu area. PTV VISSIM memberikan alat yang kuat untuk analisis dan perencanaan yang cermat, membantu pengguna membuat keputusan yang lebih baik dalam merancang, mengoperasikan, dan mengelola sistem lalu lintas yang efisien dan aman. Beberapa kegunaan PTV VISSIM dalam pemodelan adalah sebagai berikut.

1. Arteri simulasi
 - a. Model jaringan jalan.

- b. Simulasi persimpangan terhadap semua mode kendaraan.
 - c. Analisa karakteristik antrian.
 - d. Desain waktu sinyal.
2. Simulasi transportasi publik
 - a. Semua rincian model untuk bus, MRT, Trem, BRT, dan LRT.
 - b. Analisa peningkatan operasi publik transportasi tertentu.
 - c. Menguji dan mengoptimalkan waktu bersinyal transportasi publik secara standar sesuai dengan prioritas perencanaan.
 3. Simulasi pejalan kaki
 - a. Model pejalan kaki di lingkungan multimoda.
 - b. Perencanaan evakuasi dari bangunan dan acara khusus.
 4. Simulasi *motor way*
 - a. Simulasi manajemen lalu lintas aktif dan sistem transportasi cerdas.
 - b. Uji dan menganalisis strategi zona kerja.

3.7.1 Bagian-bagian *Software* PTV VISSIM

Pada tampilan *interface Software* PTV VISSIM, terdapat beberapa menu perintah yang berfungsi untuk melaksanakan atau membuka perintah sesuai dengan ikon yang dipilih. Tampilan *interface Software* PTV VISSIM dan penjelasan masing-masing menu yang ada dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Tampilan *Interface Software* PTV VISSIM

Penjelasan menu-menu pada PTV VISSIM dapat dilihat sebagai berikut.

1. Menu *File*

Menu *file* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.13.

Tabel 3.13 Penjelasan Menu *File*

Menu	Keterangan
<i>New</i>	Untuk membuat program PTV VISSIM baru
<i>Open</i>	Membuka <i>File</i> program
<i>Open Layout</i>	Baca di tata letak <i>file</i> *.lyx dan berlaku untuk elemen antarmuka program dan parameter grafis editor program
<i>Open Default Layout</i>	Baca <i>default file layout</i> *.lyx dan berlaku untuk elemen antarmuka program dan parameter grafis editor program
<i>Read Addiionally</i>	Buka <i>File</i> program selain program yang ada
<i>Save</i>	Untuk menyimpan program yang sedang dibuka
<i>Save As</i>	Menyimpan program ke jalur yang baru atau menyalin secara manual ke folder baru
<i>Save Layout As</i>	Simpan tata letak saat elemen antarmuka program dan parameter grafis dari editor program ke <i>file layout</i> *.lyx
<i>Save Layout as Default</i>	Simpan tata letak saat elemen antarmuka program dan parameter grafis dari editor program ke <i>file layout default</i>
<i>Import</i>	<i>Import</i> data ANM dari VISSUM
<i>Eksport</i>	Mulai <i>eksport</i> data ke PTV VISSUM
<i>Open Working Directory</i>	Membuka Windows Explorer di direktori kerja saat ini
<i>EXIT</i>	Menutup atau mengakhiri program PTV VISSIM

Sumber: PTV-AG (2016)

2. Menu *Edit*

Menu *edit* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.14.

Tabel 3.14 Penjelasan Menu *Edit*

Menu	Keterangan
<i>Undo</i>	Untuk kembali ke perintah sebelumnya
<i>Redo</i>	Untuk kembali ke perintah sesudahnya
<i>Rotate Network</i>	Masukkan sudut sekitar jaringan yang diputar
<i>Move Network</i>	Memindahkan jaringan

Lanjutan Tabel 3.14 Penjelasan Menu *Edit*

Menu	Keterangan
<i>User Preferences</i>	a. Pilih bahasa antarmuka penggunaan PTV VISSIM b. Kembalikan pengaturan <i>default</i> c. Tentukan penyisipan obyek jaringan di jaringan editor d. Tentukan jumlah fungsi terakhir dilakukan yang akan disimpan

Sumber: PTV-AG (2016)

3. Menu *View*

Menu *view* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.15.

Tabel 3.15 Penjelasan Menu *View*

Menu	Keterangan
<i>Open New Network Editor</i>	Tambah baru jaringan editor sebagai daerah lain
<i>Network Objects</i>	Membuka jaringan <i>toolbar</i> objek
<i>Levels</i>	Membuka <i>toolbar</i> tingkat
<i>Background</i>	Membuka <i>toolbar background</i>
<i>Quick View</i>	Membuka <i>Quick View</i>
<i>Smart Map</i>	Membuka <i>Smart Map</i>
<i>Messages</i>	Membuka halaman, menunjukkan pesan dan peringatan
<i>Simulation Time</i>	Menampilkan waktu simulasi
<i>Quick Mode</i>	Menyembunyikan dan menampilkan kembali objek jaringan berikut: a. <i>Vehicles in Network</i> b. <i>Pedestrians in Network</i> Semua jaringan lainnya yang akan ditampilkan
<i>Simple Network Display</i>	Menyembunyikan dan menampilkan kembali objek berikut: a. <i>Desired Speed Decisions</i> b. <i>Reduced Speed Areas</i> c. <i>Conflict Areas</i> d. <i>Priority Rules</i> e. <i>Stop Signs</i> f. <i>Signal Heads</i> g. <i>Detectors</i> h. <i>Parking Lots</i>

Lanjutan Tabel 3.15 Penjelasan Menu View

Menu	Keterangan
	i. <i>Vehicle Inputs</i> j. <i>Vehicle Routes</i> k. <i>Public Transport Stops</i> l. <i>Public Transport Lines</i> m. <i>Nodes Measurements Areas</i> n. <i>Data Collection Points</i> o. <i>Pavement Markings</i> p. <i>Pedestrians Inputs</i> q. <i>Pedestrians Routes</i> r. <i>Pedestrian Travel Time Measurement</i> Semua objek jaringan yang ditampilkan: a. <i>Links</i> <i>Background Images:</i> a. <i>3D Traffic Signals</i> b. <i>Static 3D Models Vehicles in Network</i> c. <i>Pedestrians in Network</i> d. <i>Areas</i> <i>Obstacles Ramps & Stairs</i>

Sumber: PTV-AG (2016)

4. Menu List

Menu *list* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.16.

Tabel 3.16 Penjelasan Menu List

Menu	Keterangan
<i>Base Data</i>	Daftar untuk mendefinisikan atau mengedit <i>Base Data</i>
a. <i>Network</i> b. <i>Intersection Control</i> c. <i>Private Transport</i> d. <i>Public Transport</i> e. <i>Pedestrians Traffic</i>	Daftar atribut objek jaringan dengan jenis objek jaringan yang dipilih

Lanjutan Tabel 3.16 Penjelasan Menu *List*

Menu	Keterangan
<i>Graphics and Presentation</i>	Daftar untuk mendefinisikan atau jaringan <i>editing</i> objek dan data, yang digunakan untuk persiapan grafis dan representasi yang realistis dari jaringan serta menciptakan presentasi dari simulasi
<i>Measurements Results</i>	Daftar data dari evaluasi simulasi

Sumber: PTV-AG (2016)

5. Menu *Base Data*

Menu *file* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.17.

Tabel 3.17 Penjelasan Menu *Base Data*

Menu	Keterangan
<i>Network Setting</i>	Pengaturan <i>default</i> untuk jaringan
<i>2D/3D Model Segment</i>	Menentukan ruas untuk kendaraan
<i>2D/3D Models</i>	Membuat model 2D dan 3D untuk kendaraan dan pejalan kaki
<i>Functions</i>	Percepatan dan perlambatan perilaku kendaraan
<i>Distribution</i>	Distribusi untuk kecepatan yang diinginkan, kekuatan, berat kendaraan, waktu, lokasi, model 2D atau 3D, dan warna
<i>Vehicle Types</i>	Menggabungkan kendaraan dengan karakteristik mengemudi teknis serupa di jenis kendaraan
<i>Vehicle Classes</i>	Menggabungkan jenis kendaraan
<i>Driving Behaviours</i>	Perilaku pengemudi
<i>Link Behaviours Types</i>	Tipe <i>link</i> , perilaku untuk <i>link</i> dan konektor
<i>Pedestrians Types</i>	Menggabungkan pejalan kaki dengan sifat yang mirip dalam jenis pejalan kaki
<i>Pedestrians Classes</i>	Pengelompokan dan penggabungan jenis pejalan kaki ke dalam kelas pejalan kaki
<i>Walking Behaviours</i>	Parameter perilaku berjalan
<i>Area Behaviours Types</i>	Perilaku daerah untuk jenis daerah, tangga, dan landai
<i>Display Types</i>	Tampilan untuk <i>link</i> , konektor, dan elemen konstruksi dalam jaringan
<i>Levels</i>	Level untuk bangunan bertingkat atau struktur jembatan untuk <i>link</i>
<i>Time Intervals</i>	Interval waktu

Sumber: PTV-AG (2016)

6. Menu *Traffic*

Menu *traffic* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.18.

Tabel 3.18 Penjelasan Menu *Traffic*

Menu	Keterangan
<i>Vehicle Compositions</i>	Menentukan jenis kendaraan untuk komposisi kendaraan
<i>Pedestrians Compositions</i>	Menentukan jenis pejalan kaki untuk komposisi pejalan kaki
<i>Pedestrian OD Matrix</i>	Menentukan permintaan pejalan kaki atas dasar hubungan <i>OD</i>
<i>Dynamic Assignment</i>	Mendefinisikan tugas parameter

Sumber: PTV-AG (2016)

7. Menu *Signal Control*

Menu *control* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.19.

Tabel 3.19 Penjelasan Menu *Control*

Menu	Keterangan
<i>Signal Controllers</i>	Membuka daftar <i>Signal Controllers</i> : Menetapkan atau mengedit <i>SC</i>
<i>Signal Controllers Communication</i>	Membuka daftar <i>SC Communication</i>
<i>Fixed Time Signal Controllers</i>	Menentukan waktu dalam jaringan

Sumber: PTV-AG (2016)

8. Menu *Simulation*

Menu *simulation* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.20.

Tabel 3.20 Penjelasan Menu *Simulation*

Menu	Keterangan
<i>Parameter</i>	Masukkan parameter simulasi
<i>Continuous</i>	Mulai menjalankan simulasi
<i>Single Step</i>	Memulai simulasi dalam mode satu langkah
<i>Stop</i>	Berhenti menjalankan simulasi

Sumber: PTV-AG (2016)

9. Menu *Evaluation*

Menu *evaluation* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.21.

Tabel 3.21 Penjelasan Menu *Evaluation*

Menu	Keterangan
<i>Configuration</i>	a. <i>Result attribute</i> : mengkonfigurasi hasil tampilan atribut b. <i>Direct output</i> : konfigurasi <i>output</i> ke <i>file</i> atau <i>database</i>
<i>Database Configuration</i>	Mengkonfigurasi koneksi <i>database</i>
<i>Measurement Definition</i>	Tampilkan dan mengkonfigurasi daftar pengukuran yang diinginkan
<i>Windows</i>	Mengkonfirmasi waktu sinyal, catatan <i>SC detector</i> atau perubahan sinyal pada <i>window</i>
<i>Result Lists</i>	Menampilkan hasil atribut dalam daftar hasil

Sumber: PTV-AG (2016)

10. Menu *Presentation*

Menu *presentation* pada PTV VISSIM secara dapat dilihat pada Tabel 3.22.

Tabel 3.22 Penjelasan Menu *Presentation*

Menu	Keterangan
<i>Camera Position</i>	Membuka daftar <i>Camera Position</i>
<i>Storyboards</i>	Membuka daftar <i>Storyboards</i> atau <i>Keyframes</i>
<i>AVI Recording</i>	Merekam simulasi 3D sebagai <i>file</i> video dalam format <i>file</i> *.avi
<i>3D Anti-Alising</i>	Beralih <i>3D anti-alising</i>
<i>Camera Position</i>	Membuka daftar <i>Camera Position</i>

Sumber: PTV-AG (2016)

11. Menu *Help*

Menu *help* pada PTV VISSIM secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.23.

Tabel 3.23 Penjelasan Menu *Help*

Menu	Keterangan
<i>Online Help</i>	Membuka <i>Online Help</i>
<i>FAQ online</i>	Menampilkan PTV VISSIM <i>FAQ</i> di halaman web dari PTV GROUP

Lanjutan Tabel 3.23 Penjelasan Menu *Help*

Menu	Keterangan
<i>Service Pack Download</i>	Menampilkan PTV VISSIM & <i>VISWALK Service Pack Download Area</i> pada halaman web dari PTV GROUP
<i>Technical Support</i>	Menunjukkan bentuk dukungan dari PTV VISSIM Teknis <i>Hotline</i> pada halaman web dari PTV GROUP
<i>Register COM</i>	<i>Server</i> mendaftarkan PTV VISSIM sebagai <i>server COM</i>
<i>License</i>	Membuka jendela <i>License</i>
<i>About</i>	Membuka jendela <i>About</i>

Sumber: PTV-AG (2016)

3.7.2 Langkah-langkah Pengoperasian *Software* PTV VISSIM

Dalam proses pemodelan yang menggunakan *Software* PTV VISSIM terdapat beberapa langkah-langkah dalam membuat suatu model terutama pemodelan suatu ruas jalan sebagai berikut.

1. Pengaturan *Network*, memasukkan *Background Images*, dan mengatur skala pada *Background*

Pada tahapan ini terdapat beberapa hal yang harus dilakukan. Hal pertama yang dilakukan adalah pengaturan *Network* atau *Network Setting*. *Network Setting* bertujuan untuk menyesuaikan penggunaan jalur, yakni perubahan penggunaan jalur seperti di Eropa terkhusus Jerman menjadi penggunaan jalur seperti di Indonesia. Langkah selanjutnya adalah memasukkan *Background Images*. *Background Images* berfungsi sebagai latar dari pemodelan yang akan dikerjakan. Setelah memasukkan *Background Images* maka kita perlu melakukan penyesuaian skala antara skala pada lokasi penelitian di lapangan dan *Background Images*.

2. Pembuatan *link* dan *connectors*

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan *link* dan *Connectors*. *Link* adalah jalur jalan pada ruas dan *Connectors* adalah penghubung antar *links*.

3. Pembuatan dan pengaturan *vehicle inputs*, *vehicle compositions*, dan *vehicles routes*

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan dan pengaturan penginputan kendaraan (*vehicle inputs*), komposisi kendaraan (*vehicle compositions*), dan rute kendaraan (*vehicles routes*). *Vehicle input* digunakan untuk memasukkan volume arus lalu lintas selama jam puncak ke dalam simulasi. Selain volume kendaraan, dibutuhkan juga komposisi dari setiap jenis kendaraan beserta kecepatannya pada jam puncak yang akan dimasukkan dalam pengaturan *Vehicle Composition*. Setelah proses penginputan kendaraan (*Vehicle Input*) dan komposisi kendaraan (*Vehicle Composition*) selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan proses rute kendaraan (*vehicles routes*). Rute kendaraan berfungsi untuk membuat pergerakan kendaraan.

4. Pembuatan dan pengaturan *conflict areas*, *priority rules*, dan *reduced speed areas*

Pembuatan dan pengaturan *conflict areas*, *priority rules*, dan *reduced speed areas*. *Conflict area* digunakan untuk mengontrol kendaraan agar tidak saling bertabrakan antara satu sama lain. Selain itu, *Conflict area* juga dapat digunakan untuk memberikan prioritas pada kendaraan tertentu agar mendapatkan akses jalan terlebih dahulu sesuai dengan keinginan pemodel. Selain *conflict area*, pada tahapan ini juga membuat dan melakukan pengaturan pada *priority rules*. *Priority rules* memiliki kesamaan dengan *conflict area* dalam pengaturan prioritas kendaraan, namun perbedaannya terletak pada penggunaannya. *Priority rules* digunakan untuk mengatur titik di mana kendaraan mulai menunggu, sehingga kendaraan tersebut dapat melintas saat kendaraan dari arus lain kosong atau telah melewati daerah yang telah ditentukan. *Priority rules* memungkinkan kendaraan diberi prioritas untuk melintas dengan efisien dan menghindari tumpang tindih yang tidak diinginkan. Selanjutnya, pada bagian ini juga membuat dan melakukan pengaturan pada pengurangan kecepatan atau *reduced speed*. Pengurangan kecepatan atau *reduced speed* merupakan salah satu parameter kalibrasi yang berusaha menyerupai kenyataan pengemudi dalam berkendara di jalan dan pada saat kendaraan memasuki area tertentu, seperti pada persimpangan atau area *U-turn*, maka pengemudi akan memperlambat kendaraannya.

5. Pembuatan dan pengaturan *signal controllers*

Signal Controllers digunakan untuk mengatur lampu APILL pada jaringan jalan. Sebelum membuat *signal controllers* diperlukan data waktu persinyalan yang ada di lapangan.

6. Pembuatan dan pengaturan *data collection points*, *vehicle travel times*, *Measurement Definition*, dan *driving behaviour*

Setelah proses desain pada pemodelan selesai maka akan dilakukan analisis data. Proses analisis yang dilakukan dapat menggunakan beberapa parameter, antara lain dengan cara memasang *Data Collection Points*, *Vehicle Travel Times*, dan *Measurement Definition*. Proses kalibrasi dilakukan dengan mengatur *Driving Behaviour* agar keadaan pada pemodelan mendekati atau sesuai dengan kenyataan yang ada. *Data Collection Points* berfungsi untuk membaca hasil volume kendaraan yang melewati *link* atau jalan per lajur pada titik yang ditentukan. Data yang dikumpulkan dari *Data Collection Points* dapat digunakan untuk memvalidasi hasil simulasi yang dijalankan dengan PTV VISSIM. Selain itu, parameter lain yang penting dalam melakukan analisis adalah *Vehicle Travel Times*. *Vehicle Travel Times* berperan dalam menghitung kecepatan perjalanan kendaraan berdasarkan jarak yang telah ditentukan, serta dapat digunakan untuk menghitung tundaan (*delay*) kendaraan yang terjadi. Parameter selanjutnya adalah *Measurement Definition* yang berfungsi untuk pengelompokan *data collection measurement* dan *delay measurement* sehingga *data collection points* dan *vehicle travel times* yang sudah diatur dapat keluar pada hasil *running*. Parameter yang terakhir adalah *Driving Behaviour* atau perilaku pengemudi. Parameter-parameter ini merupakan bagian dari PTV VISSIM yang memiliki pengaruh langsung terhadap kondisi antar kendaraan. *Driving Behaviours* harus disesuaikan dengan kondisi saat ini di lapangan agar simulasi yang dibuat pada *Software PTV VISSIM* dapat mewakili kondisi lapangan. Pengaturan ini disebut sebagai proses kalibrasi. Apabila hasil dari pemodelan pada *Software PTV VISSIM* tidak dapat mewakili kondisi di lapangan maka diperlukan pengaturan ulang atau kalibrasi agar simulasi dapat sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Salah satu metode untuk melakukan

kalibrasi adalah dengan memasukkan data survei lapangan ke dalam model simulasi.

7. Pembuatan dan pengaturan *3D models*

Pembuatan *3D models* bertujuan untuk memperindah tampilan simulasi PTV VISSIM. Terdapat beberapa objek yang bisa ditambahkan pada pemodelan yang dilakukan pada *Software* PTV VISSIM, seperti objek kendaraan, objek bangunan, pohon, dan lain-lain. Selain itu, pada tahapan ini juga bisa dilakukan penambahan *texture* pada median atau trotoar yang tercakup di *link* dan pembuatan marka jalan.

8. Pengaturan *random seed*, *result list*, *configuration*, *running*, dan *running result*

Validasi merupakan proses yang sangat penting dalam melakukan analisis menggunakan *Software* PTV VISSIM. Validasi adalah proses membandingkan parameter yang diperoleh dari pengamatan lapangan dengan hasil simulasi yang dihasilkan oleh PTV VISSIM. Kalibrasi dilakukan jika hasil validasi tidak memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Salah satu metode validasi yang dapat dilakukan adalah dengan mengubah nilai *random seed*. Nilai *Random Seed* merupakan nilai yang digunakan untuk menginisialisasi generator bilangan acak dalam PTV VISSIM. Variasi nilai *Random Seed* akan menghasilkan urutan bilangan acak yang berbeda, sehingga dapat mempengaruhi fungsi *stokastik* dalam simulasi. Misalnya, memungkinkan untuk mensimulasikan variasi *skokastik* kedatangan kendaraan. Program akan menghitung *mean* atau rata-rata aritmatik dari hasil yang diperoleh. Proses validasi dilakukan dengan cara mengubah nilai *random seed* sekurang-kurangnya 5 kali pengubahan sehingga didapatkan nilai rata-rata dari hasil *running* tersebut. Selanjutnya adalah pengaturan *result list configuration*. *Result List* digunakan untuk menampilkan jendela hasil dari simulasi yang telah dijalankan. Setelah mengatur *result list configuration*, langkah selanjutnya adalah *running* PTV VISSIM. Proses simulasi dapat dimulai dengan menggunakan tombol *icon play* yang terdapat pada *toolbar* di PTV VISSIM. Selain itu juga memulai simulasi dengan cara klik *simulation* dari menu utama, kemudian memilih *continues* untuk memulai simulasi tanpa henti.

- a. *Running* PTV VISSIM dilakukan selama 3600 detik. Apabila menggunakan PTV VISSIM *Student Version*, waktu *running* simulasi terbatas hingga 600 detik. Hasil yang lebih akurat didapatkan dengan cara menjalankan simulasi minimal 5 kali dengan mengganti nilai *random seed* setiap kali simulasi dilakukan. Setelah itu, hasil dari kelima simulasi dapat diambil rata-rata (*average*) untuk mendapatkan hasil yang lebih representatif.
- b. Untuk mempercepat proses *running*, dapat menggunakan klik *icon quick mode* yang berada di samping *icon play* pada *toolbar*.
- c. Untuk mengubah tampilan menjadi 3D, dapat dilakukan dengan cara mengklik *icon 2D/3D* yang ada di *toolbar*.
- d. Hasil *running* dapat dilihat melalui dua jendela utama pada PTV VISSIM, yaitu *Data Collection Result* dan *Vehicle Travel Time Result*.

3.7.3 Kalibrasi dan Validasi *Software* PTV VISSIM

Kalibrasi pada *Software* PTV VISSIM merupakan proses dalam membentuk nilai-nilai parameter yang sesuai sehingga model dapat mewakili kondisi lalu lintas yang semirip mungkin. Proses kalibrasi dalam PTV VISSIM dapat dilakukan dengan memperhatikan perilaku pengemudi yang diamati di lokasi yang relevan. Metode yang umum digunakan adalah *trial and error* dengan mengacu kepada penelitian-penelitian sebelumnya mengenai kalibrasi dan validasi menggunakan *Software* PTV VISSIM. Validasi pada *Software* PTV VISSIM merupakan proses pengujian kebenaran dari kalibrasi dengan membandingkan hasil survei dengan hasil simulasi.

Proses validasi dalam PTV VISSIM dapat dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah volume arus lalu lintas yang diamati. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah menggunakan rumus dasar *Chi-squared* yang dikenal sebagai rumus statistik *Geoffery E. Havers* (GEH), yang dimodifikasi oleh Gustavsson pada tahun 2007. Rumus GEH merupakan gabungan antara perbedaan nilai relatif dan mutlak dalam uji T. Rumus GEH dapat dilihat pada Persamaan 3.49.

$$GEH = \frac{2 \times (q_{simulated} - q_{observed})^2}{(q_{simulated} + q_{observed})} \quad (3.49)$$

dengan:

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

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

Rumus GEH memiliki ketentuan khusus dari nilai *error* rumus statistik *Geoffery E. Havers* yang dihasilkan seperti pada Tabel 3.24.

Tabel 3.24 Ketentuan Nilai *Error* Rumus Statistik GEH

GEH < 5,0	Diterima
$5,0 \leq GEH \leq 10,0$	Peringatan: kemungkinan model <i>error</i> atau data buruk
GEH > 10,0	Ditolak

Sumber: Gustavsson (2007)

Selanjutnya, untuk melakukan validasi eksternal dapat dilakukan dengan menggunakan persyaratan pengujian *Mean Average Percentage Error* (MAPE). Validasi eksternal dilakukan untuk memverifikasi parameter kinerja pada ruas jalan dan simpang, seperti kecepatan kendaraan dan panjang antrean. Nilai MAPE dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.50.

$$MAPE = \frac{1}{n} \times \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\% \quad (3.50)$$

Kesimpulan dari hasil perhitungan MAPE dapat dilihat pada Tabel 3.25.

Tabel 3.25 Kesimpulan dari Hasil Perhitungan MAPE

MAPE < 10%	Kemampuan pemodelan sangat baik
$10\% \leq MAPE \leq 20\%$	Kemampuan pemodelan baik
$20\% \leq MAPE \leq 50\%$	Kemampuan pemodelan layak
MAPE > 50%	Kemampuan pemodelan buruk

Sumber: Gustavsson (2007)

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini akan diuraikan tahapan yang akan dilakukan untuk koordinasi Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Kabupaten Sleman dengan pemodelan PTV VISSIM. Proses analisis ini memerlukan data yang sesuai agar mendapatkan hasil rekayasa koordinasi yang diinginkan. Sehingga pada akhirnya tidak menyebabkan kegagalan validasi pada pemodelan simulasi PTV VISSIM.

4.2 Jenis Penelitian

Arikunto (2019) menyatakan bahwa metode penelitian adalah cara atau metode utama yang digunakan peneliti untuk mencapai tujuan dan menentukan jawaban atas masalah yang ditentukan. Salah satu jenis dari metode penelitian adalah metode penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif menurut Silaen (2018) adalah prosedur penelitian yang menghasilkan data berupa angka-angka dan pada umumnya dianalisis dengan menggunakan statistik deskriptif atau inferensial. Metode penelitian kuantitatif sendiri terdiri dari beberapa metode seperti yang dinyatakan oleh Sanjaya (2013) sebagai berikut.

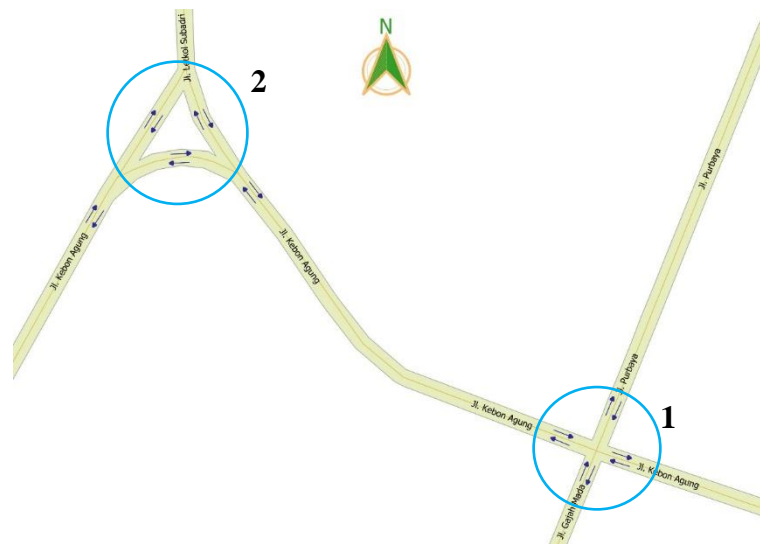
1. Eksperimen.
2. Survei.
3. Penelitian korelasi.
4. Studi perbandingan.
5. Studi perkembangan.

Penelitian kinerja Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan ini termasuk ke dalam jenis penelitian kuantitatif karena penelitian ini menggunakan data-data yang berupa angka. Selain itu, metode yang dilakukan untuk mendapatkan data pada penelitian ini adalah dengan cara melakukan survei

yang selanjutnya akan dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

4.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ditentukan terlebih dahulu sebelum melakukan penelitian. Penelitian dilakukan pada Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan yang berada di Kabupaten Sleman. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

Berdasarkan Gambar 4.1 di atas simpang di dalam lingkaran nomor 1 menunjukkan Simpang 4 Cebongan dengan 4 kaki dan simpang di dalam lingkaran nomor 2 menunjukkan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dengan 3 kaki. Perincian kedua simpang dapat dilihat sebagai berikut.

1. Simpang 4 Cebongan

Perincian pada Simpang 4 Cebongan adalah sebagai berikut.

- a. Barat : Jalan Kebon Agung.
- b. Utara : Jalan Purbaya.
- c. Timur : Jalan Kebon Agung.
- d. Selatan: Jalan Gajah Mada.

2. Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

Perincian pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan adalah sebagai berikut.

- a. Utara : Jalan Letkol Subandri.
- b. Timur : Jalan Kebon Agung.
- c. Selatan: Jalan Kebon Agung.

4.4 Metode Pengumpulan Data

4.4.1 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Dari kedua jenis data tersebut akan dilakukan analisis sehingga dapat diambil sebuah kesimpulan penelitian. Penjelasan mengenai kedua jenis data dan contoh dari kedua jenis data tersebut adalah sebagai berikut.

1. Data Primer

Menurut Hasan (2008) data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung di lapangan oleh orang yang melakukan penelitian atau yang bersangkutan yang memerlukannya. Data primer didapat dari sumber informan yaitu individual tau perseorangan, seperti hasil wawancara yang dilakukan oleh peneliti. Data primer terdiri dari beberapa jenis, yaitu:

- a. catatan hasil wawancara,
- b. hasil observasi lapangan,
- c. data-data mengenai informan, dan
- d. pengukuran yang meliputi pengukuran geometrik, pengukuran hambatan samping, pengukuran *driving behaviour*, dan pengukuran panjang antrean.

Cara yang dilakukan untuk mendapatkan data primer pada penelitian ini adalah dengan melakukan observasi lapangan dan data-data primer pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Data kondisi geometri pada Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. Data ini didapat dengan cara melakukan pengukuran di lokasi penelitian.
- b. Data volume kendaraan pada lokasi yang sudah ditentukan. Waktu pengambilan data volume kendaraan ditentukan berdasarkan penelitian

pendahuluan yang dilakukan selama beberapa hari dalam satu minggu dalam kondisi cuaca yang cerah dan kondisi lalu lintas yang normal. Penelitian pendahuluan dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung pada lokasi penelitian dan ditunjang dengan melakukan pengamatan melalui CCTV, sehingga didapatkan rentang waktu penelitian yang berpotensi menjadi jam puncak. Rentang waktu penelitian tersebut dibagi menjadi 3 sesi yaitu sesi 1 pada pukul 06.30 – 08.30 WIB, sesi 2 pada pukul 11.00 – 12.00 WIB, dan sesi 3 pada pukul 15.30 – 17.30 WIB. Data volume kendaraan didapat dengan cara melakukan perekaman kondisi lalu lintas pada kedua simpang yang sudah disebutkan pada bagian lokasi penelitian. Pada setiap simpang dipasang satu kamera atau CCTV dengan penempatan yang strategis agar dapat terlihat semua tanpa ada yang tertutupi. Setelah perekaman kondisi lalu lintas selesai maka dilakukan pencatatan berdasarkan pengelompokan kendaraan yang melintas di empat simpang tersebut. Pengelompokan jenis kendaraan yang disurvei adalah sebagai berikut.

1. Sepeda motor (SM)
 - Contoh lain dari klasifikasi ini adalah kendaraan bermotor roda 3 (tiga).
 2. Mobil Penumpang (MP)
 - Contohnya adalah sedan, jeep, minibus, mikrobus, pikup, dan truk kecil.
 3. Kendaraan sedang (KS)
 - Contohnya adalah bus tanggung, bus metromini, dan truk sedang.
 4. Kendaraan tidak bermotor (KTB)
- c. Data hambatan samping. Data ini didapatkan dengan cara melakukan pengamatan dan pengukuran pada lokasi penelitian.
 - d. Data kecepatan tempuh kendaraan. Data ini didapat dengan cara melakukan pencatatan di lapangan.
 - e. Data *Driving Behaviour*. *Driving behaviour* merupakan parameter dari PTV VISSIM yang secara langsung mempengaruhi kondisi perilaku antar kendaraan. *Driving behaviour* harus disesuaikan dengan kondisi saat ini di

lapangan atau disebut proses kalibrasi. Data *driving behaviour* didapatkan dengan cara melakukan pengukuran jarak antar kendaraan di lokasi penelitian.

2. Data Sekunder

Menurut Hasan (2002) data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh orang yang melakukan penelitian dari sumber-sumber yang telah ada. Data ini digunakan untuk mendukung informasi primer yang telah diperoleh yaitu dari bahan Pustaka, literatur, penelitian terdahulu, buku, dan lain sebagainya. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini berupa data peta lokasi survei Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dan juga data jumlah penduduk Kabupaten Sleman.

4.4.2 Peralatan Penelitian

Beberapa peralatan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kamera atau *CCTV*, digunakan sebagai alat rekam arus lalu lintas yang melintas pada titik yang sudah ditentukan.
2. *Double Tape*, digunakan sebagai perekat kamera ke tempat peletakan kamera.
3. *Cable Tie*, digunakan sebagai alat pengikat kamera ke tempat peletakan kamera.
4. *Stopwatch*, digunakan sebagai alat menghitung waktu tempuh kendaraan yang melintas.
5. *Power Bank*, digunakan sebagai sumber daya alat perekam selama proses perekaman berlangsung.
6. *Roll meter*, digunakan sebagai alat mengukur geometri jalan yang berupa lebar jalan.
7. Komputer, digunakan sebagai alat bantu proses pengolahan data dan pemodelan ruas jalan.
8. Formulir, papan jalan, dan alat tulis, digunakan sebagai alat bantu dalam penulisan data selama survei dilakukan.

4.4.3 Waktu Penelitian

Waktu untuk melaksanakan penelitian ini adalah saat pelaksanaan survei dilakukan. Waktu pelaksanaan survei terbagi menjadi dua, yaitu waktu pelaksanaan

survei pada hari kerja yang diwakilkan oleh Hari Senin dan waktu pelaksanaan survei pada akhir pekan yang diwakilkan oleh Hari Sabtu. Pada setiap hari yang dilakukan survei, terdapat tiga sesi yang detailnya adalah sesi 1 pada pukul 06:00-09:00 WIB, sesi 2 pada pukul 11:00-13:00 WIB, dan sesi 3 pada pukul 15:00-18:00 WIB. Penentuan waktu survei tersebut ditentukan berdasarkan jam sibuk pada kedua simpang yang diperoleh dari survei pendahuluan yang dilakukan secara langsung di lokasi penelitian dan didukung dengan pengamatan melalui *real time CCTV* yang disiarkan secara *online* melalui *website* slemankab.go.id. Waktu penelitian dilakukan pada saat kondisi cuaca yang cerah dan kondisi lalu lintas yang normal untuk menghindari penyimpangan data yang terlalu jauh karena cuaca buruk dan kondisi lalu lintas yang terganggu oleh faktor eksternal seperti kecelakaan, perbaikan jalan, dan lain sebagainya dapat mengganggu maupun merubah aktivitas lalu lintas yang terjadi di lokasi penelitian. Waktu pengambilan data geometri dilakukan pada saat malam hari agar tidak mengganggu arus lalu lintas dan menghindari terjadinya kecelakaan pada saat survei.

4.4.4 Survei Data Lalu Lintas

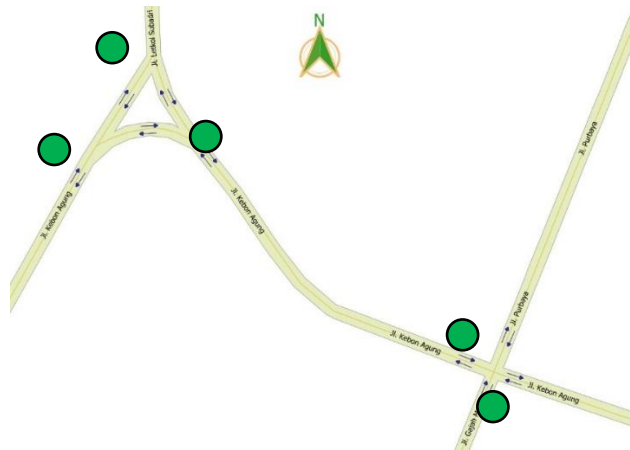
Survei data lalu lintas yang akan dilakukan bertujuan untuk mendapatkan data-data lalu lintas yang akan dimasukkan ke dalam pemodelan pada penelitian ini dan dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Tahap persiapan survei

Beberapa hal yang akan dilakukan pada tahap persiapan survei adalah sebagai berikut.

- a. Menyiapkan formulir pencatatan data arus lalu lintas yang sesuai dengan Direktorat Jenderal Bina Marga (2023).
- b. Memasang kamera sesuai titik-titik yang sudah ditentukan sebelumnya. Kamera dipasang dengan kuat untuk menghindari perpindahan sudut tangkapan layar kamera sehingga arus lalu lintas dapat terekam dengan baik dan dipastikan seluruh arus lalu lintas terlihat dengan baik. Kamera yang terpasang diusahakan dapat merekam arus lalu lintas dengan baik. Titik-titik yang telah ditentukan untuk pemasangan kamera CCTV dapat dilihat pada Gambar 4.2.

- c. Memposisikan surveyor sesuai dengan titik-titik kamera yang sudah ditentukan.



Gambar 4.2 Denah Titik Pemasangan Kamera

2. Tahap pelaksanaan survei

Beberapa hal yang akan dilakukan pada tahap pelaksanaan survei adalah sebagai berikut.

a. Pengukuran kondisi geometri ruas jalan

Survei geometri simpang dilakukan untuk mengetahui keadaan di persimpangan secara geometri. Dimensi yang perlu diukur adalah lebar setiap jalur masuk, lebar setiap jalur keluar. Pengukuran geometri simpang ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur *walking measure* dan *roll meter*. Selain melakukan pengukuran, dilakukan juga pengamatan visual dan pencatatan jumlah lajur dan arah, kode pendekat berdasarkan arah pada tiap simpang dan menentukan ada tidaknya median. Pengukuran diusahakan dilakukan pada waktu yang tidak mengganggu arus lalu lintas seperti pada malam hari.

b. Pengambilan data arus lalu lintas

Pengambilan data arus lalu lintas dilakukan dengan bantuan rekaman dari kamera yang sudah dipasang pada titik-titik yang telah ditentukan. Survei dilakukan pada waktu yang sudah disebutkan pada bagian waktu penelitian dengan periode setiap 15 menit. Pencatatan data arus lalu lintas

diklasifikasikan sesuai dengan jenis kendaraan yang disurvei, yaitu mobil penumpang (MP), kendaraan sedang (KS), dan sepeda motor (SM), dan kendaraan tidak bermotor (KTB). Survei arus lalu lintas dilakukan pada kedua simpang. Selanjutnya, volume lalu lintas didapatkan melalui perhitungan jumlah kendaraan yang melewati simpang yang sudah ditentukan pada setiap lajur jalan dengan klasifikasi kendaraan dan arah pergerakannya.

c. Pengambilan data penurunan kecepatan kendaraan pada simpang

Survei data penurunan kecepatan kendaraan pada simpang diperoleh langsung dari pengamatan di lapangan, pada masing-masing pendekatan di kedua simpang dengan jarak yang sudah ditentukan. Survei kecepatan dilakukan untuk kecepatan kendaraan ketika mengalami perlambatan. Untuk survei kecepatan perlambatan dilakukan ketika pada jarak 20 meter hingga kendaraan menentukan arah lurus atau belok. Survei kecepatan diambil dengan jumlah sampel, yaitu 5 kendaraan berat, 10 kendaraan ringan, dan 20 sepeda motor untuk kecepatan konstan dan kecepatan ketika kendaraan mengalami perlambatan. Pengambilan survei kecepatan kendaraan dilakukan pada waktu jam puncak dan jam lengah berlangsung. Pencatatan data kecepatan tempuh kendaraan dilakukan setiap 15 menit.

d. Data kecepatan tempuh kendaraan

Data kecepatan tempuh kendaraan. Data ini didapat dengan cara melakukan pencatatan di lapangan. Hal yang pertama kali dilakukan adalah penentuan batas awal dan batas akhir segmen jalan sepanjang 50 meter. Kemudian ketika kendaraan melintas, catat berapa waktu tempuh yang diperlukan kendaraan untuk melewati segmen jalan sepanjang 50 meter. Pencatatan data kecepatan tempuh kendaraan dilakukan setiap 15 menit.

e. Survei *driving behaviour*

Driving behaviour merupakan parameter dari PTV VISSIM yang secara langsung mempengaruhi kondisi perilaku antar kendaraan. *Driving behaviour* harus disesuaikan dengan kondisi saat ini di lapangan atau disebut proses kalibrasi. Data *driving behaviour* didapatkan dengan cara

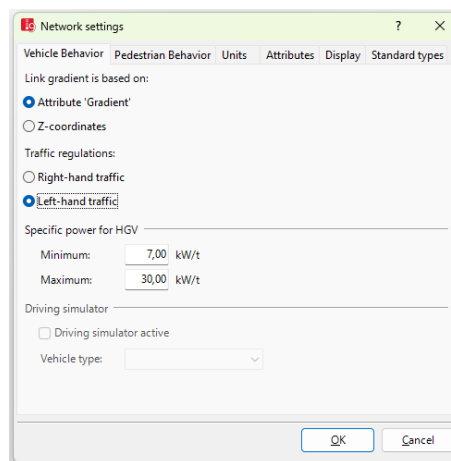
melakukan pengamatan dan pengukuran jarak antar kendaraan di lokasi penelitian. Pengamatan dan pengukuran dilakukan dengan menggunakan meteran dan *double tape* berwarna sebagai penanda pada aspal. Teknis survei yaitu kendaraan yang bersampingan atau depan-belakang diberi tanda dengan *double tape* pada aspal kemudian dilakukan pengukuran menggunakan meteran. Data yang diambil sebanyak 80 sampel kendaraan dengan rincian 20 sampel jarak antar kendaraan depan-belakang dengan posisi kendaraan berhenti, 20 sampel jarak antar kendaraan depan-belakang dengan posisi kendaraan berjalan, 20 sampel jarak antar kendaraan bersisian dengan posisi kendaraan berhenti, dan 20 sampel jarak antar kendaraan bersisian dengan posisi kendaraan berjalan. Jumlah sampel tersebut, ditentukan oleh penulis berdasarkan pengamatan langsung di lokasi penelitian. Hal lain yang perlu diperhatikan pada survei *driving behaviour* adalah memperhatikan perilaku kendaraan menyiap kendaraan lain apakah dari kanan, kiri, atau kedua-duanya. Berdasarkan hasil pengamatan langsung di lokasi penelitian menunjukkan bahwa rerata kendaraan yang bersisian dalam kondisi berhenti hanya sekitar 20 kendaraan saja, maka dari itu seluruh sampel *driving behaviour* diambil 20 kendaraan per kondisi. Pengambilan sampel *driving behaviour* sebanyak 80 sampel dengan 20 sampel pada setiap parameter sudah dapat mewakili *driving behaviour* di lokasi penelitian. Hal lain yang perlu diperhatikan pada survei *driving behaviour* ini adalah memperhatikan perilaku kendaraan menyiap kendaraan lain apakah dari kanan, kiri, atau kedua-duanya.

4.5 Metode Pemodelan PTV VISSIM

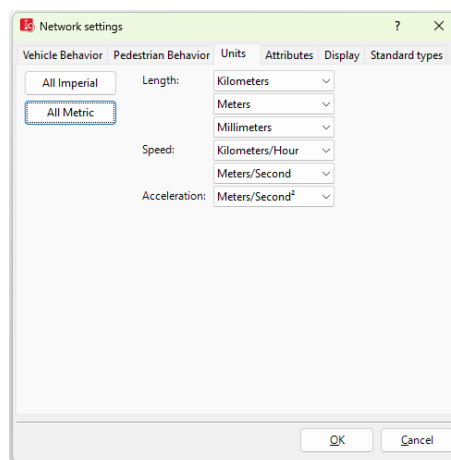
Pemodelan dengan menggunakan *Software* PTV VISSIM dilakukan untuk mensimulasikan pemodelan mulai dari kondisi *existing* hingga pemodelan koordinasi simpang APILL. Penelitian ini menggunakan *software* PTV VISSIM 9.0. Tahapan penggunaan *Software* PTV VISSIM adalah sebagai berikut.

4.5.1 Network Setting

PTV VISSIM merupakan perangkat lunak yang dibuat oleh Jerman. Secara default, jalur yang digunakan untuk berkendara adalah jalur sebelah kanan. Dengan demikian, perlu dilakukan pengaturan pada *network setting* untuk penyesuaian dengan kondisi di Indonesia yang menggunakan jalur sebelah kiri. Pengaturan *network setting* dapat dilakukan dengan cara memilih *Base Data* pada Menu Bar, kemudian pilih *Network Setting*, pilih bagian *Traffic Regulations* pada *Vehicle Behaviour* diubah menjadi *Left-hand Traffic*, lalu Units diubah menjadi *All Metrics*. Pengaturan perubahan parameter-parameter pada *Network Setting* dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



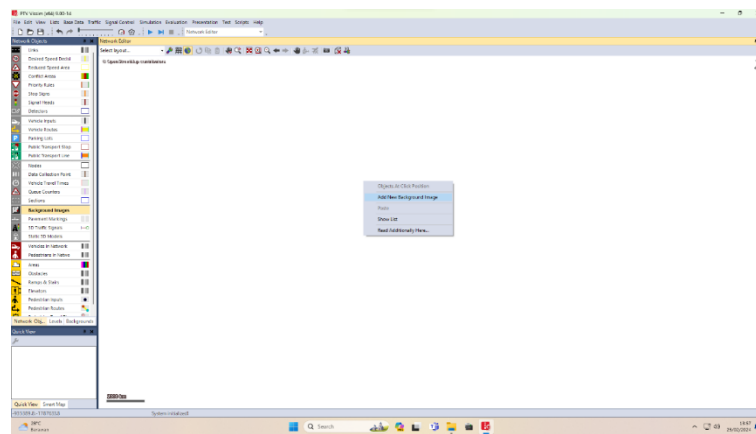
Gambar 4.3 Pengaturan *Vehicle Behaviour*



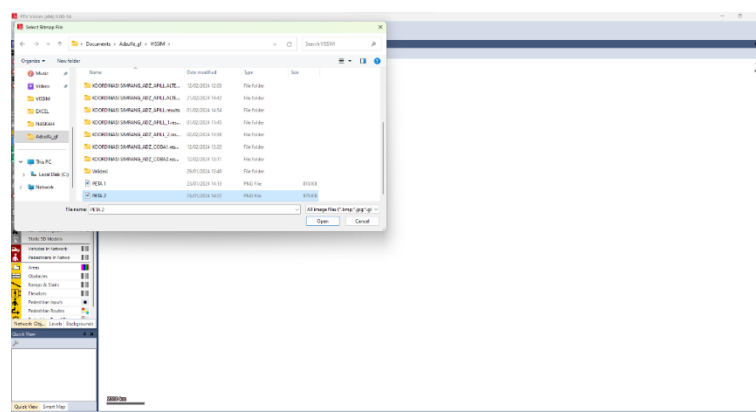
Gambar 4.4 Pengaturan *Units*

4.5.2 Input Background Image

Input Background Image diambil dari gambar peta lokasi penelitian melalui Google Maps atau Google Earth. *Background Image* berfungsi sebagai pembanding (skala) lebar jalan asli dengan gambar peta yang diambil dari Google Maps atau Google Earth. *Input Background Image* dapat dilakukan dengan cara pilih menu *Background Image* pada *Network Object*, kemudian klik kanan pada jendela *Network Editor* dan pilih *Add New Background Image*, pilih gambar peta lokasi jaringan jalan yang akan digunakan untuk pemodelan, klik *Open*, lalu *Background Image* akan muncul pada *Network Editor*. *Input Background Image* pada *Software PTV VISSIM* dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



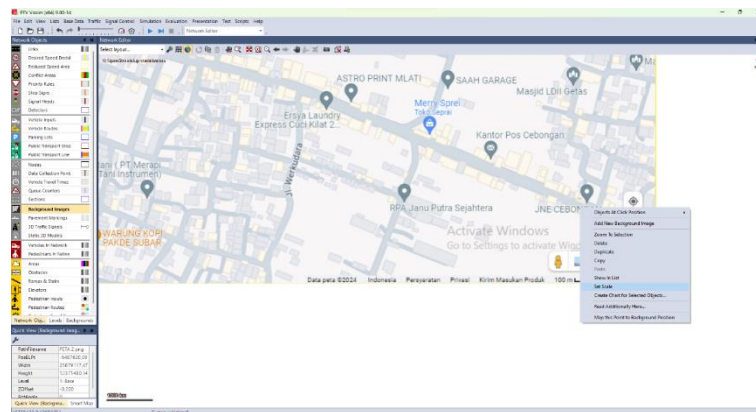
Gambar 4.5 Input Background Image (1/2)



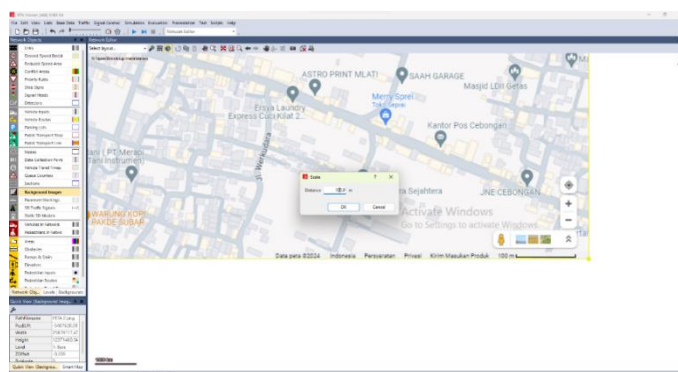
Gambar 4.6 Input Background Image (2/2)

4.5.3 Set Scale

Setelah *Input Background Image*, dilakukan pengaturan skala (*Set Scale*) untuk membandingkan antara lebar jalan asli dengan gambar peta lokasi yang diambil dari Google Maps atau Google Earth. *Set Scale* dapat dilakukan dengan cara klik kanan pada *Background Image*, kemudian pilih *Set Scale*. Tarik garis yang menjadi acuan pada *Background Image* dengan sedetail mungkin karena sangat berpengaruh pada hasil skala, lalu masukkan angka kondisi eksisting di lokasi penelitian. Pengaturan skala gambar dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



Gambar 4.7 Pengaturan Skala pada *Background Image* (1/2)



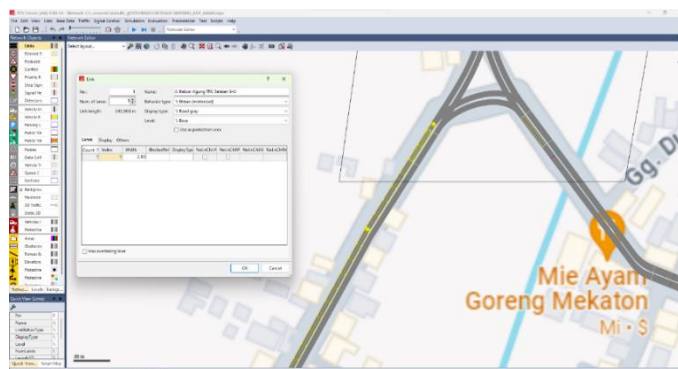
Gambar 4.8 Pengaturan Skala pada *Background Image* (2/2)

4.5.4 Pembuatan Jaringan Jalan (*Link* dan *Connector*)

Pembuatan jaringan jalan (*Link* dan *Connectors*) adalah sebagai berikut.

1. Pembuatan *Link*

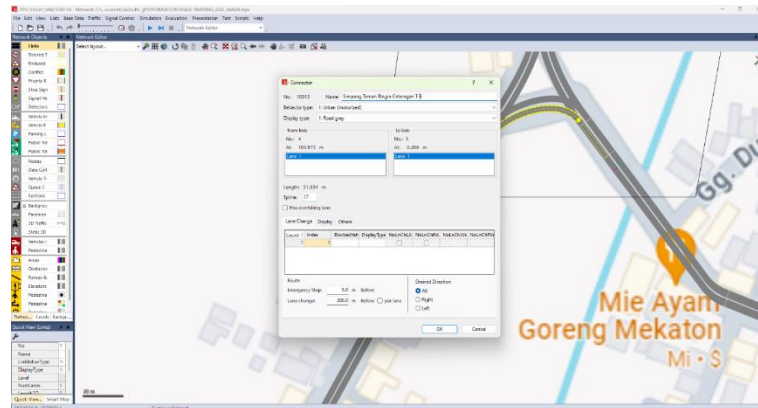
Setelah proses pengaturan skala selesai, maka dilakukan pembuatan *Link* atau jalan. Pembuatan *Link* disesuaikan dengan data ruas jalan yang berada lokasi penelitian. Proses pembuatan *Link* dapat dilakukan dengan cara klik *Link* pada *Network Object*, kemudian pada bagian *Network Editor* tekan tombol *ctrl* dan klik kanan pada mouse secara bersamaan, lalu tarik *Link* sesuai dengan arah jalur dan panjang yang dibutuhkan. Kemudian, masukkan nama *Link* (ruas jalan), jumlah lajur, lebar dari masing-masing lajur, dan jenis perilaku lalu lintas yang digunakan pada jaringan jalan tersebut, selanjutnya klik *OK*. Pembuatan *Link* atau jalan pada jaringan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pengaturan *Link*

2. Pembuatan *Connectors*

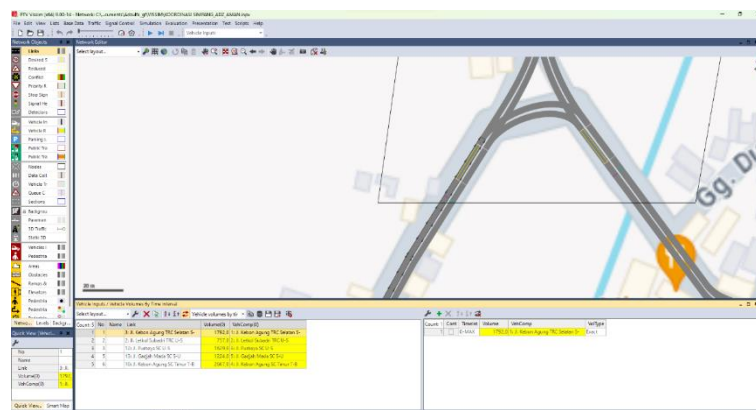
Apabila pembuatan *Link* sudah selesai, langkah selanjutnya adalah membuat *Connectors*. *Connectors* merupakan penghubung antar *Link*. Proses pembuatan *Connector* dapat dilakukan dengan cara klik kanan pada mouse pada *Link* asal dan arahkan pada *Link* tujuan. Langkah selanjutnya dilakukan penghalusan *Connectors* dengan cara tekan *Ctrl* dan klik kanan lalu pilih *Recalculate Spline*. Pembuatan dan pengaturan *Connectors* dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Pengaturan Connectors

4.5.5 Vehicle Inputs

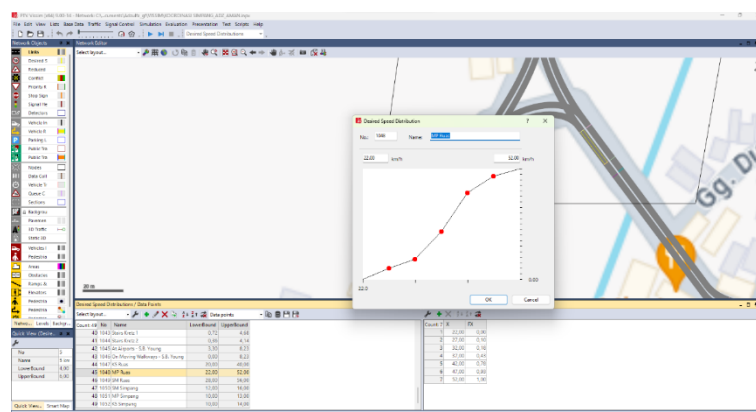
Vehicle Inputs berfungsi sebagai input jumlah volume lalu lintas pada masing-masing *Link* yang menjadi titik mula volume lalu lintas akan memasuki persimpangan sesuai dengan kondisi eksisting di lokasi penelitian selama jam puncak dalam satuan kendaraan. Proses memasukkan data volume lalu lintas dapat dilakukan dengan cara klik *Vehicle Inputs* pada *Network Objects*, kemudian pilih *Link* yang akan dimasukkan data volume lalu lintasnya, lalu tekan ctrl dan klik kanan pada mouse secara bersamaan, pilih *Add New Vehicle Inputs*, selanjutnya masukkan data volume lalu lintas sesuai dengan hasil survei di lokasi penelitian. Pengaturan *Vehicle Inputs* dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Pengaturan Vehicle Inputs

4.5.6 *Desired Speed Distribution*

Pengaturan atau *input Desired Speed Distribution* dapat dilakukan apabila proses rekapitulasi data kecepatan kendaraan pada setiap ruas jalan berdasarkan hasil survei di lokasi penelitian selesai. Kemudian dilakukan pengolahan data kecepatan kendaraan hasil survei untuk mengetahui jumlah sampel, nilai kecepatan maksimum dan nilai kecepatan minimum, jumlah kelas, dan lebar kelas. Selanjutnya, dilakukan perhitungan frekuensi relatif dan perhitungan frekuensi kumulatif relatif yang jika dijumlahkan nilainya harus sama dengan 1. Setelah mendapatkan nilai dan grafik frekuensi kumulatif relatif, masukkan nilai-nilai pada grafik tersebut ke *Software* PTV VISSIM. Proses input dapat dilakukan dengan cara klik menu Base Data, kemudian pilih Distribution, kemudian klik menu *Desired Speed*, lalu klik *Add* atau *Edit*, berilah nama sesuai dengan ruas jalan, jenis kendaraan, dan jenis kecepatan guna memudahkan pembacaan data, lalu masukkan data kecepatan sesuai dengan distribusinya, kemudian klik *OK*. Langkah pengisian *Desired Speed Distribution* dapat dilihat pada Gambar 4.12.

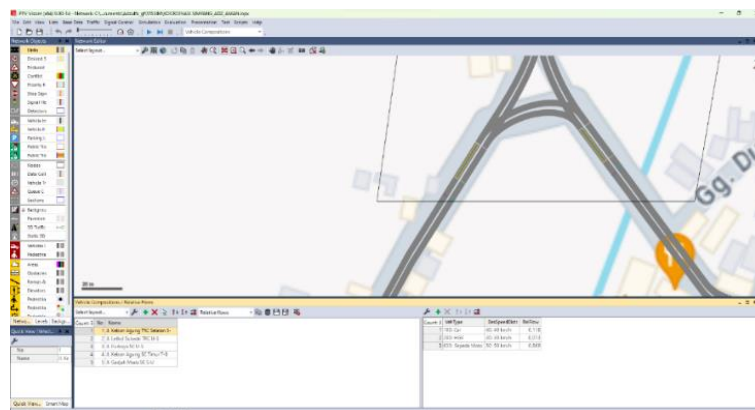


Gambar 4.12 *Input Desired Speed Distribution*

4.5.7 *Vehicle Compositions*

Selain *input* volume lalu lintas, dibutuhkan *input* komposisi dari setiap kendaraan beserta nilai kecepatannya pada jam puncak yang akan dimasukkan pada pengaturan *Vehicle Compositions*. Kecepatan kendaraan didapatkan dari hasil survei di lokasi penelitian yang telah dilaksanakan. Data volume lalu lintas yang

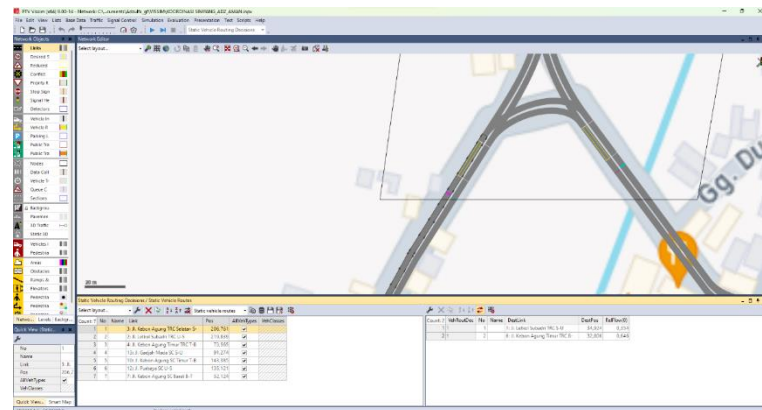
digunakan adalah dalam bentuk persentase volume sesuai dengan jenis kendaraan (Sepeda Motor, Mobil Penumpang, dan Kendaraan Sedang) pada setiap ruas jalan yang menjadi titik mula volume lalu lintas yang akan memasuki kedua simpang. Untuk memasukkan *Vehicle Compositions*, pilih *Traffic* pada *Menu Bar*, kemudian pilih *Vehicle Compositions*, klik tanda “+” (*Add*), lalu masukkan data komposisi volume lalu lintas sesuai dengan ruas jalan, jenis kendaraan, dan sesuaikan dengan *Desired Speed Distribution* dengan distribusi kecepatan yang telah dimasukkan sebelumnya. Pengaturan *Vehicle Compositions* dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Pengaturan *Vehicle Compositions*

4.5.8 *Vehicle Routes*

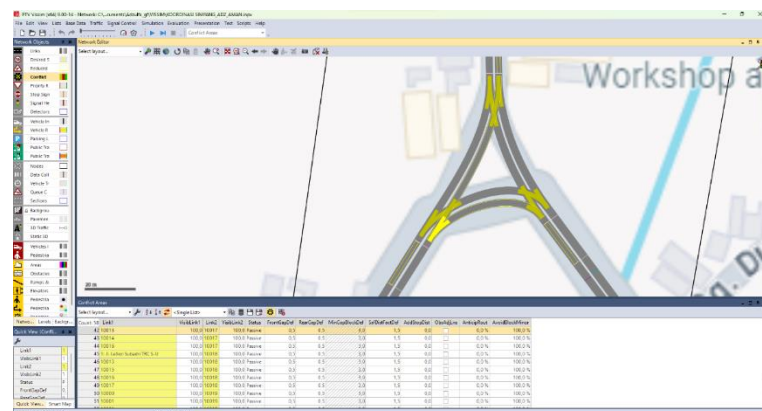
Setelah pengaturan *Vehicle Inputs* dan *Vehicle Compositions* selesai, dilakukan proses input dan pemasangan rute dengan menggunakan *Vehicle Routes*. *Vehicle Routes* berfungsi untuk membuat pergerakan arah kendaraan yang telah dimasukkan ke dalam *Software PTV VISSIM*. Proses pengaturan *Vehicle Routes* dapat dilakukan dengan cara klik *Vehicle Routes* pada *Network Objects*, kemudian tekan *ctrl* dan klik kanan pada *mouse* di bagian *Link* yang telah dimasukkan nilai volume kendaraannya sebagai *Start Point*, lalu tarik atau arahkan sesuai dengan rute tiap pergerakan sebagai *End Point*, setelah itu klik kiri dan *esc*. Pengaturan *Vehicle Routes* dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Pengaturan *Vehicle Routes*

4.5.9 Conflict Areas

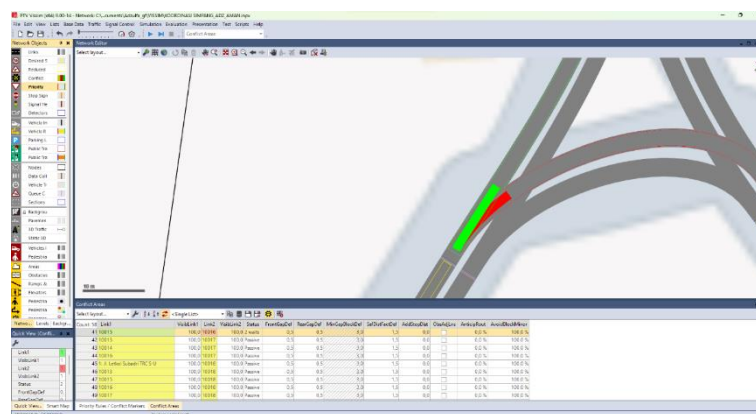
Conflict Area merupakan area yang memungkinkan terjadinya konflik pada pertemuan ruas jalan utama dengan jalan minor dan pada area simpang yang dimodelkan. *Conflict Area* berfungsi untuk mendahulukan kendaraan agar berjalan terlebih dahulu sesuai dengan keinginan pembuat dan sebagai pengendalian kendaraan agar tidak saling bertabrakan. Area yang berwarna kuning merupakan area konflik yang secara default dianalisis oleh *Software* PTV VISSIM. Untuk mengatur *Conflict Area*, pilih ruas jalan yang menjadi prioritas, kemudian klik pada area berwarna kuning untuk diubah menjadi warna hijau agar menjadi ruas jalan yang diutamakan dan untuk ruas jalan yang tidak diutamakan akan berubah menjadi warna merah. Pengaturan *Conflict Area* dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Pengaturan *Conflict Areas*

4.5.10 Priority Rules

Pengaturan kendaraan pada saat keluar dari jalan minor tidak perlu menunggu arus pada jalan utama terlebih dahulu yang menjadi pembeda antara *Priority Rules* dan *Conflict Areas*, sehingga pada saat terdapat celah kosong pada arus lain kendaraan dapat lolos. Pengaturan *Priority Rules* dapat dilakukan dengan cara klik menu *Priority Rules* pada *Network Objects*, kemudian tekan ctrl dan klik kanan pada jaringan jalan yang akan diatur. Titik kendaraan yang akan menunggu ditandai dengan warna merah, sedangkan jika kendaraan dari arus lain sudah melewati garis hijau ditandai dengan warna hijau, maka kendaraan yang menunggu bisa langsung lewat. Pengaturan *Priority Rules* dapat dilihat pada Gambar 4.16.

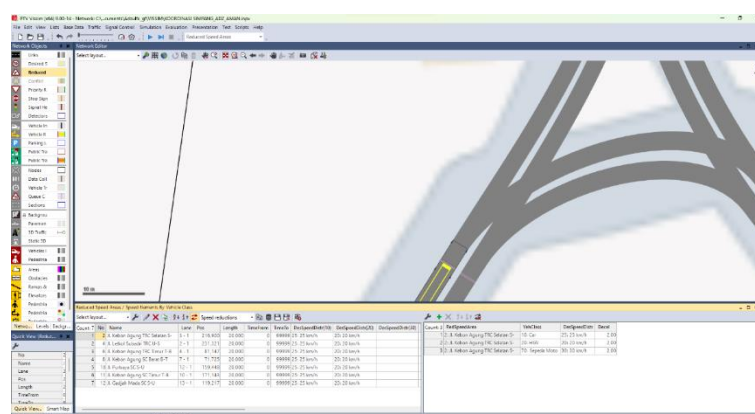


Gambar 4.16 Pengaturan *Priority Rules*

4.5.11 Reduced Speed Areas

Parameter kalibrasi yang berusaha menyerupai kenyataan pengemudi dalam berkendara di jalan salah satunya adalah *Reduced Speed* atau pengurangan kecepatan. Pada saat kendaraan memasuki area tertentu (persimpangan, area *U-turn*, dll), pengemudi akan memperlambat kendaraannya ketika memasuki daerah konflik yang telah ditentukan, pada penelitian ini *Reduced Speed* di letakkan di setiap lengan simpang, sehingga bisa memodelkan mendekati pada kondisi di lokasi penelitian karena kendaraan akan mengurangi kecepatannya ketika memasuki persimpangan. Langkah pengaturan area pengurangan kecepatan adalah dengan klik *Reduced Speed Area* pada *Network Object*, kemudian tekan ctrl dan klik kanan

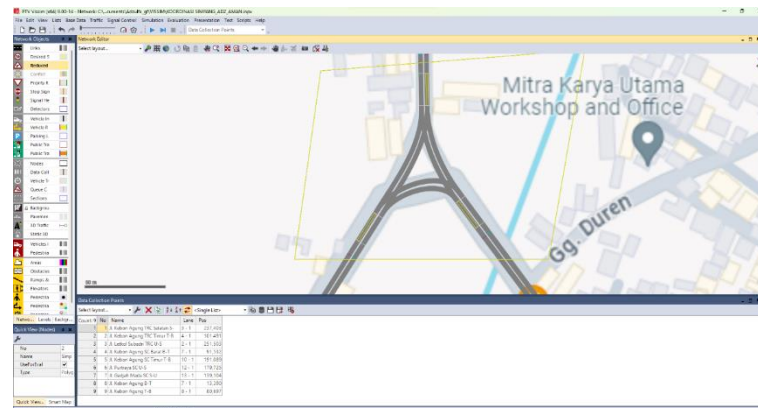
pada daerah *Link* yang akan diatur, lalu tarik sesuai panjang yang diinginkan, klik kanan dan *Add*, setelah muncul baris baru atur *VehClass* sesuai dengan kendaraan yang akan diatur kecepatannya, sesuaikan *DesSpeedDistr* yang sebelumnya sudah dimasukkan, terakhir klik *OK*. Pengaturan *Reduced Speed Area* dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Pengaturan *Reduced Speed Areas*

4.5.12 Data Collection Points

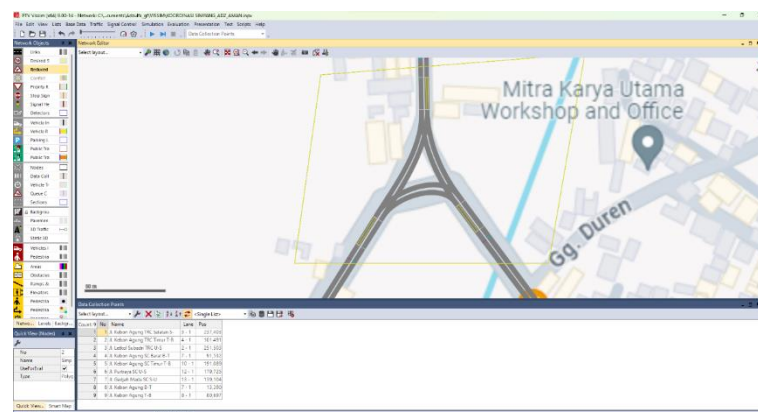
Pada pemodelan ini tipe evaluasi yang digunakan adalah data collection point karena output yang digunakan pada penelitian ini berupa data volume lalu lintas, panjang antrian, tundaan, dan kecepatan. *Data Collection Points (DCP)* berfungsi membaca hasil volume lalu lintas, panjang antrian, tundaan, dan kecepatan yang melintasi *Link* atau jalan per lajur pada segmen yang ditentukan. Hasil *DCP* berguna sebagai validasi volume lalu lintas, panjang antrian, tundaan, dan kecepatan kendaraan hasil *running* PTV VISSIM. Langkah untuk mengatur *DCP* adalah dengan cara klik *Data Collection Point* pada *Network Objects*, kemudian klik kiri pada *Link* yang akan ditempatkan *DCP*, lalu klik kanan dan klik *Add New Data Collection Point* atau klik ctrl dan klik kanan pada *mouse*, atur *DCP* pada masing-masing jalur, titik *DCP* dapat dipindah dengan cara menggeser garis *DCP*, untuk memudahkan dalam proses pembacaan hasil *running* beri nama yang sesuai, sehingga dapat dibedakan dengan mudah pada setiap lajur jalan atau lengan setiap simpang. Proses input *Data Collection Point* dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Pengaturan *Data Collection Points*

4.5.13 *Vehicle Travel Times*

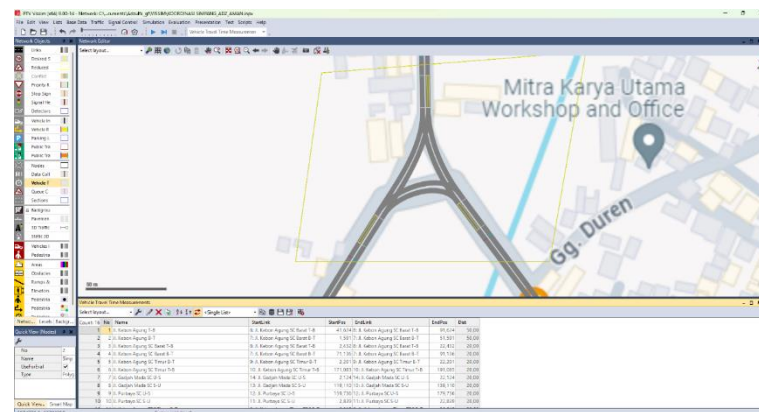
Kecepatan kendaraan dengan jarak yang telah ditentukan dan tundaan (*delay*) kendaraan dapat dihitung menggunakan *Vehicle Travel Times*. Langkah pengaturan *vehicle travel times* adalah dengan cara klik *Vehicle Travel Times* pada *Network Objects*, kemudian klik kiri *Link* yang akan ditempatkan *Vehicle Travel Times*, lalu klik kanan dan pilih *Add New Vehicle Travel Times Measurement*, tarik dan arahkan sesuai jarak yang diinginkan, untuk memudahkan dalam proses pembacaan hasil running beri nama yang sesuai, klik OK. Pengaturan *Vehicle Travel Times* dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Pengaturan *Vehicle Travel Times*

4.5.14 Queue Counters

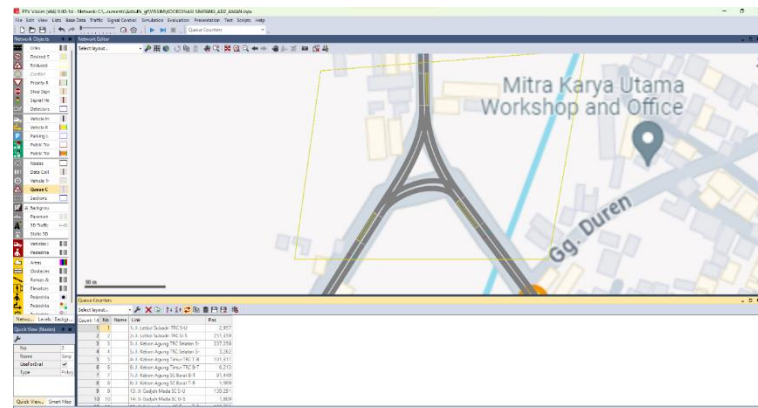
Queue Counters berfungsi untuk menghitung panjang antrian kendaraan yang terjadi pada jalan atau *Link* yang telah dipasang *Queue Counters*. Langkah untuk mengatur *Queue Counters* dilakukan dengan cara klik *Queue Counters* pada *Network Objects*, pilih dan klik kiri pada link yang akan ditempatkan *Queue Counters*, kemudian klik kanan dan pilih *Add New Queue Counters*, untuk memudahkan dalam proses pembacaan hasil running beri nama yang sesuai seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.20.



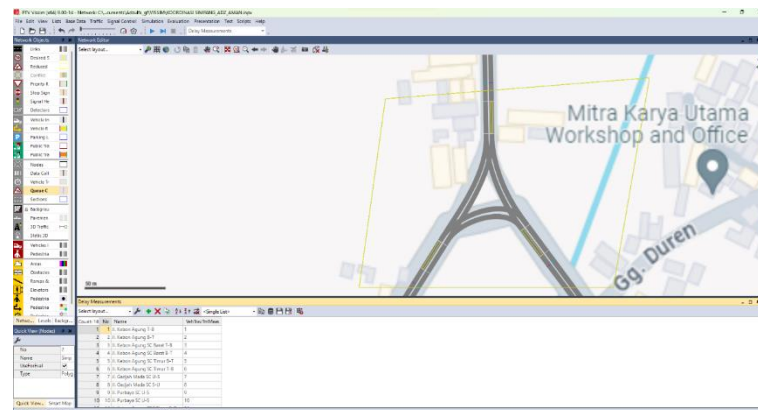
Gambar 4.20 Pengaturan *Queue Counters*

4.5.15 Measurement Definition

Data Collection Measurement dan *Delay Measurement* dikelompokkan oleh *Measurement Definition*, sehingga *Data Collection Point* dan *Vehicle Travel Times* yang sudah diatur muncul pada hasil running. Proses-pengaturan *Measurement Definition* dapat dilakukan dengan klik *Evaluation* pada *Menu Bar*, kemudian klik *Measurement Definition*, klik *Data Collection Measurement* dan klik juga pada *Delay Measurement*, klik kanan dan pilih *Add*, tambah sesuai dengan jumlah yang diinginkan untuk hasil analisis, gabungkan poin sehingga menyatu untuk mendapat hasil running yang diinginkan. Pengaturan *Measurement Definition* dapat dilihat pada Gambar 4.21 dan Gambar 4.22.



Gambar 4.21 Pengaturan *Measurement Definition* untuk *Data Collection Measurement*

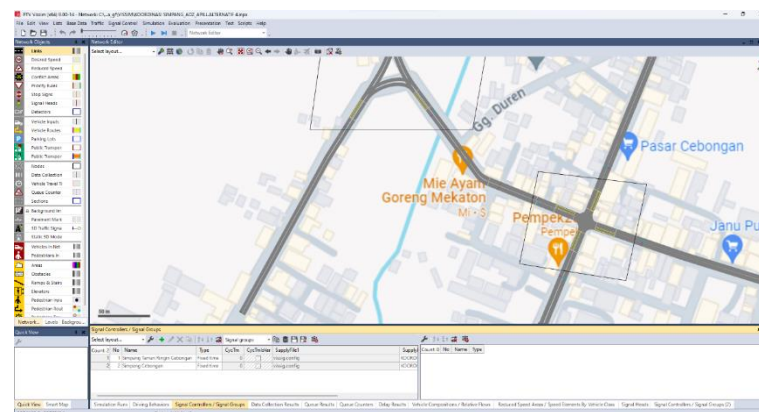


Gambar 4.22 Pengaturan *Measurement Definition* untuk *Delay Measurement*

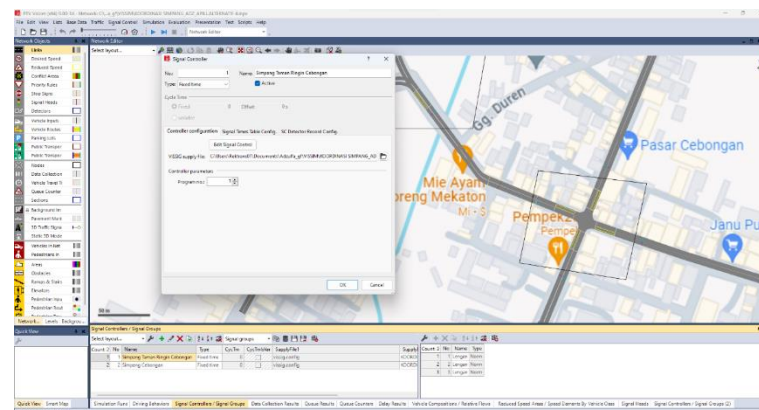
4.5.17 Pengaturan *Signal Controllers*

Signal Controllers digunakan untuk mengatur *Traffic Light* pada jaringan jalan. Sebelum melakukan pengaturan *Signal Controllers* pada *Software PTV VISSIM*, perlu dilakukan survei untuk mendapatkan data fase dan waktu siklus pada setiap simpang dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL), selain itu data fase dan waktu siklus pada setiap simpang dapat didapatkan dengan cara melakukan perhitungan berdasarkan PKJI 2023. Data fase dan waktu siklus pada setiap simpang di penelitian ini didapatkan dari perhitungan berdasarkan PKJI 2023. Pengaturan *Signal Controllers* dapat dilakukan dengan cara klik *Signal Control* pada *Menu Bar*. Selanjutnya, klik *Signal Controllers* lalu klik *Add* pada jendela *Signal Controller/Signal Group* dan akan muncul tampilan yang dapat

dilihat pada Gambar 4.23. Selanjutnya, masukkan nama *Signal Controller* dan klik *Edit Signal Control* maka akan muncul menu yang dapat dilihat pada Gambar 4.24. Selanjutnya, klik *Signal Groups* lalu klik “+” (*Add*) sebanyak lengan yang akan dimodelkan dan tambahkan nama-nama lengan sesuai dengan lengan rencana simpang.



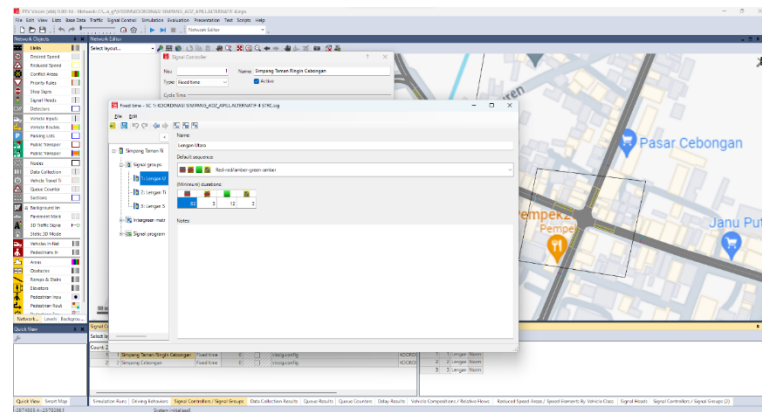
Gambar 4.23 Pengaturan *Signal Controllers* (1/2)



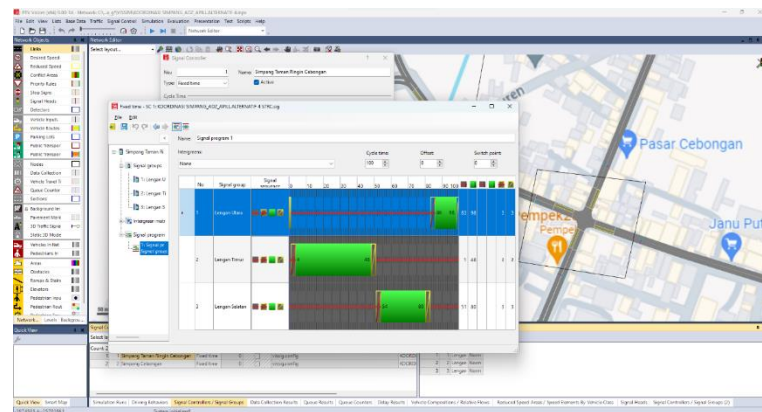
Gambar 4.24 Pengaturan *Signal Controllers* (2/2)

Selanjutnya, klik *Signal Groups* lalu klik “+” (*Add*) lalu klik *Edit* dan akan muncul tampilan yang dapat dilihat pada Gambar 4.25. Beri nama *signal* lalu masukkan nilai waktu siklus yang mencakup waktu merah, *All Red*, waktu hijau, dan waktu kuning. Setelah pengaturan *Signal Groups* selesai, maka dilakukan pengaturan waktu siklus pada setiap *Signal* dengan cara klik *Signal Program* lalu pilih jenis lampu lalu lintas di *Signal Sequence*. Selanjutnya, dilakukan pengaturan

pada *Cycle Time* (Waktu Siklus) dan pada peletakan *Signal* sesuai dengan atau perhitungan. Kemudian klik *Save* dan terakhir klik *OK*. Tampilan pengaturan Waktu Siklus dan peletakan *Signal* dapat dilihat pada Gambar 4.26.



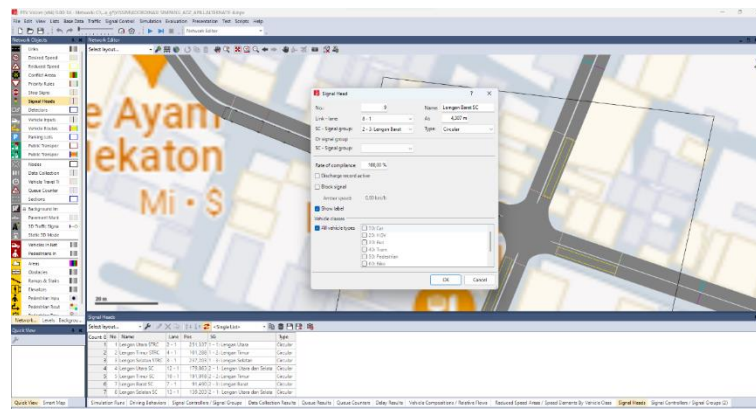
Gambar 4.25 Pengaturan *Signal Groups* (1/2)



Gambar 4.26 Pengaturan *Signal Groups* (2/2)

Setelah pengaturan *Signal Controllers* selesai, maka dilanjutkan dengan peletakan *Signal Controllers* atau APILL pada masing-masing lengan pada simpang yang terdapat sinyal lalu lintas. Peletakan dapat dilakukan dengan cara *klik Signal Head* pada *Network Objects* lalu pilih lengan simpang yang akan dibuat *Signal Controllers* lalu tekan *ctrl* dan klik kanan pada mouse secara bersamaan. Selanjutnya, akan muncul menu yang dapat dilihat pada Gambar 4.27, pilih *SC (Signal Controllers)* yang telah dibuat sebelumnya lalu klik nomor yang akan

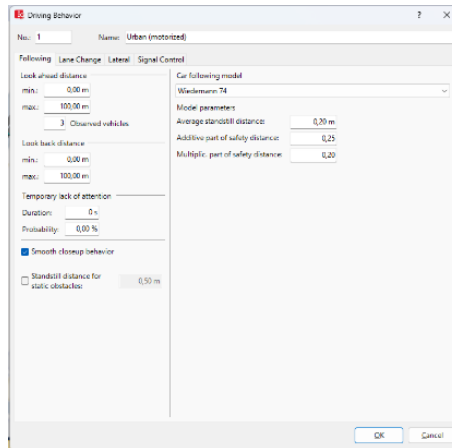
dimasukkan kemudian klik *OK*. Tahapan tersebut dilakukan dengan cara yang sama pada lengan-lengan setiap simpang APILL lainnya.



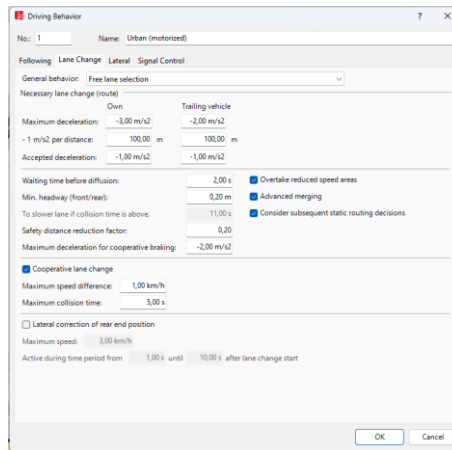
Gambar 4.27 Input Signal Head

4.5.18 Driving Behaviour

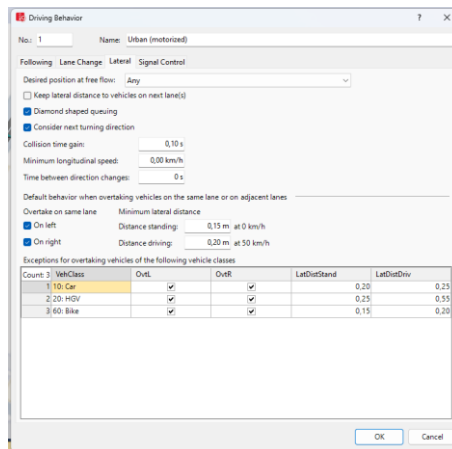
Kalibrasi yang digunakan untuk memberikan gambaran kondisi kendaraan di lokasi penelitian diproses oleh *driving behaviour*. Hal ini dikarenakan PTV VISSIM merupakan aplikasi mikrosimulasi yang dibuat di Jerman, maka secara *default* kondisi pengemudi seperti di Eropa. Maka perlu dilakukan perubahan sesuai dengan kondisi pengendara di Indonesia. Data *driving behaviour* diperoleh dari hasil pengamatan dan pengukuran langsung di setiap ruas-ruas penelitian dan setiap lengan simpang berdasarkan parameter-parameter yang berlaku yaitu *desired position at free flow*, *overtake on same lane*, *distance standing*, dan *distance driving*. Akan tetapi jika sudah menggunakan data *driving behaviour* yang didapat dari lokasi penelitian hasilnya tidak valid, maka perlu dilakukan *trial and error* dengan mengubah setiap parameter *driving behaviour* sampai didapatkan hasil simulasi yang valid, sehingga dapat mensimulasikan kondisi lalu lintas yang sesuai dengan kenyataannya seperti pada lokasi penelitian. Pengaturan *Driving Behaviour* dapat dilakukan dengan memilih menu *Base Data*, kemudian pilih *Driving Behaviour*, ubah bagian *Urban (motorized)* dengan klik kanan lalu pilih *Edit*. Selanjutnya, akan muncul beberapa parameter yang dapat diubah. Pengaturan kalibrasi *Driving Behaviour* dapat dilihat pada Gambar 4.28 hingga Gambar 4.31.



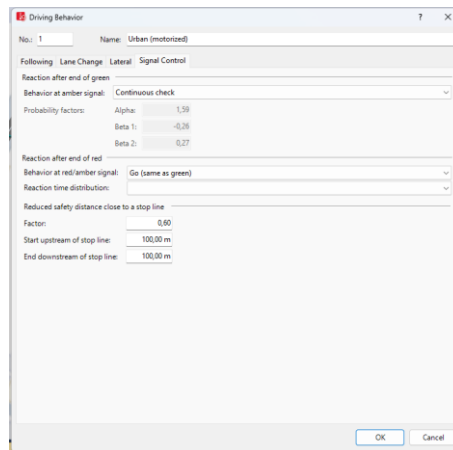
Gambar 4.28 Pengaturan *Driving Behaviour (Following)*



Gambar 4.29 Pengaturan *Driving Behaviour (Lane Change)*



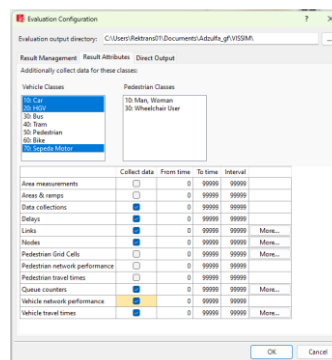
Gambar 4.30 Pengaturan *Driving Behaviour (Lateral)*



Gambar 4.31 Pengaturan *Driving Behaviour (Signal Control)*

4.5.19 *Evaluation dan Configuration*

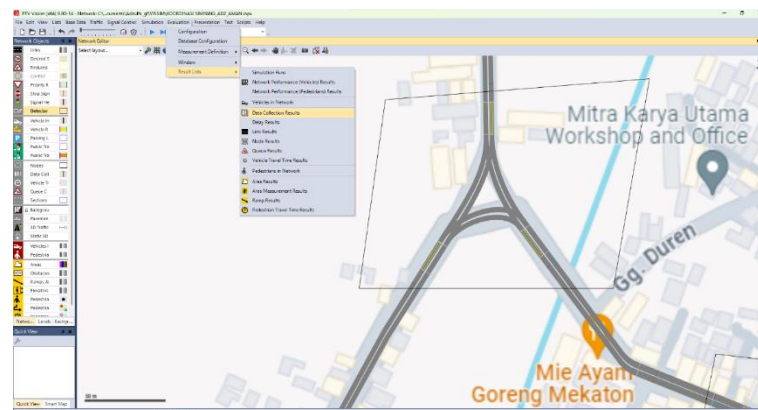
Pengaturan *Evaluation* perlu dilakukan untuk mengatur parameter yang akan dipakai dalam proses running. Langkah yang dapat dilakukan adalah dengan cara klik *Evaluation* pada *Menu Bar*, kemudian klik *Configuration*, lalu pilih dengan mencentang *Data Collection*, *Delay*, *Queue Length*, dan *Vehicle Travel Time* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32 Pengaturan *Evaluation Configuration*

4.5.20 *Result List*

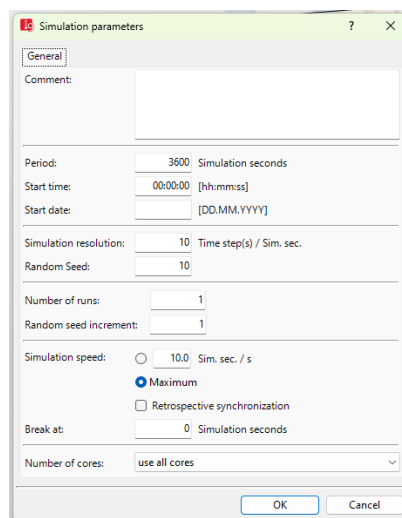
Hasil running akan ditampilkan oleh *Result List*. *Result List* dapat ditampilkan dengan cara klik *Evaluation* pada *Menu Bar*, kemudian klik *Result List*, pilih *Data Collection*, *Delays*, *Queue Length*, dan *Vehicle Travel Times* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.33.



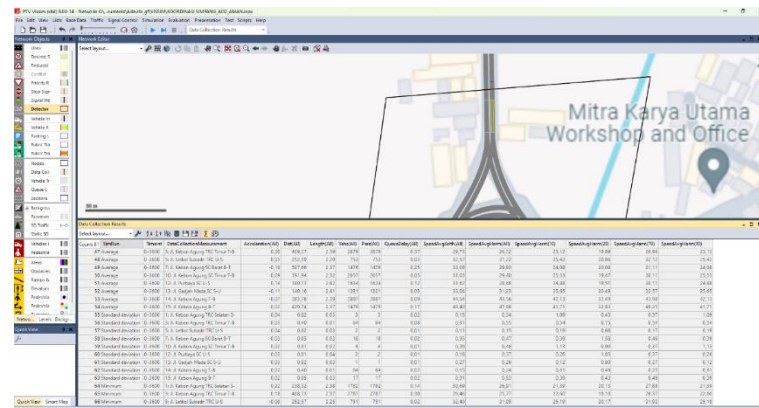
Gambar 4.33 Pengaturan *Result List*

4.5.21 *Running Simulation*

Apabila pengaturan pada setiap tahapan pemodelan dengan menggunakan *Software PTV VISSIM* telah dilakukan dan telah disesuaikan, maka langkah selanjutnya adalah *running* permodelan selama satu jam, dengan cara memilih menu *Simulation*, kemudian muncul kotak dialog *Simulation Parameters*, lalu masukkan angka yang akan diatur. Parameter simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.34. Tahap terakhir klik tombol *play* pada *toolbar*. Selanjutnya pemodelan akan *dirunning* dan hasil simulasi akan muncul setelah proses *running simulation* selesai. Tampilan hasil simulasi menggunakan *PTV VISSIM* dapat dilihat pada Gambar 4.35.



Gambar 4.34 *Simulation Parameters*



Gambar 4.35 Hasil Simulasi PTV VISSIM

4.6 Analisis Data

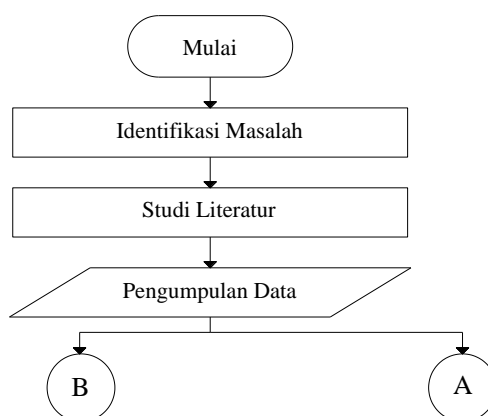
Tahap analisis data pada penelitian ini secara keseluruhan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* dan perangkat lunak PTV VISSIM. Data yang diperlukan diperoleh dari hasil pengamatan lapangan dan instansi terkait yang selanjutnya dianalisis dalam bentuk simulasi menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM untuk mengetahui kinerja Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. Langkah-langkah analisis data pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

1. Data primer yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk mendapatkan data volume jam puncak dan kecepatan tempuh kendaraan.
2. Data sekunder yang berupa peta lokasi survei di kedua simpang dan juga data jumlah penduduk Kabupaten Sleman.
3. Setelah mendapatkan volume jam puncak dan kecepatan tempuh kendaraan maka langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan lalu lintas dengan perangkat lunak PTV VISSIM.
4. Pemodelan jaringan jalan, penginputan jumlah kendaraan, penginputan komposisi kendaraan, dan pembuatan rute perjalanan pada perangkat lunak PTV VISSIM disesuaikan dengan data hasil survei.
5. Mengatur perilaku pengemudi (*driver behaviour*) pada opsi dipilih sesuai dengan kondisi perilaku pengemudi di lapangan.

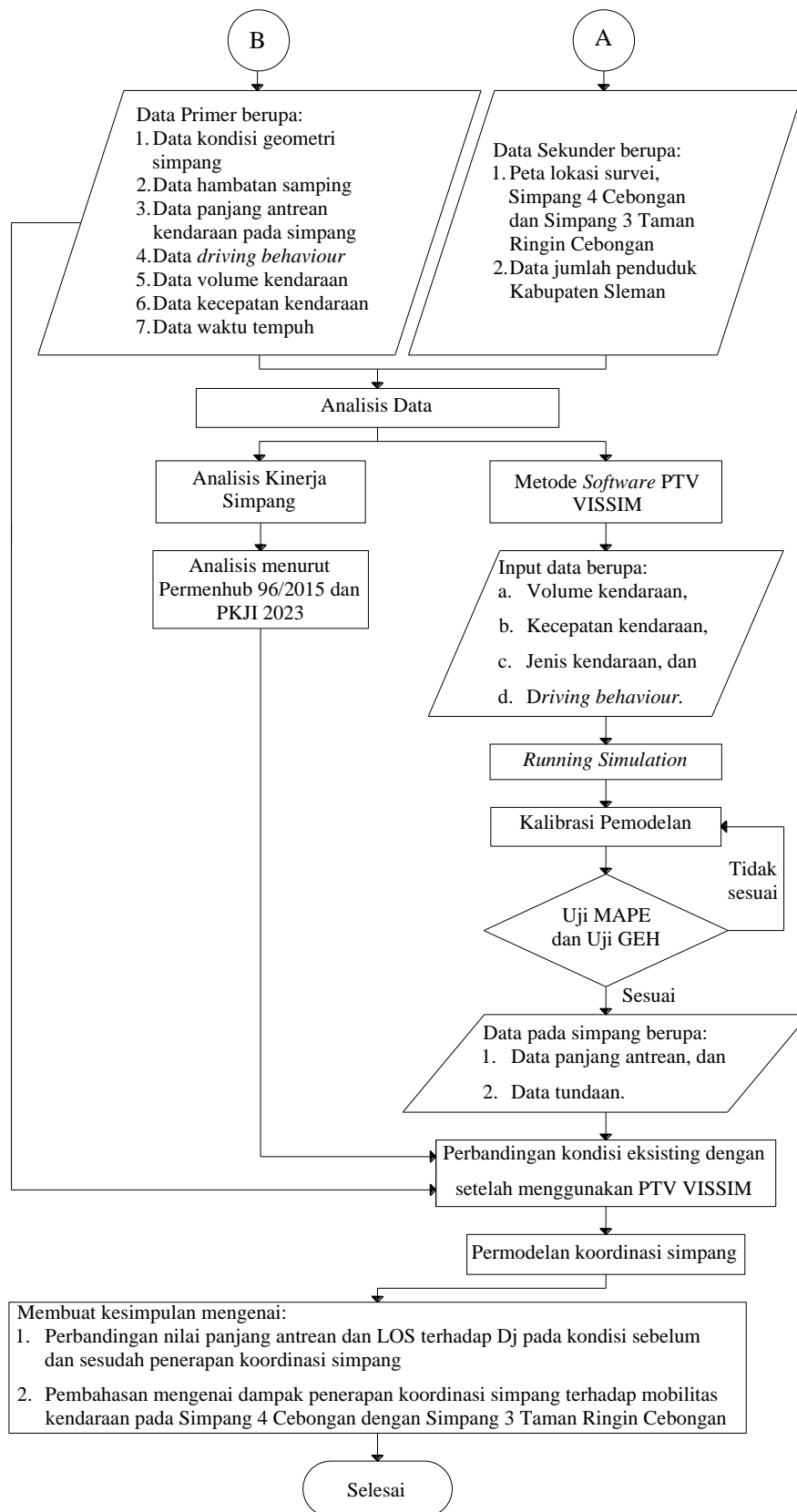
6. Melakukan kalibrasi dan validasi data pada pemodelan. Hal ini dilakukan untuk meninjau kesesuaian antara model simulasi dengan kondisi di lapangan sehingga model simulasi pada perangkat lunak PTV VISSIM mendekati dan mewakili kondisi lapangan. Kalibrasi dilakukan dengan cara mengubah nilai beberapa komponen pada parameter *driving behaviour*. Setelah proses kalibrasi selesai maka dilakukan validasi untuk menguji kebenaran dari proses kalibrasi yang sudah dilakukan. Setelah pemodelan valid maka diambil *output* pemodelan berupa volume, kecepatan, tundaan, dan panjang antrean.
7. Melakukan perbandingan derajat kejenuhan dan kecepatan pada kondisi sebelum dan sesudah penerapan lampu lalu lintas pada kedua simpang.
8. Kesimpulan yang didapatkan berupa perbandingan kinerja pada Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan berdasarkan Tingkat Pelayanan atau *Level of Service (LOS)* yang tertera pada Peraturan Menteri Perhubungan PM 96/2015 tentang Penyelenggaraan Manajemen Lalu Lintas.

4.7 Bagan Alir Penelitian

Dalam penelitian ini dibuat bagan alir atau *flowchart* yang menunjukkan urutan atau tahap-tahap pekerjaan yang akan dilakukan selama penelitian. Bagan alir dapat dilihat pada Gambar 4.36 sebagai berikut.



Gambar 4.36 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.36 Bagan Alir Penelitian

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Hasil Survei

5.1.1 Data Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas pada simpang didapatkan dari hasil survei lapangan. Data hasil survei lapangan dicatat dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam) dan diubah dalam satuan mobil penumpang per jam (smp/jam) sesuai dengan pedoman Direktorat Jenderal Bina Marga (2023).

Pengambilan data volume lalu lintas dilakukan selama 2 hari, yaitu pada Hari Sabtu, 23 September 2023 sebagai perwakilan akhir pekan dan Hari Senin, 23 September 2023 sebagai perwakilan hari kerja. Pengambilan data dilakukan selama tiga sesi dengan rincian yaitu pada pukul 06:00-09:00 WIB, 11:00-13:00 WIB, dan 15:00-18:00 WIB dengan interval 15 menit. Pengambilan data dilakukan pada saat kondisi cuaca yang cerah dan kondisi lalu lintas yang normal. Selanjutnya data volume lalu lintas setiap simpang dijumlahkan untuk dicari jam puncak yang terjadi pada kedua simpang. Survei volume kendaraan dilakukan pada sepeda motor (SM), mobil penumpang (MP), dan kendaraan sedang (KS). Prananda (2023) mendapatkan data volume kendaraan pada Simpang Cebongan yang dapat dilihat pada Tabel 5.1. Rekapitulasi hasil penelitian volume dapat dilihat dalam bentuk tabel, yaitu pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2, serta dalam bentuk grafik jam puncak pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2. Untuk data yang lebih detail dapat dilihat pada Lampiran 1 hingga Lampiran 6.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Data Volume Lalu Lintas Simpang 4 Cebongan

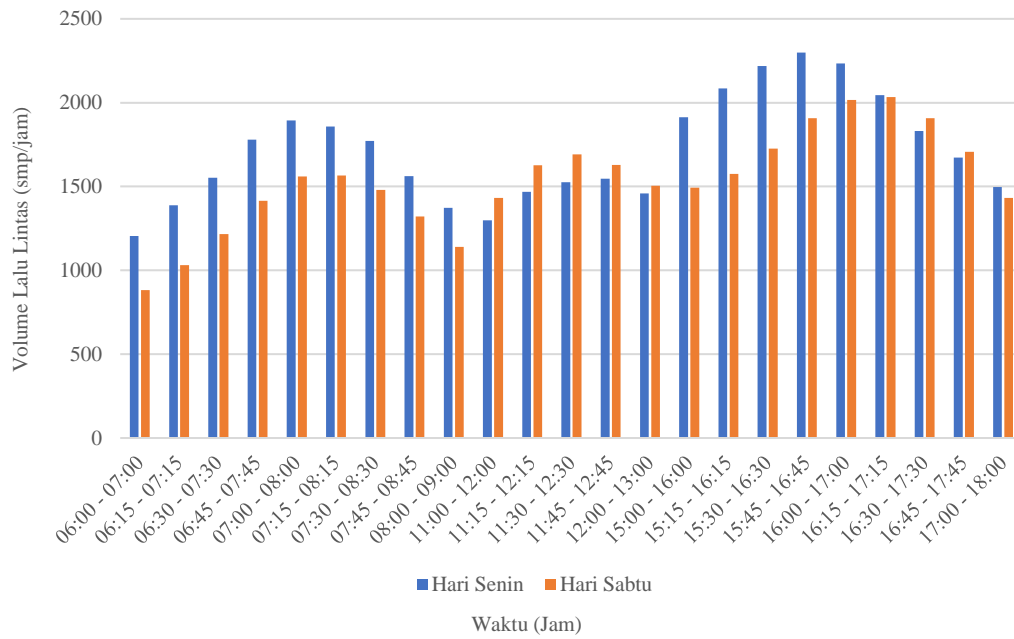
Sesi	Waktu (WIB)	Rekapitulasi Volume Simpang 4 Cebongan			
		Sabtu		Senin	
		kend/jam	smp/jam	kend/jam	smp/jam
Pagi	06:00 - 07:00	2.933	883	4.057	1.205
	06:15 - 07:15	3.371	1.030	4.616	1.388
	06:30 - 07:30	3.975	1.216	5.198	1.552
	06:45 - 07:45	4.532	1.415	5.859	1.780
	07:00 - 08:00	4.925	1.560	6.238	1.893
	07:15 - 08:15	5.001	1.566	6.145	1.858

**Lanjutan Tabel 5.1 Rekapitulasi Data Volume Lalu Lintas Simpang 4
Cebongan**

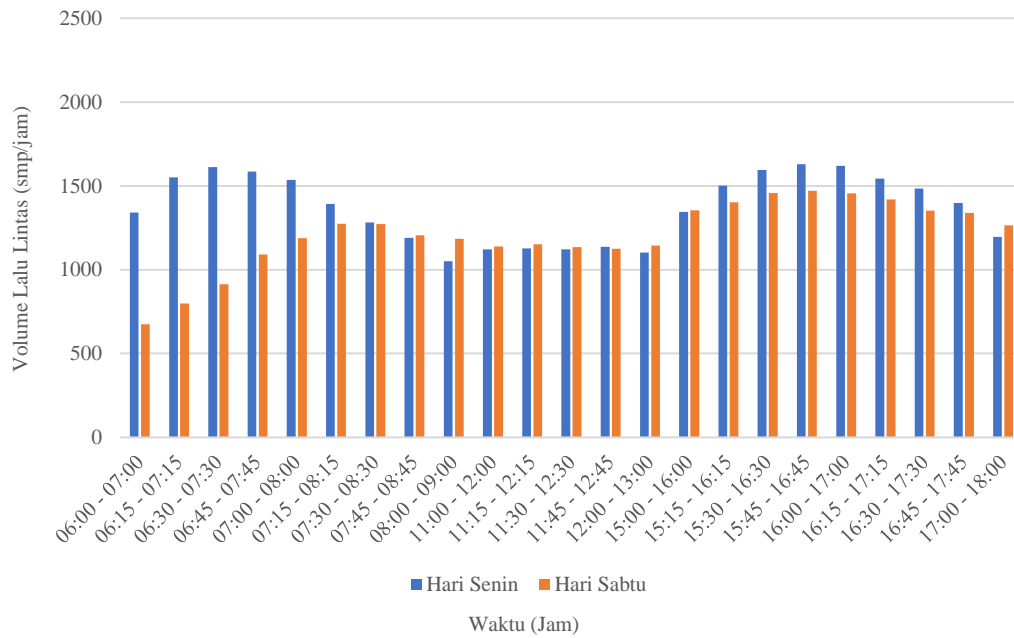
Sesi	Waktu (WIB)	Rekapitulasi Volume Simpang 4 Cebongan			
		Sabtu		Senin	
		kend/jam	smp/jam	kend/jam	smp/jam
	07:30 - 08:30	4.715	1.481	5.774	1.772
	07:45 - 08:45	4.206	1.322	5.077	1.561
	08:00 - 09:00	3.636	1.140	4.460	1.374
Siang	11:00 - 12:00	3.801	1.433	3.396	1.299
	11:15 - 12:15	4.196	1.626	3.757	1.468
	11:30 - 12:30	4.346	1.692	3.895	1.525
	11:45 - 12:45	4.180	1.629	3.857	1.547
	12:00 - 13:00	3.859	1.505	3.597	1.459
	15:00 - 16:00	3.818	1.494	6.114	1.914
Sore	15:15 - 16:15	4.089	1.575	6.517	2.084
	15:30 - 16:30	4.477	1.726	6.792	2.218
	15:45 - 16:45	4.878	1.908	7.011	2.299
	16:00 - 17:00	5.134	2.017	6.811	2.233
	16:15 - 17:15	5.113	2.034	6.268	2.046
	16:30 - 17:30	4.834	1.908	5.587	1.831
	16:45 - 17:45	4.377	1.707	4.968	1.672
	17:00 - 18:00	3.759	1.433	4.373	1.496

**Tabel 5.2 Rekapitulasi Data Volume Lalu Lintas Simpang 3 Taman Ringin
Cebongan**

Sesi	Waktu (WIB)	Rekapitulasi Volume Simpang 3 Taman Ringin Cebongan			
		Sabtu		Senin	
		kend/jam	smp/jam	kend/jam	smp/jam
Pagi	06:00 - 07:00	2.369	675	5.250	1.341
	06:15 - 07:15	2.806	800	6.029	1.551
	06:30 - 07:30	3.265	914	6.197	1.613
	06:45 - 07:45	3.907	1.092	6.056	1.585
	07:00 - 08:00	4.330	1.188	5.762	1.535
	07:15 - 08:15	4.523	1.274	5.158	1.392
	07:30 - 08:30	4.389	1.271	4.649	1.281
	07:45 - 08:45	4.030	1.206	4.181	1.191
Siang	08:00 - 09:00	3.702	1.184	3.628	1.051
	11:00 - 12:00	2.988	1.139	3.243	1.121
	11:15 - 12:15	3.043	1.152	3.247	1.126
	11:30 - 12:30	3.095	1.134	3.227	1.121
	11:45 - 12:45	3.085	1.125	3.227	1.137
Sore	12:00 - 13:00	3.157	1.145	3.225	1.102
	15:00 - 16:00	3.956	1.354	4.342	1.345
	15:15 - 16:15	4.295	1.403	4.847	1.501
	15:30 - 16:30	4.596	1.458	5.308	1.595
	15:45 - 16:45	4.711	1.470	5.462	1.630
	16:00 - 17:00	4.729	1.456	5.492	1.620
	16:15 - 17:15	4.588	1.419	5.391	1.544
	16:30 - 17:30	4.413	1.353	5.127	1.484
16:45 - 17:45	4.301	1.339	4.894	1.398	
17:00 - 18:00	4.013	1.264	4.155	1.196	

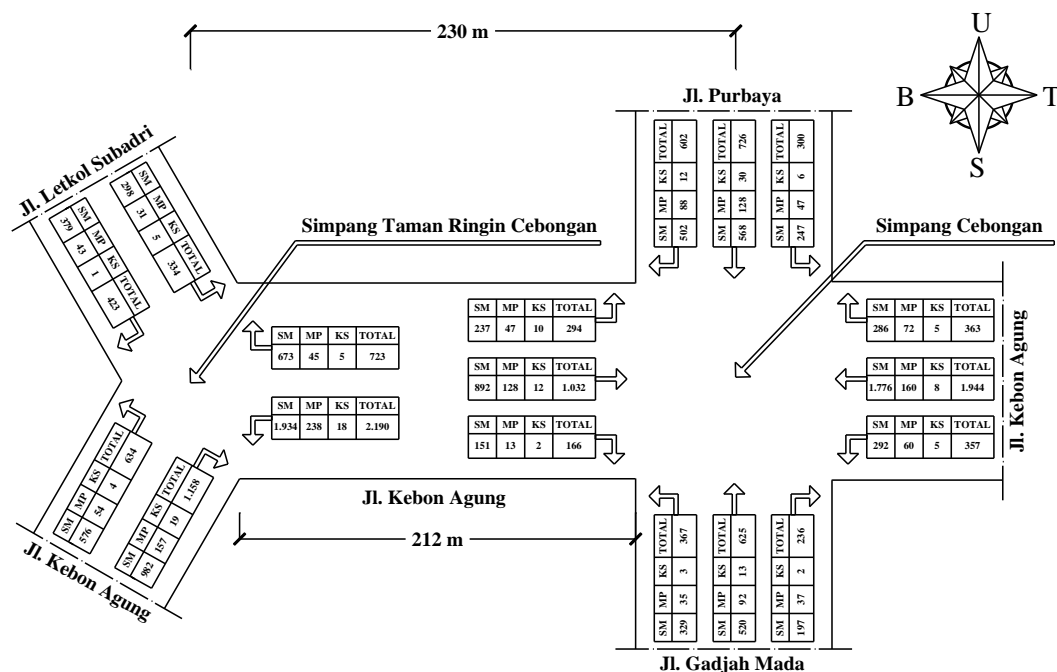


Gambar 5.1 Grafik Data Volume Lalu Lintas Simbang 4 Cebongan



Gambar 5.2 Grafik Data Volume Lalu Lintas Simbang 3 Taman Ringin Cebongan

Berdasarkan data volume lalu lintas pada Tabel 5.1, Tabel 5.2, Gambar 5.1, dan Gambar 5.2, didapatkan jam puncak pada Hari Sabtu pukul 16:15-17:15 WIB dengan volume sebesar 2.034 smp/jam dan Hari Senin pukul 15:45-16:45 WIB dengan volume sebesar 2.299 smp/jam. Kedua data tersebut diambil dari data volume Simpang 4 Cebongan karena volume Simpang 4 Cebongan lebih tinggi dari Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. Berdasarkan kedua data tersebut, maka diambil jam puncak pada Hari Senin pukul 15:45-16:45 WIB, karena memiliki volume lalu lintas yang paling besar dari semua data. Distribusi pergerakan arus lalu lintas dalam satuan smp/jam setiap arah pada periode jam puncak Hari Senin pukul 15:45-16:45 WIB dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Distribusi Volume Lalu Lintas

5.1.2 Data Kecepatan Ruas Jalan

Data kecepatan pada ruas jalan didapatkan dengan cara melakukan pencatatan waktu tempuh kendaraan ringan atau mobil penumpang yang melewati segmen dari tiap ruas yang diteliti sepanjang 50 m. Data kecepatan kendaraan pada jam puncak (Hari Senin pukul 15:45-16:45) dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Data Kecepatan Kendaraan Mobil Penumpang pada Jam Puncak

No.	Ruas Jalan	Panjang Segmen yang Diamati (m)	Waktu Tempuh Rerata (det)	Kecepatan Rerata	
				m/det	km/jam
1	Jl. Kebon Agung (T-B)	50	4,300	11,627	41,856
2	Jl. Kebon Agung (B-T)	50	4,388	11,396	41,025

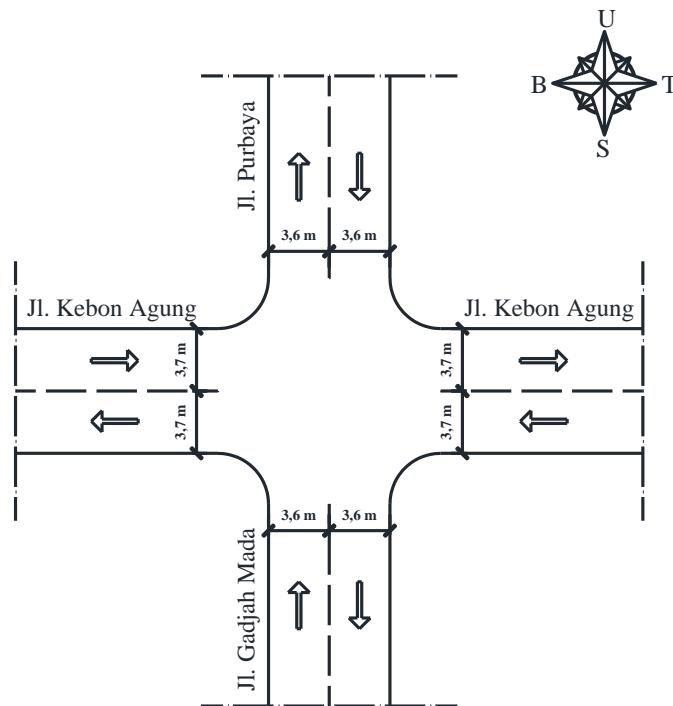
5.1.3 Data Geometri Simpang

Data geometri ruas jalan berupa data dimensi yang diamati berupa tipe jalan, lebar lajur, lebar jalur, lebar median, dan lebar bahu atau lebar kereb. Sedangkan data geometri pada simpang yang diamati berupa lebar lajur tiap ruas, lebar pendekat per lajur, dan lebar median jalan tiap ruas. Data geometri didapatkan melalui hasil pengukuran dan pengamatan langsung di lokasi penelitian. Data geometri ruas-ruas jalan yang terkait dapat dilihat pada Tabel 5.4.

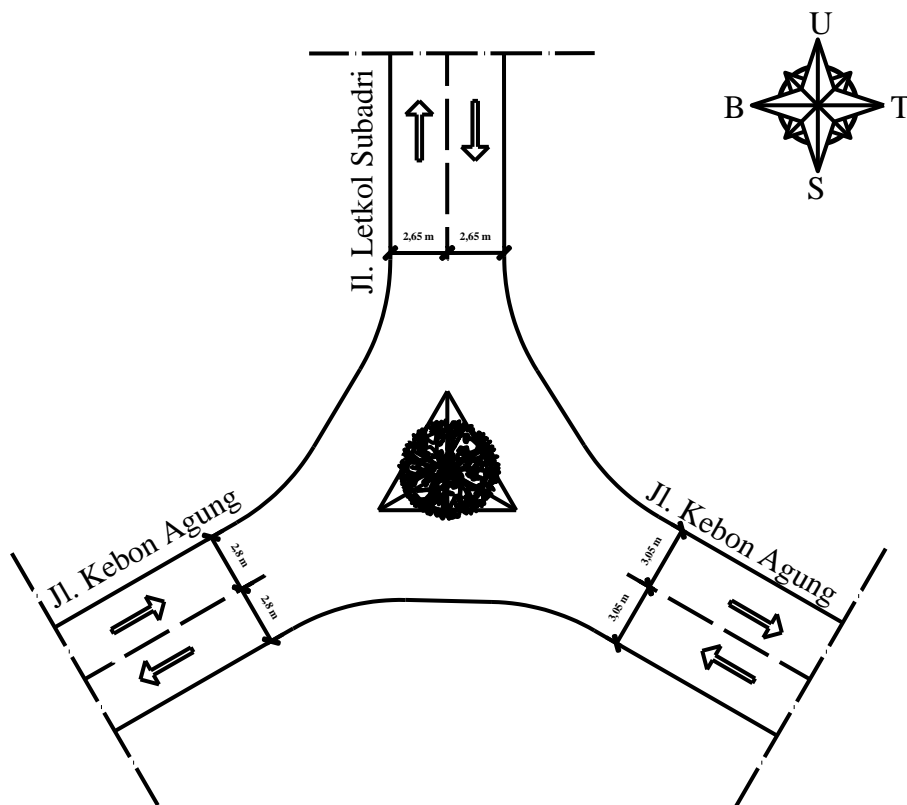
Tabel 5.4 Data Geometri Simpang

No.	Simpang	Lengan	Tipe Jalan	Lebar Pendekat (m)
1	Simpang 4 Cebongan	Utara (Jl. Purbaya)	2/2-TT	7,2
		Timur (Jl. Kebon Agung)	2/2-TT	7,4
		Selatan (Jl. Gadjah Mada)	2/2-TT	7,2
		Barat (Jl. Kebon Agung)	2/2-TT	7,4
2	Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	Utara (Jl. Letkol Subadri)	2/2-TT	5,3
		Timur (Jl. Kebon Agung)	2/2-TT	6,1
		Selatan (Jl. Kebon Agung)	2/2-TT	5,6

Sketsa geometri pada Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dapat dilihat pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5.



Gambar 5.4 Geometri Simpang 4 Cebongan



Gambar 5.5 Geometri Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

5.1.4 Data Hambatan Samping

Survei hambatan samping dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung di lokasi penelitian. Kelas hambatan samping dapat ditentukan menggunakan Tabel 5.5 berdasarkan uraian ciri-ciri khusus dan berdasarkan gambar hambatan samping di setiap lengan simpang yang dapat dilihat pada Gambar 5.6 sampai dengan Gambar 5.12.

Tabel 5.5 Kriteria Kelas Hambatan Samping

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



Gambar 5.6 Hambatan Samping Jalan Purbaya (Utara) pada Simpang 4 Cebongan

Kondisi pendekatan Utara (Jalan Purbaya) pada Simpang 4 Cebongan dapat dilihat pada Gambar 5.6. Berdasarkan Gambar 5.6 dan Tabel 5.5, tipe lingkungan Jalan Purbaya (Utara) pada Simpang 4 Cebongan yaitu tipe komersial dengan kelas hambatan samping rendah.



Gambar 5.7 Hambatan Samping Jalan Kebon Agung (Timur) pada Simpang 4 Cebongan

Kondisi pendekatan Timur (Jalan Kebon Agung) pada Simpang 4 Cebongan dapat dilihat pada Gambar 5.7. Berdasarkan Gambar 5.7 dan Tabel 5.5, tipe lingkungan Jalan Kebon Agung (Timur) pada Simpang 4 Cebongan yaitu tipe komersial dengan kelas hambatan samping rendah.



Gambar 5.8 Hambatan Samping Jalan Gadjah Mada (Selatan) pada Simpang 4 Cebongan

Kondisi pendekatan Selatan (Jalan Gajah Mada) pada Simpang 4 Cebongan dapat dilihat pada Gambar 5.8. Berdasarkan Gambar 5.8 dan Tabel 5.5, tipe lingkungan Jalan Gajah Mada (Selatan) pada Simpang 4 Cebongan yaitu tipe komersial dengan kelas hambatan samping rendah.



Gambar 5.9 Hambatan Samping Jalan Kebon Agung (Barat) pada Simpang 4 Cebongan

Kondisi pendekatan Barat (Jalan Kebon Agung) pada Simpang 4 Cebongan dapat dilihat pada Gambar 5.9. Berdasarkan Gambar 5.9 dan Tabel 5.5, tipe lingkungan Jalan Kebon Agung (Barat) pada Simpang 4 Cebongan yaitu tipe komersial dengan kelas hambatan samping rendah.



Gambar 5.10 Hambatan Samping Jalan Letkol Subadri (Utara) pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

Kondisi pendekat Utara (Jalan Letkol Subadri) pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dapat dilihat pada Gambar 5.10. Berdasarkan Gambar 5.10 dan Tabel 5.5, tipe lingkungan Jalan Letkol Subadri (Utara) pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan yaitu tipe komersial dengan kelas hambatan samping rendah.



Gambar 5.11 Hambatan Samping Jalan Kebon Agung (Timur) pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

Kondisi pendekat Timur (Jalan Kebon Agung) pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dapat dilihat pada Gambar 5.11. Berdasarkan Gambar 5.11 dan Tabel 5.5, tipe lingkungan Jalan Kebon Agung (Timur) pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan yaitu tipe komersial dengan kelas hambatan samping rendah.



Gambar 5.12 Hambatan Samping Jalan Gajah Mada (Selatan) pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

Kondisi pendekat Selatan (Jalan Gajah Mada) pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dapat dilihat pada Gambar 5.12. Berdasarkan Gambar 5.12 dan Tabel 5.5, tipe lingkungan Jalan Gajah Mada (Selatan) pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan yaitu tipe komersial dengan kelas hambatan samping rendah.

5.1.5 Data Panjang Antrean dan Tundaan pada Simpang

Data panjang antrean simpang dan tundaan didapatkan dari hasil pengamatan dan pengukuran di lokasi penelitian. Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran, diperoleh data panjang antrean dan tundaan rata-rata pada jam puncak yang dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Data Panjang Antrean dan Tundaan pada Simpang

No.	Simpang	Lengan	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik/smp)
1	Simpang 4 Cebongan	Utara (Jl. Purbaya)	131,86	75,37
		Timur (Jl. Kebon Agung)	156,87	64,62
		Selatan (Jl. Gajah Mada)	126,39	68,54
		Barat (Jl. Kebon Agung)	198,32	70,78
2	Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	Utara (Jl. Letkol Subadri)	33,64	102,24
		Timur (Jl. Kebon Agung)	170,23	46,96
		Selatan (Jl. Kebon Agung)	184,17	32,52

5.1.6 Data *Driving Behaviour*

Data *Driving behaviour* diperoleh dari hasil pengamatan dan pengukuran langsung di setiap ruas-ruas penelitian berdasarkan parameter-parameter yang berlaku yaitu *desired position at free flow*, *overtake on same lane*, *distance standing*, dan *distance driving*. Berikut hasil dari masing-masing parameter yang telah diperoleh selama pengamatan berlangsung.

1. *Desired position at free flow*

Desired position at free flow adalah parameter yang menggambarkan kecenderungan posisi kendaraan saat arus bebas pada ruas. Berdasarkan pengamatan di lapangan, posisi kendaraan cenderung berada di segala arah. Posisi tersebut menggambarkan perilaku pengemudi di kawasan penelitian

memposisikan kendaraannya dapat secara acak berada di kiri, kanan, dan tengah ruas sehingga tidak ada yang tetap. Sehingga kondisi *desired position at free flow* yang dipilih pada PTV VISSIM yaitu “berbagai arah” atau “any”.

2. *Overtake on same lane*

Overtake on same lane adalah parameter yang menggambarkan kecenderungan posisi gerakan satu kendaraan dalam menyalip kendaraan lainnya. Berdasarkan pengamatan di lapangan, pergerakan posisi kendaraan yang menyalip dapat berada disebelah kanan dan kiri dari kendaraan lainnya. Sehingga kondisi *overtake on same lane* yang dipilih pada VISSIM yaitu “on left” dan “on right”.

3. *Distance standing and driving*

Parameter *distance standing* dan *distance driving* menggambarkan jarak aman lateral antar pengemudi saat sedang berhenti (*distance standing*) dan saat menyalip kendaraan lain (*distance driving*). Pada pengukuran *distance standing*, Surveyor mengukur langsung jarak kiri-kanan dan depan-belakang kendaraan saat berhenti, kemudian untuk pengukuran *distance driving*, Surveyor mencatat jarak antar kiri-kanan dan depan-belakang saat kendaraan sedang menyalip tepat di tanda yang telah dibuat. Data nilai rata-rata *distance standing* dan *distance driving* dari perilaku pengemudi di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Data Driving Behaviour

Area	Kendaraan Berjalan (<i>Distance Driving</i>)		Kendaraan Berhenti (<i>Distance Standing</i>)	
	Jarak Depan- Belakang (m)	Jarak Samping (m)	Jarak Depan- Belakang (m)	Jarak Samping (m)
1	0,7	0,4	0,5	0,4
2	0,5	0,3	0,7	0,5
3	0,4	0,5	0,6	0,3
4	0,5	0,5	0,5	0,4
5	1	0,4	0,6	0,5
6	0,6	0,6	0,5	0,4
7	0,5	0,4	0,4	0,5

Lanjutan Tabel 5.7 Data *Driving Behaviour*

Area	Kendaraan Berjalan (<i>Distance Driving</i>)		Kendaraan Berhenti (<i>Distance Standing</i>)	
	Jarak Depan- Belakang (m)	Jarak Samping (m)	Jarak Depan- Belakang (m)	Jarak Samping (m)
8	0,7	0,3	0,6	0,3
9	0,4	0,4	0,5	0,4
10	0,5	0,7	0,4	0,3
11	0,3	0,6	1	0,5
12	0,6	0,3	0,9	0,4
13	0,5	0,2	0,3	0,5
14	0,7	0,3	0,7	0,5
15	0,4	0,5	0,4	0,4
16	0,6	0,3	0,7	0,2
17	0,5	0,4	0,5	0,5
18	0,7	0,5	0,4	0,4
19	0,5	0,5	0,5	0,3
20	0,4	0,3	0,7	0,3
Rata-rata	0,55	0,42	0,57	0,4

5.2 Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini berupa data jumlah penduduk Kabupaten Sleman dan peta lokasi penelitian.

5.2.1 Data Jumlah Penduduk Kabupaten Sleman

Data jumlah penduduk Kabupaten Sleman didapatkan dari Badan Pusat Statistik D.I. Yogyakarta dalam angka tahun 2023. Data jumlah penduduk di Kabupaten Sleman pada tahun 2022 tercatat sebanyak 1.147.562 jiwa.

5.2.2 Peta Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ditentukan terlebih dahulu sebelum melakukan penelitian. Penelitian dilakukan pada Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan yang berada di Jl. Kebon Agung, Dukuh Area Sawah, Kelurahan Tlogoadi, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Visualisasi lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.

5.3 Kalibrasi dan Validasi Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM

Software VISSIM digunakan untuk membantu pemodelan koordinasi Simpang 4 Cebongan dengan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. *Output* dari pemodelan menggunakan *Software* VISSIM yang diambil yaitu berupa volume kendaraan, panjang antrean, dan tundaan simpang. Validasi hasil pemodelan menggunakan PTV VISSIM dilakukan untuk menguji kebenaran kalibrasi yang telah dilakukan berdasarkan jumlah kendaraan yang keluar dengan jumlah kendaraan yang dimasukkan ke dalam *Software* PTV VISSIM.

5.3.1 Hasil Pemodelan Sebelum Kalibrasi

Output dari pemodelan menggunakan perangkat lunak VISSIM berupa volume kendaraan, kecepatan, tundaan, dan panjang antrean. Parameter volume kendaraan digunakan untuk uji GEH karena rumus GEH merupakan gabungan antara perbedaan nilai relatif dan mutlak dalam uji T. Selain itu parameter kecepatan, tundaan, dan panjang antrean digunakan uji MAPE karena menyatakan persentase kesalahan hasil pendugaan atau peramalan terhadap hasil aktual selama periode tertentu yang memberikan informasi persentase kesalahan terlalu tinggi atau terlalu rendah, dengan kata lain MAPE merupakan rata-rata kesalahan mutlak selama periode tertentu yang kemudian dikalikan 100% agar mendapatkan hasil secara persentase. Berikut merupakan data volume kendaraan, kecepatan, tundaan, dan panjang antrean hasil pemodelan menggunakan *Software* VISSIM yang dapat dilihat pada Tabel 5.8 sampai dengan Tabel 5.11.

Tabel 5.8 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Volume Sebelum Kalibrasi

Nama Simpang	Nama Lengan Simpang	Volume Eksisting (kend/jam)	Volume PTV VISSIM (kend/jam)	Nilai GEH
Taman	Jl. Kebon Agung (Selatan)	1.792	263	47,70
Ringin	Jl. Kebon Agung (Timur)	2.913	927	45,32
Cebongan	Jl. Letkol Subadri (Utara)	757	337	17,96

Lanjutan Tabel 5.8 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Volume Sebelum Kalibrasi

Nama Simpang	Nama Lengan Simpang	Volume Eksisting (kend/jam)	Volume PTV VISSIM (kend/jam)	Nilai GEH
Cebongan	Jl. Kebon Agung (Barat)	1.492	275	40,94
	Jl. Kebon Agung (Timur)	2.664	971	39,71
	Jl. Purbaya (Utara)	1.628	160	49,10
	Jl. Gajah Mada (Selatan)	1.228	530	23,54

Berdasarkan Tabel 5.8, nilai GEH untuk parameter volume kendaraan hasil pemodelan pada VISSIM sebelum kalibrasi masih menunjukkan nilai di atas 5 sehingga pemodelan tersebut tidak memenuhi persyaratan GEH yaitu $GEH < 5$.

Tabel 5.9 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Tundaan Sebelum Kalibrasi

Nama Simpang	Nama Lengan Simpang	Tundaan Eksisting (detik/smp)	Tundaan PTV VISSIM (detik/smp)	Nilai MAPE (%)
Taman	Jl. Kebon Agung (Selatan)	35,03	35,88	2
Ringin	Jl. Kebon Agung (Timur)	41,53	63,43	53
Cebongan	Jl. Letkol Subadri (Utara)	94,47	41,96	56
Cebongan	Jl. Kebon Agung (Barat)	66,18	76,99	16
	Jl. Kebon Agung (Timur)	61,34	8,93	85
	Jl. Purbaya (Utara)	83,58	90,23	8
	Jl. Gajah Mada (Selatan)	75,37	28,38	62

Berdasarkan Tabel 5.9, beberapa parameter tundaan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan (lengan Timur dan lengan Utara) dan Simpang 4 Cebongan (lengan Timur dan lengan Selatan) sebelum kalibrasi menunjukkan nilai MAPE lebih dari 50% sehingga pemodelan tersebut masih menunjukkan hasil yang tidak akurat dan belum memenuhi persyaratan MAPE yaitu $MAPE < 50\%$.

Tabel 5.10 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Panjang Antrean Sebelum Kalibrasi

Nama Simpang	Nama Lengan Simpang	Panjang Antrean Eksisting (m)	Panjang Antrean PTV VISSIM (m)	Nilai MAPE (%)
Taman Ringin	Jl. Kebon Agung (Selatan)	158	242,31	53
	Jl. Kebon Agung (Timur)	172	105,25	39
Cebongan	Jl. Letkol Subadri (Utara)	36	256,52	613
Cebongan	Jl. Kebon Agung (Barat)	172	205,25	19
	Jl. Kebon Agung (Timur)	144	194,19	35
	Jl. Purbaya (Utara)	118	187,81	59
	Jl. Gajah Mada (Selatan)	115	144,40	26

Berdasarkan Tabel 5.10, beberapa parameter panjang antrean pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan (lengan Selatan dan lengan Utara) dan Simpang 4 Cebongan (lengan Selatan) sebelum kalibrasi menunjukkan nilai MAPE lebih dari 50% sehingga pemodelan tersebut masih menunjukkan hasil yang tidak akurat dan belum memenuhi persyaratan MAPE yaitu $MAPE < 50\%$. Akan tetapi parameter lain telah menunjukkan nilai $MAPE < 50\%$ yang menunjukkan pemodelannya sudah valid.

Tabel 5.11 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Kecepatan Sebelum Kalibrasi

Nama Ruas Jalan	Kecepatan Eksisting (km/jam)	Kecepatan PTV VISSIM (km/jam)	Nilai MAPE (%)
Jl. Kebon Agung (B-T)	41,86	40,66	3
Jl. Kebon Agung (T-B)	41,03	28,38	31

Berdasarkan Tabel 5.11, parameter kecepatan sebelum kalibrasi menunjukkan nilai MAPE kurang dari 50% sehingga pemodelan tersebut menunjukkan hasil yang baik dan memenuhi persyaratan MAPE yaitu $MAPE < 50\%$.

5.3.2 Hasil Pemodelan Setelah Kalibrasi

Hasil pemodelan pada *Software VISSIM* masih terdapat data yang belum valid dikarenakan terdapat perbedaan antara kondisi di lapangan dengan pemodelan di *VISSIM*. *Driving behaviour* merupakan salah satu parameter yang menyebabkan data belum valid. Oleh karena itu, perlu dilakukan kalibrasi dan validasi supaya hasil pemodelan oleh *Software VISSIM* mencerminkan kondisi di lapangan.

Berdasarkan bagian 5.4.1 didapatkan hasil bahwa nilai GEH untuk volume setiap lengan simpang yang ditinjau bernilai lebih dari 5 dan mengindikasikan bahwa masih terdapat error pada pemodelan, selain itu nilai MAPE pada parameter, tundaan, dan panjang antrean bernilai lebih dari 50% dan mengindikasikan bahwa masih terdapat error pada pemodelan. Dengan demikian, hasil pemodelan tidak memenuhi persyaratan yaitu $GEH \leq 5$ dan $MAPE \leq 50\%$, maka dari itu perlu dilakukan kalibrasi pada pemodelan yang dilakukan. Kalibrasi dilakukan dengan mengganti komponen-komponen pada parameter *driving behaviour* sebagai berikut.

1. *Desire position at free flow*, untuk mengatur posisi kendaraan yang ada pada lajur,
2. *Overtake on same lane*, untuk mengetahui perilaku menyalip pengemudi,
3. *Distance standing*, yaitu jarak antar pengemudi ketika kendaraan dalam kondisi berhenti,
4. *Distance driving*, yaitu jarak antar pengemudi ketika kendaraan dalam kondisi bergerak,
5. *Average standstill distance*, merupakan rata-rata jarak henti antar kendaraan,
6. *Additive part of safety distance*, merupakan parameter penentu jarak aman dari pembuntutan kendaraan, dan
7. *Multiplicative part of safety distance*, merupakan parameter penentu jarak aman dari pembuntutan banyak kendaraan.

Parameter *driving behaviour* yang diubah pada proses kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Perubahan Komponen *Driving Behaviour* Setelah Kalibrasi

Parameter yang Diubah	Parameter yang Diubah	Nilai	
		Sebelum	Sesudah
<i>Car Following</i>	<i>Average Standstill Distance</i> (m)	2	0,20
	<i>Additive Part of Safety Distance</i>	2	0,25
	<i>Multiplicative Part of Safety Distance</i>	3	0,20
<i>Lane Change</i>	<i>Waiting time before diffusion</i> (s)	60	2,00
	<i>Min. Headway (front/rear)</i> (m)	0,5	0,20
<i>Lateral</i>	<i>Desired Position at Free Flow</i>	<i>Middle of Lane</i>	<i>Any</i>
	<i>Minimum Distance Standing</i> (m)	1 m	0,15 m
	<i>Minimum Distance Driving</i> (m)	1 m	0,20 m
	<i>Overtake on Same Lane</i>	<i>None</i>	<i>On left</i> <i>On right</i>
<i>Signal Controller</i>	<i>Behaviour at Red/Amber Signal</i>	<i>Stop (Same as Red)</i>	<i>Go (Same as Green)</i>

Berdasarkan Tabel 5.12 nilai pada seluruh parameternya dikurangi atau diperkecil untuk memodelkan jarak antar kendaraan semirip mungkin dengan jarak antar kendaraan di lokasi penelitian. Seluruh parameter *driving behaviour* yang ada di *software* PTV VISSIM merupakan *driving behaviour* pada lokasi PTV VISSIM itu dibuat, yaitu Negara Jerman, maka dari itu pada parameter *driving behaviour* perlu dilakukan penyesuaian sesuai dengan kondisi penelitian. Seluruh parameter *driving behaviour* dikurangi atau diperkecil karena jarak antar kendaraan di lokasi penelitian yang lebih rapat dibandingkan dengan di Jerman. Selain itu posisi kendaraan pada arus bebas di lokasi penelitian menunjukkan posisi kendaraan yang bermacam, maka dari itu parameter *desired position at free flow* diubah dari *middle of lane* menjadi *any*. Sementara itu untuk parameter *overtake on same lane* diubah dari *none* menjadi *on left* dan *on right*, perubahan ini menunjukkan bahwa di lokasi penelitian kendaraan yang menyiap bisa dilakukan dari kanan maupun dari kiri kendaraan yang berada di depannya. Secara visual, perbandingan kondisi pada pemodelan sebelum dikalibrasi dan setelah dikalibrasi dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan Gambar 5.14.



Gambar 5.13 Kondisi pada Pemodelan Sebelum Kalibrasi



Gambar 5.14 Kondisi pada Pemodelan Setelah Kalibrasi

Hasil pemodelan menggunakan PTV VISSIM parameter volume setelah kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Volume Setelah Kalibrasi

Nama Simpang	Nama Lengan Simpang	Volume Eksisting (kend/jam)	Volume PTV VISSIM (kend/jam)	Nilai GEH
Taman Ringin	Jl. Kebon Agung (Selatan)	1.792	1.785	0,17
	Jl. Kebon Agung (Timur)	2.913	2.916	0,06
Cebongan	Jl. Letkol Subadri (Utara)	757	752	0,18
Cebongan	Jl. Kebon Agung (Barat)	1.492	1.475	0,44
	Jl. Kebon Agung (Timur)	2.664	2.650	0,27
	Jl. Purbaya (Utara)	1.628	1.625	0,07
	Jl. Gajah Mada (Selatan)	1.228	1.220	0,23

Berdasarkan Tabel 5.13, didapatkan hasil bahwa nilai GEH untuk setiap lengan simpang yang ditinjau bernilai tidak lebih dari 5 dan mengindikasikan

bahwa sudah tidak terdapat error pada pemodelan. Maka dari itu, pemodelan yang dilakukan telah memenuhi persyaratan GEH yaitu $GEH \leq 5$. Selanjutnya, untuk hasil pemodelan menggunakan PTV VISSIM parameter kecepatan, tundaan, dan panjang antrean dapat dilihat pada Tabel 5.14 hingga Tabel 5.16.

Tabel 5.14 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Kecepatan Setelah Kalibrasi

Nama Ruas Jalan	Kecepatan Eksisting (km/jam)	Kecepatan PTV VISSIM (km/jam)	Nilai MAPE (%)
Jl. Kebon Agung (T-B)	41,86	42,13	1
Jl. Kebon Agung (B-T)	41,03	41,71	2

Berdasarkan Tabel 5.14, parameter kecepatan sesudah kalibrasi menunjukkan nilai MAPE kurang dari 50% sehingga pemodelan tersebut menunjukkan hasil yang akurat dan memenuhi persyaratan MAPE yaitu $MAPE < 50\%$.

Tabel 5.15 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Tundaan Setelah Kalibrasi

Nama Simpang	Nama Lengan Simpang	Tundaan Eksisting (detik/smp)	Tundaan PTV VISSIM (detik/smp)	Nilai MAPE (%)
Taman Ringin	Jl. Kebon Agung (Selatan)	35,03	32,52	7
	Jl. Kebon Agung (Timur)	41,53	46,96	13
Cebongan	Jl. Letkol Subadri (Utara)	94,47	102,24	8
Cebongan	Jl. Kebon Agung (Barat)	66,18	70,78	7
	Jl. Kebon Agung (Timur)	61,34	64,62	5
	Jl. Purbaya (Utara)	83,58	75,37	10
	Jl. Gajah Mada (Selatan)	75,37	68,54	9

Berdasarkan Tabel 5.15, parameter tundaan sesudah kalibrasi menunjukkan nilai MAPE kurang dari 50% sehingga pemodelan tersebut menunjukkan hasil yang akurat dan memenuhi persyaratan MAPE yaitu $MAPE < 50\%$.

Tabel 5.16 Hasil Pemodelan Menggunakan PTV VISSIM Parameter Panjang Antrean Setelah Kalibrasi

Nama Simpang	Nama Lengan Simpang	Panjang Antrean Eksisting (m)	Panjang Antrean PTV VISSIM (m)	Nilai MAPE (%)
Taman Ringin	Jl. Kebon Agung (Selatan)	158	170,23	8
	Jl. Kebon Agung (Timur)	172	184,17	7
Cebongan	Jl. Letkol Subadri (Utara)	36	33,64	7
Cebongan	Jl. Kebon Agung (Barat)	172	198,32	15
	Jl. Kebon Agung (Timur)	144	156,87	9
	Jl. Purbaya (Utara)	118	131,86	12
	Jl. Gajah Mada (Selatan)	115	126,39	10

Berdasarkan Tabel 5.16, parameter panjang antrean sesudah kalibrasi menunjukkan nilai MAPE kurang dari 50% sehingga pemodelan tersebut menunjukkan hasil yang akurat dan memenuhi persyaratan MAPE yaitu $MAPE < 50\%$.

Berdasarkan Tabel 5.14 hingga Tabel 5.16, didapatkan hasil bahwa nilai MAPE untuk setiap parameter kecepatan, panjang antrean, dan tundaan bernilai tidak lebih dari 50% dan mengindikasikan bahwa sudah tidak terdapat *error* pada pemodelan. Dengan demikian, pemodelan yang dilakukan telah memenuhi persyaratan MAPE yaitu $\leq 50\%$ dan dapat dinyatakan bahwa kemampuan pemodelan layak.

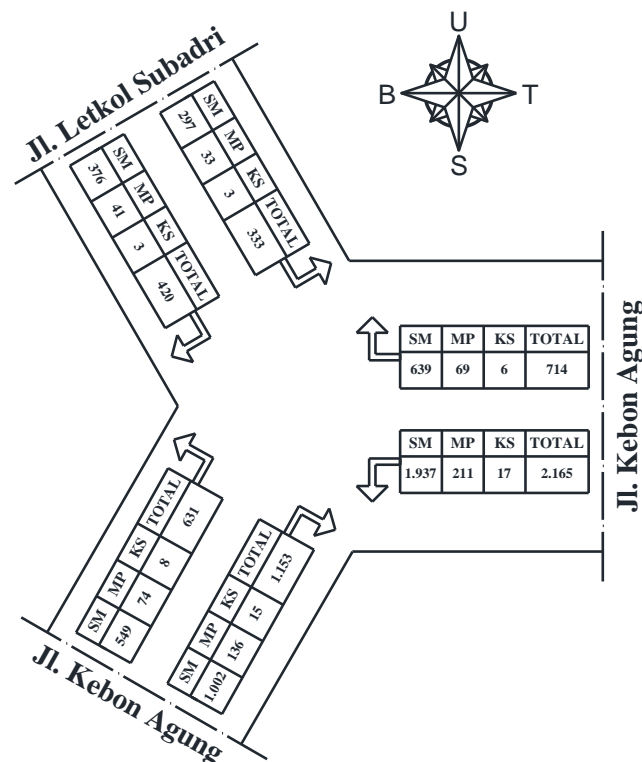
5.4 Analisis Perencanaan Simpang Berdasarkan PKJI 2023

Analisis kinerja simpang didasarkan pada PKJI 2023. Analisis tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitas, derajat kejenuhan, dan tingkat performansi pada suatu simpang yaitu panjang antrean, kendaraan terhenti, serta tundaan. Analisis yang dilakukan menggunakan data volume lalu lintas yang didapatkan dari hasil simulasi VISSIM. Berikut merupakan analisis perhitungan kondisi eksisting berdasarkan PKJI 2023. Rincian perhitungan dari proses analisis kinerja simpang tidak bersinyal dengan contoh analisis kinerja simpang pada

Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dapat dilihat pada bagian-bagian sebagai berikut.

5.4.1 Perhitungan Volume Lalu Lintas

Data distribusi volume lalu lintas simpang pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan pada jam puncak dalam satuan kendaraan/jam dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Distribusi Volume Lalu Lintas Jam Puncak pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

Selanjutnya dilakukan konversi satuan dari kendaraan/jam menjadi smp/jam. Angka ekuivalensi mobil penumpang (EMP) dapat dilihat pada Tabel 3.1. Berdasarkan Gambar 5.43, diketahui bahwa total volume lalu lintas (Q_{Total}) lebih dari 1000 kendaraan/jam. Oleh karena itu, berdasarkan Tabel 3.1, digunakan angka emp 0,2 untuk sepeda motor (SM), angka emp 1 untuk mobil penumpang (MP), dan angka emp 1,8 untuk kendaraan sedang (KS). Sehingga volume lalu lintas pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Data Volume Lalu Lintas pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

Komposisi Lalu Lintas		Sepeda Motor		Mobil Penumpang		Kendaraan Sedang		Kendaraan Bermotor Total		Rasio Belok	Kend Tak Bermotor (kend/jam)
Arus Lalu Lintas		(SM)		(MP)		(KS)		kend/jam	smp/jam		
Pendekat	Arah	kend/jam	emp	kend/jam	emp	kend/jam	emp				
			0,2		1		1,8				
			smp/jam		smp/jam		smp/jam				
Jl. Kebon Agung (Timur)	Bki	1.937	387	211	211	17	31	2.165	629	0,75	0
	Bka	639	128	69	69	6	11	714	208	0,25	
	Total	2.576	515	280	280	23	41	2.879	837	1	
Jl. Kebon Agung (Selatan)	Bki	549	110	74	74	8	14	631	198	0,35	0
	Bka	1.002	200	136	136	15	27	1.153	363	0,65	
	Total	1.551	310	210	210	23	41	1.784	562	1	
Jumlah Jl. Mayor		4.127	825	490	490	46	83	4.663	1.398	1	0
Jl. Letkol Subadri (Utara)	Bki	297	59	33	33	3	5	333	98	0,45	0
	Bka	376	75	41	41	3	5	420	122	0,55	
	Total	673	135	74	74	6	11	753	219	1	
Jumlah Jl. Minor		673	135	74	74	6	11	753	219	1	0
Jl. Mayor dan Jl. Minor	Bki	2.783	557	318	318	28	50	3.129	925	0,572	0
	Bka	2.017	403	246	246	24	43	2.287	693	0,428	
	Total	4.800	960	564	564	52	94	5.416	1.618	1	
Rasio Jalan Minor (R _{Mi})									0,136	Rasio R _{KTB}	0
Rasio Jalan Minor (R _{Ma})									0,864		

5.4.2 Perhitungan Kapasitas

Pada perhitungan kapasitas, perlu dilakukan penentuan nilai untuk parameter-parameter perhitungan kapasitas, seperti nilai kapasitas dasar dan nilai faktor-faktor yang tertulis pada Persamaan 3.1. Selanjutnya rincian perhitungan kapasitas pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan adalah sebagai berikut.

1. Kapasitas Dasar (C_0)

Nilai kapasitas dasar dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.2. Berdasarkan Gambar 5.5 dapat ditetapkan bahwa tipe simpang pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan adalah 322 sehingga didapatkan nilai kapasitas dasar berdasarkan Tabel 3.2 adalah 2700 smp/jam.

2. Faktor Koreksi Lebar Rata-Rata Pendekat (F_{LP})

Nilai faktor koreksi lebar rata-rata pendekat (F_{LP}) pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dapat dihitung setelah perhitungan lebar rata-rata pendekat. Perhitungan rata-rata pendekat dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.7. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai F_{LP} sebesar 0,947.

3. Faktor Koreksi Tipe Median (F_M)

Berdasarkan hasil pengamatan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan, tidak terdapat median pada jalan mayor sehingga nilai faktor koreksi tipe median (F_M) berdasarkan Tabel 3.3 adalah 1,00.

4. Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK})

Berdasarkan Data jumlah penduduk Kabupaten Sleman didapatkan dari Badan Pusat Statistik, diketahui bahwa jumlah penduduk Kabupaten Sleman pada data terbaru yaitu tahun 2022 adalah sebanyak 1.147.562 jiwa. Dengan demikian, berdasarkan Tabel 3.4 didapatkan nilai faktor koreksi ukuran kota (F_{UK}) adalah 1,00.

5. Faktor Koreksi Hambatan Samping (F_{HS})

Kondisi pada area Simpang 3 Taman Ringin Cebongan termasuk dalam daerah yang pada setiap sisi jalannya terdapat kegiatan perniagaan dan kawasan pertokoan sehingga rincian kondisi hambatan samping adalah sebagai berikut.

- a. Tipe Lingkungan Jalan = Komersial
- b. Kelas Hambatan Samping = Rendah
- c. Rasio kendaraan Tidak Bermotor (R_{KTb}) = 0,00

Maka berdasarkan Tabel 3.5, didapatkan nilai faktor koreksi hambatan samping (F_{HS}) sebesar 0,95.

6. Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri (F_{BK_i})

Rasio kendaraan belok kiri total pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan adalah 0,572 (nilai berikut dapat dilihat pada Tabel 5.17). Nilai faktor koreksi rasio arus belok kiri dapat dihitung berdasarkan Persamaan 3.9. Dengan demikian, perhitungan nilai faktor koreksi rasio arus belok kiri adalah sebagai berikut.

$$F_{BK_i} = 0,84 + 1,61 \times R_{BK_i}$$

$$F_{BK_i} = 0,84 + 1,61 \times 0,572$$

$$F_{BK_i} = 1,761$$

7. Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kanan (F_{BK_a})

Rasio kendaraan belok kanan total pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan adalah 0,428 (nilai berikut dapat dilihat pada Tabel 5.17). Nilai faktor koreksi rasio arus belok kanan dapat dihitung berdasarkan Persamaan 3.11. Dengan demikian, perhitungan nilai faktor koreksi rasio arus belok kanan adalah sebagai berikut.

$$F_{BK_a} = 1,09 - 0,922 \times R_{BK_a}$$

$$F_{BK_a} = 1,09 - 0,922 \times 0,428$$

$$F_{BK_a} = 0,695$$

8. Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor ($F_{R_{mi}}$)

Simpang 3 Taman Ringin Cebongan ditetapkan sebagai simpang dengan tipe 322 dan berdasarkan Tabel 5.7 didapatkan nilai R_{mi} sebesar 0,136. Dengan demikian, nilai faktor koreksi rasio arus dari jalan minor ($F_{R_{mi}}$) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan yang tertera pada Tabel 3.6 dengan perhitungan sebagai berikut.

$$F_{R_{mi}} = -0,595 \times R_{mi}^2 - 0,595 \times R_{mi} + 0,74$$

$$F_{R_{mi}} = -0,595 \times 0,136 - 0,595 \times 0,136 + 0,74$$

$$F_{Rmi} = 1,050$$

Setelah nilai kapasitas dasar dan faktor-faktor koreksi untuk perhitungan kapasitas pada simpang tidak bersinyal sudah didapatkan, maka perhitungan nilai kapasitas dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.1. Perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \times F_{Rmi}$$

$$C = 2700 \times 0,947 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,95 \times 1,761 \times 0,695 \times 1,050$$

$$C = 3.124 \text{ smp/jam}$$

5.4.3 Perhitungan Derajat Kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan pada simpang tidak bersinyal dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.12. Berikut perhitungan derajat kejenuhan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan sebagai berikut.

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

$$D_j = \frac{1.618}{3.124}$$

$$D_j = 0,518$$

5.4.4 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas

Perhitungan perilaku lalu lintas bertujuan untuk mengetahui kinerja simpang tidak bersinyal pada kondisi eksisting. Berdasarkan PKJI 2023, perilaku lalu lintas pada simpang tidak bersinyal meliputi tundaan (T) dan peluang antrean (P_a). Pada perhitungan tundaan, terdapat beberapa jenis perhitungan tundaan yang meliputi tundaan lalu lintas (T_{LL}), tundaan lalu lintas jalan utama (T_{LLma}), tundaan lalu lintas jalan minor (T_{LLmi}), dan tundaan geometrik simpang (T_G). Perhitungan perilaku lalu lintas pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan adalah sebagai berikut.

1. Tundaan Lalu Lintas (T_{LL})

Berdasarkan hasil perhitungan derajat kejenuhan pada Bagian 5.5.3, didapatkan nilai derajat kejenuhan (D_j) untuk Simpang 3 Taman Ringin Cebongan sebesar 0,518. Dikarenakan nilai tersebut lebih rendah dari 0,6 maka nilai tundaan lalu lintas (T_{LL}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.13 dengan perhitungan sebagai berikut.

$$T_{LL} = 2 + 8,2078 \times D_J - (1 - D_J)^2$$

$$T_{LL} = 2 + 8,2078 \times 0,518 - (1 - 0,518)^2$$

$$T_{LL} = 6,019 \text{ detik/smp}$$

2. Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (T_{LLma})

Berdasarkan hasil perhitungan derajat kejenuhan pada Bagian 5.4.3, didapatkan nilai derajat kejenuhan (D_J) untuk Simpang 3 Taman Ringin Cebongan sebesar 0,518. Dikarenakan nilai tersebut lebih rendah dari 0,6 maka nilai tundaan lalu lintas jalan utama (T_{LLma}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.15. Perhitungan tundaan lalu lintas jalan utama adalah sebagai berikut.

$$T_{LLma} = 1,8 + 5,8234 \times D_J - (1 - D_J)^{1,8}$$

$$T_{LLma} = 1,8 + 5,8234 \times 0,518 - (1 - 0,518)^{1,8}$$

$$T_{LLma} = 4,547 \text{ detik/smp}$$

3. Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (T_{LLmi})

Tundaan lalu lintas jalan minor dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.17. Data-data yang digunakan untuk menghitung tundaan lalu lintas jalan minor adalah sebagai berikut.

a. $q_{KB} = 1.618 \text{ smp/jam}$ (nilai berikut dapat dilihat pada Tabel 5.16)

b. $q_{ma} = 1.398 \text{ smp/jam}$ (nilai berikut dapat dilihat pada Tabel 5.16)

c. $q_{mi} = 219 \text{ smp/jam}$ (nilai berikut dapat dilihat pada Tabel 5.16)

d. $T_{LL} = 6,019 \text{ detik/smp}$ (nilai berikut dapat dilihat pada poin nomor 1)

e. $T_{LLma} = 4,547 \text{ detik/smp}$ (nilai berikut dapat dilihat pada poin nomor 2)

Sehingga perhitungan tundaan lalu lintas jalan minor adalah sebagai berikut.

$$T_{LLmi} = \frac{1.618 \times T_{LL} - q_{ma} \times T_{LLma}}{q_{mi}}$$

$$T_{LLmi} = \frac{q_{KB} \times 6,019 - 1.398 \times 4,547}{219}$$

$$T_{LLmi} = 15,396 \text{ detik/smp}$$

4. Tundaan Geometrik Simpang (T_G)

Berdasarkan hasil perhitungan derajat kejenuhan pada Bagian 5.4.3, didapatkan nilai derajat kejenuhan (D_J) untuk Simpang 3 Taman Ringin

Cebongan sebesar 0,518. Dikarenakan nilai tersebut lebih rendah dari 1 maka nilai tundaan geometrik simpang (T_G) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.18. Sebagai tambahan, nilai R_B adalah sebesar 1 (nilai berikut dapat dilihat pada Tabel 5.16). Perhitungan tundaan geometri simpang adalah sebagai berikut.

$$T_G = (1 - D_J) \times \{6 \times R_B + 3 \times (1 - R_B)\} + 4 \times D_J$$

$$T_G = (1 - 0,518) \times \{6 \times 1 + 3 \times (1 - 1)\} + 4 \times 0,518$$

$$T_G = 4,964 \text{ detik/smp}$$

5. Tundaan Simpang (T)

Tundaan simpang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.20. Data-data yang digunakan untuk menghitung tundaan simpang adalah sebagai berikut.

a. $T_{LL} = 6,019$ detik/smp (nilai berikut dapat dilihat pada poin nomor 1)

b. $T_G = 4,964$ detik/smp (nilai berikut dapat dilihat pada poin nomor 4)

Sehingga perhitungan tundaan simpang adalah sebagai berikut.

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

$$T = 6,019 + 4,964$$

$$T = 10,983 \text{ detik/smp}$$

6. Peluang Antrean (P_a)

Peluang antrean dengan batas atas dan batas bawah dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.21 dan 3.22. Dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 0,518 maka perhitungan peluang antrean adalah sebagai berikut.

a. P_a batas atas

$$P_a = 47,71 \times D_J - 24,68 \times D_J^2 + 56,47 \times D_J^3$$

$$P_a = 47,71 \times 0,518 - 24,68 \times 0,518^2 + 56,47 \times 0,518^3$$

$$P_a = 25,935\%$$

b. P_a batas bawah

$$P_a = 9,02 \times D_J - 20,66 \times D_J^2 + 10,49 \times D_J^3$$

$$P_a = 9,02 \times 0,518 - 20,66 \times 0,518^2 + 10,49 \times 0,518^3$$

$$P_a = 11,671\%$$

5.4.5 Penentuan Tingkat Pelayanan Simpang Tidak Bersinyal

Penentuan tingkat pelayanan simpang tidak bersinyal dapat dilakukan dengan menggunakan ketentuan yang dapat dilihat pada Tabel 3.12 dan data tundaan simpang yang dapat dilihat pada poin nomor 5 di Bagian 5.4.4. Berdasarkan data tundaan simpang sebesar 10,983 detik/smp dan ketentuan pada Tabel 3.12, maka tingkat pelayanan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan adalah B (nilai tundaan pada simpang berada pada rentang 5,1-15 detik/smp).

5.4.6 Rekapitulasi Hasil Analisis Simpang

Pada Bagian 5.4.1 hingga Bagian 5.4.5 telah dituliskan langkah-langkah perhitungan untuk analisis kinerja Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. Langkah-langkah perhitungan untuk analisis kinerja Simpang 4 Cebongan sama dengan perhitungan yang tercantum pada Bagian 5.4.1 hingga Bagian 5.4.5. Rekapitulasi hasil analisis simpang tidak bersinyal baik pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dan Simpang 4 Cebongan dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Analisis Kinerja Simpang

Parameter	Satuan	Simpang	
		Taman Ringin Cebongan	Cebongan
Kapasitas (C)	smp/jam	3.124	2.814
Volume Lalu Lintas (q)	smp/jam	1.618	2.296
Derajat Kejenuhan (D _j)		0,518	0,816
Tundaan Lalu Lintas (T _{LL})	detik/smp	6,019	9,729
Tundaan Geometri (T _G)	detik/smp	4,964	4,033
Tundaan (T)	detik/smp	10,983	13,762
Tingkat Pelayanan		B	B
Batas Atas Peluang Antrean	%	25,935	53,171
Batas Bawah Peluang Antrean	%	11,671	26,811

Berdasarkan Tabel 5.18, tingkat pelayanan kedua simpang menunjukkan tingkat B yang menunjukkan bahwa nilai tundaannya lebih dari 5 detik sampai dengan 15 detik per kendaraan, dan nilai derajat kejenuhan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan sebesar 0,518 menunjukkan bahwa kondisi lalu lintas pada

persimpangan tersebut masih layak dan jarang terjadi kemacetan, namun pada Simpang 4 Cebongan memiliki nilai derajat kejenuhan 0,816 yang menunjukkan bahwa simpang tersebut dapat dilakukan pemasangan APILL karena nilai derajat kejenuhannya mendekati 0,85.

5.5 Analisis Perencanaan Simpang APILL Berdasarkan PKJI 2023

Analisis kinerja simpang APILL didasarkan pada PKJI 2023. Analisis tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitas, derajat kejenuhan, dan tingkat performansi pada suatu simpang yaitu panjang antrean, kendaraan terhenti, serta tundaan. Analisis yang dilakukan menggunakan data volume lalu lintas yang didapatkan dari hasil simulasi VISSIM. Berikut merupakan analisis perhitungan kondisi eksisting berdasarkan PKJI 2023. Rincian perhitungan dari proses analisis kinerja simpang APILL dengan contoh analisis kinerja simpang pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dapat dilihat pada bagian-bagian sebagai berikut.

5.5.1 Perhitungan Volume Lalu Lintas

Data distribusi volume lalu lintas simpang pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan pada jam puncak dalam satuan kendaraan/jam dapat dilihat pada Gambar 5.15. Selanjutnya dilakukan konversi satuan dari kendaraan/jam menjadi smp/jam. Angka ekuivalensi mobil penumpang (EMP) dapat dilihat pada Tabel 3.8. Berdasarkan Gambar 5.44, diketahui bahwa total volume lalu lintas (Q_{Total}) lebih dari 1000 kendaraan/jam. Oleh karena itu, berdasarkan Tabel 3.1, digunakan angka emp 0,4 untuk sepeda motor (SM), angka emp 1 untuk mobil penumpang (MP), dan angka emp 1,3 untuk kendaraan sedang (KS). Sehingga volume lalu lintas pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Data Volume Lalu Lintas pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

Komposisi Lalu Lintas		Sepeda Motor		Mobil Penumpang		Kendaraan Sedang		Kendaraan Bermotor Total		Rasio Belok	Kend Tak Bermotor (kend/jam)
Arus Lalu Lintas	Arah	(SM)		(MP)		(KS)		kend/jam	smp/jam		
Pendekat		kend/jam	emp	kend/jam	emp	kend/jam	emp				
			0,4		1		1,3				
		smp/jam	smp/jam			smp/jam					
Jl. Kebon Agung (Timur)	Bki	1.937	775	211	211	17	22	2.165	1.008	0,75	0
	Bka	639	256	69	69	6	8	714	332	0,25	
	Total	2.576	1.030	280	280	23	30	2.879	1.340	1,00	
Jl. Kebon Agung (Selatan)	Bki	549	220	74	74	8	10	631	304	0,35	0
	Bka	1.002	401	136	136	15	20	1.153	556	0,65	
	Total	1.551	620	210	210	23	30	1.784	860	1,00	
Jumlah Jl. Mayor			490	1.651	490	46	60	4.663	2.201	1	0
Jl. Letkol Subadri (Utara)	Bki	297	119	33	33	3	4	333	156	0,44	0
	Bka	376	150	41	41	3	4	420	195	0,56	
	Total	673	269	74	74	6	8	753	351	1,00	
Jumlah Jl. Minor			74	269	74	6	8	753	351	1,00	0
Jl. Mayor dan Jl. Minor	Bki	2.783	1.113	318	318	28	36	3.129	1.468	1,55	0
	Bka	2.017	807	246	246	24	31	2.287	1.084	1,45	
	Total	4.800	1.920	564	564	52	68	5.416	2.552	3,00	
Rasio Jalan Minor (R _{Mi})									0,138	Rasio	0
Rasio Jalan Minor (R _{Ma})									0,862	R _{KTB}	

5.5.2 Arus Kendaraan

Jumlah arus kendaraan yang melewati tiap lengan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan adalah sebagai berikut.

1. Lengan Utara = 351 smp/jam
2. Lengan Timur = 1.340 smp/jam
3. Lengan Selatan = 860 smp/jam

5.5.3 Lebar Efektif Lengan

Data lebar efektif pada setiap lengan simpang adalah sebagai berikut.

1. Lengan Utara = 5,30 m
2. Lengan Timur = 6,10 m
3. Lengan Selatan = 5,60 m

5.5.4 Perhitungan Arus Jenuh Dasar

Perhitungan arus jenuh dasar dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.24. Perhitungannya adalah sebagai berikut.

1. Lengan Utara

$$J_0 = 600 \times L_e$$

$$J_0 = 600 \times 5,3$$

$$J_0 = 3.180 \text{ smp/jam}$$
2. Lengan Timur

$$J_0 = 600 \times L_e$$

$$J_0 = 600 \times 6,1$$

$$J_0 = 3.660 \text{ smp/jam}$$
3. Lengan Selatan

$$J_0 = 600 \times L_e$$

$$J_0 = 600 \times 5,6$$

$$J_0 = 3.360 \text{ smp/jam}$$

5.5.5 Penentuan Faktor Koreksi

Pada perhitungan arus jenuh, perlu dilakukan penentuan nilai untuk faktor koreksi yang meliputi faktor koreksi ukuran kota, faktor koreksi hambatan samping, faktor koreksi kelandaian (*gradien*), faktor koreksi parkir, faktor koreksi belok

kanan, dan faktor koreksi belok kiri. Selanjutnya rincian perhitungan arus jenuh pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan adalah sebagai berikut.

1. Faktor koreksi ukuran kota

Data jumlah penduduk Kabupaten Sleman didapatkan dari Badan Pusat Statistik. Data jumlah penduduk Kabupaten Sleman pada tahun 2022 tercatat sebanyak 1.147.562 jiwa. Sehingga nilai faktor koreksi ukuran kota (F_{UK}) Kabupaten Sleman, berdasarkan Tabel 3.9 didapatkan nilai faktor koreksi sebesar 1,00.

2. Faktor koreksi hambatan samping

a. Lengan Utara

Berdasarkan Gambar 5.10 dapat dilihat bahwa kondisi lingkungan pada lengan Utara yaitu Jalan Letkol Subadri termasuk lingkungan komersial karena terdapat beberapa toko. Lingkungan jalan pada lengan tersebut jika diamati secara kualitatif termasuk ke dalam hambatan samping rendah. Tipe fase pada lengan Utara adalah terlawan. Berdasarkan pada Tabel 5.19, rasio kendaraan tak bermotor adalah sebesar 0,00. Berdasarkan Tabel 3.10, didapatkan nilai faktor hambatan samping sebesar 0,95.

b. Lengan Timur

Berdasarkan Gambar 5.11 dapat dilihat bahwa kondisi lingkungan pada lengan Timur yaitu Jalan Kebon Agung termasuk lingkungan komersial karena terdapat toko. Lingkungan jalan pada lengan tersebut jika diamati secara kualitatif termasuk ke dalam hambatan samping rendah. Tipe fase pada lengan Utara adalah terlawan. Berdasarkan pada Tabel 5.19, rasio kendaraan tak bermotor adalah sebesar 0,00. Berdasarkan Tabel 3.10, didapatkan nilai faktor hambatan samping sebesar 0,95.

c. Lengan Selatan

Berdasarkan Gambar 5.12 dapat dilihat bahwa kondisi lingkungan pada lengan Selatan yaitu Jalan Kebon Agung termasuk lingkungan komersial karena terdapat toko. Lingkungan jalan pada lengan tersebut jika diamati secara kualitatif termasuk ke dalam hambatan samping rendah. Tipe fase

pada lengan Utara adalah terlawan. Berdasarkan pada Tabel 5.19, rasio kendaraan tak bermotor adalah sebesar 0,00. Berdasarkan Tabel 3.10, didapatkan nilai faktor hambatan samping sebesar 0,95.

3. Faktor koreksi kelandaian (*gradien*)

Kelandaian jalan pada lokasi penelitian jika diamati secara kualitatif termasuk datar, sehingga kemiringan diasumsikan 0%. Berdasarkan Gambar 3.7, nilai faktor kelandaian Simpang 3 Taman Ringin Cebongan pada setiap lengannya adalah 1.

4. Faktor koreksi parkir

Berdasarkan pengamatan secara langsung di lapangan tidak terdapat kendaraan yang terparkir di sepanjang lengan. Berdasarkan Gambar 3.8, maka nilai faktor koreksi parkir Simpang 3 Taman Ringin Cebongan pada setiap lengannya adalah 1.

5. Faktor koreksi belok kanan

Perhitungan faktor koleksi belok kanan dilakukan menggunakan Persamaan 3.25 dan Persamaan 3.26. Perhitungan faktor koleksi belok kanan adalah sebagai berikut.

a. Lengan Utara

$$R_{BKa} = \frac{q_{BKa}}{q_{Total}}$$

$$R_{BKa} = \frac{122}{219}$$

$$R_{BKa} = 0,55$$

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26$$

$$F_{BKa} = 1,0 + 0,55 \times 0,26$$

$$F_{BKa} = 1,145$$

b. Lengan Timur

$$R_{BKa} = \frac{q_{BKa}}{q_{Total}}$$

$$R_{BKa} = \frac{208}{837}$$

$$R_{BKa} = 0,25$$

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26$$

$$F_{BKa} = 1,0 + 0,25 \times 0,26$$

$$F_{BKa} = 1,064$$

c. Lengan Selatan

$$R_{BKa} = \frac{q_{BKa}}{q_{Total}}$$

$$R_{BKa} = \frac{363}{562}$$

$$R_{BKa} = 0,65$$

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26$$

$$F_{BKa} = 1,0 + 0,65 \times 0,26$$

$$F_{BKa} = 1,168$$

6. Faktor koreksi belok kiri

Perhitungan faktor koleksi belok kiri dilakukan menggunakan Persamaan 3.27 dan Persamaan 3.27. Perhitungan faktor koleksi belok kiri adalah sebagai berikut.

a. Lengan Utara

$$R_{BKl} = \frac{q_{BKl}}{q_{Total}}$$

$$R_{BKl} = \frac{98}{219}$$

$$R_{BKl} = 0,45$$

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

$$F_{BKl} = 1,0 - 0,45 \times 0,16$$

$$F_{BKl} = 0,929$$

b. Lengan Timur

$$R_{BKl} = \frac{q_{BKl}}{q_{Total}}$$

$$R_{BKl} = \frac{629}{837}$$

$$R_{BKl} = 0,75$$

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

$$F_{BKl} = 1,0 - 0,75 \times 0,16$$

$$F_{BK_i} = 0,880$$

c. Lengan Selatan

$$R_{BK_i} = \frac{Q_{BK_i}}{Q_{Total}}$$

$$R_{BK_i} = \frac{198}{562}$$

$$R_{BK_i} = 0,35$$

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

$$F_{BK_i} = 1,0 - 0,35 \times 0,16$$

$$F_{BK_i} = 0,943$$

5.5.6 Perhitungan Penilaian Arus Jenuh

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar dan faktor-faktor koreksi yang telah dihitung, maka diperoleh nilai arus jenuh dengan Persamaan 3.23 untuk setiap lengan sebagai berikut.

1. Lengan Utara

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_{BK_i} \times F_{BK_a}$$

$$J = 3.180 \times 0,95 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,929 \times 1,145$$

$$J = 3.213 \text{ smp/jam}$$

2. Lengan Timur

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_{BK_i} \times F_{BK_a}$$

$$J = 3.660 \times 0,95 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,880 \times 1,064$$

$$J = 3.256 \text{ smp/jam}$$

3. Lengan Selatan

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_{BK_i} \times F_{BK_a}$$

$$J = 3.360 \times 0,95 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,943 \times 1,168$$

$$J = 3.518 \text{ smp/jam}$$

5.5.7 Rasio Arus

Perhitungan rasio arus dilakukan menggunakan Persamaan 3.16 dan Persamaan 3.17. Perhitungan faktor koleksi belok kiri adalah sebagai berikut.

1. Lengan Utara

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

$$R_{q/J} = \frac{351}{3.213}$$

$$R_{q/J} = 0,109$$

2. Lengan Timur

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

$$R_{q/J} = \frac{1.340}{3.256}$$

$$R_{q/J} = 0,412$$

3. Lengan Selatan

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

$$R_{q/J} = \frac{860}{3.518}$$

$$R_{q/J} = 0,245$$

5.5.8 Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

Perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian bisa dihitung menggunakan Persamaan 3.30. Berikut perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan sebagai berikut.

1. Lengan Utara

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

$$s = \frac{(1,5 \times 12 + 5)}{(1 - 0,765)}$$

$$s = 98 \text{ detik}$$

2. Lengan Timur

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

$$s = \frac{(1,5 \times 12 + 5)}{(1 - 0,765)}$$

$$s = 98 \text{ detik}$$

3. Lengan Selatan

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

$$s = \frac{(1,5 \times 12 + 5)}{(1 - 0,765)}$$

$$s = 98 \text{ detik}$$

5.5.9 Waktu Siklus yang Layak

Nilai waktu siklus yang layak dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.11. Perencanaan tipe pengaturan simpang pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan adalah pengaturan tiga fase, sehingga ditentukan nilai waktu siklus yang layak berdasarkan Tabel 3.11 adalah 100 detik pada tiap lengan simpang.

5.5.10 Waktu Hijau

Perhitungan waktu hijau dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.31. Berikut perhitungan waktu hijau pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan sebagai berikut.

1. Lengan Utara

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

$$W_{Hi} = (100 - 12) \times \frac{0,109}{0,765}$$

$$W_{Hi} = 12 \text{ detik}$$

2. Lengan Timur

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

$$W_{Hi} = (100 - 12) \times \frac{0,412}{0,765}$$

$$W_{Hi} = 44 \text{ detik}$$

3. Lengan Selatan

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

$$W_{Hi} = (100 - 12) \times \frac{0,245}{0,765}$$

$$W_{Hi} = 26 \text{ detik}$$

5.5.11 Kapasitas

Perhitungan kapasitas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.32. Berikut perhitungan kapasitas pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan sebagai berikut.

1. Lengan Utara

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

$$C = 3.213 \times \frac{12}{100}$$

$$C = 386 \text{ smp/jam}$$

2. Lengan Timur

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

$$C = 3.256 \times \frac{44}{100}$$

$$C = 1.433 \text{ smp/jam}$$

3. Lengan Selatan

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

$$C = 3.518 \times \frac{26}{100}$$

$$C = 915 \text{ smp/jam}$$

5.5.12 Derajat Kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.33. Berikut perhitungan derajat kejenuhan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan sebagai berikut.

1. Lengan Utara

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

$$D_j = \frac{351}{386}$$

$$D_j = 0,909$$

2. Lengan Timur

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

$$D_J = \frac{1.340}{1.433}$$

$$D_J = 0,935$$

3. Lengan Selatan

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

$$D_J = \frac{860}{915}$$

$$D_J = 0,940$$

5.5.13 Panjang Antrean

Perhitungan panjang antrean dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.34. Berikut merupakan perhitungan panjang antrean pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan.

1. Lengan Utara

Lengan Utara memiliki nilai derajat kejenuhan (D_J) $> 0,5$, sehingga nilai N_{q1} dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.35.

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

$$N_{q1} = 0,25 \times 100 \times \left\{ (0,909 - 1) + \sqrt{(0,909 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,909 - 0,5)}{100}} \right\}$$

$$N_{q1} = 3 \text{ smp}$$

Perhitungan nilai N_{q2} dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.37.

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

$$N_{q2} = 100 \times \frac{\left(1 - \frac{12}{100}\right)}{\left(1 - \frac{12}{100} \times 0,909\right)} \times \frac{351}{3600}$$

$$N_{q2} = 10 \text{ smp}$$

Perhitungan nilai N_q dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.34.

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

$$N_q = 3 + 10$$

$$N_q = 13 \text{ smp}$$

Perhitungan nilai N_{qMAX} dapat dilakukan menggunakan Gambar 3.11.

Berdasarkan Gambar 3.11, didapatkan nilai N_{qMAX} sebesar 20 smp.

Perhitungan panjang antrean dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.38.

berikut merupakan perhitungan panjang antrean.

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

$$P_A = 13 \times \frac{20}{5,3}$$

$$P_A = 49,057 \text{ m}$$

2. Lengan Timur

Lengan Timur memiliki nilai derajat kejenuhan (D_J) $> 0,5$, sehingga nilai N_{q1} dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.35.

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

$$N_{q1} = 0,25 \times 100 \times \left\{ (0,935 - 1) + \sqrt{(0,935 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,935 - 0,5)}{100}} \right\}$$

$$N_{q1} = 4 \text{ smp}$$

Perhitungan nilai N_{q2} dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.37.

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

$$N_{q2} = 100 \times \frac{\left(1 - \frac{44}{100}\right)}{\left(1 - \frac{44}{100} \times 0,935\right)} \times \frac{1.340}{3.600}$$

$$N_{q2} = 36 \text{ smp}$$

Perhitungan nilai N_q dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.34.

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

$$N_q = 4 + 36$$

$$N_q = 40 \text{ smp}$$

Perhitungan nilai N_{qMAX} dapat dilakukan menggunakan Gambar 3.11.

Berdasarkan Gambar 3.11, didapatkan nilai N_{qMAX} sebesar 56 smp.

Perhitungan panjang antrean dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.38. berikut merupakan perhitungan panjang antrean.

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

$$P_A = 40 \times \frac{20}{6,1}$$

$$P_A = 131,148 \text{ m}$$

3. Lengan Selatan

Lengan Selatan memiliki nilai derajat kejenuhan (D_J) $> 0,5$, sehingga nilai N_{q1} dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.35.

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

$$N_{q1} = 0,25 \times 100 \times \left\{ (0,940 - 1) + \sqrt{(0,940 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,940 - 0,5)}{100}} \right\}$$

$$N_{q1} = 4 \text{ smp}$$

Perhitungan nilai N_{q2} dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.37.

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

$$N_{q2} = 100 \times \frac{\left(1 - \frac{26}{100}\right)}{\left(1 - \frac{26}{100} \times 0,940\right)} \times \frac{860}{3.600}$$

$$N_{q2} = 24 \text{ smp}$$

Perhitungan nilai N_q dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.34.

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

$$N_q = 4 + 24$$

$$N_q = 28 \text{ smp}$$

Perhitungan nilai N_{qMAX} dapat dilakukan menggunakan Gambar 3.11.

Berdasarkan Gambar 3.11, didapatkan nilai N_{qMAX} sebesar 40 smp.

Perhitungan panjang antrean dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.38.

Berikut merupakan perhitungan panjang antrean.

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

$$P_A = 25 \times \frac{20}{5,6}$$

$$P_A = 89,286 \text{ m}$$

5.5.14 Kendaraan Terhenti

Perhitungan nilai kendaraan henti adalah sebagai berikut.

1. Lengan Utara

Rasio kendaraan henti (R_{KH}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.39.

Perhitungan rasio kendaraan henti adalah sebagai berikut.

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

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{13}{351 \times 100} \times 3600$$

$$R_{KH} = 1,200$$

Perhitungan jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.40. Perhitungan jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) adalah sebagai berikut.

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

$$N_{KH} = 351 \times 1,200$$

$$N_{KH} = 421 \text{ smp}$$

2. Lengan Timur

Rasio kendaraan henti (R_{KH}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.39.

Perhitungan rasio kendaraan henti adalah sebagai berikut.

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

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{40}{1.340 \times 100} \times 3600$$

$$R_{KH} = 0,967$$

Perhitungan jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.40. Perhitungan jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) adalah sebagai berikut.

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

$$N_{KH} = 1.340 \times 0,967$$

$$N_{KH} = 1.296 \text{ smp}$$

3. Lengan Selatan

Rasio kendaraan henti (R_{KH}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.39. Perhitungan rasio kendaraan henti adalah sebagai berikut.

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

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{28}{860 \times 100} \times 3600$$

$$R_{KH} = 1,055$$

Perhitungan jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.40. Perhitungan jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_{KH}) adalah sebagai berikut.

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

$$N_{KH} = 860 \times 1,055$$

$$N_{KH} = 907 \text{ smp}$$

Rasio rata-rata kendaraan berhenti untuk seluruh simpang APILL atau angka henti seluruh simpang APILL ($R_{KH \text{ Total}}$), dihitung menggunakan Persamaan 3.41. perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$R_{KH} = \frac{\sum N_{KH}}{q_{\text{Total}}}$$

$$R_{KH} = \frac{421 + 1.296 + 907}{351 + 1.340 + 860}$$

$$R_{KH} = 1,028$$

5.5.15 Tundaan

1. Lengan Utara

Perhitungan Tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat bisa dilihat pada Persamaan 3.42. Perhitungan Tundaan lalu lintas rata-rata pada tiap pendekat

adalah sebagai berikut.

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

$$T_{LL} = 100 \times \frac{0,5 \times (1 - 0,120)^2}{(1 - 0,120 \times 0,909)} + \frac{3 \times 3600}{386}$$

$$T_{LL} = 83,295 \text{ detik/smp}$$

Tundaan geometri simpang masing-masing pendekat dihitung dengan persamaan 3.43. Perhitungan tundaan geometri simpang masing-masing pendekat adalah sebagai berikut.

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

$$T_G = (1 - 1,200) \times 1 \times 6 + (1,200 \times 4)$$

$$T_G = 3,600 \text{ detik/smp}$$

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.44. Perhitungan tundaan rata-rata untuk suatu pendekat adalah sebagai berikut.

$$T_i = T_{LLi} + T_{Gi}$$

$$T_i = 83,295 + 3,600$$

$$T_i = 86,895 \text{ detik/smp}$$

2. Lengan Timur

Perhitungan Tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat bisa dilihat pada Persamaan 3.42. Perhitungan Tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat adalah sebagai berikut.

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

$$T_{LL} = 100 \times \frac{0,5 \times (1 - 0,440)^2}{(1 - 0,440 \times 0,935)} + \frac{4 \times 3600}{1.433}$$

$$T_{LL} = 78,566 \text{ detik/smp}$$

Tundaan geometri simpang masing-masing pendekat dihitung dengan persamaan 3.43. Perhitungan tundaan geometri simpang masing-masing pendekat adalah sebagai berikut.

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

$$T_G = (1 - 0,967) \times 1 \times 6 + (0,967 \times 4)$$

$$T_G = 4,066 \text{ detik/smp}$$

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.44. Perhitungan tundaan rata-rata untuk suatu pendekat adalah sebagai berikut.

$$T_i = T_{LLi} + T_{Gi}$$

$$T_i = 78,566 + 4,066$$

$$T_i = 82,632 \text{ detik/smp}$$

3. Lengan Selatan

Perhitungan Tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat bisa dilihat pada Persamaan 3.42. Perhitungan Tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat adalah sebagai berikut.

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

$$T_{LL} = 100 \times \frac{0,5 \times (1 - 0,260)^2}{(1 - 0,260 \times 0,940)} + \frac{4 \times 3600}{980}$$

$$T_{LL} = 77,442 \text{ detik/smp}$$

Tundaan geometri simpang masing-masing pendekat dihitung dengan persamaan 3.43. Perhitungan tundaan geometri simpang masing-masing pendekat adalah sebagai berikut.

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

$$T_G = (1 - 1,055) \times 1 \times 6 + (1,055 \times 4)$$

$$T_G = 3,891 \text{ detik/smp}$$

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.44. Perhitungan tundaan rata-rata untuk suatu pendekat adalah sebagai berikut.

$$T_i = T_{LLi} + T_{Gi}$$

$$T_i = 77,442 + 3,891$$

$$T_i = 81,333 \text{ detik/smp}$$

Tundaan rata-rata untuk seluruh lengan simpang APILL dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.45. Perhitungan tundaan rata-rata untuk seluruh lengan simpang APILL adalah sebagai berikut.

$$T_1 = \frac{\sum(q \times T_1)}{q_{\text{Total}}}$$

$$T_1 = \frac{211222,903}{2.552}$$

$$T_1 = 82,781 \text{ detik/smp}$$

5.5.16 Rekapitulasi Hasil Analisis Simpang APILL

Pada Bagian 5.5.1 hingga Bagian 5.5.15 telah dituliskan langkah-langkah perhitungan untuk analisis kinerja Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. Langkah-langkah perhitungan untuk analisis kinerja Simpang 4 Cebongan sama dengan perhitungan yang tercantum pada Bagian 5.5.1 hingga Bagian 5.5.15. Perbedaan perencanaan simpang dengan Alternatif 1 dan Alternatif 2 terletak pada pemilihan tipe fasenya. Perencanaan simpang dengan Alternatif 1 menggunakan tiga fase pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dan empat fase pada Simpang 4 Cebongan. Perencanaan simpang dengan Alternatif 1 menggunakan tiga fase pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dan tiga fase pada Simpang 4 Cebongan. Rekapitulasi hasil analisis simpang APILL baik pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dan Simpang 4 Cebongan dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Analisis Kinerja Sim pang APILL

Alternatif	Simpang	Lengan	Arus (q)	Waktu Siklus (S)	Kapasitas (C)	Derajat Kejenuhan (DJ)	Tundaan per Lengan (Ti)	Tundaan Sim pang (TI)
			(smp/jam)	(detik)	(smp/jam)		(detik/smp)	(detik/smp)
Alternatif 1	Simpang 4 Cebongan	Utara (Jl. Purbaya)	611	100	626	0,833	73,095	67,683
		Timur (Jl. Kebon Agung)	796	100	805	0,831	72,360	
		Selatan (Jl. Gadjah Mada)	404	100	412	0,833	59,330	
		Barat (Jl. Kebon Agung)	485	100	487	0,841	60,147	
	Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	Utara (Jl. Letkol Subadri)	351	100	386	0,909	86,895	82,781
		Timur (Jl. Kebon Agung)	1340	100	1.433	0,935	82,632	
Selatan (Jl. Kebon Agung)		860	100	915	0,940	81,333		
Alternatif 2	Simpang 4 Cebongan	Utara (Jl. Purbaya) dan Selatan (Jl. Gadjah Mada)	1.015	100	1.441	1,031	94,000	87,931
		Timur (Jl. Kebon Agung)	796	100	681	0,997	91,582	
		Barat (Jl. Kebon Agung)	485	100	426	0,990	60,685	
	Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	Utara (Jl. Letkol Subadri)	351	100	386	0,909	86,895	82,781
		Timur (Jl. Kebon Agung)	1.340	100	1.433	0,935	82,632	
		Selatan (Jl. Kebon Agung)	860	100	915	0,940	81,333	

5.6 Perancangan Koordinasi Antar Simpang APILL

5.6.1 Pemodelan Koordinasi Simpang Alternatif 1

Offset (t_{ideal}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.46. Perhitungan *offset* adalah sebagai berikut.

1. Arah Barat ke Timur

$$t_{ideal} = \frac{L}{S}$$

$$t_{ideal} = \frac{230}{11,59}$$

$$t_{ideal} = 19,850 \text{ detik}$$

$$t_{ideal} \approx 20 \text{ detik}$$

2. Arah Timur ke Barat

$$t_{ideal} = \frac{L}{S}$$

$$t_{ideal} = \frac{230}{11,70}$$

$$t_{ideal} = 19,651 \text{ detik}$$

$$t_{ideal} \approx 20 \text{ detik}$$

Pengaturan fase Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dengan pengaturan waktu siklus 100 detik menggunakan tiga fase, meliputi:

1. Fase 1 : lengan Utara, waktu hijau 12 detik
2. Fase 2 : lengan Timur, waktu hijau 44 detik
3. Fase 3 : lengan Selatan, waktu hijau 26 detik

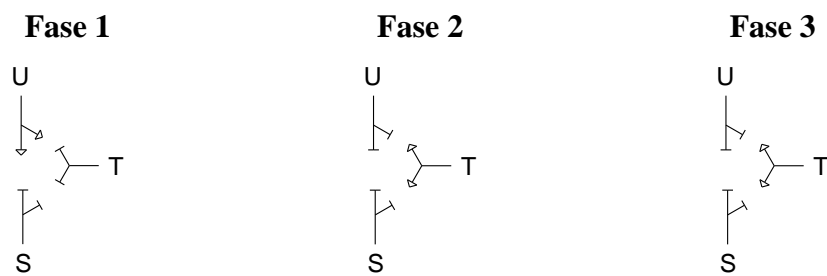
Pengaturan fase Simpang 4 Cebongan dengan pengaturan waktu siklus 100 detik menggunakan empat fase, meliputi:

1. Fase 1 : lengan Utara, waktu hijau 20 detik
2. Fase 2 : lengan Timur, waktu hijau 26 detik
3. Fase 3 : lengan Selatan, waktu hijau 14 detik
4. Fase 4 : lengan Barat, waktu hijau 16 detik

Berikut ini adalah data waktu siklus serta gambar fase dapat dilihat pada Tabel 5.21, Tabel 5.22, Gambar 5.16 hingga Gambar 5.20.

Tabel 5.21 Data Sinyal pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Alternatif 1

Lengan	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Merah	Merah Semua	
Utara	12	3	82	3	100
Timur	44	3	50	3	100
Selatan	26	3	68	3	100



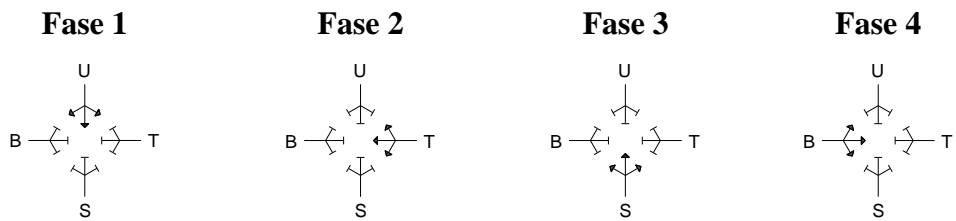
Gambar 5.16 Pengaturan Fase pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Alternatif 1



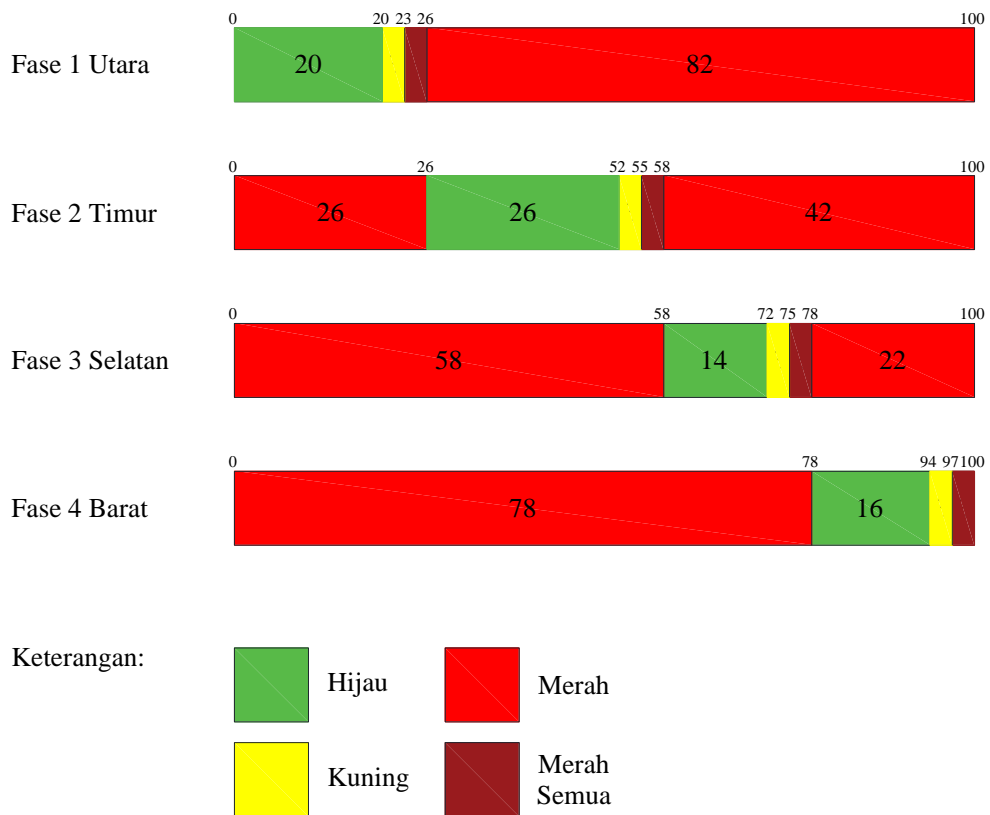
Gambar 5.17 Diagram Sinyal pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Alternatif 1

Tabel 5.22 Data Sinyal pada Simpang 4 Cebongan Alternatif 1

Lengan	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Merah	Merah Semua	
Utara	20	3	74	3	100
Timur	26	3	68	3	100
Selatan	14	3	80	3	100
Barat	16	3	78	3	100

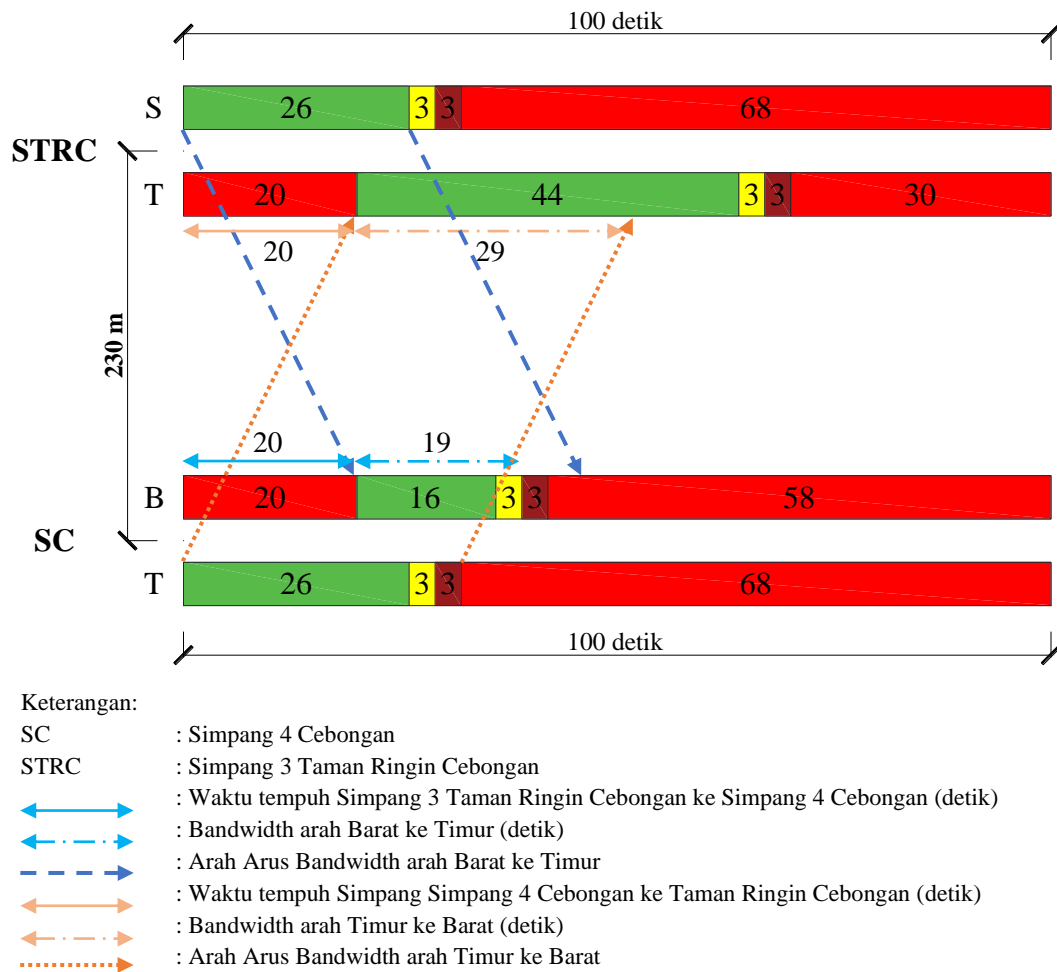


Gambar 5.18 Pengaturan Fase pada Simpang 4 Cebongan Alternatif 1



Gambar 5.19 Diagram Sinyal pada Simpang 4 Cebongan Alternatif 1

Diagram *time space* atau disebut juga diagram jarak-waktu adalah gambaran dari persinyalan sebagai fungsi waktu dari dua atau lebih simpang bersinyal. Diagram diskalakan terhadap jarak dan posisi kendaraan sebagai fungsi waktu. Jarak antar simpang bersinyal dan satuan waktu digambarkan secara horizontal.



Gambar 5.20 Diagram Time Space Alternatif 1

Gambar 5.20 menunjukkan bahwa bagian bawah menunjukkan lokasi Simpang 4 Cebongan, sedangkan bagian atas merupakan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. Diagram tersebut menjelaskan bahwa perjalanan dimulai dari Simpang 3 Taman Ringin Cebongan menuju ke Simpang 4 Cebongan dengan waktu hijau 26 detik, waktu kuning 3 detik, dengan offset 20 detik akan bertemu sinyal hijau selama 16 detik saat di Simpang 4 Cebongan, sehingga didapatkan

waktu *bandwidth* sebesar 29 detik. Begitu pula sebaliknya dengan perjalanan dari Simpang 4 Cebongan ke arah Barat menuju ke Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dengan waktu hijau 26 detik, waktu kuning 3 detik, dengan offset 20 detik akan bertemu sinyal hijau selama 44 detik saat di Simpang 4 Cebongan, sehingga didapatkan waktu *bandwidth* sebesar 19 detik.

Nilai *bandwidth* didapatkan dari diagram *time space*, yang selanjutnya akan digunakan untuk. Analisis kapasitas *bandwidth* yaitu, jumlah kendaraan yang dapat melewati system tanpa berhenti. Perhitungan nilai kapasitas *bandwidth* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.47 sebagai berikut.

1. Kapasitas *bandwidth* arah Barat ke Timur

$$CBW = \frac{3600 \times BW \times NL}{C \times k}$$

$$CBW = \frac{3600 \times 29 \times 1}{100 \times 2}$$

$$CBW = 342 \text{ kend/jam}$$

2. Kapasitas *bandwidth* arah Timur ke Barat

$$CBW = \frac{3600 \times BW \times NL}{C \times k}$$

$$CBW = \frac{3600 \times 19 \times 1}{100 \times 2}$$

$$CBW = 522 \text{ kend/jam}$$

Perhitungan untuk mendapatkan efisiensi *bandwidth* dapat diketahui menggunakan Persamaan 3.48. Perhitungannya adalah sebagai berikut.

1. Efisiensi *bandwidth* arah Barat ke Timur

$$EFFBW = \frac{BW}{C} \times 100\%$$

$$EFFBW = \frac{19}{100} \times 100\%$$

$$EFFBW = 19\%$$

2. Efisiensi *bandwidth* arah Timur ke Barat

$$EFFBW = \frac{BW}{C} \times 100\%$$

$$EFFBW = \frac{29}{100} \times 100\%$$

$$\text{EFFBW} = 29\%$$

5.6.2 Pemodelan Koordinasi Simpang Alternatif 2

Offset (t_{ideal}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.46. Perhitungan *offset* adalah sebagai berikut.

1. Arah Barat ke Timur

$$t_{\text{ideal}} = \frac{L}{S}$$

$$t_{\text{ideal}} = \frac{230}{11,59}$$

$$t_{\text{ideal}} = 19,850 \text{ detik}$$

$$t_{\text{ideal}} \approx 20 \text{ detik}$$

2. Arah Timur ke Barat

$$t_{\text{ideal}} = \frac{L}{S}$$

$$t_{\text{ideal}} = \frac{230}{11,70}$$

$$t_{\text{ideal}} = 19,651 \text{ detik}$$

$$t_{\text{ideal}} \approx 20 \text{ detik}$$

Pengaturan fase pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dengan pengaturan waktu siklus 100 detik menggunakan tiga fase, meliputi:

1. Fase 1 : lengan Utara, waktu hijau 12 detik
2. Fase 2 : lengan Timur, waktu hijau 44 detik
3. Fase 3 : lengan Selatan, waktu hijau 26 detik

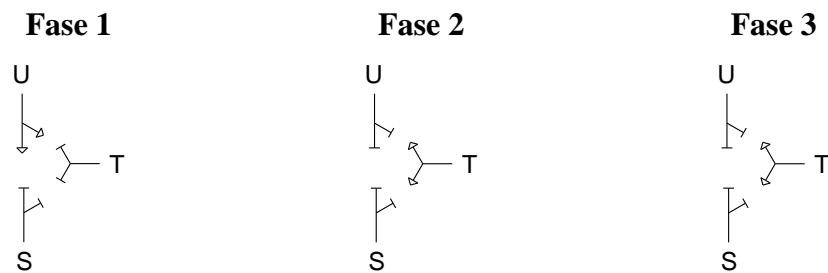
Pengaturan fase pada Simpang 4 Cebongan dengan pengaturan waktu siklus 100 detik menggunakan tiga fase, meliputi:

1. Fase 1 : lengan Utara dan Selatan, waktu hijau 36 detik
2. Fase 2 : lengan Timur, waktu hijau 28 detik
3. Fase 3 : lengan Barat, waktu hijau 18 detik

Berikut ini adalah data waktu siklus dan gambar urutan tiap fasenya dapat dilihat pada Tabel 5.23, Tabel 5.24, Gambar 5.21 sampai dengan Gambar 5.25.

Tabel 5.23 Data Sinyal pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Alternatif 2

Lengan	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Merah	Merah Semua	
Utara	12	3	82	3	100
Timur	44	3	50	3	100
Selatan	26	3	68	3	100



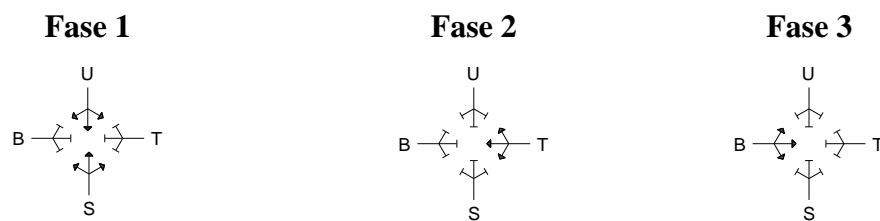
Gambar 5.21 Pengaturan Fase pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Alternatif 2



Gambar 5.22 Diagram Sinyal pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Alternatif 2

Tabel 5.24 Data Sinyal pada Simpang 4 Cebongan Alternatif 2

Lengan	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Merah	Merah Semua	
Utara dan Selatan	46	3	48	3	100
Timur	22	3	72	3	100
Barat	14	3	80	3	100

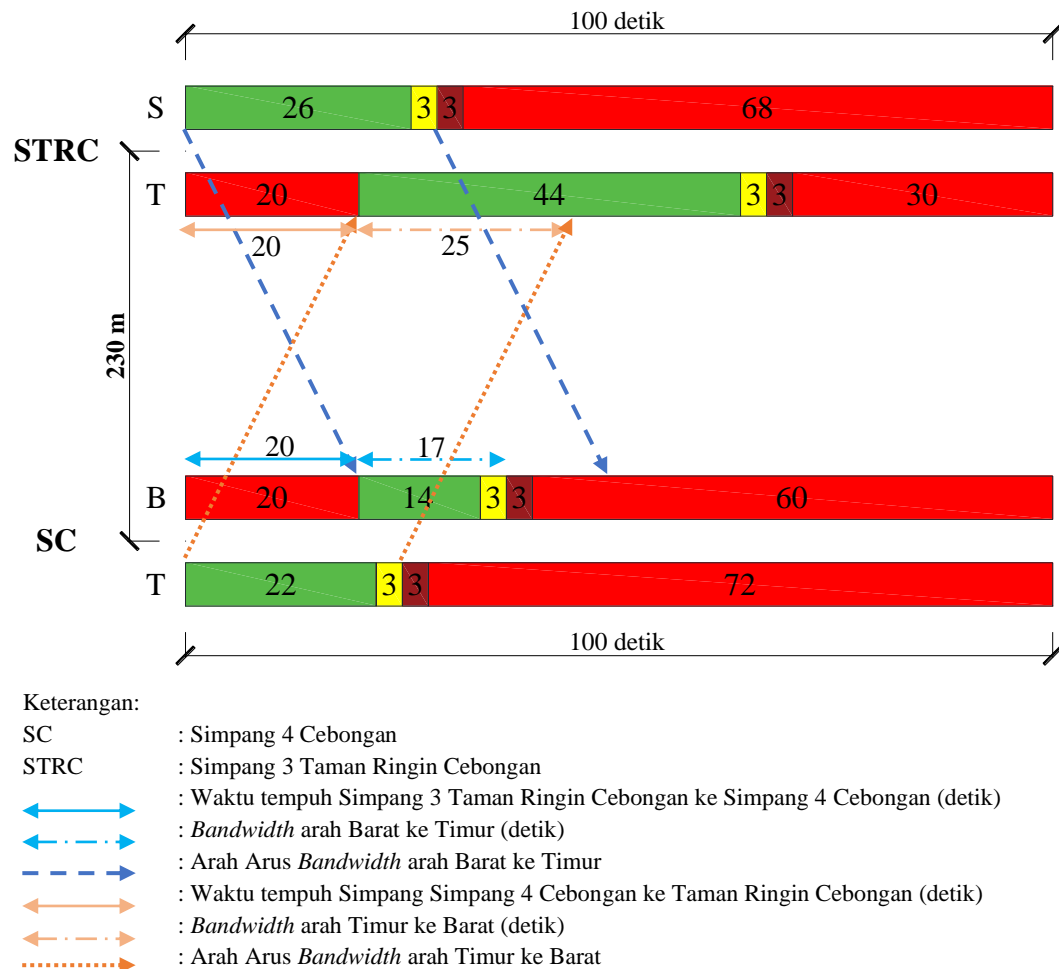


Gambar 5.23 Pengaturan Fase pada Simpang 4 Cebongan Alternatif 2



Gambar 5.24 Diagram Sinyal pada Simpang 4 Cebongan Alternatif 2

Diagram *time space* atau disebut juga diagram jarak-waktu adalah gambaran dari persinyalan sebagai fungsi waktu dari dua atau lebih simpang bersinyal. Diagram diskalakan terhadap jarak dan posisi kendaraan sebagai fungsi waktu. Jarak antar simpang bersinyal dan satuan waktu digambarkan secara horisontal.



Gambar 5.25 Diagram Time Space Alternatif 2

Gambar 5.25 menunjukkan bahwa bagian bawah menunjukkan lokasi Simpang 4 Cebongan, sedangkan bagian atas merupakan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. Diagram tersebut menjelaskan bahwa perjalanan dimulai dari Simpang 3 Taman Ringin Cebongan menuju ke Simpang 4 Cebongan dengan waktu hijau 26 detik, waktu kuning 3 detik, dengan *offset* 20 detik akan bertemu sinyal hijau selama 14 detik saat di Simpang 4 Cebongan, sehingga didapatkan waktu *bandwidth* sebesar 17 detik. Begitu pula sebaliknya dengan perjalanan dari Simpang 4 Cebongan ke arah Barat menuju ke Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dengan waktu hijau 22 detik, waktu kuning 3 detik, dengan *offset* 20 detik akan bertemu sinyal hijau selama 44 detik saat di Simpang 4 Cebongan, sehingga didapatkan waktu *bandwidth* sebesar 25 detik.

Nilai *bandwidth* didapatkan dari diagram *time space*, yang selanjutnya akan digunakan untuk. Analisis kapasitas *bandwidth* yaitu, jumlah kendaraan yang dapat melewati system tanpa berhenti. Perhitungan nilai kapasitas *bandwidth* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.47 sebagai berikut.

1. Kapasitas *bandwidth* arah Barat ke Timur

$$CBW = \frac{3600 \times BW \times NL}{C \times k}$$

$$CBW = \frac{3600 \times 17 \times 1}{100 \times 2}$$

$$CBW = 306 \text{ kend/jam}$$

2. Kapasitas *bandwidth* arah Timur ke Barat

$$CBW = \frac{3600 \times BW \times NL}{C \times k}$$

$$CBW = \frac{3600 \times 25 \times 1}{100 \times 2}$$

$$CBW = 450 \text{ kend/jam}$$

Perhitungan untuk mendapatkan efisiensi *bandwidth* dapat diketahui menggunakan Persamaan 3.48. Perhitungannya adalah sebagai berikut.

1. Efisiensi *bandwidth* arah Barat ke Timur

$$EFFBW = \frac{BW}{C} \times 100\%$$

$$EFFBW = \frac{17}{100} \times 100\%$$

$$EFFBW = 17\%$$

2. Efisiensi *bandwidth* arah Timur ke Barat

$$EFFBW = \frac{BW}{C} \times 100\%$$

$$EFFBW = \frac{25}{100} \times 100\%$$

$$EFFBW = 25\%$$

5.7 Pemodelan Perencanaan Koordinasi Simpang Bersinyal Menggunakan Software PTV VISSIM

Pemodelan perencanaan koordinasi simpang bersinyal antara Simpang 4 Cebongan dengan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dilakukan menggunakan Software PTV VISSIM. Hasil pemodelan koordinasi simpang APILL menggunakan PTV VISSIM pada parameter tundaan dan panjang antrean dapat dilihat pada Tabel 5.25 dan Tabel 5.26.

Tabel 5.25 Hasil pemodelan koordinasi simpang menggunakan PTV VISSIM Alternatif 1

Simpang	Lengan	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik/smp)
Simpang 4 Cebongan	Utara (Jl. Purbaya)	190,03	47,85
	Timur (Jl. Kebon Agung)	196,62	50,83
	Selatan (Jl. Gadjah Mada)	118,47	78,79
	Barat (Jl. Kebon Agung)	179,93	69,04
Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	Utara (Jl. Letkol Subadri)	44,50	38,47
	Timur (Jl. Kebon Agung)	68,80	16,90
	Selatan (Jl. Kebon Agung)	102,02	20,93

Tabel 5.26 Hasil pemodelan koordinasi simpang menggunakan PTV VISSIM Alternatif 2

Simpang	Lengan	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik/smp)
Simpang 4 Cebongan	Utara (Jl. Purbaya)	57,45	14,45
	Timur (Jl. Kebon Agung)	198,72	62,21
	Selatan (Jl. Gadjah Mada)	34,53	14,63
	Barat (Jl. Kebon Agung)	266,84	75,62
Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	Utara (Jl. Letkol Subadri)	48,39	39,33
	Timur (Jl. Kebon Agung)	51,18	8,75
	Selatan (Jl. Kebon Agung)	151,12	22,80

5.8 Pembahasan Kinerja Perancangan Koordinasi Simpang

Kinerja yang direncanakan adalah kinerja kedua simpang, terlebih yang terdapat pada arus utama (Jl. Kebon Agung) yang menghubungkan kedua simpang. Berikut ini rekapitulasi nilai derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan.

5.8.1 Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan

Hasil analisis nilai derajat kejenuhan di Simpang Cebongan dan Simpang Taman Ringin Cebongan pada kondisi eksisting, alternatif 1, dan alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan

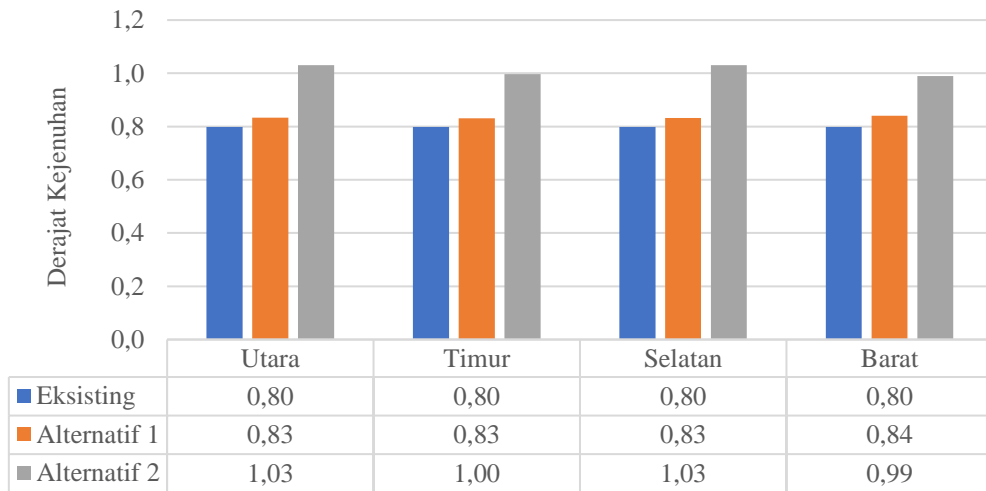
Simpang	Lengan	Eksisting	Alternatif 1		Alternatif 2	
		Derajat Kejenuhan	Derajat Kejenuhan	Selisih (%)	Derajat Kejenuhan	Selisih (%)
Simpang 4 Cebongan	Utara	0,80	0,83	4	1,03	29
	Timur	0,80	0,83	4	1,00	25
	Selatan	0,80	0,83	4	1,03	29
	Barat	0,80	0,84	5	0,99	24
Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	Utara	0,52	0,91	76	0,91	76
	Timur	0,52	0,94	81	0,94	81
	Selatan	0,52	0,94	82	0,94	82

Berdasarkan Tabel 5.27 dapat dinyatakan bahwa nilai derajat kejenuhan pada kedua simpang sebelum penerapan koordinasi simpang pada Simpang 4 Cebongan adalah sebesar 0,80 dan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan adalah sebesar 0,52.

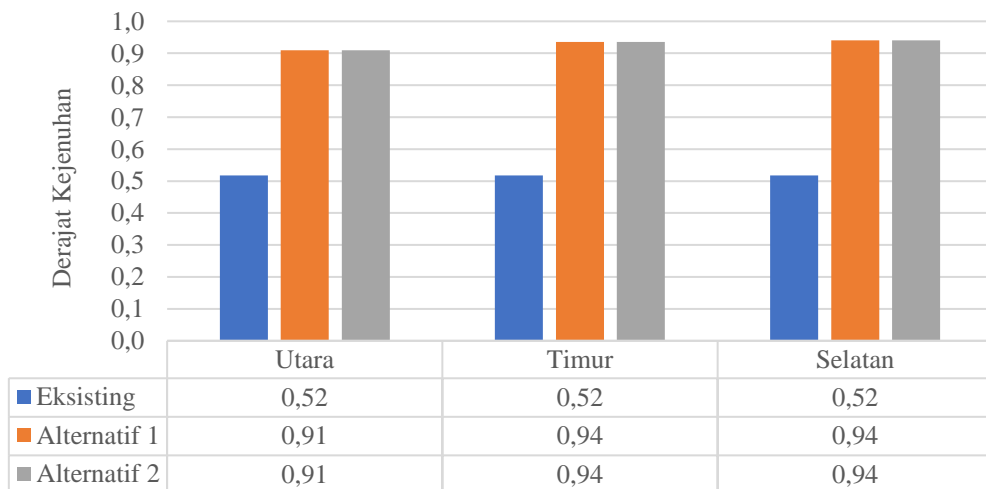
Setelah adanya penerapan koordinasi simpang, penerapan solusi alternatif 1 dan alternatif 2 keduanya menggunakan APILL dengan waktu siklus 100 detik, namun berbeda dalam pemilihan fasenya, pada alternatif 1 dengan 4 fase pada Simpang Cebongan dan 3 fase pada Simpang Taman Ringin Cebongan, sedangkan pada alternatif 2 dengan 3 fase pada Simpang Cebongan dan Simpang Taman Ringin Cebongan. Penerapan alternatif 1 nilai derajat kejenuhan Simpang 4 Cebongan lengan Utara sebesar 0,83 meningkat 4% dari kondisi eksisting, lengan

Timur sebesar 0,83 meningkat 4% dari kondisi eksisting, lengan Selatan sebesar 0,83 meningkat 4% dari kondisi eksisting, dan lengan Barat sebesar 0,84 meningkat 5% dari kondisi eksisting, sementara itu derajat kejenuhan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan lengan Utara sebesar 0,91 meningkat 76% dari kondisi eksisting, lengan Timur sebesar 0,94 meningkat 81% dari kondisi eksisting, dan lengan Selatan sebesar 0,94 meningkat 82% dari kondisi eksisting. Sedangkan pada alternatif 2 nilai derajat kejenuhan Simpang 4 Cebongan lengan Utara sebesar 1,03 meningkat 29% dari kondisi eksisting, lengan Timur sebesar 1,00 meningkat 25% dari kondisi eksisting, lengan Selatan sebesar 1,03 meningkat 29% dari kondisi eksisting, dan lengan Barat sebesar 0,99 meningkat 24% dari kondisi eksisting, sementara itu derajat kejenuhan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan lengan Utara sebesar 0,91 meningkat 76% dari kondisi eksisting, lengan Timur sebesar 0,94 meningkat 81% dari kondisi eksisting, dan lengan Selatan sebesar 0,94 meningkat 82% dari kondisi eksisting.

Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa pemasangan APILL dan penerapan koordinasi simpang dapat meningkatkan derajat kejenuhan. Pada penelitian sebelumnya, Praditasari (2022) mendapatkan hasil yang serupa yaitu dengan adanya penerapan APILL dan koordinasi simpang pada Simpang Mirota Godean, Yogyakarta mengakibatkan peningkatan derajat kejenuhan dari 1,338 menjadi 1,7 pada lengan Barat, 1,7 pada lengan Timur, 1,72 pada lengan Selatan, dan 1,01 pada lengan Utara. Selain itu, Prananda (2023) juga mendapatkan hasil yang serupa yaitu dengan adanya penerapan APILL pada Simpang Cebongan, Sleman mengakibatkan peningkatan derajat kejenuhan dari 0,76 menjadi 0,85 pada seluruh lengan simpang. Kushari (2020) melakukan penelitian yang serupa pada Simpang Tugu dan Simpang Pingit mengakibatkan peningkatan derajat kejenuhan rata-rata dari 0,48 menjadi 0,61 pada kondisi *off peak hour* dan pada kondisi *peak hour* nilai derajat kejenuhan rata-rata meningkat dari 0,64 menjadi 0,68. Grafik hasil perbandingan ketiga analisis derajat kejenuhan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.26 dan Gambar 5.27.



Gambar 5.26 Diagram Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan pada Simbang 4 Cebongan



Gambar 5.27 Diagram Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan pada Simbang 3 Taman Ringin Cebongan

5.8.2 Perbandingan Nilai Panjang Antrean

Hasil analisis nilai panjang antrean di Simbang Cebongan dan Simbang Taman Ringin Cebongan pada kondisi eksisting, alternatif 1, dan alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28 Perbandingan Nilai Panjang Antrean

Simpang	Lengan	Eksisting	Alternatif 1		Alternatif 2	
		Panjang Antrean (m)	Panjang Antrean (m)	Selisih (%)	Panjang Antrean (m)	Selisih (%)
Simpang 4 Cebongan	Utara	131,86	190,03	44	57,45	-56
	Timur	156,87	196,62	25	198,72	27
	Selatan	126,39	118,47	-6	34,53	-73
	Barat	198,32	179,93	-9	266,84	35
Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	Utara	33,64	44,50	32	48,39	44
	Timur	170,23	68,80	-60	51,18	-70
	Selatan	184,17	102,02	-45	151,12	-18

Berdasarkan Tabel 5.28 dapat dinyatakan bahwa nilai panjang antrean pada kedua simpang sebelum penerapan koordinasi simpang pada Simpang 4 Cebongan lengan Utara sebesar 131,86 m, lengan Timur sebesar 156,87 m, lengan Selatan sebesar 126,39 m, dan lengan Barat sebesar 198,32 m, sedangkan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan lengan Utara sebesar 33,64 m, lengan Timur sebesar 170,23 m, dan lengan Selatan sebesar 184,17 m.

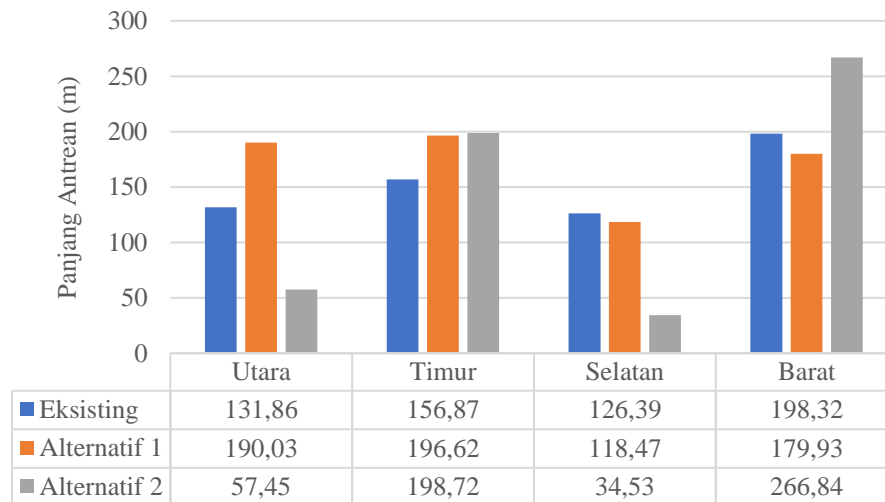
Setelah adanya penerapan koordinasi simpang, penerapan solusi alternatif 1 dan alternatif 2 keduanya menggunakan APILL dengan waktu siklus 100 detik, namun berbeda dalam pemilihan fasenya, pada alternatif 1 dengan 4 fase pada Simpang Cebongan dan 3 fase pada Simpang Taman Ringin Cebongan, sedangkan pada alternatif 2 dengan 3 fase pada Simpang Cebongan dan Simpang Taman Ringin Cebongan. Penerapan alternatif 1 nilai panjang antrean Simpang 4 Cebongan lengan Utara sebesar 190,03 m meningkat 44% dari kondisi eksisting, lengan Timur sebesar 196,62 m meningkat 25% dari kondisi eksisting, lengan Selatan sebesar 118,47 m menurun 6% dari kondisi eksisting, dan lengan Barat sebesar 179,93 m menurun 9% dari kondisi eksisting, sedangkan panjang antrean pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan lengan Utara sebesar 44,50 m meningkat 32% dari kondisi eksisting, lengan Timur sebesar 68,80 m menurun 60% dari kondisi eksisting, dan lengan Selatan sebesar 102,02 m menurun 45% dari kondisi

eksisting. Sementara itu pada alternatif 2 nilai panjang antrean Simpang 4 Cebongan lengan Utara sebesar 57,45 m menurun 56% dari kondisi eksisting, lengan Timur sebesar 198,72 m meningkat 27% dari kondisi eksisting, lengan Selatan sebesar 34,53 m menurun 73% dari kondisi eksisting, dan lengan Barat sebesar 266,84 m meningkat 35% dari kondisi eksisting, sedangkan panjang antrean Simpang 3 Taman Ringin Cebongan lengan Utara sebesar 48,39 m meningkat 44% dari kondisi eksisting, lengan Timur sebesar 51,18 m menurun 70% dari kondisi eksisting, dan lengan Selatan sebesar 151,12 m menurun 18% dari kondisi eksisting.

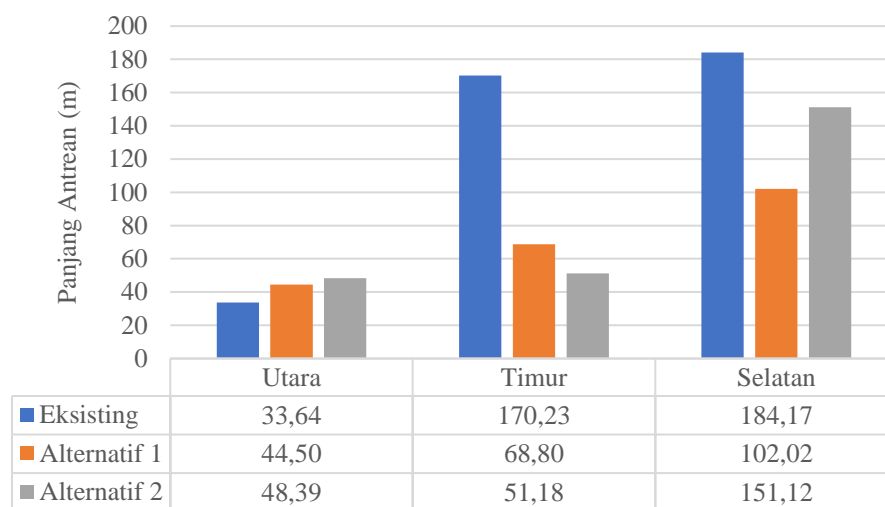
Penurunan panjang antrean alternatif 1 pada lengan Barat Simpang Cebongan dan lengan Timur Simpang Taman Ringin Cebongan menunjukkan bahwa penerapan koordinasi simpang dapat menurunkan panjang antrean pada jalan mayor yang menghubungkan kedua simpang, sehingga dapat mengurangi risiko panjang antrean yang menyentuh Simpang Taman Ringin Cebongan dengan jarak bersih antar simpang sepanjang 212 m. Sementara penerapan alternatif 2 pada lengan Barat Simpang Cebongan menunjukkan kenaikan panjang antrean sampai 266,84 m sehingga melebihi jarak bersih antar kedua simpang yaitu 212 m. Maka dari itu pemilihan alternatif 1 lebih baik karena dapat mengurangi panjang antrean dan panjang antreannya tidak melebihi jarak bersih antar kedua simpang yaitu 212 m.

Kushari (2020) telah melakukan penelitian yang serupa dengan mengkoordinasikan Simpang Pandanaran dan Simpang Besi Jangkang Kabupaten Sleman menunjukkan penurunan panjang antrean pada jalan mayor yang menghubungkan kedua simpang, hasilnya menunjukkan penurunan dari 156,41 m menjadi 132,49 m, hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan panjang antrean sebesar 15%.

Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa pemasangan APILL dan penerapan koordinasi simpang dapat menurunkan panjang antrean. Grafik hasil perbandingan ketiga analisis tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.28 dan Gambar 5.29.



Gambar 5.28 Diagram Perbandingan Nilai Panjang Antrean pada Simbang 4 Cebongan



Gambar 5.29 Diagram Perbandingan Nilai Panjang Antrean pada Simbang 3 Taman Ringin Cebongan

5.8.3 Perbandingan Nilai Tundaan

Hasil analisis nilai tundaan di Simbang Cebongan dan Simbang Taman Ringin Cebongan pada kondisi eksisting, alternatif 1, dan alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29 Perbandingan Nilai Tundaan

Simpang	Lengan	Eksisting	Alternatif 1		Alternatif 2	
		Tundaan (detik/smp)	Tundaan (detik/smp)	Selisih (%)	Tundaan (detik/smp)	Selisih (%)
Simpang 4 Cebongan	Utara	75,37	47,85	-37	14,45	-81
	Timur	64,62	50,83	-21	62,21	-4
	Selatan	68,54	78,79	15	14,63	-79
	Barat	70,78	69,04	-2	75,62	7
Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	Utara	102,24	38,47	-62	39,33	-62
	Timur	46,96	16,90	-64	8,75	-81
	Selatan	32,52	20,93	-36	22,80	-30

Berdasarkan Tabel 5.29 dapat dinyatakan bahwa nilai tundaan pada kedua simpang sebelum penerapan koordinasi simpang pada Simpang 4 Cebongan di lengan Utara sebesar 75,37 detik/smp, lengan Timur sebesar 64,62 detik/smp, lengan Selatan sebesar 68,54 detik/smp, dan lengan Barat sebesar 70,78 detik/smp, sedangkan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan di lengan Utara sebesar 102,24 detik/smp, lengan Timur sebesar 46,96 detik/smp, dan lengan Selatan sebesar 32,52 detik/smp.

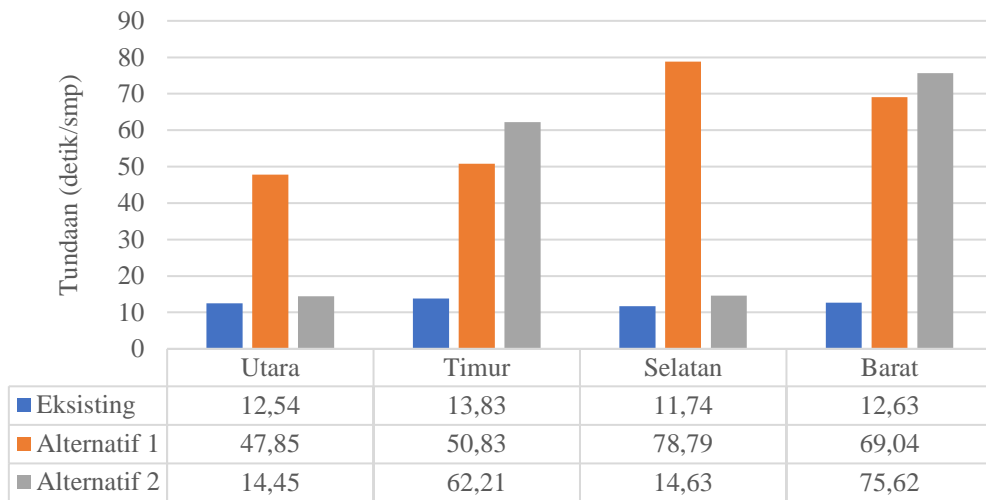
Setelah adanya penerapan koordinasi simpang, penerapan solusi alternatif 1 dan alternatif 2 keduanya menggunakan APILL dengan waktu siklus 100 detik, namun berbeda dalam pemilihan fasenya, pada alternatif 1 dengan 4 fase pada Simpang Cebongan dan 3 fase pada Simpang Taman Ringin Cebongan, sedangkan pada alternatif 2 dengan 3 fase pada Simpang Cebongan dan Simpang Taman Ringin Cebongan. Penerapan alternatif 1 nilai tundaan Simpang 4 Cebongan lengan Utara sebesar 47,85 detik/smp menurun 37% dari kondisi eksisting, lengan Timur sebesar 50,83 detik/smp menurun 21% dari kondisi eksisting, lengan Selatan sebesar 78,79 detik/smp meningkat 15% dari kondisi eksisting, dan lengan Barat sebesar 69,04 detik/smp menurun 2% dari kondisi eksisting, sedangkan tundaan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan lengan Utara sebesar 38,47 detik/smp menurun 62% dari kondisi eksisting, lengan Timur sebesar 16,90 detik/smp menurun 64%

dari kondisi eksisting, dan lengan Selatan sebesar 20,93 detik/smp menurun 36% dari kondisi eksisting. Sementara itu pada alternatif 2 nilai tundaan Simpang 4 Cebongan lengan Utara sebesar 14,45 detik/smp menurun 81% dari kondisi eksisting, lengan Timur sebesar 62,22 detik/smp menurun 4% dari kondisi eksisting, lengan Selatan sebesar 14,63 detik/smp menurun 79% dari kondisi eksisting, dan lengan Barat sebesar 75,62 detik/smp meningkat 7% dari kondisi eksisting, sedangkan tundaan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan lengan Utara sebesar 39,33 detik/smp menurun 62% dari kondisi eksisting, lengan Timur sebesar 8,75 detik/smp menurun 81% dari kondisi eksisting, dan lengan Selatan sebesar 22,80 detik/smp menurun 30% dari kondisi eksisting.

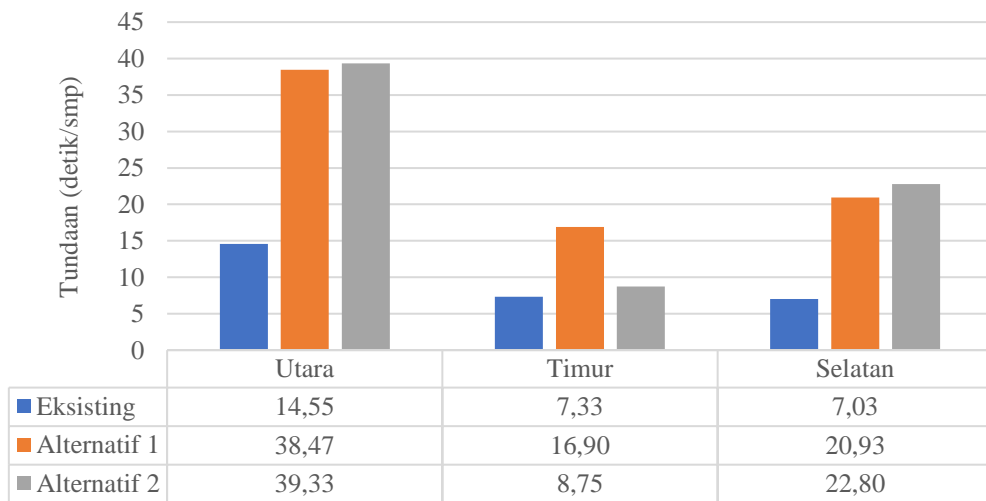
Penurunan tundaan alternatif 1 pada lengan Barat Simpang Cebongan dan lengan Timur Simpang Taman Ringin Cebongan menunjukkan bahwa penerapan koordinasi simpang dapat menurunkan tundaan pada jalan mayor yang menghubungkan kedua simpang, sehingga dapat mengurangi waktu tempuh dari Simpang Cebongan ke Simpang Taman Ringin Cebongan maupun sebaliknya. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa pemasangan APILL dan penerapan koordinasi simpang dapat menurunkan tundaan. Sementara itu alternatif 2 pada jalan mayor tundaannya juga mengalami penurunan pada lengan Timur Simpang Taman Ringin Cebongan, namun mengalami sedikit peningkatan nilai tundaan pada lengan Barat Simpang Cebongan. Maka dari itu pemilihan alternatif 1 lebih baik karena dapat mengurangi tundaan, sehingga dapat mengurangi waktu tempuh yang digunakan untuk melewati kedua simpang.

Pada penelitian sebelumnya, Praditasari (2022) mendapatkan hasil yang serupa yaitu dengan adanya penerapan APILL dan koordinasi simpang pada Simpang Mirota Godean, Yogyakarta mengakibatkan peningkatan tundaan dari 1.139 detik/smp menjadi 1.583 detik/smp pada lengan Barat, 1.350 detik/smp pada lengan Timur, 1.408 detik/smp pada lengan Selatan, dan 236,4 detik/smp pada lengan Utara.

Grafik hasil perbandingan ketiga analisis tundaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.30 dan Gambar 5.31.



Gambar 5.30 Diagram Perbandingan Nilai Tundaan pada Simpang 4 Cebongan



Gambar 5.31 Diagram Perbandingan Nilai Tundaan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

5.8.4 Perbandingan Tingkat Pelayanan Simpang

Hasil analisis tingkat pelayanan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dan Simpang 4 Cebongan dengan penerapan kondisi alternatif 1 dan alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 5.30.

Tabel 5.30 Perbandingan Tingkat Pelayanan Simpang

Lengan	Tingkat Pelayanan Eksisting	Tingkat Pelayanan Alternatif 1	Tingkat Pelayanan Alternatif 2
Simpang 4 Cebongan	B	E	E
Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	B	C	C

Penerapan solusi alternatif 1 dan alternatif 2 keduanya menggunakan APILL dengan waktu siklus 100 detik, namun berbeda dalam pemilihan fasenya, pada alternatif 1 dengan 4 fase pada Simpang Cebongan dan 3 fase pada Simpang Taman Ringin Cebongan, sedangkan pada alternatif 2 dengan 3 fase pada Simpang Cebongan dan Simpang Taman Ringin Cebongan. Berdasarkan Tabel 5.30 di atas, pada alternatif 1 dengan penerapan APILL pada Simpang Cebongan dengan 4 fase dan Simpang Taman Ringin Cebongan dengan 3 fase. Tingkat pelayanan simpang mengalami penurunan di Simpang 4 Cebongan dari tingkat pelayanan simpang dari B menjadi E, sedangkan di Simpang 3 Taman Ringin Cebongan juga mengalami penurunan dari tingkat pelayanan simpang dari B menjadi C. sementara itu pada alternatif 2 tingkat pelayanan simpang mengalami penurunan di Simpang 4 Cebongan dari tingkat pelayanan simpang dari B menjadi E, sedangkan di Simpang 3 Taman Ringin Cebongan juga mengalami penurunan dari tingkat pelayanan simpang dari B menjadi C. Pada penelitian sebelumnya, Praditasari (2022) mendapatkan hasil yang serupa yaitu dengan adanya penerapan APILL dan koordinasi simpang pada Simpang Mirota Godean, Yogyakarta mengakibatkan penurunan tingkat pelayanan simpang dari F ke F dengan detail nilai tundaan dari 1.139 detik/smp menjadi 1.583 detik/smp pada lengan Barat, 1.350 detik/smp pada lengan Timur, 1.408 detik/smp pada lengan Selatan, dan 236,4 detik/smp pada lengan Utara, sehingga secara keseluruhan tingkat pelayanan simpangnya menurun, walaupun tingkat pelayanan simpangnya sama yaitu F.

5.8.5 Perbandingan Nilai *Offset* dan *Bandwidth*

Hasil analisis nilai *offset* dan *bandwidth* kedua simpang pada kondisi alternatif 1 dan alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 5.31.

Tabel 5.31 Perbandingan Nilai *Offset* dan *Bandwidth*

Alternatif	<i>Offset</i> (detik)	<i>Bandwidth</i> (detik)		Kapabilitas <i>Bandwidth</i> (kend/jam)		Efisiensi <i>Bandwidth</i> (%)	
		B-T	T-B	B-T	T-B	B-T	T-B
Alternatif 1	20	29	19	522	342	29	19
Alternatif 2	20	25	17	450	306	25	17

Penerapan solusi alternatif 1 dan alternatif 2 keduanya menggunakan APILL dengan waktu siklus 100 detik, namun berbeda dalam pemilihan fasenya, pada alternatif 1 dengan 4 fase pada Simpang Cebongan dan 3 fase pada Simpang Taman Ringin Cebongan, sedangkan pada alternatif 2 dengan 3 fase pada Simpang Cebongan dan Simpang Taman Ringin Cebongan. Berdasarkan Tabel 5.32 di atas, nilai *offset* pada kedua alternatif dan pada kedua arah bernilai sama yaitu sebesar 20 detik. Nilai *bandwidth* pada alternatif 1 dengan arah dari Barat ke Timur sebesar 29 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 29% dan arah dari Timur ke Barat sebesar 19 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 19%, sedangkan pada alternatif 2 dengan arah dari Barat ke Timur sebesar 25 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 25% dan arah dari Timur ke Barat sebesar 17 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 17%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa solusi pada alternatif 1 lebih baik daripada alternatif 2 dikarenakan nilai *bandwidth* lebih besar, maka pada solusi alternatif 1 dapat meloloskan atau melewati kendaraan tanpa berhenti pada kedua simpang lebih banyak.

5.8.6 Rekapitulasi Hasil Pembahasan Kinerja Perancangan Koordinasi Simpang

Pada Bagian 5.8.1 hingga Bagian 5.8.5 telah dibahas mengenai kinerja perancangan koordinasi simpang. Tingkat pelayanan simpang pada Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan mengalami penurunan, namun permasalahan utama dalam penelitian ini terletak pada lengan Barat Simpang 4 Cebongan yang ketika jam puncak panjang antreannya dapat menyentuh Simpang 3 Taman Ringin Cebongan sehingga dapat mengganggu kinerja Simpang 3 Taman Ringin Cebongan, kedua simpang tersebut hanya berjarak 212 m sementara panjang

antrean yang terjadi melebihi 212 m. Maka dari itu untuk mengatasi panjang antrean yang melebihi jarak antar simpang perlu dilakukan koordinasi simpang. Penurunan panjang antrean pada lengan Barat Simpang Cebongan menjadi prioritas penyelesaian masalah, namun dampaknya dapat menaikkan panjang antrean dan tundaan pada lengan lainnya, sehingga tingkat pelayanan simpangnya menurun. Sementara itu tingkat pelayanan simpang didasarkan pada nilai tundaan keseluruhan pada simpang. Jadi dengan penerapan solusi alternatif 1 dapat menyelesaikan permasalahan utamanya yaitu panjang antreannya dapat dikurangi sehingga tidak mengganggu kinerja Simpang 3 Taman Ringin Cebongan, namun dapat menaikkan panjang antrean dan tundaan pada lengan simpang lainnya, sehingga tingkat pelayanan simpangnya menurun. Rekapitulasi hasil kinerja perancangan koordinasi simpang dapat dilihat pada Tabel 5.32.

Tabel 5.32 Rekapitulasi Hasil Pembahasan Kinerja Perancangan Koordinasi Simpang

Parameter	Lengan	Derajat Kejenuhan			Panjang Antrean			Tundaan			Tingkat Pelayanan Simpang		
		Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2
Simpang 4 Cebongan	Utara (Jl. Purbaya)	0,80	0,83	1,03	131,86	190,03	57,45	75,37	47,85	14,45	B	E	E
	Timur (Jl. Kebon Agung)	0,80	0,83	1,00	156,87	196,62	198,72	64,62	50,83	62,21			
	Selatan (Jl. Gajah Mada)	0,80	0,83	1,03	126,39	118,47	34,53	68,54	78,79	14,63			
	Barat (Jl. Kebon Agung)	0,80	0,84	0,99	198,32	179,93	266,84	70,78	69,04	75,62			
Simpang 3 Taman Ringin Cebongan	Utara (Jl. Letkol Subadri)	0,52	0,91	0,91	33,64	44,50	48,39	102,24	38,47	39,33	B	C	C
	Timur (Jl. Kebon Agung)	0,52	0,94	0,94	170,23	68,80	51,18	46,96	16,90	8,75			
	Selatan (Jl. Kebon Agung)	0,52	0,94	0,94	184,17	102,02	151,12	32,52	20,93	22,80			

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis berdasarkan PKJI 2023 dan pemodelan dengan *Software* PTV VISSIM yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

6.1.1 Hasil kinerja Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan pada kondisi eksisting

Hasil kinerja Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan pada kondisi eksisting berdasarkan hasil simulasi PTV VISSIM adalah sebagai berikut.

1. Nilai derajat kejenuhan pada kondisi eksisting Simpang 4 Cebongan adalah sebesar 0,8 dan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan adalah sebesar 0,518.
2. Nilai panjang antrean pada Simpang 4 Cebongan lengan Utara sebesar 131,86 m, lengan Timur sebesar 156,87 m, lengan Selatan sebesar 126,39 m, dan lengan Barat sebesar 198,32 m, sedangkan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan lengan Utara sebesar 33,64 m, lengan Timur sebesar 170,23 m, dan lengan Selatan sebesar 184,17 m.
3. Tundaan pada Simpang 4 Cebongan di lengan Utara sebesar 75,37 detik/smp, lengan Timur sebesar 64,62 detik/smp, lengan Selatan sebesar 68,54 detik/smp, dan lengan Barat sebesar 70,78 detik/smp, sedangkan pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan di lengan Utara sebesar 102,24 detik/smp, lengan Timur sebesar 46,96 detik/smp, dan lengan Selatan sebesar 32,52 detik/smp.

6.1.2 Alternatif Solusi Terbaik Koordinasi Simpang antara Simpang 4 Cebongan dengan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

Alternatif solusi terbaik adalah dengan melakukan koordinasi simpang antara Simpang 4 Cebongan dengan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan. Koordinasi simpang yang dilakukan menggunakan solusi alternatif 1 yaitu dengan waktu siklus 100 detik pada kedua simpang dengan 4 fase pada Simpang 4 Cebongan dan 3 fase

pada Simpang 3 Taman Ringin Cebongan, sehingga didapatkan nilai *bandwidth* pada alternatif 1 dengan arah dari Barat ke Timur sebesar 29 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 29% dan arah dari Timur ke Barat sebesar 19 detik dengan efisiensi *bandwidth* sebesar 19%. Panjang antrean simpang dengan penerapan kondisi ini menurun dari 198,32 m menjadi 179,93 m. Jadi diharapkan dengan penerapan solusi alternatif 1 ini dapat mengurangi panjang antrean dan tundaan pada kedua simpang sehingga permasalahan panjang antrean yang saling mengganggu antar simpang pada jam puncak dan waktu tempuh untuk melintasi kedua simpang dapat dikurangi.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis PKJI 2023 dan pemodelan dengan pemodelan dengan *Software* PTV VISSIM terdapat beberapa saran serta masukan untuk menjadi pertimbangan perbaikan supaya kinerja pada Simpang 4 Cebongan dan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan dapat lebih optimal. Beberapa saran tersebut antara lain sebagai berikut.

1. Penerapan APILL dilakukan dengan kondisi hanya pada jam puncak (pagi pukul 06.30 – 08.30 WIB, siang pukul 11.00 – 12.00 WIB, sore pukul 15.30 – 17.30 WIB) di Simpang Taman Ringin Cebongan karena dilihat dari nilai D_j masih belum membutuhkan pemasangan APILL, sehingga pada saat di luar jam puncak pelayanan simpangnya tidak menurun.
2. Perlu penambahan lebar jalur pada Simpang Taman Ringin Cebongan sehingga dapat memungkinkan penerapan sistem LTOR, sehingga dapat menurunkan panjang antrean dan tundaan. Penerapan sistem ini lebih diutamakan pada Simpang Taman Ringin Cebongan agar tingkat pelayanan simpangnya tidak menurun jauh.
3. Perlu adanya penelitian mengenai integrasi antara Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) dengan *Software* PTV VISSIM. Hal ini dikarenakan terdapat perbedaan yang cukup signifikan mengenai nilai tundaan dan panjang antrean antara hasil analisis dengan menggunakan PKJI dengan hasil pemodelan menggunakan *Software* PTV VISSIM.

4. Solusi alternatif oleh penulis diharapkan dapat digunakan sebagai bahan masukan untuk pihak Dinas Perhubungan Kabupaten Sleman dalam usaha peningkatan pelayanan lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto. 2019. “*Metode Penelitian: Pengertian & Jenis menurut Para Ahli*”, <https://serupa.id/metode-penelitian/>, diakses pada 23 April 2023 pukul 16:00.
- Aulia, R. 2023. Analisis Penerapan Koordinasi Simpang Bersinyal pada Simpang Bekasi Timur dan Simpang DPRD. *Jurnal Pendidikan dan Konseling (JPDK)*, 5(1), 997-992.
- Badan Pusat Statistik. 2023. Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Angka 2023. Badan Pusat Statistik Provinsi D.I. Yogyakarta.Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2023. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Penerbit Bina Marga. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. 1991. *Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat*. SK DJ Hub Dar No. AJ 401/1/7. Jakarta
- Hasan. 2002. “*Data Sekunder*”, <https://raharja.ac.id/2020/11/08/data-sekunder/>, diakses pada 15 Maret 2023 pukul 14:15.
- Hasan. 2008. “*Data Primer*”, <https://raharja.ac.id/2020/11/08/data-primer/>, diakses pada 15 Maret 2023 pukul 14:00.
- Kirono, J. C., Puspasari, N., dan Handayani, N. 2018. Analisis Koordinasi Sinyal Antar Simpang (Studi Kasus Jalan Rajawali-Tingang dan Jalan Rajawali-Garuda). *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 6(2), 109-123.
- Kushari, B. dan Ramadhana, N., 2020. Rekayasa Koordinasi Simpang pada Simpang Tugu dan Simpang Pingit di Kota Yogyakarta. *Tugas Akhir*, Universitas Islam Indonesia. DSpace UII.
- Kushari, B. dan Ratnaningsih, D. 2020. Koordinasi Sinyal Simpang Jalan yang Berdekatan dengan Pemodelan VISSIM: Study Kasus Simpang Pandanaran dan Simpang Besi Jangkang Kabupaten Sleman. *Tugas Akhir*, Universitas Islam Indonesia. DSpace UII.
- McShane, W. R. dan Roess, R. P. 1990. *Traffic Engineering*. Prentice Hall Inc. New Jersey.

- Morlok, E. K., 1988. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi, 2nd*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Papacostas, C.S. dan Prevedouros, P. D. 2005. *Transportation Engineering and Planing*. Prentice Hall Inc. Singapura.
- Patrias, K.S. and Lulie, Y. 2021. Analisis Koordinasi Sinyal Antar Simpang Wirobrajan Dan Simpang Ngabean Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(3), pp.151-158.
- Praditasari, N. 2022. Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Jati Kencana dan Simpang Empat Mirota Godean. *Doctoral dissertation*, Universitas Gadjah Mada.
- Prananda, M.H. dan Fauziah, M. 2023. Evaluasi Kinerja Sinyal dan Tidak Bersinyal pada Simpang Cebongan Berdasarkan MKJI 1997 dan PKJI 2023. *Tugas Akhir*, Universitas Islam Indonesia. DSpace UII.
- PTV Planing Transport Verkehr AG. 2016. *PTV VISSIM User Manual-version 9.0*. Karlsruhe, Germany, 2016.
- Republik Indonesia. *Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*.
- Romadhona, P. J., dan Zainuri, M. A. (2019). Peningkatan Kinerja Simpang dengan Koordinasi Sinyal Lalu Lintas di Simpang BPK dan Badran Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 1-9.
- Sanjaya. 2013. “*Metode Penelitian: Pengertian & Jenis menurut Para Ahli*”, <https://serupa.id/metode-penelitian/>, diakses pada 14 Juni 2023 pukul 20:00.
- Silaen. 2018. “*Metode Penelitian: Pengertian & Jenis menurut Para Ahli*”, <https://serupa.id/metode-penelitian/>, diakses pada 14 Juni 2023 pukul 20:15.
- Susanti, A., Wibisono, R. E., dan Ferdianto, A. 2021. Studi Perencanaan Simpang Koordinasi Jl. Dr. Soetomo Jl. RA. Kartini Jl. Pandegiling di Kota Surabaya. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(1), 20-27.
- Tara, A.K., Kurniawan, A.M. and Raharjo, N.D. (2024). Koordinasi Simpang Bersinyal Pada Persimpangan Sambong dengan Persimpangan Mibar Kabupaten Jombang. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 5(1), pp.309-312.

- Taylor, M. dan Young, W. 1996. *Understanding Traffic System*. Averbury Technical. Sydney.
- Triani, D. 2006. “Efektivitas kinerja simpang bersinyal pada simpang AR. Hakim-WR. Supratman Kota Mataram”, Majalah Ilmiah Mektek Volume 2 nomor 1.
- Veronica, M. 2023. Kajian Simpang Koordinasi Moh Yamin Juanda–Moh Hatta Gatot Subroto di Kota Palu. *Mutiara: Multidiciplinary Scientifict Journal*, 1(9), pp.577-583.
- Yulianyahya, R.W. 2023. Perencanaan Koordinasi Sinyal di Ruas Jalan Yogyakarta-Solo (Studi Kasus: Simpang Stasiun Brambanan dan Simpang Taman Wisata Candi). *Jurnal Teknik Sipil*, 15(1), pp.32-39.
- Zihansyah, M.F., Prasetyanto, D. and Maulana, A. 2022. Penerapan koordinasi simpang bersinyal pada kawasan Jl. Kalimantan–Jl. Belitung–Jl. Bali–Jl. Sumbawa di Kota Bandung. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 1(7), pp.566-572.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Lampiran 1 Lampiran Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Utara

Median : Tidak ada

Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Lebar Pendekat : 7,2 m

Tabel L-1.1 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Utara

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	06:00-06:15	34	9	0	0	101	12	0	0	35	4	0	0
2	06:15-06:30	44	8	0	0	115	14	1	0	45	6	1	0
3	06:30-06:45	53	10	0	0	119	18	0	0	50	9	0	0
4	06:45-07:00	54	6	0	0	141	23	1	0	67	11	0	0
5	07:00-07:15	60	9	0	0	160	29	1	0	70	7	0	0
6	07:15-07:30	82	6	0	0	165	17	0	0	72	13	0	0
7	07:30-07:45	46	15	1	0	230	14	0	0	59	8	0	0
8	07:45-08:00	39	8	0	0	182	18	3	0	66	8	0	0
9	08:00-08:15	50	4	1	0	164	22	2	0	62	9	0	0
10	08:15-08:30	39	6	0	0	135	24	0	0	54	6	0	0
11	08:30-08:45	31	5	0	0	129	21	0	0	50	5	1	0
12	08:45-09:00	32	5	0	0	120	17	1	0	45	5	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang

KS: Kendaraan Sedang

KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Timur
 Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Median : Tidak ada
 Lebar Pendekat : 7,4 m

Tabel L-1.2 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Timur

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	06:00-06:15	21	1	0	0	77	10	0	0	11	2	0	0
2	06:15-06:30	24	2	1	0	73	11	1	0	10	1	1	0
3	06:30-06:45	28	1	0	0	89	13	0	0	14	1	0	0
4	06:45-07:00	39	3	0	0	98	10	0	0	20	2	0	0
5	07:00-07:15	42	3	1	0	112	8	1	0	23	2	0	0
6	07:15-07:30	32	5	1	0	122	12	2	0	26	1	0	0
7	07:30-07:45	33	4	0	0	120	13	1	0	29	15	0	0
8	07:45-08:00	41	11	0	0	136	17	0	0	33	6	1	0
9	08:00-08:15	25	14	0	0	118	21	1	0	29	12	1	0
10	08:15-08:30	32	10	1	0	100	16	3	0	24	4	0	0
11	08:30-08:45	34	9	0	0	99	14	2	0	24	3	1	0
12	08:45-09:00	28	11	1	0	102	12	1	0	20	2	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simping : Selatan Median : Tidak ada
 Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan Lebar Pendekat : 7,2 m

Tabel L-1.3 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Selatan

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	06:00-06:15	9	1	1	0	112	20	1	0	44	5	0	0
2	06:15-06:30	11	2	0	0	128	18	1	0	38	4	1	0
3	06:30-06:45	8	1	0	0	136	23	0	0	43	6	0	0
4	06:45-07:00	11	3	0	0	160	28	0	0	61	10	0	0
5	07:00-07:15	20	6	0	0	169	32	3	0	50	11	0	0
6	07:15-07:30	15	5	0	0	178	36	0	0	50	8	0	0
7	07:30-07:45	11	6	0	0	224	55	1	0	66	21	0	0
8	07:45-08:00	13	2	1	0	168	47	0	0	40	7	0	0
9	08:00-08:15	12	1	0	0	139	15	2	0	35	4	0	0
10	08:15-08:30	6	9	0	0	110	20	0	0	41	6	0	0
11	08:30-08:45	8	7	0	0	107	22	1	0	41	5	1	0
12	08:45-09:00	12	7	0	0	110	18	1	0	37	3	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Barat

Median : Tidak ada

Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Lebar Pendekat : 7,4 m

Tabel L-1.4 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Barat

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	06:00-06:15	66	5	0	0	258	19	0	0	10	1	1	0
2	06:15-06:30	69	8	1	0	269	23	1	0	13	2	0	0
3	06:30-06:45	88	8	0	0	288	30	0	0	11	1	0	0
4	06:45-07:00	96	14	0	0	278	46	0	0	9	1	0	0
5	07:00-07:15	130	22	0	0	397	40	0	0	18	3	0	0
6	07:15-07:30	135	22	0	0	444	44	1	0	35	0	0	0
7	07:30-07:45	129	31	0	0	488	46	1	0	39	2	1	0
8	07:45-08:00	132	25	0	0	480	42	2	0	42	1	0	0
9	08:00-08:15	94	7	2	0	420	35	0	0	34	1	0	0
10	08:15-08:30	83	20	1	0	351	29	0	0	26	2	0	0
11	08:30-08:45	72	15	1	0	256	26	1	0	19	1	1	0
12	08:45-09:00	66	12	0	0	245	26	0	0	15	0	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor

MP: Mobil Penumpang

KS: Kendaraan Sedang

KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Utara Median : Tidak ada
Lokasi Survei : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lebar Pendekat : 5,3 m

Tabel L-1.5 Data Volume Kendaraan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lengan Utara

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	06:00-06:15	109	10	0	0					62	5	2	0
2	06:15-06:30	186	7	0	0					144	11	0	0
3	06:30-06:45	179	8	0	0					166	15	0	0
4	06:45-07:00	131	10	0	0					190	13	0	0
5	07:00-07:15	140	4	1	0					117	12	1	0
6	07:15-07:30	115	8	1	0					100	6	0	0
7	07:30-07:45	168	8	0	0					170	8	1	0
8	07:45-08:00	127	13	0	0					105	7	0	0
9	08:00-08:15	105	8	0	0					100	11	0	0
10	08:15-08:30	120	14	1	0					93	8	0	0
11	08:30-08:45	93	6	0	0					94	5	1	0
12	08:45-09:00	68	4	1	0					54	5	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 1 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Timur Median : Tidak ada
Lokasi Survei : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lebar Pendekat : 6,1 m

Tabel L-1.6 Data Volume Kendaraan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lengan Timur

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	06:00-06:15	134	8	1	0					39	0	0	0
2	06:15-06:30	231	14	3	0					69	5	0	0
3	06:30-06:45	364	21	0	0					104	7	1	0
4	06:45-07:00	311	21	5	0					91	2	1	0
5	07:00-07:15	227	27	5	0					67	5	0	0
6	07:15-07:30	198	35	4	0					56	5	1	0
7	07:30-07:45	178	25	0	0					58	5	0	0
8	07:45-08:00	172	15	0	0					56	2	0	0
9	08:00-08:15	139	26	4	0					44	9	0	0
10	08:15-08:30	180	29	2	0					65	6	1	0
11	08:30-08:45	205	19	8	0					62	9	3	0
12	08:45-09:00	207	25	3	0					48	4	2	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

LAMPIRAN 2

Lampiran 2 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Utara Median : Tidak ada
 Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan Lebar Pendekat : 7,2 m

Tabel L-2.1 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Utara

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	11:00-11:15	33	8	0	0	60	28	0	0	22	11	0	0
2	11:15-11:30	33	11	0	0	76	33	1	0	31	17	0	0
3	11:30-11:45	29	13	0	0	99	39	1	0	31	21	0	0
4	11:45-12:00	41	21	0	0	92	55	0	0	42	23	0	0
5	12:00-12:15	52	14	1	0	111	54	0	0	55	21	0	0
6	12:15-12:30	30	14	0	0	129	39	0	0	56	21	0	0
7	12:30-12:45	22	11	0	0	106	39	0	0	45	15	1	0
8	12:45-13:00	28	6	0	0	96	33	0	0	41	12	2	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 2 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Timur
 Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Median : Tidak ada
 Lebar Pendekat : 7,4 m

Tabel L-2.2 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Timur

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	11:00-11:15	27	12	0	0	64	20	0	0	19	4	0	0
2	11:15-11:30	25	9	0	0	88	22	4	0	16	7	0	0
3	11:30-11:45	22	6	0	0	96	28	1	0	22	11	0	0
4	11:45-12:00	35	8	0	0	90	24	2	0	29	13	0	0
5	12:00-12:15	27	11	0	0	90	25	2	0	24	11	0	0
6	12:15-12:30	23	14	0	0	86	31	1	0	18	12	0	0
7	12:30-12:45	22	9	0	0	78	38	0	0	10	11	0	0
8	12:45-13:00	25	5	0	0	73	22	2	0	21	8	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 2 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Selatan
 Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Median : Tidak ada
 Lebar Pendekat : 7,2 m

Tabel L-2.3 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Selatan

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	11:00-11:15	7	5	0	0	55	12	0	0	39	12	0	0
2	11:15-11:30	12	2	0	0	59	22	0	0	45	19	0	0
3	11:30-11:45	6	2	0	0	75	30	0	0	55	26	2	0
4	11:45-12:00	9	5	0	0	88	18	1	0	44	13	1	0
5	12:00-12:15	15	5	0	0	69	21	0	0	59	22	4	0
6	12:15-12:30	5	1	0	0	64	9	0	0	30	9	5	0
7	12:30-12:45	7	3	0	0	50	33	1	0	29	27	1	0
8	12:45-13:00	2	1	0	0	52	17	2	0	20	15	3	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 2 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simping : Barat

Median : Tidak ada

Lokasi Survei : Simping 4 Cebongan

Lebar Pendekat : 7,4 m

Tabel L-2.4 Data Volume Kendaraan Simping 4 Cebongan Lengan Barat

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	11:00-11:15	87	4	0	0	115	19	0	0	9	1	0	0
2	11:15-11:30	122	7	1	0	109	22	2	0	9	3	0	0
3	11:30-11:45	114	7	2	0	137	25	1	0	8	1	0	0
4	11:45-12:00	131	6	0	0	172	26	1	0	12	4	0	0
5	12:00-12:15	125	15	1	0	143	32	4	0	19	2	0	0
6	12:15-12:30	135	23	0	0	132	42	0	0	16	0	0	0
7	12:30-12:45	129	18	0	0	99	44	1	0	21	1	1	0
8	12:45-13:00	117	11	0	0	79	33	0	0	19	1	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 2 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Utara
Lokasi Survei : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

Median : Tidak ada
Lebar Pendekat : 5,3 m

Tabel L-2.5 Data Volume Kendaraan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lengan Utara

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	11:00-11:15	63	6	2	0					56	4	0	0
2	11:15-11:30	70	12	1	0					61	10	1	0
3	11:30-11:45	78	5	0	0					60	7	0	0
4	11:45-12:00	81	8	0	0					62	12	3	0
5	12:00-12:15	68	5	0	0					51	5	0	0
6	12:15-12:30	50	9	0	0					50	14	2	0
7	12:30-12:45	81	12	1	0					54	7	0	0
8	12:45-13:00	73	7	1	0					58	8	1	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 2 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Timur

Median : Tidak ada

Lokasi Survei : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

Lebar Pendekat : 6,1 m

Tabel L-2.6 Data Volume Kendaraan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lengan Timur

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	11:00-11:15	212	49	4	0					74	16	0	0
2	11:15-11:30	229	47	3	0					65	16	0	0
3	11:30-11:45	221	40	3	0					79	7	2	0
4	11:45-12:00	232	45	6	0					89	13	0	0
5	12:00-12:15	181	48	8	0					86	10	0	0
6	12:15-12:30	192	40	4	0					84	15	2	0
7	12:30-12:45	181	36	4	0					52	12	2	0
8	12:45-13:00	186	37	3	0					86	16	1	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor

MP: Mobil Penumpang

KS: Kendaraan Sedang

KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 2 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Selatan Median : Tidak ada
Lokasi Survei : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lebar Pendekat : 5,6 m

Tabel L-2.7 Data Volume Kendaraan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lengan Selatan

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	11:00-11:15	53	13	0	0					165	25	7	0
2	11:15-11:30	68	7	2	0					162	38	8	0
3	11:30-11:45	68	8	0	0					187	32	6	0
4	11:45-12:00	76	14	2	0					201	38	9	0
5	12:00-12:15	70	8	2	0					168	37	6	0
6	12:15-12:30	70	11	4	0					191	38	4	0
7	12:30-12:45	62	11	3	0					243	41	1	0
8	12:45-13:00	95	6	1	0					272	38	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

LAMPIRAN 3

Lampiran 3 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Utara

Median : Tidak ada

Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Lebar Pendekat : 7,2 m

Tabel L-3.1 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Utara

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	15:00-15:15	51	3	1	0	165	15	2	0	96	11	0	0
2	15:15-15:30	53	4	0	0	185	21	3	0	76	13	1	0
3	15:30-15:45	53	4	0	0	171	17	4	0	122	11	1	0
4	15:45-16:00	75	9	2	0	174	31	12	0	118	15	2	0
5	16:00-16:15	64	11	2	0	154	31	8	0	124	18	5	0
6	16:15-16:30	55	14	1	0	134	39	6	0	128	29	4	0
7	16:30-16:45	53	13	1	0	106	27	4	0	132	26	0	0
8	16:45-17:00	51	14	0	0	114	29	2	0	87	24	0	0
9	17:00-17:15	25	9	1	0	87	32	3	0	60	17	0	0
10	17:15-17:30	30	6	0	0	90	22	1	0	52	13	3	0
11	17:30-17:45	33	6	0	0	100	22	2	0	44	12	2	0
12	17:45-18:00	29	5	1	0	86	21	1	0	45	13	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang

KS: Kendaraan Sedang

KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 3 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Selatan
 Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Median : Tidak ada
 Lebar Pendekat : 7,2 m

Tabel L-3.3 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Selatan

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	15:00-15:15	42	3	2	0	127	22	5	0	52	8	0	0
2	15:15-15:30	50	4	1	0	139	27	3	0	64	6	2	0
3	15:30-15:45	52	4	2	0	119	21	7	0	57	7	1	0
4	15:45-16:00	86	7	0	0	92	15	6	0	50	8	1	0
5	16:00-16:15	82	8	1	0	141	21	5	0	47	6	1	0
6	16:15-16:30	80	11	1	0	135	23	2	0	52	15	0	0
7	16:30-16:45	81	9	1	0	152	33	0	0	48	8	0	0
8	16:45-17:00	64	11	0	0	100	22	0	0	54	15	1	0
9	17:00-17:15	43	4	0	0	92	20	2	0	33	7	0	0
10	17:15-17:30	20	1	0	0	110	26	0	0	38	5	0	0
11	17:30-17:45	23	2	1	0	106	22	1	0	42	5	1	0
12	17:45-18:00	19	1	0	0	102	21	2	0	35	4	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 3 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Barat Median : Tidak ada
Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan Lebar Pendekat : 7,4 m

Tabel L-3.4 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Barat

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	15:00-15:15	62	15	1	0	168	22	2	0	18	1	0	0
2	15:15-15:30	51	14	1	0	177	24	2	0	26	1	1	0
3	15:30-15:45	54	15	5	0	175	22	5	0	27	2	0	0
4	15:45-16:00	70	14	4	0	203	28	4	0	33	7	2	0
5	16:00-16:15	63	14	4	0	206	36	5	0	39	1	0	0
6	16:15-16:30	50	8	2	0	236	31	3	0	37	3	0	0
7	16:30-16:45	54	11	0	0	247	33	0	0	42	2	0	0
8	16:45-17:00	43	14	0	0	214	27	2	0	35	2	0	0
9	17:00-17:15	29	17	0	0	166	31	0	0	30	4	0	0
10	17:15-17:30	21	20	0	0	132	34	1	0	21	1	0	0
11	17:30-17:45	25	22	1	0	109	35	2	0	18	1	1	0
12	17:45-18:00	15	18	0	0	89	31	1	0	19	0	1	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 3 Data Survei Lalu Lintas Hari Senin Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simping : Timur Median : Tidak ada
 Lokasi Survei : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lebar Pendekat : 6,1 m

Tabel L-3.6 Data Volume Kendaraan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lengan Timur

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	15:00-15:15	260	36	0	0					100	6	0	0
2	15:15-15:30	311	53	3	0					124	7	0	0
3	15:30-15:45	413	47	2	0					114	12	2	0
4	15:45-16:00	480	59	2	0					144	10	2	0
5	16:00-16:15	422	59	9	0					178	13	1	0
6	16:15-16:30	536	60	3	0					187	9	1	0
7	16:30-16:45	496	60	4	0					164	13	1	0
8	16:45-17:00	495	51	3	0					178	14	0	0
9	17:00-17:15	512	43	4	0					153	11	1	0
10	17:15-17:30	453	63	6	0					158	13	1	0
11	17:30-17:45	362	41	3	0					133	8	1	0
12	17:45-18:00	186	25	5	0					72	10	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

LAMPIRAN 4

Lampiran 4 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Utara
 Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Median : Tidak ada
 Lebar Pendekat : 7,2 m

Tabel L-4.1 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Utara

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	06:00-06:15	18	9	0	0	85	8	0	0	34	4	1	0
2	06:15-06:30	21	8	0	0	90	9	1	0	31	4	1	0
3	06:30-06:45	24	10	0	0	88	8	0	0	45	7	0	0
4	06:45-07:00	32	6	0	0	105	11	0	0	55	11	0	0
5	07:00-07:15	38	9	0	0	100	12	1	0	50	11	3	0
6	07:15-07:30	55	6	0	0	137	15	1	0	70	12	2	0
7	07:30-07:45	77	15	0	0	116	21	0	0	50	16	0	0
8	07:45-08:00	65	8	1	0	126	24	0	0	67	22	0	0
9	08:00-08:15	45	4	0	0	109	16	2	0	55	13	1	0
10	08:15-08:30	41	6	0	0	102	20	0	0	53	18	1	0
11	08:30-08:45	37	5	0	0	98	16	0	0	45	18	2	0
12	08:45-09:00	35	5	1	0	84	16	0	0	37	15	1	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 4 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Timur
Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Median : Tidak ada
Lebar Pendekat : 7,4 m

Tabel L-4.2 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Timur

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	06:00-06:15	14	1	1	0	51	8	0	0	8	1	0	0
2	06:15-06:30	16	2	1	0	61	7	0	0	10	4	1	0
3	06:30-06:45	24	2	0	0	75	9	0	0	9	5	0	0
4	06:45-07:00	32	4	0	0	87	12	0	0	14	2	0	0
5	07:00-07:15	38	6	0	0	93	13	2	0	14	4	0	0
6	07:15-07:30	55	6	1	0	101	17	0	0	22	1	0	0
7	07:30-07:45	77	9	1	0	103	16	0	0	19	3	0	0
8	07:45-08:00	65	12	0	0	121	18	0	0	26	5	0	0
9	08:00-08:15	45	9	0	0	97	11	0	0	21	2	0	0
10	08:15-08:30	41	6	0	0	87	5	1	0	18	1	0	0
11	08:30-08:45	37	6	1	0	66	5	1	0	19	2	0	0
12	08:45-09:00	35	7	0	0	71	6	1	0	25	1	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 4 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Selatan Median : Tidak ada
 Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan Lebar Pendekat : 7,2 m

Tabel L-4.3 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Selatan

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	06:00-06:15	20	0	0	0	76	16	0	0	23	4	1	0
2	06:15-06:30	16	0	0	0	75	14	0	0	28	3	0	0
3	06:30-06:45	22	0	0	0	88	19	0	0	37	4	0	0
4	06:45-07:00	36	0	0	0	76	24	0	0	48	7	0	0
5	07:00-07:15	36	0	0	0	98	28	0	0	47	7	0	0
6	07:15-07:30	45	4	0	0	117	28	0	0	56	10	1	0
7	07:30-07:45	33	3	0	0	136	45	0	0	54	8	1	0
8	07:45-08:00	57	2	0	0	145	37	1	0	52	16	0	0
9	08:00-08:15	43	2	0	0	145	19	1	0	65	12	0	0
10	08:15-08:30	33	6	0	0	135	20	0	0	47	6	0	0
11	08:30-08:45	31	5	0	0	79	22	1	0	47	5	0	0
12	08:45-09:00	29	3	2	0	82	18	0	0	45	3	2	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 4 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpeng : Barat
Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Median : Tidak ada
Lebar Pendekat : 7,4 m

Tabel L-4.4 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Barat

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	06:00-06:15	55	6	1	0	125	10	1	0	9	1	0	0
2	06:15-06:30	41	5	0	0	176	11	1	0	12	1	1	0
3	06:30-06:45	40	8	0	0	210	16	2	0	11	1	0	0
4	06:45-07:00	63	11	1	0	254	21	2	0	9	4	0	0
5	07:00-07:15	64	17	0	0	288	32	1	0	17	0	0	0
6	07:15-07:30	89	17	1	0	338	29	2	0	17	0	0	0
7	07:30-07:45	78	21	1	0	364	34	1	0	15	4	0	0
8	07:45-08:00	68	17	0	0	321	33	1	0	8	2	0	0
9	08:00-08:15	55	13	0	0	278	26	2	0	12	2	0	0
10	08:15-08:30	48	8	1	0	231	19	2	0	12	1	0	0
11	08:30-08:45	41	9	0	0	175	25	0	0	11	2	1	0
12	08:45-09:00	35	7	1	0	156	15	1	0	9	1	1	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 4 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Utara Median : Tidak ada
Lokasi Survei : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lebar Pendekat : 5,3 m

Tabel L-4.5 Data Volume Kendaraan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lengan Utara

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	06:00-06:15	58	8	0	0					27	5	0	0
2	06:15-06:30	80	6	1	0					46	4	0	0
3	06:30-06:45	74	11	0	0					40	5	1	0
4	06:45-07:00	97	4	1	0					64	8	1	0
5	07:00-07:15	90	8	0	0					67	10	3	0
6	07:15-07:30	121	8	0	0					100	10	0	0
7	07:30-07:45	158	12	1	0					149	8	2	0
8	07:45-08:00	141	5	0	0					118	7	0	0
9	08:00-08:15	139	17	2	0					89	14	2	0
10	08:15-08:30	104	11	0	0					78	12	0	0
11	08:30-08:45	88	22	0	0					85	7	2	0
12	08:45-09:00	82	10	1	0					72	14	1	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 4 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Timur Median : Tidak ada
 Lokasi Survei : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lebar Pendekat : 6,1 m

Tabel L-4.6 Data Volume Kendaraan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lengan Timur

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	06:00-06:15	101	8	0	0					30	0	1	0
2	06:15-06:30	110	12	1	0					39	3	1	0
3	06:30-06:45	106	15	1	0					36	4	0	0
4	06:45-07:00	112	17	5	0					48	7	1	0
5	07:00-07:15	150	16	2	0					51	3	2	0
6	07:15-07:30	151	22	1	0					55	7	1	0
7	07:30-07:45	182	27	6	0					45	5	0	0
8	07:45-08:00	198	23	4	0					55	5	1	0
9	08:00-08:15	199	32	3	0					55	9	2	0
10	08:15-08:30	171	33	0	0					50	5	1	0
11	08:30-08:45	189	33	3	0					58	15	0	0
12	08:45-09:00	167	42	6	0					56	8	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 4 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simping : Selatan Median : Tidak ada
 Lokasi Survei : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lebar Pendekat : 5,6 m

Tabel L-4.7 Data Volume Kendaraan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lengan Selatan

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	06:00-06:15	30	0	0	0					145	11	2	0
2	06:15-06:30	22	4	0	0					228	25	2	0
3	06:30-06:45	36	3	0	0					265	27	0	0
4	06:45-07:00	46	2	0	0					295	27	0	0
5	07:00-07:15	63	6	1	0					366	25	0	0
6	07:15-07:30	61	1	0	0					470	30	5	0
7	07:30-07:45	70	6	0	0					544	47	4	0
8	07:45-08:00	72	4	0	0					486	36	3	0
9	08:00-08:15	102	7	1	0					346	30	7	0
10	08:15-08:30	66	8	1	0					321	47	1	0
11	08:30-08:45	51	6	2	0					309	32	5	0
12	08:45-09:00	58	13	1	0					260	32	7	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

LAMPIRAN 5

Lampiran 5 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Utara
 Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Median : Tidak ada
 Lebar Pendekat : 7,2 m

Tabel L-5.1 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Utara

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	11:00-11:15	49	14	0	0	70	24	0	0	18	24	0	0
2	11:15-11:30	47	16	0	0	86	28	0	0	22	32	1	0
3	11:30-11:45	62	11	0	0	109	36	0	0	35	29	3	0
4	11:45-12:00	63	9	0	0	102	37	2	0	31	22	1	0
5	12:00-12:15	58	7	0	0	121	42	1	0	45	18	2	0
6	12:15-12:30	41	10	0	0	139	25	1	0	9	23	0	0
7	12:30-12:45	31	7	0	0	116	26	0	0	14	25	0	0
8	12:45-13:00	38	4	0	0	106	18	0	0	18	19	1	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 5 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Timur
 Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Median : Tidak ada
 Lebar Pendekat : 7,4 m

Tabel L-5.2 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Timur

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	11:00-11:15	21	2	0	0	73	19	0	0	15	8	0	0
2	11:15-11:30	28	6	0	0	89	22	1	0	22	11	0	0
3	11:30-11:45	31	9	0	0	98	37	2	0	22	15	0	0
4	11:45-12:00	33	9	0	0	102	33	2	0	26	15	0	0
5	12:00-12:15	34	14	0	0	118	44	3	0	18	13	0	0
6	12:15-12:30	29	11	0	0	105	44	1	0	24	13	0	0
7	12:30-12:45	22	11	0	0	89	31	0	0	18	11	0	0
8	12:45-13:00	22	7	0	0	80	29	2	0	12	11	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 5 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Selatan
 Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Median : Tidak ada
 Lebar Pendekat : 7,2 m

Tabel L-5.3 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Selatan

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	11:00-11:15	18	2	0	0	64	15	0	0	47	1	0	0
2	11:15-11:30	21	4	0	0	66	22	0	0	55	6	0	0
3	11:30-11:45	24	7	0	0	77	24	0	0	66	2	0	0
4	11:45-12:00	22	3	0	0	86	23	2	0	59	5	0	0
5	12:00-12:15	34	8	0	0	97	29	2	0	42	9	0	0
6	12:15-12:30	25	2	0	0	83	23	1	0	45	3	1	0
7	12:30-12:45	23	2	1	0	65	25	1	0	41	5	0	0
8	12:45-13:00	22	6	1	0	55	21	1	0	37	1	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 5 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Barat
 Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Median : Tidak ada
 Lebar Pendekat : 7,4 m

Tabel L-5.4 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Barat

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	11:00-11:15	97	15	0	0	125	22	1	0	13	2	0	0
2	11:15-11:30	132	12	1	0	119	31	1	0	9	2	0	0
3	11:30-11:45	124	16	2	0	149	45	0	0	13	0	0	0
4	11:45-12:00	141	22	1	0	184	46	2	0	17	2	0	0
5	12:00-12:15	135	18	3	0	158	66	1	0	13	1	0	0
6	12:15-12:30	145	12	0	0	142	68	1	0	15	1	0	0
7	12:30-12:45	139	11	1	0	109	47	0	0	11	0	0	0
8	12:45-13:00	127	5	2	0	89	32	1	0	12	1	1	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 5 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Utara
 Lokasi Survei : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

Median : Tidak ada
 Lebar Pendekat : 5,3 m

Tabel L-5.5 Data Volume Kendaraan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lengan Utara

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	11:00-11:15	54	15	0	0					54	7	0	0
2	11:15-11:30	67	6	1	0					56	14	0	0
3	11:30-11:45	51	16	0	0					55	7	0	0
4	11:45-12:00	59	15	0	0					45	10	0	0
5	12:00-12:15	50	14	0	0					64	13	0	0
6	12:15-12:30	66	8	0	0					62	14	0	0
7	12:30-12:45	72	11	0	0					54	9	0	0
8	12:45-13:00	81	15	0	0					68	9	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 5 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Timur
Lokasi Survei : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan

Median : Tidak ada
Lebar Pendekat : 6,1 m

Tabel L-5.6 Data Volume Kendaraan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lengan Timur

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	11:00-11:15	183	52	6	0					64	6	0	0
2	11:15-11:30	183	72	3	0					71	14	1	0
3	11:30-11:45	169	52	6	0					64	10	2	0
4	11:45-12:00	206	54	5	0					68	14	1	0
5	12:00-12:15	181	49	9	0					87	15	2	0
6	12:15-12:30	228	45	5	0					101	11	0	0
7	12:30-12:45	188	54	1	0					62	12	5	0
8	12:45-13:00	217	55	6	0					68	16	1	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 5 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Selatan Median : Tidak ada
 Lokasi Survei : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lebar Pendekat : 5,6 m

Tabel L-5.7 Data Volume Kendaraan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lengan Selatan

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	11:00-11:15	64	9	3	0					151	52	4	0
2	11:15-11:30	51	8	2	0					173	37	6	0
3	11:30-11:45	71	12	1	0					181	46	7	0
4	11:45-12:00	67	8	2	0					157	35	3	0
5	12:00-12:15	64	9	1	0					182	33	6	0
6	12:15-12:30	63	8	1	0					164	38	3	0
7	12:30-12:45	48	11	2	0					160	49	2	0
8	12:45-13:00	46	10	2	0					187	38	2	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

LAMPIRAN 6

Lampiran 6 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Utara Median : Tidak ada
 Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan Lebar Pendekat : 7,2 m

Tabel L-6.1 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Utara

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	15:00-15:15	31	7	1	0	67	30	0	0	21	14	2	0
2	15:15-15:30	21	8	2	0	71	31	1	0	23	15	2	0
3	15:30-15:45	31	7	0	0	67	31	0	0	22	15	0	0
4	15:45-16:00	36	11	0	0	88	33	1	0	45	24	2	0
5	16:00-16:15	54	11	0	0	74	41	1	0	62	13	2	0
6	16:15-16:30	53	9	1	0	95	34	2	0	78	17	1	0
7	16:30-16:45	56	8	1	0	99	37	1	0	73	14	1	0
8	16:45-17:00	46	12	0	0	89	44	1	0	67	21	0	0
9	17:00-17:15	37	15	0	0	92	32	1	0	60	13	2	0
10	17:15-17:30	32	5	0	0	80	25	0	0	51	14	1	0
11	17:30-17:45	32	3	0	0	75	17	1	0	43	14	1	0
12	17:45-18:00	28	3	0	0	65	14	0	0	32	11	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 6 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Timur
Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Median : Tidak ada
Lebar Pendekat : 7,4 m

Tabel L-6.2 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Timur

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	15:00-15:15	54	9	0	0	135	34	0	0	35	9	0	0
2	15:15-15:30	55	11	1	0	147	31	1	0	34	10	1	0
3	15:30-15:45	54	9	0	0	159	31	0	0	37	11	1	0
4	15:45-16:00	46	12	0	0	166	40	1	0	42	13	0	0
5	16:00-16:15	45	18	0	0	198	40	3	0	45	13	0	0
6	16:15-16:30	54	21	0	0	230	55	1	0	35	13	0	0
7	16:30-16:45	56	25	0	0	260	57	1	0	28	15	0	0
8	16:45-17:00	39	27	1	0	310	66	0	0	22	17	0	0
9	17:00-17:15	39	21	1	0	275	54	0	0	19	11	0	0
10	17:15-17:30	43	24	0	0	266	52	0	0	21	10	0	0
11	17:30-17:45	31	18	0	0	210	51	0	0	22	8	0	0
12	17:45-18:00	25	12	1	0	143	38	0	0	20	6	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 6 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Barat
Lokasi Survei : Simpang 4 Cebongan

Median : Tidak ada
Lebar Pendekat : 7,4 m

Tabel L-6.4 Data Volume Kendaraan Simpang 4 Cebongan Lengan Barat

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	15:00-15:15	45	13	1	0	115	40	1	0	18	5	1	0
2	15:15-15:30	44	15	0	0	116	38	1	0	26	3	0	0
3	15:30-15:45	46	16	0	0	119	45	0	0	27	1	0	0
4	15:45-16:00	58	17	1	0	128	52	1	0	28	5	0	0
5	16:00-16:15	68	22	0	0	177	22	0	0	16	2	0	0
6	16:15-16:30	57	24	0	0	186	66	1	0	32	2	1	0
7	16:30-16:45	47	18	0	0	169	71	3	0	37	0	0	0
8	16:45-17:00	45	23	1	0	175	45	2	0	30	0	1	0
9	17:00-17:15	35	12	1	0	154	41	1	0	30	4	2	0
10	17:15-17:30	35	10	0	0	129	33	1	0	21	2	0	0
11	17:30-17:45	23	9	0	0	111	19	1	0	18	2	1	0
12	17:45-18:00	21	8	1	0	100	20	0	0	19	2	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 6 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simpang : Utara Median : Tidak ada
 Lokasi Survei : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lebar Pendekat : 5,3 m

Tabel L-6.5 Data Volume Kendaraan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lengan Utara

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	15:00-15:15	62	17	0	0					52	8	0	0
2	15:15-15:30	61	13	0	0					75	7	2	0
3	15:30-15:45	87	7	1	0					87	16	0	0
4	15:45-16:00	69	11	0	0					81	10	0	0
5	16:00-16:15	72	3	0	0					108	10	0	0
6	16:15-16:30	75	15	0	0					86	12	1	0
7	16:30-16:45	71	15	1	0					79	7	1	0
8	16:45-17:00	79	10	1	0					55	12	1	0
9	17:00-17:15	77	9	0	0					95	9	0	0
10	17:15-17:30	93	9	0	0					60	11	1	0
11	17:30-17:45	66	11	1	0					69	4	0	0
12	17:45-18:00	46	5	0	0					37	5	0	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 6 Data Survei Lalu Lintas Hari Sabtu Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)

FORMULIR SURVEI SIMPANG

Lengan Simping : Timur Median : Tidak ada
 Lokasi Survei : Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lebar Pendekat : 6,1 m

Tabel L-6.6 Data Volume Kendaraan Simpang 3 Taman Ringin Cebongan Lengan Timur

No.	Periode Waktu	Jenis kendaraan (kend/15 menit)											
		Belok Kiri				Lurus				Belok Kanan			
		SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB	SM	MP	KS	KTB
1	15:00-15:15	282	70	1	0					98	12	2	0
2	15:15-15:30	316	40	5	0					125	18	0	0
3	15:30-15:45	339	51	4	0					118	10	1	0
4	15:45-16:00	381	64	2	0					106	11	1	0
5	16:00-16:15	411	61	4	0					124	10	2	0
6	16:15-16:30	504	58	1	0					134	12	1	0
7	16:30-16:45	433	46	3	0					131	11	0	0
8	16:45-17:00	409	44	2	0					123	7	0	0
9	17:00-17:15	348	58	2	0					110	15	1	0
10	17:15-17:30	389	51	3	0					110	8	0	0
11	17:30-17:45	331	59	1	0					119	14	0	0
12	17:45-18:00	297	42	1	0					94	12	1	0

Keterangan:

MC: Sepeda Motor MP: Mobil Penumpang KS: Kendaraan Sedang KTB: Kendaraan Tidak Bermotor

LAMPIRAN 7

Lampiran 7 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Senin Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

Tabel L-7.1 Data Kecepatan Ruas Jalan Kebon Agung (Barat ke Timur)

Senin, 25 September 2023													
Waktu Pengamatan	Panjang Segmen (m)	SM				MP				KS			
		No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)
Pagi	50	1	3,48	14,38	51,76	1	4,16	12,01	43,24	1	4,63	10,81	38,92
		2	2,82	17,74	63,88	2	5,35	9,34	33,63	2	4,13	12,11	43,60
		3	2,92	17,12	61,63	3	4,03	12,39	44,62	3	4,46	11,20	40,34
		4	3,92	12,75	45,89	4	3,51	14,24	51,26	4	9,38	5,33	19,19
		5	3,24	15,44	55,60	5	5,99	8,35	30,07	5	4,80	10,41	37,46
		6	4,43	11,29	40,65	6	3,92	12,75	45,89	6	5,71	8,75	31,51
		7	3,45	14,49	52,15	7	4,56	10,97	39,50	7	5,15	9,71	34,97
		8	3,49	14,31	51,51	8	3,84	13,03	46,91	8	6,68	7,48	26,94
		9	3,07	16,31	58,70	9	5,08	9,84	35,44	9	4,84	10,33	37,20
		10	3,29	15,20	54,73	10	4,41	11,34	40,81	10	3,84	13,03	46,91
		11	3,28	15,24	54,87	11	5,04	9,93	35,74	11	4,78	10,46	37,66
		12	3,64	13,74	49,45	12	6,88	7,27	26,17	12	4,02	12,45	44,81
		13	4,56	10,97	39,50	13	4,63	10,81	38,92	13	4,77	10,48	37,73
		14	2,66	18,77	67,57	14	4,63	10,81	38,92	14	4,75	10,54	37,93
		15	3,58	13,97	50,28	15	4,51	11,08	39,88	15	4,88	10,24	36,87
		16	4,50	11,12	40,03	16	4,51	11,10	39,95	16	5,48	9,12	32,84
		17	2,91	17,17	61,81	17	4,48	11,16	40,18	17	5,46	9,16	32,99
		18	4,26	11,75	42,29	18	4,91	10,19	36,68	18	4,98	10,03	36,11
		19	4,01	12,47	44,91	19	4,72	10,59	38,14	19	4,52	11,06	39,80
		20	3,82	13,09	47,12	20	4,03	12,42	44,71	20	5,98	8,36	30,11
		21	3,82	13,09	47,12	21	5,34	9,36	33,68	21	4,54	11,01	39,65
		22	5,40	9,27	33,36	22	4,57	10,95	39,43	22	5,49	9,11	32,79
		23	3,98	12,55	45,20	23	4,88	10,24	36,87	23			
		24	4,08	12,26	44,15	24	3,86	12,94	46,60	24			
		25	3,01	16,63	59,87	25	4,10	12,19	43,87	25			
		26	4,44	11,27	40,57	26	4,50	11,12	40,03	26			
		27	2,72	18,36	66,09	27	4,68	10,69	38,49	27			
		28	4,92	10,15	36,55	28	4,74	10,56	38,00	28			
		29	4,37	11,45	41,21	29	6,04	8,28	29,81	29			
		30	4,80	10,41	37,46	30	4,67	10,71	38,56	30			

Lampiran 7 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Senin Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

Tabel L-7.2 Data Kecepatan Ruas Jalan Kebon Agung (Timur ke Barat)

Senin, 25 September 2023													
Waktu Pengamatan	Panjang Segmen (m)	SM				MP				KS			
		No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)
Pagi	50	1	3,81	13,13	47,28	1	4,41	11,34	40,82	1	5,52	9,06	32,63
		2	3,18	15,74	56,66	2	4,71	10,62	38,24	2	5,94	8,42	30,30
		3	2,72	18,40	66,23	3	5,13	9,75	35,09	3	3,94	12,68	45,66
		4	3,62	13,82	49,75	4	5,31	9,42	33,90	4	4,87	10,27	36,97
		5	3,53	14,17	51,02	5	2,88	17,36	62,50	5	5,32	9,40	33,84
		6	3,39	14,74	53,05	6	3,65	13,72	49,38	6	4,02	12,43	44,74
		7	3,98	12,57	45,25	7	4,10	12,18	43,86	7	6,07	8,24	29,67
		8	5,16	9,70	34,90	8	4,02	12,43	44,74	8	6,08	8,22	29,59
		9	3,65	13,72	49,38	9	4,59	10,89	39,22	9	6,08	8,23	29,63
		10	3,47	14,43	51,95	10	4,60	10,87	39,14	10	4,42	11,31	40,73
		11	3,87	12,92	46,51	11	5,81	8,60	30,96	11	5,95	8,40	30,26
		12	3,63	13,79	49,63	12	4,57	10,94	39,37	12	4,75	10,52	37,88
		13	4,77	10,48	37,74	13	4,30	11,62	41,84	13	5,95	8,40	30,26
		14	3,32	15,06	54,20	14	3,90	12,83	46,19	14	6,08	8,22	29,59
		15	2,78	17,98	64,72	15	5,27	9,48	34,13	15	5,41	9,24	33,28
		16	4,28	11,67	42,02	16	5,17	9,68	34,84	16	4,89	10,23	36,83
		17	3,14	15,92	57,31	17	4,86	10,29	37,04	17	4,77	10,48	37,74
		18	3,18	15,74	56,66	18	4,91	10,18	36,64	18	5,29	9,45	34,01
		19	3,33	15,02	54,05	19	3,70	13,52	48,66	19	5,47	9,14	32,89
		20	3,51	14,25	51,28	20	5,88	8,51	30,63	20	4,79	10,44	37,59
		21	4,13	12,10	43,57	21	3,72	13,45	48,43	21	4,50	11,11	40,00
		22	4,71	10,62	38,24	22	3,85	12,98	46,73	22	4,89	10,23	36,83
		23	4,80	10,42	37,52	23	3,94	12,68	45,66	23	6,30	7,94	28,57
		24	4,14	12,08	43,48	24	4,67	10,70	38,54	24	5,83	8,57	30,86
		25	4,08	12,26	44,15	25	4,84	10,33	37,17	25	4,57	10,94	39,37
		26	4,28	11,67	42,02	26	3,70	13,52	48,66	26	3,83	13,07	47,06
		27	4,29	11,65	41,93	27	5,13	9,75	35,09	27	6,25	8,01	28,82
		28	4,33	11,55	41,58	28	4,24	11,80	42,46	28			
		29	3,98	12,57	45,25	29	4,32	11,57	41,67	29			
		30	4,26	11,75	42,28	30	4,48	11,16	40,16	30			

LAMPIRAN 8

Lampiran 8 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Senin Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

Tabel L-8.1 Data Kecepatan Ruas Jalan Kebon Agung (Barat ke Timur)

Senin, 25 September 2023													
Waktu Pengamatan	Panjang Segmen (m)	SM				MP				KS			
		No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)
Siang	50	1	3,85	12,97	46,70	1	3,86	12,94	46,60	1	4,54	11,01	39,65
		2	4,90	10,21	36,74	2	5,72	8,74	31,46	2	5,49	9,11	32,79
		3	3,11	16,08	57,89	3	5,38	9,30	33,46	3	4,33	11,54	41,53
		4	4,39	11,38	40,97	4	5,65	8,85	31,84	4	6,04	8,28	29,81
		5	5,46	9,16	32,99	5	4,42	11,31	40,73	5	5,81	8,61	31,00
		6	5,71	8,75	31,51	6	5,40	9,27	33,36	6	5,16	9,68	34,85
		7	4,84	10,33	37,20	7	5,17	9,67	34,79	7	5,12	9,76	35,14
		8	4,32	11,58	41,70	8	5,52	9,05	32,58	8	5,44	9,19	33,10
		9	4,45	11,23	40,41	9	5,02	9,96	35,86	9	5,52	9,06	32,63
		10	4,68	10,69	38,49	10	3,81	13,12	47,23	10	4,95	10,10	36,36
		11	5,60	8,93	32,13	11	5,29	9,45	34,01	11	4,89	10,22	36,81
		12	6,08	8,22	29,60	12	4,67	10,71	38,56	12	5,18	9,65	34,74
		13	3,74	13,36	48,09	13	4,29	11,65	41,95	13	6,02	8,30	29,89
		14	4,18	11,96	43,07	14	4,21	11,87	42,71	14	5,36	9,33	33,57
		15	4,68	10,69	38,49	15	4,30	11,63	41,86	15	4,32	11,58	41,70
		16	3,07	16,31	58,70	16	4,20	11,91	42,89	16	5,07	9,86	35,50
		17	4,13	12,11	43,60	17	5,00	10,00	35,99	17	6,20	8,06	29,03
		18	4,14	12,09	43,51	18	4,58	10,91	39,28	18	5,07	9,86	35,50
		19	3,91	12,80	46,09	19	3,77	13,27	47,76	19	4,48	11,16	40,18
		20	5,01	9,98	35,92	20	4,29	11,65	41,95	20	4,69	10,67	38,42
		21	3,15	15,86	57,11	21	6,45	7,75	27,91	21	5,29	9,45	34,01
		22	3,94	12,69	45,69	22	3,87	12,92	46,50	22	4,79	10,44	37,60
		23	3,02	16,54	59,53	23	6,44	7,76	27,95	23	4,32	11,58	41,70
		24	3,90	12,83	46,19	24	4,52	11,06	39,80	24	5,37	9,31	33,52
		25	3,73	13,42	48,31	25	5,53	9,04	32,53	25	6,68	7,48	26,94
		26	3,92	12,75	45,89	26	3,84	13,03	46,91	26			
		27	3,78	13,24	47,65	27	3,82	13,09	47,12	27			
		28	3,82	13,09	47,12	28	4,51	11,08	39,88	28			
		29	3,98	12,55	45,20	29	4,44	11,27	40,57	29			
		30	3,88	12,89	46,39	30	4,45	11,25	40,49	30			

Lampiran 8 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Senin Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

Tabel L-8.2 Data Kecepatan Ruas Jalan Kebon Agung (Timur ke Barat)

Senin, 25 September 2023													
Waktu Pengamatan	Panjang Segmen (m)	SM				MP				KS			
		No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)
Siang	50	1	3,13	15,96	57,47	1	3,57	13,99	50,38	1	4,53	11,04	39,76
		2	3,29	15,18	54,64	2	4,35	11,50	41,41	2	4,51	11,09	39,92
		3	4,35	11,50	41,41	3	4,91	10,19	36,70	3	5,20	9,61	34,60
		4	4,05	12,35	44,44	4	3,85	12,98	46,73	4	6,15	8,13	29,28
		5	6,45	7,75	27,89	5	4,51	11,09	39,92	5	6,49	7,71	27,74
		6	4,16	12,03	43,29	6	5,11	9,78	35,21	6	5,37	9,31	33,50
		7	4,66	10,73	38,61	7	3,83	13,07	47,06	7	7,78	6,43	23,15
		8	5,18	9,65	34,72	8	4,58	10,91	39,29	8	5,97	8,38	30,17
		9	2,95	16,94	60,98	9	4,57	10,94	39,37	9	4,19	11,95	43,01
		10	4,73	10,58	38,10	10	4,55	11,00	39,60	10	7,22	6,93	24,94
		11	3,40	14,70	52,91	11	4,13	12,10	43,57	11	4,57	10,94	39,37
		12	3,56	14,06	50,63	12	4,19	11,95	43,01	12	6,45	7,75	27,89
		13	4,14	12,08	43,48	13	4,10	12,21	43,96	13	6,60	7,58	27,29
		14	3,48	14,36	51,68	14	4,35	11,50	41,41	14	5,37	9,31	33,50
		15	3,03	16,49	59,35	15	5,90	8,47	30,49	15	5,76	8,68	31,25
		16	3,72	13,45	48,43	16	6,17	8,11	29,20	16	4,51	11,09	39,92
		17	7,38	6,78	24,39	17	3,66	13,65	49,14	17	6,04	8,28	29,81
		18	4,15	12,05	43,38	18	4,66	10,73	38,61	18	6,04	8,28	29,81
		19	4,05	12,35	44,44	19	5,38	9,29	33,44	19	4,45	11,25	40,49
		20	4,05	12,35	44,44	20	3,63	13,79	49,63	20	5,60	8,93	32,15
		21	4,05	12,35	44,44	21	4,64	10,77	38,76	21	7,95	6,29	22,65
		22	4,19	11,95	43,01	22	4,29	11,65	41,93	22			
		23	4,44	11,27	40,57	23	4,55	10,98	39,53	23			
		24	3,86	12,95	46,62	24	5,09	9,83	35,40	24			
		25	2,93	17,09	61,54	25	3,83	13,07	47,06	25			
		26	4,82	10,36	37,31	26	4,53	11,04	39,76	26			
		27	3,83	13,04	46,95	27	2,82	17,75	63,90	27			
		28	3,65	13,68	49,26	28	4,10	12,21	43,96	28			
		29	3,40	14,70	52,91	29	5,36	9,32	33,56	29			
		30	4,14	12,08	43,48	30	4,39	11,38	40,98	30			

LAMPIRAN 9

Lampiran 9 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Senin Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)

Tabel L-9.1 Data Kecepatan Ruas Jalan Kebon Agung (Barat ke Timur)

Senin, 25 September 2023													
Waktu Pengamatan	Panjang Segmen (m)	SM				MP				KS			
		No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)
Sore	50	1	4,69	10,65	38,35	1	3,77	13,27	47,76	1	6,47	7,73	27,84
		2	3,18	15,74	56,65	2	4,61	10,85	39,06	2	4,88	10,24	36,87
		3	2,95	16,92	60,92	3	3,62	13,80	49,68	3	5,24	9,54	34,34
		4	2,51	19,92	71,73	4	5,81	8,61	31,00	4	4,47	11,18	40,26
		5	4,03	12,39	44,62	5	3,74	13,36	48,09	5	6,60	7,58	27,29
		6	3,73	13,42	48,31	6	4,24	11,79	42,46	6	7,13	7,01	25,23
		7	3,22	15,53	55,89	7	5,32	9,40	33,84	7	4,59	10,89	39,21
		8	3,55	14,10	50,76	8	5,61	8,91	32,09	8	4,18	11,96	43,07
		9	2,95	16,92	60,92	9	6,74	7,42	26,70	9	5,82	8,58	30,91
		10	5,79	8,64	31,09	10	5,65	8,85	31,84	10	3,98	12,55	45,20
		11	6,09	8,21	29,56	11	5,08	9,84	35,44	11	4,57	10,93	39,36
		12	3,77	13,27	47,76	12	5,19	9,63	34,68	12	6,54	7,64	27,51
		13	3,94	12,69	45,69	13	6,18	8,10	29,15	13	5,82	8,58	30,91
		14	4,74	10,56	38,00	14	3,75	13,33	47,98	14	5,66	8,83	31,79
		15	5,14	9,73	35,03	15	3,32	15,05	54,16	15	4,57	10,95	39,43
		16	3,82	13,09	47,12	16	4,08	12,26	44,15	16	5,05	9,89	35,62
		17	5,03	9,94	35,80	17	3,49	14,34	51,64	17	6,99	7,15	25,75
		18	5,05	9,89	35,62	18	3,85	12,97	46,70	18	4,55	10,99	39,58
		19	2,51	19,92	71,73	19	3,30	15,16	54,59	19	3,92	12,75	45,89
		20	3,36	14,89	53,61	20	4,46	11,20	40,34	20	6,95	7,20	25,91
		21	2,88	17,37	62,55	21	6,14	8,14	29,31	21	4,78	10,46	37,66
		22	3,01	16,63	59,87	22	3,71	13,48	48,54	22	4,63	10,81	38,92
		23	3,88	12,89	46,39	23	4,89	10,22	36,81	23	4,77	10,48	37,73
		24	4,21	11,89	42,80	24	4,24	11,79	42,46	24	6,30	7,94	28,59
		25	2,71	18,47	66,51	25	3,44	14,52	52,28	25	4,98	10,05	36,17
		26	4,29	11,65	41,95	26	3,82	13,09	47,12	26	3,92	12,75	45,89
		27	3,95	12,66	45,59	27	5,22	9,59	34,51	27	6,06	8,25	29,68
		28	3,12	16,04	57,74	28	4,80	10,41	37,46	28	6,85	7,30	26,27
		29	2,49	20,06	72,22	29	4,26	11,75	42,29	29			
		30	2,79	17,91	64,47	30	4,66	10,73	38,63	30			

Lampiran 9 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Senin Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)

Tabel L-9.2 Data Kecepatan Ruas Jalan Kebon Agung (Timur ke Barat)

Senin, 25 September 2023													
Waktu Pengamatan	Panjang Segmen (m)	SM				MP				KS			
		No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)
Sore	50	1	3,27	15,30	55,10	1	4,06	12,32	44,35	1	4,90	10,21	36,76
		2	4,71	10,62	38,24	2	3,64	13,75	49,50	2	4,32	11,57	41,67
		3	3,30	15,14	54,50	3	6,06	8,25	29,72	3	4,46	11,22	40,40
		4	4,15	12,05	43,38	4	4,92	10,16	36,56	4	6,57	7,61	27,40
		5	3,96	12,63	45,45	5	4,41	11,34	40,82	5	7,36	6,79	24,45
		6	4,37	11,43	41,15	6	4,37	11,43	41,15	6	7,23	6,92	24,91
		7	4,01	12,48	44,94	7	3,94	12,68	45,66	7	4,39	11,38	40,98
		8	4,88	10,25	36,90	8	6,89	7,26	26,14	8	5,32	9,40	33,84
		9	3,76	13,29	47,85	9	5,49	9,11	32,79	9	4,78	10,46	37,66
		10	4,05	12,35	44,44	10	5,56	8,99	32,36	10	4,30	11,62	41,84
		11	4,73	10,56	38,02	11	3,92	12,74	45,87	11	5,19	9,63	34,66
		12	2,69	18,58	66,89	12	4,62	10,83	38,99	12	5,81	8,61	31,01
		13	3,80	13,16	47,39	13	4,66	10,73	38,61	13	6,79	7,37	26,53
		14	4,42	11,31	40,73	14	4,28	11,67	42,02	14	5,65	8,85	31,85
		15	4,16	12,03	43,29	15	4,55	11,00	39,60	15	5,72	8,74	31,45
		16	3,09	16,20	58,31	16	4,77	10,48	37,74	16	7,81	6,40	23,04
		17	4,91	10,19	36,70	17	4,86	10,29	37,04	17	4,96	10,08	36,30
		18	4,92	10,16	36,56	18	4,28	11,70	42,11	18	5,36	9,34	33,61
		19	3,16	15,83	56,98	19	4,30	11,62	41,84	19	5,35	9,35	33,67
		20	5,57	8,98	32,31	20	4,64	10,77	38,76	20	4,55	11,00	39,60
		21	3,27	15,30	55,10	21	3,34	14,97	53,91	21	5,09	9,83	35,40
		22	3,78	13,23	47,62	22	4,67	10,70	38,54	22	5,31	9,42	33,90
		23	4,53	11,04	39,76	23	4,77	10,48	37,74	23			
		24	5,63	8,89	32,00	24	4,35	11,50	41,41	24			
		25	5,35	9,35	33,67	25	4,09	12,24	44,05	25			
		26	5,43	9,21	33,17	26	3,58	13,96	50,25	26			
		27	3,78	13,23	47,62	27	3,33	15,02	54,05	27			
		28	4,10	12,18	43,86	28	3,98	12,57	45,25	28			
		29	5,15	9,71	34,97	29	3,27	15,30	55,10	29			
		30	5,25	9,53	34,31	30	3,33	15,02	54,05	30			

LAMPIRAN 10

Lampiran 10 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Sabtu Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

Tabel L-10.1 Data Kecepatan Ruas Jalan Kebon Agung (Barat ke Timur)

Sabtu, 23 September 2023													
Waktu Pengamatan	Panjang Segmen (m)	SM				MP				KS			
		No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)
Pagi	50	1	3,25	15,40	55,45	1	4,21	11,89	42,80	1	9,59	5,21	18,76
		2	4,37	11,45	41,21	2	5,85	8,55	30,77	2	4,21	11,89	42,80
		3	5,59	8,94	32,18	3	4,89	10,22	36,81	3	9,00	5,55	20,00
		4	4,21	11,89	42,80	4	5,72	8,74	31,46	4	4,75	10,54	37,93
		5	2,90	17,22	61,99	5	4,73	10,58	38,07	5	6,25	8,00	28,79
		6	3,09	16,17	58,22	6	10,86	4,60	16,57	6	5,28	9,48	34,12
		7	7,01	7,13	25,66	7	3,87	12,92	46,50	7	6,08	8,22	29,60
		8	8,91	5,61	20,21	8	7,45	6,71	24,16	8	5,62	8,90	32,04
		9	6,99	7,15	25,75	9	3,86	12,94	46,60	9	6,31	7,92	28,52
		10	4,57	10,93	39,36	10	5,40	9,27	33,36	10	5,05	9,89	35,62
		11	4,39	11,38	40,97	11	4,70	10,63	38,28	11	5,09	9,83	35,38
		12	3,69	13,54	48,76	12	5,94	8,41	30,28	12	5,68	8,80	31,70
		13	4,09	12,21	43,97	13	4,31	11,61	41,78	13	6,48	7,72	27,80
		14	3,36	14,89	53,61	14	5,34	9,37	33,73	14	9,98	5,01	18,04
		15	6,83	7,32	26,37	15	5,70	8,78	31,60	15	6,71	7,45	26,81
		16	3,32	15,05	54,16	16	3,97	12,61	45,39	16	8,08	6,19	22,29
		17	3,11	16,08	57,89	17	5,29	9,45	34,01	17	5,44	9,19	33,10
		18	4,11	12,16	43,78	18	4,51	11,10	39,95	18	4,91	10,19	36,68
		19	4,25	11,77	42,37	19	4,97	10,07	36,23	19	4,76	10,50	37,80
		20	4,92	10,15	36,55	20	4,87	10,26	36,93	20	4,57	10,93	39,36
		21	3,94	12,69	45,69	21	3,73	13,39	48,20	21	4,89	10,22	36,81
		22	4,61	10,85	39,06	22	7,19	6,95	25,02	22			
		23	4,11	12,16	43,78	23	4,69	10,65	38,35	23			
		24	4,52	11,06	39,80	24	4,92	10,15	36,55	24			
		25	3,32	15,05	54,16	25	5,50	9,09	32,73	25			
		26	5,22	9,57	34,45	26	7,34	6,81	24,52	26			
		27	3,39	14,74	53,07	27	4,63	10,79	38,85	27			
		28	5,70	8,77	31,56	28	4,22	11,84	42,63	28			
		29	4,16	12,01	43,24	29	5,42	9,22	33,20	29			
		30	4,70	10,63	38,28	30	6,73	7,43	26,74	30			

Lampiran 10 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Sabtu Sesi 1 (06:00-09:00 WIB)

Tabel L-10.2 Data Kecepatan Ruas Jalan Kebon Agung (Timur ke Barat)

Sabtu, 23 September 2023													
Waktu Pengamatan	Panjang Segmen (m)	SM				MP				KS			
		No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)
Pagi	50	1	4,13	12,10	43,57	1	4,10	12,18	43,86	1	6,04	8,28	29,81
		2	8,47	5,90	21,25	2	7,12	7,02	25,28	2	5,27	9,50	34,19
		3	5,11	9,78	35,21	3	5,84	8,56	30,82	3	6,51	7,68	27,66
		4	5,00	10,01	36,04	4	7,37	6,78	24,42	4	4,78	10,46	37,66
		5	3,17	15,78	56,82	5	5,90	8,47	30,49	5	4,94	10,12	36,43
		6	6,93	7,22	25,97	6	4,44	11,27	40,57	6	4,86	10,29	37,04
		7	5,99	8,35	30,08	7	5,33	9,38	33,78	7	3,95	12,66	45,56
		8	5,34	9,37	33,73	8	4,82	10,36	37,31	8	4,26	11,75	42,28
		9	4,42	11,31	40,73	9	5,04	9,92	35,71	9	5,22	9,58	34,48
		10	4,49	11,13	40,08	10	3,45	14,51	52,22	10	5,70	8,78	31,60
		11	3,24	15,43	55,56	11	6,26	7,98	28,74	11	4,87	10,27	36,97
		12	5,98	8,37	30,12	12	3,21	15,56	56,02	12	3,94	12,68	45,66
		13	4,64	10,79	38,83	13	4,87	10,27	36,97	13	4,43	11,29	40,65
		14	5,28	9,46	34,07	14	4,35	11,50	41,41	14	4,75	10,52	37,88
		15	4,91	10,19	36,70	15	2,93	17,04	61,35	15	3,87	12,92	46,51
		16	3,35	14,93	53,76	16	5,30	9,43	33,96	16	7,11	7,03	25,32
		17	6,53	7,65	27,55	17	4,95	10,10	36,36	17	4,47	11,18	40,24
		18	3,79	13,20	47,51	18	4,36	11,48	41,32	18	6,03	8,29	29,85
		19	4,65	10,75	38,68	19	9,73	5,14	18,50	19	4,71	10,62	38,24
		20	3,91	12,80	46,08	20	4,29	11,65	41,93	20	5,31	9,42	33,90
		21	3,47	14,39	51,81	21	5,81	8,61	31,01	21	6,63	7,54	27,14
		22	4,91	10,18	36,63	22	8,24	6,07	21,83	22	8,19	6,11	21,98
		23	7,46	6,70	24,13	23	5,46	9,15	32,95	23	6,90	7,24	26,08
		24	3,53	14,17	51,02	24	6,07	8,24	29,67	24	4,42	11,31	40,73
		25	5,50	9,09	32,73	25	6,16	8,12	29,24	25			
		26	3,43	14,58	52,49	26	4,73	10,58	38,10	26			
		27	3,44	14,54	52,36	27	3,93	12,71	45,77	27			
		28	6,11	8,18	29,46	28	5,54	9,02	32,47	28			
		29	3,50	14,28	51,41	29	8,09	6,18	22,25	29			
		30	4,30	11,62	41,84	30	4,49	11,13	40,08	30			

LAMPIRAN 11

Lampiran 11 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Sabtu Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

Tabel L-11.1 Data Kecepatan Ruas Jalan Kebon Agung (Barat ke Timur)

Sabtu, 23 September 2023													
Waktu Pengamatan	Panjang Segmen (m)	SM				MP				KS			
		No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)
Siang	50	1	4,75	10,54	37,93	1	3,51	14,24	51,26	1	4,21	11,87	42,71
		2	2,74	18,24	65,67	2	4,91	10,19	36,68	2	4,39	11,38	40,97
		3	3,25	15,40	55,45	3	5,23	9,55	34,40	3	4,37	11,45	41,21
		4	4,25	11,77	42,37	4	5,62	8,90	32,04	4	4,93	10,13	36,49
		5	4,27	11,72	42,20	5	3,59	13,93	50,16	5	4,37	11,45	41,21
		6	3,19	15,69	56,49	6	4,01	12,47	44,91	6	6,17	8,11	29,19
		7	2,67	18,71	67,36	7	5,03	9,94	35,80	7	5,39	9,28	33,41
		8	3,97	12,61	45,39	8	3,83	13,06	47,02	8	4,44	11,27	40,57
		9	3,52	14,20	51,13	9	4,55	10,99	39,58	9	5,82	8,60	30,95
		10	3,65	13,70	49,33	10	5,10	9,81	35,32	10	5,09	9,83	35,38
		11	3,79	13,18	47,44	11	4,28	11,68	42,03	11	4,89	10,22	36,81
		12	3,61	13,87	49,92	12	4,48	11,16	40,18	12	7,16	6,98	25,14
		13	2,56	19,52	70,29	13	3,58	13,97	50,28	13	4,79	10,44	37,60
		14	3,61	13,83	49,80	14	4,91	10,19	36,68	14	5,91	8,46	30,46
		15	4,05	12,34	44,43	15	3,72	13,45	48,42	15	4,49	11,14	40,11
		16	4,64	10,77	38,77	16	4,90	10,21	36,74	16	5,40	9,27	33,36
		17	3,52	14,20	51,13	17	5,02	9,96	35,86	17	7,59	6,59	23,72
		18	3,75	13,33	47,98	18	6,18	8,10	29,15	18	5,80	8,62	31,04
		19	5,42	9,22	33,20	19	8,87	5,63	20,29	19	6,34	7,89	28,40
		20	5,02	9,96	35,86	20	5,11	9,78	35,20	20			
		21	2,83	17,69	63,68	21	6,08	8,22	29,60	21			
		22	3,91	12,77	45,99	22	3,97	12,58	45,29	22			
		23	4,27	11,70	42,12	23	4,75	10,54	37,93	23			
		24	4,51	11,10	39,95	24	4,81	10,39	37,39	24			
		25	4,69	10,67	38,42	25	5,40	9,25	33,31	25			
		26	6,18	8,10	29,15	26	3,83	13,06	47,02	26			
		27	4,38	11,42	41,13	27	3,61	13,87	49,92	27			
		28	3,01	16,58	59,70	28	4,01	12,47	44,91	28			
		29	3,23	15,48	55,74	29	5,40	9,25	33,31	29			
		30	2,85	17,53	63,11	30	8,26	6,06	21,80	30			

Lampiran 11 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Sabtu Sesi 2 (11:00-13:00 WIB)

Tabel L-11.2 Data Kecepatan Ruas Jalan Kebon Agung (Timur ke Barat)

Sabtu, 23 September 2023													
Waktu Pengamatan	Panjang Segmen (m)	SM				MP				KS			
		No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)
Siang	50	1	5,50	9,09	32,73	1	6,16	8,12	29,24	1	3,87	12,92	46,51
		2	3,43	14,58	52,49	2	4,73	10,58	38,10	2	7,11	7,03	25,32
		3	3,44	14,54	52,36	3	3,93	12,71	45,77	3	4,47	11,18	40,24
		4	6,11	8,18	29,46	4	5,54	9,02	32,47	4	6,03	8,29	29,85
		5	3,50	14,28	51,41	5	8,09	6,18	22,25	5	4,71	10,62	38,24
		6	4,30	11,62	41,84	6	4,49	11,13	40,08	6	5,31	9,42	33,90
		7	6,84	7,31	26,32	7	5,12	9,76	35,15	7	6,63	7,54	27,14
		8	5,06	9,89	35,59	8	5,80	8,63	31,06	8	8,19	6,11	21,98
		9	5,25	9,53	34,31	9	5,28	9,46	34,07	9	6,90	7,24	26,08
		10	4,88	10,25	36,90	10	4,37	11,45	41,24	10	4,42	11,31	40,73
		11	5,04	9,92	35,71	11	5,59	8,95	32,21	11	4,40	11,36	40,90
		12	5,76	8,68	31,25	12	4,94	10,12	36,43	12	4,33	11,55	41,58
		13	2,82	17,75	63,90	13	4,73	10,56	38,02	13	4,98	10,05	36,17
		14	3,45	14,51	52,22	14	5,05	9,90	35,65	14	6,40	7,81	28,13
		15	4,86	10,29	37,04	15	7,04	7,10	25,58	15	4,65	10,75	38,68
		16	4,60	10,87	39,14	16	5,24	9,55	34,36	16	4,92	10,16	36,56
		17	5,26	9,51	34,25	17	6,03	8,29	29,85	17	3,14	15,92	57,31
		18	4,68	10,68	38,46	18	4,19	11,92	42,92	18	4,40	11,36	40,90
		19	6,73	7,43	26,74	19	6,78	7,38	26,56	19	6,63	7,54	27,14
		20	4,17	12,00	43,20	20	4,23	11,82	42,55	20	4,13	12,10	43,57
		21	4,37	11,43	41,15	21	4,37	11,45	41,24	21	6,71	7,45	26,81
		22	3,97	12,60	45,35	22	4,67	10,70	38,54	22	3,99	12,54	45,15
		23	4,85	10,31	37,11	23	4,86	10,29	37,04	23	4,78	10,46	37,66
		24	3,92	12,74	45,87	24	5,88	8,51	30,63	24			
		25	5,03	9,94	35,78	25	5,62	8,90	32,05	25			
		26	5,27	9,48	34,13	26	3,59	13,92	50,13	26			
		27	3,80	13,16	47,39	27	7,11	7,03	25,32	27			
		28	4,79	10,44	37,59	28	9,27	5,39	19,42	28			
		29	4,18	11,97	43,10	29	5,27	9,48	34,13	29			
		30	4,61	10,85	39,06	30	7,01	7,13	25,67	30			

LAMPIRAN 12

Lampiran 12 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Sabtu Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)

Tabel L-12.1 Data Kecepatan Ruas Jalan Kebon Agung (Barat ke Timur)

Sabtu, 23 September 2023													
Waktu Pengamatan	Panjang Segmen (m)	SM				MP				KS			
		No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)
Sore	50	1	3,52	14,20	51,13	1	4,55	10,99	39,58	1	4,21	11,87	42,71
		2	3,65	13,70	49,33	2	5,10	9,81	35,32	2	4,39	11,38	40,97
		3	3,79	13,18	47,44	3	4,28	11,68	42,03	3	4,37	11,45	41,21
		4	3,61	13,87	49,92	4	4,48	11,16	40,18	4	4,93	10,13	36,49
		5	2,56	19,52	70,29	5	3,58	13,97	50,28	5	4,37	11,45	41,21
		6	3,61	13,83	49,80	6	4,91	10,19	36,68	6	6,17	8,11	29,19
		7	4,05	12,34	44,43	7	3,72	13,45	48,42	7	5,39	9,28	33,41
		8	3,52	14,20	51,13	8	5,02	9,96	35,86	8	4,44	11,27	40,57
		9	3,75	13,33	47,98	9	6,18	8,10	29,15	9	5,82	8,60	30,95
		10	5,42	9,22	33,20	10	8,87	5,63	20,29	10	5,09	9,83	35,38
		11	5,02	9,96	35,86	11	5,11	9,78	35,20	11	4,89	10,22	36,81
		12	2,85	17,53	63,11	12	6,08	8,22	29,60	12	7,16	6,98	25,14
		13	3,91	12,77	45,99	13	3,97	12,58	45,29	13	4,79	10,44	37,60
		14	4,27	11,70	42,12	14	4,75	10,54	37,93	14	5,91	8,46	30,46
		15	4,69	10,67	38,42	15	5,40	9,25	33,31	15	4,49	11,14	40,11
		16	6,18	8,10	29,15	16	3,83	13,06	47,02	16	5,40	9,27	33,36
		17	4,38	11,42	41,13	17	3,61	13,87	49,92	17	7,59	6,59	23,72
		18	3,01	16,58	59,70	18	4,01	12,47	44,91	18	5,80	8,62	31,04
		19	3,23	15,48	55,74	19	5,40	9,25	33,31	19	6,34	7,89	28,40
		20	2,85	17,53	63,11	20	8,26	6,06	21,80	20			
		21	2,88	17,37	62,55	21	6,71	7,45	26,81	21			
		22	5,08	9,84	35,44	22	7,98	6,26	22,55	22			
		23	4,66	10,73	38,63	23	9,28	5,39	19,39	23			
		24	3,88	12,89	46,39	24	5,39	9,28	33,41	24			
		25	3,61	13,83	49,80	25	4,10	12,19	43,87	25			
		26	4,11	12,16	43,78	26	7,47	6,69	24,10	26			
		27	4,27	11,72	42,20	27	5,70	8,78	31,60	27			
		28	3,56	14,03	50,52	28	4,63	10,81	38,92	28			
		29	4,73	10,58	38,07	29	3,99	12,53	45,10	29			
		30	3,82	13,09	47,12	30	5,66	8,83	31,79	30			

Lampiran 12 Data Kecepatan pada Ruas Jalan Kebon Agung Hari Sabtu Sesi 3 (15:00-18:00 WIB)

Tabel L-12.2 Data Kecepatan Ruas Jalan Kebon Agung (Timur ke Barat)

Sabtu, 23 September 2023													
Waktu Pengamatan	Panjang Segmen (m)	SM				MP				KS			
		No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)	No.	Waktu Tempuh (det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (km/jam)
Sore	50	1	4,79	10,44	37,59	1	4,82	10,36	37,31	1	6,06	8,25	29,72
		2	5,27	9,50	34,19	2	5,84	8,56	30,82	2	5,27	9,48	34,13
		3	4,37	11,45	41,24	3	7,79	6,42	23,09	3	4,17	12,00	43,20
		4	5,01	9,97	35,91	4	5,36	9,34	33,61	4	4,86	10,29	37,04
		5	3,73	13,42	48,31	5	7,74	6,46	23,26	5	7,95	6,29	22,65
		6	4,74	10,54	37,95	6	9,12	5,48	19,74	6	5,25	9,53	34,31
		7	3,37	14,85	53,48	7	4,67	10,70	38,54	7	7,54	6,63	23,87
		8	3,91	12,80	46,08	8	4,25	11,77	42,37	8	6,97	7,18	25,84
		9	3,14	15,92	57,31	9	5,50	9,09	32,73	9	5,72	8,74	31,45
		10	3,93	12,71	45,77	10	6,50	7,69	27,70	10	6,17	8,10	29,15
		11	3,88	12,89	46,40	11	5,82	8,59	30,91	11	5,27	9,48	34,13
		12	3,28	15,26	54,95	12	11,89	4,21	15,14	12	6,25	8,01	28,82
		13	3,71	13,48	48,54	13	4,77	10,48	37,74	13			
		14	5,04	9,92	35,71	14	4,09	12,24	44,05	14			
		15	4,47	11,18	40,24	15	4,06	12,32	44,35	15			
		16	3,00	16,68	60,06	16	3,40	14,70	52,91	16			
		17	4,14	12,08	43,48	17	4,17	12,00	43,20	17			
		18	4,28	11,67	42,02	18	5,24	9,55	34,36	18			
		19	5,27	9,50	34,19	19	6,89	7,25	26,11	19			
		20	3,11	16,06	57,80	20	5,10	9,80	35,27	20			
		21	4,06	12,32	44,35	21	5,75	8,69	31,30	21			
		22	3,73	13,42	48,31	22	4,97	10,06	36,23	22			
		23	5,10	9,80	35,27	23	4,10	12,18	43,86	23			
		24	4,21	11,87	42,74	24	4,28	11,67	42,02	24			
		25	4,73	10,58	38,10	25	5,57	8,98	32,31	25			
		26	3,39	14,74	53,05	26	4,81	10,40	37,45	26			
		27	4,15	12,05	43,38	27	5,59	8,95	32,21	27			
		28	5,12	9,76	35,15	28	5,36	9,34	33,61	28			
		29	4,26	11,75	42,28	29	7,66	6,53	23,50	29			
		30	4,61	10,85	39,06	30	8,44	5,92	21,32	30			

LAMPIRAN 13

Lampiran 13 Data Panjang Antrean dan Tundaan Hari Senin

Tabel L-13.1 Data Panjang Antrean dan Tundaan Hari Senin

Sesi	Waktu	Simpang 3 Taman Ringin Cebongan					
		Lengan Selatan		Lengan Timur		Lengan Timur	
		Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik)	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik)	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik)
Pagi	06:00-06:15	22,94	62,06	39,01	12,40	40,04	7,41
	06:15-06:30	30,58	62,82	62,42	18,88	60,06	8,89
	06:30-06:45	22,94	58,45	102,14	46,78	112,60	17,79
	06:45-07:00	24,47	68,25	98,36	31,82	125,74	23,35
	07:00-07:15	29,05	81,43	75,66	29,74	115,11	20,01
	07:15-07:30	25,99	89,89	79,44	26,08	108,85	22,10
	07:30-07:45	25,23	92,60	68,09	30,27	124,40	21,44
	07:45-08:00	25,23	70,99	60,80	34,92	90,08	18,76
	08:00-08:15	19,11	70,71	61,90	26,58	100,09	17,42
	08:15-08:30	21,79	91,81	56,74	15,92	95,09	18,90
Siang	08:30-08:45	19,11	49,33	90,79	22,15	154,43	27,16
	08:45-09:00	17,58	74,07	54,56	19,60	162,15	28,35
	11:00-11:15	16,06	42,05	52,01	21,66	58,05	16,05
	11:15-11:30	20,64	32,79	137,60	33,84	78,07	17,03
	11:30-11:45	21,79	53,72	88,66	34,36	70,06	16,17
	11:45-12:00	25,39	44,67	82,75	30,42	92,09	19,61
	12:00-12:15	21,79	60,38	37,83	24,42	184,17	27,05
	12:15-12:30	25,23	51,37	75,66	27,96	140,13	27,09
	12:30-12:45	24,57	85,46	68,09	11,54	132,12	24,77
	12:45-13:00	20,64	35,82	101,33	28,19	143,21	27,36
Sore	15:00-15:15	23,89	48,39	53,91	12,84	122,11	25,35
	15:15-15:30	25,23	54,37	109,43	23,29	143,70	31,89
	15:30-15:45	29,82	46,78	37,83	32,72	111,92	23,57
	15:45-16:00	33,64	49,17	90,27	20,09	83,41	23,74
	16:00-16:15	32,11	102,24	156,04	46,96	112,10	26,33
	16:15-16:30	33,64	96,42	129,70	42,72	184,17	32,52
	16:30-16:45	32,88	100,23	170,23	17,45	85,08	17,56
	16:45-17:00	23,89	67,13	102,85	16,80	120,11	15,97
	17:00-17:15	24,08	63,44	92,21	9,49	110,10	17,68
	17:15-17:30	25,80	50,02	60,29	17,45	66,06	20,09
17:30-17:45	17,64	51,94	56,74	23,71	146,80	29,79	
17:45-18:00	22,94	45,11	61,47	16,23	124,40	24,98	

LAMPIRAN 14

Lampiran 14 Data Panjang Antrean dan Tundaan Hari Sabtu

Tabel L-14.1 Data Panjang Antrean dan Tundaan Hari Sabtu

Sesi	Waktu	Simpang 3 Taman Ringin Cebongan					
		Lengan Utara		Lengan Timur		Lengan Selatan	
		Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik)	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik)	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik)
Pagi	06:00-06:15	20,64	55,86	35,11	11,16	36,03	6,67
	06:15-06:30	27,52	56,54	56,18	17,00	54,05	8,00
	06:30-06:45	20,64	52,61	91,92	42,10	101,34	16,01
	06:45-07:00	22,02	61,42	88,52	28,64	113,17	21,01
	07:00-07:15	26,15	73,28	68,09	26,77	103,60	18,01
	07:15-07:30	23,40	80,90	71,50	23,47	97,97	19,89
	07:30-07:45	22,71	83,34	61,28	27,25	111,96	19,30
	07:45-08:00	22,71	63,89	54,72	31,42	81,07	16,89
	08:00-08:15	17,20	63,64	55,71	23,92	90,08	15,68
	08:15-08:30	19,61	82,63	51,07	14,33	85,58	17,01
Siang	08:30-08:45	17,20	44,40	81,71	19,93	138,99	24,44
	08:45-09:00	15,83	66,66	49,10	17,64	145,93	25,52
	11:00-11:15	14,45	37,84	46,81	19,50	52,25	14,44
	11:15-11:30	18,58	29,51	123,84	30,46	70,26	15,32
	11:30-11:45	19,61	48,35	79,80	30,92	63,06	14,55
	11:45-12:00	22,85	40,20	74,48	27,38	82,88	17,65
	12:00-12:15	19,61	54,34	34,05	21,98	165,75	24,34
	12:15-12:30	22,71	46,23	68,09	25,16	126,12	24,38
	12:30-12:45	22,12	76,92	61,28	10,38	118,91	22,30
	12:45-13:00	18,58	32,23	91,19	25,37	128,89	24,62
Sore	15:00-15:15	21,50	43,55	48,52	11,56	109,90	22,82
	15:15-15:30	22,71	48,93	98,49	20,96	129,33	28,70
	15:30-15:45	26,84	42,10	34,05	29,45	100,73	21,21
	15:45-16:00	30,28	44,26	81,25	18,08	75,07	21,36
	16:00-16:15	28,90	92,02	140,44	42,26	100,89	23,70
	16:15-16:30	30,28	86,77	116,73	38,45	165,75	29,27
	16:30-16:45	29,59	90,20	153,21	15,71	76,57	15,80
	16:45-17:00	21,50	60,42	92,56	15,12	108,10	14,38
	17:00-17:15	21,67	57,09	82,99	8,54	99,09	15,91
	17:15-17:30	23,22	45,01	54,26	15,71	59,45	18,08
17:30-17:45	15,88	46,74	51,07	21,34	132,12	26,81	
17:45-18:00	20,64	40,60	55,32	14,61	111,96	22,48	

LAMPIRAN 15

Lampiran 15 Dokumentasi survei Penelitian



Gambar L-15.1 Pemasangan CCTV untuk Survei Volume Lalu Lintas



Gambar L-15.2 Survei Panjang Antrean dan Tundaan pada Simpang



Gambar L-15.3 Survei Kecepatan pada Ruas



Gambar L-15.4 Survei *Driving Behavior*



Gambar L-15.5 Volume Lalu Lintas



Gambar L-15.6 Foto Bersama Surveyor