

TUGAS AKHIR

EVALUASI DAN PENINGKATAN KINERJA SIMPANG BERSINYAL DENGUNG SLEMAN (*PERFORMANCE EVALUATION AND IMPROVEMENT OF SIGNALIZED INTERSECTION AT DENGUNG SLEMAN*)

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



**Bachrul Andriansyah Purnama
18511242**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

TUGAS AKHIR

EVALUASI DAN OPTIMASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL DENGUNG SLEMAN (*PERFORMANCE EVALUATION AND IMPROVEMENT OF SIGNALIZED INTERSECTION AT DENGUNG SLEMAN*)

Disusun oleh

Bachrul Andriansyah Purnama
18511242

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

Diuji pada tanggal 9 November 2022

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing

Aisyah Nur Jannah, S.T., M.Sc.
NIK: 205111301

Penguji I

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

Penguji II

Pravogo Afang Pravitno, S.T., M.Sc.
NIK: 205111303

Mengesahkan,



Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil

Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 8 November 2022

Yang membuat pernyataan,



Bachrul/Andriansyah Purnama
(18511242)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahuwata'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Deggung Sleman" dengan sebaik-baiknya. Tak lupa shalawat serta salam penulis haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam.

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh derajat sarjana teknik sipil. Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah terlibat dan memberikan dukungan sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai. Berkaitan dengan hal tersebut penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak sebagai berikut.

1. Ibu Aisyah Nur Jannah, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, memberikan saran, nasihat selama proses penyusunan Tugas Akhir, dan selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Transportasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji dalam Sidang Tugas Akhir.
3. Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji dalam Sidang Tugas Akhir.
4. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Bambang Purnomo dan Ibu Astuti Widiyawati selaku orang tua penulis, Alifa Indriastuti Purnama Sari dan Tabitha Ainunnisa Purnama selaku saudara

penulis yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungannya sehingga Tugas Akhir dapat diselesaikan.

6. Sabilla Putri Ramdani yang telah memberikan doa dan bantuan selama penyusunan Tugas Akhir.
7. Teman-teman Teknik Sipil UII 2018 yang telah memberikan kesan selama mengenyam bangku kuliah dan memberikan bantuannya dalam penyusunan Tugas Akhir.
8. Pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam proses penyusunan Tugas Akhir.

Penulis menyadari Tugas Akhir ini masih belum sempurna. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membaca. Wassalamualaikum Warakhmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 8 November 2022

Penulis,



Bachrul Andriansyah Purnama
(18511242)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum	4
2.2 Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dan Alternatif Penanganannya	4
2.3 Pemodelan Lalu Lintas Menggunakan <i>Software VISSIM</i>	6
2.4 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	7
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Persimpangan	12
3.2 Simpang Bersinyal	12
3.3 Arus Lalu Lintas	13
3.4 Arus Jenuh	14

3.4.1	Arus Jenuh Dasar	15
3.4.2	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota	15
3.4.3	Faktor Penyesuaian Hambatan Samping	16
3.4.4	Faktor Penyesuaian Kelandaian	20
3.4.5	Faktor Penyesuaian Parkir	21
3.4.6	Faktor Penyesuaian Belok Kanan	22
3.4.7	Faktor Penyesuaian Belok Kiri	23
3.5	Rasio Arus/Rasio Arus Jenuh	24
3.6	Penentuan Waktu Sinyal	25
3.6.1	Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (C_{ua})	25
3.6.2	Waktu hijau	26
3.6.3	Waktu siklus yang disesuaikan	27
3.7	Kapasitas	27
3.8	Derajat Kejenuhan	28
3.9	Perilaku Lalu Lintas	28
3.9.1	Panjang Antrean	28
3.9.2	Kendaraan Terhenti	31
3.9.3	Tundaan	32
3.10	Tingkat Pelayanan Simpang	34
3.11	Pemodelan Lalu Lintas dengan <i>Software VISSIM</i>	36
3.12	Validasi Data	41
3.13	Prediksi Volume Lalu Lintas Mendatang	43
BAB IV METODE PENELITIAN		44
4.1	Lokasi Penelitian	44
4.2	Data Penelitian	44
4.2	Metode Pengambilan Data	45
4.2.1	Alat yang Digunakan	50
4.2.2	Waktu Pelaksanaan Survei	50
4.3	Analisis Data	51
4.4	Bagan Alir Penelitian	51

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	54
5.1 Data Hasil Pengamatan	54
5.1.1 Data Volume Lalu Lintas	54
5.1.2 Data Waktu Siklus Simpang	57
5.1.3 Data Geometri Simpang	59
5.1.4 Data Kecepatan Kendaraan	61
5.1.5 Data <i>Driving Behavior</i>	62
5.1.6 Panjang Antrean	63
5.1.7 Hambatan Samping	63
5.2 Analisis Kinerja Simpang Deggung Berdasarkan MKJI 1997	66
5.2.1 Perhitungan Arus Jenuh	68
5.2.2 Perhitungan Kapasitas	73
5.2.3 Derajat Kejenuhan	74
5.2.4 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas	75
5.3 Alternatif Solusi dengan Pemodelan VISSIM	83
5.3.1 Pemodelan Simpang Deggung pada Kondisi Eksisting	83
5.3.2 Alternatif Solusi 1	91
5.3.3 Alternatif Solusi 2	97
5.3.4 Alternatif Solusi 3	105
5.3.5 Alternatif Solusi 4	112
5.3.6 Perbandingan Alternatif Solusi	120
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	132
6.1 Kesimpulan	132
6.2 Saran	133
DAFTAR PUSTAKA	134
LAMPIRAN	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Konflik-Konflik Utama dan Kedua pada Simpang Bersinyal Empat Lengan	13
Gambar 3.2 Hambatan Samping Sangat Rendah pada Jalan Perkotaan	17
Gambar 3.3 Hambatan Samping Rendah pada Jalan Perkotaan	18
Gambar 3.4 Hambatan Samping Sedang pada Jalan Perkotaan	18
Gambar 3.5 Hambatan Samping Tinggi pada Jalan Perkotaan	19
Gambar 3. 6 Hambatan Samping Sangat Tinggi pada Jalan Perkotaan	19
Gambar 3.7 Faktor Kelandaian	20
Gambar 3.8 Faktor Koreksi Parkir	21
Gambar 3.9 Faktor Penyesuaian Belok Kanan	22
Gambar 3.10 Faktor Penyesuaian Belok Kiri	23
Gambar 3.11 Grafik Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian	25
Gambar 3.12 Grafik Antrian Tersisa	29
Gambar 3.13 Peluang untuk Pembebanan Lebih (P_{OL})	30
Gambar 4.1 Lokasi Simpang Deggung	44
Gambar 4.2 Lokasi Pengamatan Survei Volume Lalu Lintas	46
Gambar 4.3 Lokasi Survei Kecepatan Kendaraan	48
Gambar 4.4 Lokasi Survei Driving Behavior	49
Gambar 4.5 Bagan Alir Penelitian	52
Gambar 5.1 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Pagi	56
Gambar 5.2 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Siang	56
Gambar 5.3 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Sore	57
Gambar 5.4 Diagram Waktu Siklus Simpang Deggung Kondisi Eksisting	58
Gambar 5.5 Pembagian Fase Simpang Deggung Kondisi Eksisting	59
Gambar 5.6 Geometri Simpang Deggung	60
Gambar 5.7 Hambatan Samping Jalan Magelang (Utara)	64
Gambar 5.8 Hambatan Samping Jalan KRT Pringgodiningrat	64

Gambar 5.9 Hambatan Samping Jalan Magelang (Selatan)	65
Gambar 5.10 Hambatan Samping Jalan Gito Gati	65
Gambar 5.11 Distribusi Arus Lalu Lintas pada Jam Puncak	66
Gambar 5.12 Tampilan 3D Sebelum Kalibrasi	85
Gambar 5.13 Tampilan 3D Setelah Kalibrasi	85
Gambar 5. 14 Tampilan 3D Simpang Deggung	85
Gambar 5.15 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 1	92
Gambar 5.16 Pembagian Fase Simpang Deggung Alternatif Solusi 1	93
Gambar 5.17 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 2	100
Gambar 5.18 Pembagian Fase Simpang Deggung Alternatif Solusi 2	101
Gambar 5.19 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 3	107
Gambar 5.20 Pembagian Fase Simpang Deggung Alternatif Solusi 3	108
Gambar 5.21 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 4	115
Gambar 5.22 Pembagian Fase Simpang Deggung Alternatif Solusi 4	116
Gambar 5.23 Perbandingan Waktu Hijau	121
Gambar 5.24 Perbandingan Waktu Siklus	122
Gambar 5.25 Histogram Perbandingan Derajat Kejenuhan	123
Gambar 5.26 Histogram Perbandingan Panjang Antrean	125
Gambar 5.27 Histogram Perbandingan Tundaan Simpang	126

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	8
Tabel 3.1 Faktor Ekuivalensi Mobil Penumpang	14
Tabel 3.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota	15
Tabel 3.3 Faktor Hambatan Samping	16
Tabel 3.4 Kelas Hambatan Samping Jalan Perkotaan	17
Tabel 3.5 Waktu Siklus yang Disarankan	26
Tabel 3.6 Tingkat Pelayanan Pada Simpang Bersinyal	34
Tabel 3.7 Kesimpulan Hasil Rumus GEH	42
Tabel 3.8 Kesimpulan Uji MAPE	43
Tabel 4.1 Data Penelitian	45
Tabel 5.1 Volume Lalu Lintas Simpang Deggung	54
Tabel 5.2 Pembagian Waktu Sinyal Simpang Deggung	58
Tabel 5.3 Data Geometri Simpang Deggung	60
Tabel 5.4 Data Kecepatan Kendaraan	61
Tabel 5.5 Data Driving Behavior	62
Tabel 5.6 Panjang Antrean Jam Puncak	63
Tabel 5.7 Volume Lalu Lintas Jam Puncak	67
Tabel 5.8 Faktor Penyesuaian Kelandaian	70
Tabel 5. 9 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh	72
Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas	73
Tabel 5. 11 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan	75
Tabel 5.12 Rekapitulasi Pelayanan Simpang	82
Tabel 5. 13 Perubahan Parameter Driving Behavior	84
Tabel 5.14 Hasil Uji GEH dalam Proses Kalibrasi	86
Tabel 5.15 Kesimpulan Hasil Uji GEH	86
Tabel 5.16 Hasil Uji MAPE dalam Proses Validasi Panjang Antrean	87
Tabel 5.17 Kesimpulan Hasil Uji MAPE Setelah Kalibrasi	88

Tabel 5.18 Panjang Antrean Berdasarkan Pemodelan VISSIM	88
Tabel 5.19 Tundaan Berdasarkan Pemodelan VISSIM	89
Tabel 5.20 Tingkat Pelayanan Simpang	90
Tabel 5.21 Perbandingan Panjang Antrean	90
Tabel 5.22 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 1	92
Tabel 5.23 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 1	95
Tabel 5.24 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 1	95
Tabel 5.25 Tundaan pada Alternatif Solusi 1	96
Tabel 5.26 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 1	96
Tabel 5.27 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 2	100
Tabel 5.28 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 2	103
Tabel 5.29 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 2	103
Tabel 5.30 Tundaan pada Alternatif Solusi 2	104
Tabel 5.31 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 2	104
Tabel 5.32 Penentuan Waktu Hijau pada Alternatif Solusi 3	105
Tabel 5.33 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 3	106
Tabel 5.34 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 3	110
Tabel 5.35 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 3	110
Tabel 5.36 Tundaan pada Alternatif Solusi 3	111
Tabel 5.37 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 3	111
Tabel 5.38 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 4	115
Tabel 5.39 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 4	118
Tabel 5.40 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 4	118
Tabel 5.41 Tundaan pada Alternatif Solusi 4	119
Tabel 5.42 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 4	119
Tabel 5.43 Perbandingan Waktu Hijau	120
Tabel 5.44 Perbandingan Waktu Siklus	121

Tabel 5.45 Perbandingan Derajat Kejenuhan	123
Tabel 5.46 Perbandingan Panjang Antrean	124
Tabel 5.47 Persentase Perbandingan Panjang Antrean	124
Tabel 5.48 Perbandingan Nilai Tundaan Simpang	126
Tabel 5.49 Persentase Perbandingan Tundaan Simpang	126
Tabel 5.50 Perbandingan Tingkat Pelayanan	127
Tabel 5.51 Volume Lalu Lintas Jalan Magelang Tahun 2018	128
Tabel 5.52 Volume Lalu Lintas Jalan Magelang Tahun 2022	129
Tabel 5.53 Rekapitulasi Nilai Derajat Kejenuhan Tiap Tahun	131



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Volume Lalu Lintas	137
Lampiran 2 Data Panjang Antrean	146
Lampiran 3 Data Kecepatan Kendaraan	157
Lampiran 4 Data <i>Driving Behavior</i>	163



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

emp	= Ekvivalen mobil penumpang
smp	= Satuan mobil penumpang
Tipe 0	= Arus berangkat terlawan
Tipe P	= Arus berangkat terlindung
ST	= Lurus
LT	= Belok kiri
RT	= Belok kanan
LTOR	= Belok kiri langsung
Q	= Arus lalu lintas
S	= Arus jenuh
S ₀	= Arus jenuh dasar
F	= Faktor penyesuaian
C	= Kapasitas
DS	= Derajat kejenuhan
GR	= Rasio hijau
All Red	= Waktu merah semua
Amber	= Waktu kuning
IG	= Antar hijau
LTI	= Waktu hilang
QL	= Panjang antrian
NQ	= Antrian
NS	= Angka henti
D	= Tundaan

ABSTRAK

Jalan Magelang yang terletak di Kabupaten Sleman merupakan salah satu jalan yang mengalami peningkatan volume lalu lintas. Jalan tersebut merupakan jalan arteri primer yang menghubungkan Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. Seiring dengan meningkatnya volume lalu lintas di jalan tersebut, maka sering terjadi kemacetan di beberapa titik. Salah satu titik kemacetan terletak pada persimpangan jalan. Simpang Deggung merupakan salah satu simpang yang sering terjadi kemacetan. Simpang tersebut mempertemukan Jalan Magelang, Jalan Gito Gati, dan Jalan KRT Pringgodingrat. Kondisi simpang tersebut saat ini mulai mengalami kemacetan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja Simpang Deggung pada kondisi eksisting dan alternatif solusi penanganan pada simpang tersebut. Proses analisis dilakukan berdasarkan MKJI 1997 dan *Highway Capacity Manual* (HCM) serta pemodelan dengan *software* VISSIM.

Simpang Deggung pada kondisi eksisting memiliki waktu siklus sebesar 174 detik dengan 4 fase. Tiap pendekatan memiliki fase tersendiri dan pada pendekatan selatan memiliki LTOR. Derajat kejenuhan (DS) untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 0,92, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 0,56, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,95, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 1,01. Panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 248,58 m, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 93,94 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 271,22 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 220,49 m. Waktu tundaan simpang sebesar 90,88 detik/smp dengan tingkat pelayanan F.

Alternatif solusi berupa pengaturan 5 fase simpang dan penyesuaian waktu siklus menjadi 153 detik merupakan alternatif yang paling efektif. Tiap pendekatan memiliki fase sendiri. Pada pendekatan utara dan selatan ketika lurus dan belok kiri memiliki waktu hijau bersamaan. Pada pendekatan selatan memiliki LTOR. Derajat kejenuhan pada Jalan Magelang (utara) sebesar 0,67, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 0,68, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,73, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 0,69. Panjang antrean pada Jalan Magelang (utara) sebesar 53,32 m, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 48,12 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 69,61 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 51,09 m. Waktu tundaan simpang sebesar 58,83 detik dengan tingkat pelayanan E.

Kata Kunci: MKJI 1997, Simpang bersinyal, VISSIM

ABSTRACT

Magelang Street located in the Sleman Regency is one of the streets that encounter an increasing volume of traffic. The street is the primary arterial road that connected Daerah Istimewa Yogyakarta Province and Central Java. Along with the increasing volume of traffic on the said road, hence the traffic jam in certain points. One of those certain points is located in the intersection. Simpang Deggung is one of the intersections whereas the traffic jam usually takes place. The intersection connects Magelang Street, Gito Gati Street, and KRT Pringgodingrat Street. Traffic jams occur as a current condition of the intersection. This research aims to know the performance of Simpang Deggung in the existing condition and to find an alternative solution for it. Analytical processes were executed based on MKJI 1997 and Highway Capacity Manual (HCM) also VISSIM software model.

In the existing condition, Simpang Deggung has a cycle time is 174 seconds with 4 phases. The degree of saturation (DS) score for Magelang Street (north) is 0.92, KRT Pringgodingrat Street (west) is 0.56, Magelang Street (south) is 0.95, and Gito Gati Street (east) is 1.01. The queue length for Magelang Street (north) is 248.58 m, KRT Pringgodingrat Street (west) is 93.94 m, Magelang Street (south) is 271.22 m, and Gito Gati Street (east) is 220.49 m. The intersection delay time is 90.88 seconds with level of service is F.

The alternative solutions that formed by 5 phase of intersection and adjusting the cycle time to 153 seconds is most effective alternative. Each approach has own phase. On the north and south approach when going straight and left turn have the same green time. On the south approach has LTOR. The degree of saturation (DS) on the Magelang Street (north) is 0.67, KRT Pringgodingrat Street (west) is 0.68, Magelang Street (south) is 0.73, and Gito Gati Street (east) is 0.69. The queue length for Magelang Street (north) is 53.32 m, KRT Pringgodingrat Street (west) is 48.12 m, Magelang Street (south) is 69.61 m, and Gito Gati Street (east) is 51.09 m. The intersection delay time is 58.83 seconds with level of service is E.

Keywords: *MKJI 1997, Signalized intersection, VISSIM*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Sleman merupakan salah satu kabupaten di Daerah Istimewa Yogyakarta yang mengalami peningkatan volume lalu lintas. Hal tersebut disebabkan oleh meningkatnya jumlah kendaraan pada kabupaten tersebut. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman (2022), jumlah kendaraan di Kabupaten Sleman pada tahun 2021 sebesar 42.736 kendaraan. Jumlah tersebut meningkat sebesar 5,38 % dari tahun sebelumnya. Selain itu, Sleman merupakan salah satu tujuan wisata yang menyebabkan kendaraan dari berbagai daerah sering menuju obyek wisata yang ada di kabupaten tersebut sehingga terjadi kemacetan di beberapa ruas jalan.

Jalan Magelang yang terletak di Kabupaten Sleman merupakan salah satu jalan yang mengalami peningkatan volume lalu lintas. Jalan tersebut merupakan jalan arteri primer yang menghubungkan Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. Seiring dengan meningkatnya volume lalu lintas di jalan tersebut, maka sering terjadi kemacetan di beberapa titik. Salah satu titik kemacetan terletak pada persimpangan jalan.

Menurut Hobbs (1995), persimpangan jalan adalah simpul transportasi yang berbentuk dari beberapa pendekat di mana arus kendaraan dari beberapa pendekat tersebut bertemu dan memencar meninggalkan persimpangan. Adanya simpang dapat menyebabkan konflik antar kendaraan sehingga perlu dilakukan pengaturan dengan baik. Salah satu prasarana untuk mengatur simpang yaitu dengan adanya Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Meskipun dalam suatu simpang sudah terdapat APILL, tetapi seiring dengan pertumbuhan lalu lintas dapat menyebabkan simpang menjadi jenuh dan mengalami kemacetan.

Simpang Deggung merupakan salah satu simpang yang sering terjadi kemacetan. Simpang tersebut mempertemukan Jalan Magelang, Jalan Gito Gati, dan Jalan KRT Pringgodiningrat. Jalan Magelang merupakan jalan arteri nasional

yang menghubungkan Jawa Tengah dengan Daerah Istimewa Yogyakarta. Pribadi (2019) dalam jurnal berjudul Evaluasi Kinerja Simpang Empat Bersinyal Jalan Parasamya – Jalan Magelang – Yogyakarta – Jalan Pendowoharjo Sleman, Yogyakarta menyatakan bahwa pada Jalan Magelang yang terletak pada simpang tersebut memiliki nilai derajat kejenuhan sebesar 1,20 untuk lengan barat laut dan 1,07 untuk lengan tenggara. Jalan KRT Pringgodingrat yang terletak di sebelah barat simpang merupakan salah satu akses menuju pusat perkantoran dan pelayanan pemerintah kabupaten Sleman. Jalan Gito Gati merupakan salah satu jalan menuju kota Yogyakarta atau obyek wisata yang terdapat di Sleman.

Dari permasalahan kemacetan yang terdapat pada Simpang Deggung, maka perlu dilakukan analisis mengenai masalah tersebut. Analisis tersebut diharapkan dapat mengoptimalkan Simpang Deggung sehingga kemacetan yang terjadi dapat diatasi. Dalam melakukan analisis tersebut, penulis mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan dilakukan pemodelan menggunakan *software* VISSIM.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja Simpang Deggung pada kondisi eksisting saat ini berdasarkan MKJI 1997?
2. Bagaimana solusi penanganan pada Simpang Deggung agar lebih optimal berdasarkan *software* VISSIM?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kinerja Simpang Deggung pada kondisi eksisting saat ini berdasarkan MKJI 1997.
2. Mengetahui solusi penanganan pada Simpang Deggung agar lebih optimal berdasarkan *software* VISSIM.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi pemerintah, dapat menjadi bahan masukan khususnya untuk Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta agar kinerja Simpang Deggung dapat lebih optimal.
2. Bagi akademisi, menambah wawasan mengenai evaluasi simpang bersinyal dan menjadi referensi jika terdapat penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Penelitian

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

1. Penelitian dilakukan di Simpang Deggung Sleman.
2. Analisis kinerja simpang mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) Tahun 1997.
3. Pemodelan simpang menggunakan *software* VISSIM 9.0.
4. Pengaruh jalur lambat pada Jalan Magelang di utara simpang diabaikan.
5. Pengaruh gradien jalan pada tiap pendekat diabaikan.
6. Penelitian dilakukan pada satu hari kerja dan satu hari libur pada jam sibuk.
7. Penentuan waktu survei berdasarkan survei yang dilakukan oleh Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta.
8. Analisis data menggunakan data hasil survei pada jam puncak selama satu jam.
9. Pengaruh hambatan samping ditentukan secara kualitatif.
10. Pengaruh adanya Sleman *City Hall* dan Lapangan Deggung diabaikan.
11. Alternatif solusi yang diusulkan hanya berdasarkan APILL.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan pustaka bertujuan untuk mengetahui keterkaitan antara penelitian yang dilakukan oleh penulis dengan penelitian terdahulu. Penelitian yang sudah ada dapat menjadi referensi bagi penulis dalam menyusun penelitian ini. Peninjauan terhadap penelitian terdahulu juga berfungsi untuk membandingkan penelitian saat ini dengan penelitian terdahulu sehingga tidak terjadi kesamaan penelitian dengan metode dan lokasi yang sama.

2.2 Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dan Alternatif Penanganannya

Fitriani (2016) dalam tugas akhir berjudul “Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal pada Persimpangan Jembatan Baru UGM, Sleman Yogyakarta” menjelaskan bahwa volume lalu lintas jam puncak (VJP) pada simpang tersebut memiliki panjang antrian sebesar 280 m pada lengan utara. Kapasitas pada lengan utara sebesar 791 smp/jam, lengan selatan sebesar 711 smp/jam, lengan timur sebesar 738 smp/jam, dan lengan barat sebesar 505 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan sebesar 0,99 dan tundaan rata-rata simpang sebesar 462,5114 detik/smp. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa Simpang Jembatan Baru UGM tidak memenuhi syarat yang telah ditentukan oleh MKJI 1997 yaitu $DS > 0,85$ dan termasuk kategori F karena tundaan > 60 detik/smp. Alternatif solusi yang diberikan yaitu dengan melakukan pelebaran jalan karena menghasilkan derajat kejenuhan yang lebih rendah.

Pratama (2017) dalam tugas akhir berjudul “Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal APMD di Jalan Timoho Yogyakarta Menggunakan Metode MKJI 1997” menyimpulkan bahwa kinerja simpang APMD pada kondisi eksisting menunjukkan hasil yang kurang baik. Arus lalu lintas tertinggi terdapat pada lengan utara sebesar 542,3 smp/jam, kapasitas sebesar 552 smp/jam, derajat kejenuhan sebesar 0,98, panjang antrian sebesar 235,25 m, dan jumlah kendaraan henti sebesar 826

smp/jam. Dari hasil tersebut alternatif penanganan yang paling optimal yaitu dengan melakukan perubahan fase simpang dari 4 fase menjadi 3 fase. Perubahan tersebut menghasilkan nilai arus lalu lintas sebesar 542,3 smp/jam, kapasitas sebesar 1184 smp/jam, derajat kejenuhan sebesar 0,46, dan panjang antrean sebesar 138,15 m.

Wardani, dkk. (2018) Dalam jurnal berjudul “Evaluasi Kinerja dan Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Kediri Kabupaten Tabanan)” menyimpulkan bahwa berdasarkan analisis MKJI 1997, kinerja pelayanan simpang bersinyal memiliki derajat kejenuhan sebesar 2,46. Tundaan simpang rata-rata sebesar 1096,31 detik/smp dan memiliki tingkat pelayanan F. Alternatif penanganan yang paling efektif yaitu melakukan perubahan waktu siklus menjadi 100 detik dengan waktu hilang (LTI) selama 12 detik. Alternatif tersebut dapat menurunkan nilai derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tingkat pelayanan sehingga diperoleh tingkat pelayanan D.

Pangestu (2018) dalam tugas akhir berjudul “Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Magelang KM 5 Metode dengan MKJI 1997” menjelaskan kinerja simpang bersinyal Jalan Magelang KM 5 berdasarkan MKJI 1997 menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting, simpang tersebut memiliki kinerja yang kurang baik. Lengan barat menjadi pendekat dengan kinerja paling buruk dengan arus lalu lintas sebesar 403 smp/jam, kapasitas sebesar 440 smp/jam, derajat kejenuhan sebesar 0,92, panjang antrean sebesar 143,98 m, jumlah kendaraan henti sebesar 487 smp/jam, dan tundaan sebesar 77,2 detik/smp. Setelah dilakukan analisis, alternatif solusi yang dipilih yaitu dengan melakukan pengaturan ulang waktu siklus yang berpedoman pada MKJI 1997. Dengan waktu siklus yang tersebut, arus lalu lintas memiliki nilai sebesar 403 smp/jam, kapasitas sebesar 584 smp/jam, derajat kejenuhan sebesar 0,69, dan tundaan sebesar 24,4 detik/smp.

Indrawan (2019) dalam tugas akhir berjudul “Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal (Studi Kasus Simpang Jalan Letjen Suprpto – Jalan Jlagran – Jalan Pembela Tanah Air, Yogyakarta)” menjelaskan bahwa berdasarkan MKJI 1997 menunjukkan kinerja simpang bersinyal Jlagran pada kondisi eksisting kurang baik. Kapasitas tertinggi terletak pada lengan utara sebesar 725,45 smp/jam. Nilai

derajat kejenuhan tertinggi terletak pada lengan barat yaitu sebesar 1,44. Jumlah kendaraan henti tertinggi terletak pada lengan utara yang mencapai 155 smp/jam. Tundaan simpang tertinggi yaitu pada lengan barat sebesar 891 detik/smp. Alternatif solusi yang dipilih yaitu merencanakan desain pelebaran geometrik jalan dengan perubahan fase, pengaturan siklus lampu lalu lintas, dan lengan barat dibuat menjadi satu arah. Dari alternatif tersebut diperoleh derajat kejenuhan tertinggi sebesar 0,59 dan tundaan rata-rata tertinggi sebesar 34 detik/smp.

2.3 Pemodelan Lalu Lintas Menggunakan *Software* VISSIM

Prayoga (2020) dalam tugas akhir berjudul “Dampak *Alley* pada *U-Turn* terhadap Kinerja Ruas Jalan Perkotaan” menganalisis penelitian tersebut menggunakan VISSIM. Dari analisis menggunakan *software* tersebut, didapatkan kecepatan rata-rata pada kondisi eksisting untuk arah utara ke selatan sebesar 30,29 km/jam dan untuk arah selatan ke utara sebesar 28,62 km/jam. Panjang antrean rata-rata sebesar 22,23 m dan tundaan rata-rata sebesar 13,66 detik. Melalui analisis menggunakan VISSIM, diperoleh alternatif solusi terbaik yaitu memindah dan menutup bukaan median yang berhadapan dengan gang sejauh 60 m. Solusi tersebut mengakibatkan penurunan panjang antrean sebesar 82,87 %, nilai tundaan sebesar 61,05 % dan kecepatan kendaraan mengalami kenaikan sebesar 16,48 % arah utara ke selatan dan 26,69 % arah selatan ke utara.

Yudhatama (2020) dalam tugas akhir berjudul “Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Gramedia dan Usulan Perbaikan Waktu Siklus dengan Mempertimbangkan *Headway* Trans Jogja” menggunakan *software* VISSIM dalam melakukan pemodelannya. Dari hasil pemodelan menggunakan *software* tersebut didapatkan tundaan rata-rata sebesar 13,77 detik/kendaraan, panjang antrean sebesar 45,82 m, dan nilai tingkat pelayanan C. Alternatif solusi yang dapat digunakan yaitu mengubah waktu siklus simpang dari 93 detik menjadi 110 detik dengan mempertimbangkan nilai tundaan dan panjang antrean. Solusi lain yaitu dengan mengubah waktu siklus menjadi 104 detik dengan mempertimbangkan *headway* Trans Jogja.

Zaki (2020) dalam tugas akhir berjudul “Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal UPN Yogyakarta” melakukan penelitian menggunakan *software* VISSIM. Hasil analisis menggunakan *software* tersebut dapat disimpulkan bahwa kinerja simpang pada kondisi eksisting cukup baik kecuali pada lengan utara dengan nilai tundaan sebesar 64,854 detik/kendaraan dengan hasil tingkat pelayanan yaitu F. Nilai panjang antrean yang paling buruk terletak pada lengan timur sebesar 171,343 m.

Iryati (2021) dalam tugas akhir berjudul “Desain Koordinasi Sinyal untuk Dua Simpang yang Berdekatan” menyimpulkan bahwa Simpang Gondomanan dan Simpang KM Nol belum terkoordinasi. Lalu penulis melakukan desain koordinasi sinyal menggunakan *software* VISSIM dan disimpulkan bahwa dengan dilakukan koordinasi antar kedua simpang, maka nilai tundaan mengalami penurunan sebesar 42,40 % dari eksisting 20,73 detik menjadi 11,94 detik. Nilai kapasitas mengalami kenaikan sebesar 27,53 % dari kondisi eksisting 677,3 smp/jam menjadi 863,13 smp/jam. Sedangkan nilai kecepatan mengalami kenaikan 5,38 % dari eksisting 23,03 km/jam menjadi 24,27 km/jam.

Ismanto (2021) dalam tugas akhir berjudul “Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal untuk Peningkatan Pelayanan Lalu Lintas (Studi Kasus Simpang Patangpuluhan, Yogyakarta)” menyimpulkan bahwa hasil simulasi menggunakan *software* VISSIM dengan merubah waktu siklus dan menghilangkan LTOR menghasilkan tingkat pelayanan simpang D, nilai tundaan sebesar 25,235 detik/kendaraan, panjang antrean sebesar 100 m, nilai kapasitas sebesar 594,699 smp/jam, dan derajat kejenuhan sebesar 0,887.

2.4 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Perbandingan penelitian terdahulu yang sejenis dengan penelitian penulis dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

No.	Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Lokasi	Perbedaan dengan Penelitian Sekarang	Persamaan dengan Penelitian Sekarang
1.	Fitrianingsing (2016)	Mengetahui faktor yang mempengaruhi kinerja simpang bersinyal dan mengevaluasi kinerja simpang bersinyal pada jalan perkotaan di Yogyakarta	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Persimpangan Jembatan Baru UGM, Sleman, Yogyakarta	1.Lokasi yang ditinjau berbeda 2.Tidak menggunakan <i>software</i> VISSIM	Analisis menggunakan MKJI 1997
2.	Pratama (2017)	Menganalisis kinerja simpang bersinyal APMD dengan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Jalan Timoho Yogyakarta	1.Lokasi yang ditinjau berbeda 2.Tidak menggunakan <i>software</i> VISSIM	Analisis menggunakan MKJI 1997
3.	Pangestu (2018)	Menganalisis kinerja simpang bersinyal Jalan Magelang KM 5 berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Jalan Magelang KM 5, Yogyakarta	1.Lokasi yang ditinjau berbeda 2.Tidak menggunakan <i>software</i> VISSIM	Analisis menggunakan MKJI 1997
4.	Wardani, dkk. (2018)	Mengetahui karakteristik dan kinerja Simpang Bangak berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Simpang Kediri Kabupaten Tabanan	1.Lokasi yang ditinjau berbeda 2.Tidak menggunakan <i>software</i> VISSIM	Analisis menggunakan MKJI 1997

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

No.	Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Lokasi	Perbedaan dengan Penelitian Sekarang	Persamaan dengan Penelitian Sekarang
5.	Indrawan (2019)	Menganalisis kinerja Simpang Jlagran dari segi kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, dan panjang antrian berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Simpang Jalan Letjen Suprpto – Jalan Jlagran – Jalan Pembela Tanah Air, Yogyakarta	1.Lokasi yang ditinjau berbeda 2.Tidak menggunakan <i>software</i> VISSIM	Analisis menggunakan MKJI 1997
6.	Prayoga (2020)	Mengetahui kinerja ruas jalan akibat dampak <i>u-turn</i> yang berada di depan <i>alley</i> dan membuat solusi untuk meningkatkan kinerja ruas Jalan Affandi dengan pemodelan menggunakan <i>sofrware</i> VISSIM.	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) dan <i>software</i> VISSIM	Jalan Affandi Yogyakarta	Lokasi yang ditinjau berbeda	Analisis menggunakan MKJI 1997 dan disimulasikan menggunakan <i>software</i> VISSIM
7.	Yudhatama (2020)	Mengetahui kinerja Simpang Gramedia pada kondisi eksisting dan mengetahui usulan penanganan untuk meningkatkan kinerja simpang dengan mempertimbangkan <i>headway</i> Trans Jogja	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) dan <i>software</i> VISSIM	Simpang Gramedia Yogyakarta	Lokasi yang ditinjau berbeda	Analisis menggunakan MKJI 1997 dan disimulasikan menggunakan <i>software</i> VISSIM

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

No.	Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Lokasi	Perbedaan dengan Penelitian Sekarang	Persamaan dengan Penelitian Sekarang
8.	Zaki (2020)	Mengetahui kinerja lalu lintas Simpang Seturan UPN dan mengetahui alternatif solusi penanganan di simpang tersebut dengan menggunakan VISSIM	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) dan <i>software</i> VISSIM	Simpang UPN Yogyakarta	Lokasi yang ditinjau berbeda	Analisis menggunakan MKJI 1997 dan disimulasikan menggunakan <i>software</i> VISSIM
9.	Iryati (2021)	Mengevaluasi kinerja kondisi, melakukan upaya koordinasi sinyal, dan mengevaluasi kinerja kondisi setelah dikoordinasi pada Simpang Gondomanan dan Simpang KM Nol Yogyakarta	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) dan <i>software</i> VISSIM	Simpang Gondomanan dan Simpang KM Nol, Yogyakarta	Lokasi yang ditinjau berbeda	Analisis menggunakan MKJI 1997 dan disimulasikan menggunakan <i>software</i> PTV VISSIM
10.	Ismanto (2021)	Menganalisis kinerja simpang dan memberikan solusi untuk penyelesaian permasalahan pada Simpang Patangpuluhan, Yogyakarta	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) dan <i>software</i> VISSIM	Simpang Patangpuluhan, Yogyakarta	Lokasi yang ditinjau berbeda	Analisis menggunakan MKJI 1997 dan disimulasikan menggunakan <i>software</i> PTV VISSIM

Persamaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang yaitu penulis melakukan penelitian evaluasi kinerja simpang berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) dan dilakukan pemodelan atau simulasi dengan menggunakan *software* VISSIM. Namun demikian, terdapat perbedaan dengan penelitian sebelumnya dalam hal lokasi penelitian yang terletak pada Simpang Deggung Sleman. Oleh sebab itu penelitian ini merupakan penelitian baru.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan

Menurut AASHTO (2018), persimpangan adalah daerah di mana dua atau lebih ruas jalan bergabung atau bersilangan, termasuk fasilitas jalan dan tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di sekitarnya.

Menurut Khisty dan Lall (2005), tujuan adanya simpang yaitu mengurangi potensi konflik di antara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan. Elemen dasar yang menjadi pertimbangan dalam merancang persimpangan sebidang adalah sebagai berikut.

1. Faktor manusia, seperti kebiasaan mengemudi, dan waktu pengambilan keputusan dan waktu reaksi.
2. Pertimbangan lalu lintas, seperti kapasitas dan pergerakan membelok, kecepatan kendaraan, dan ukuran serta penyebaran kendaraan.
3. Elemen-elemen fisik, seperti karakteristik dan penggunaan dua fasilitas yang saling berdampingan, jarak pandang dan fitur-fitur geometris.
4. Faktor ekonomi, seperti biaya dan manfaat, dan konsumsi energi.

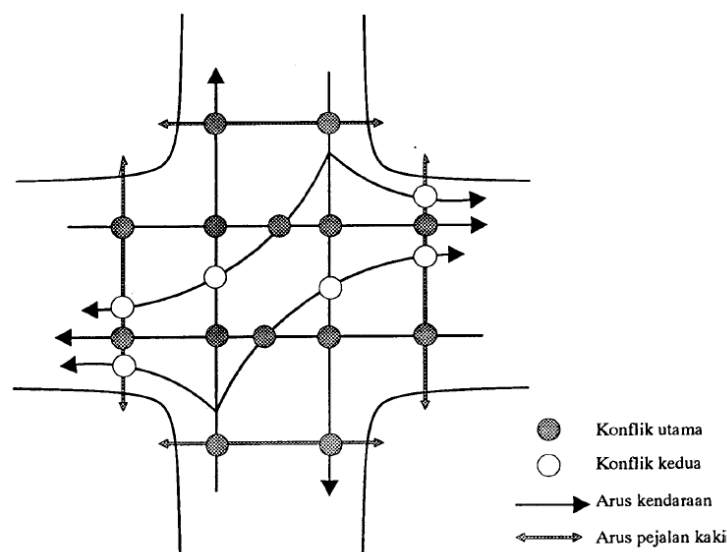
3.2 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah persimpangan yang terdiri dari 3 lengan atau lebih yang memiliki lampu lalu lintas atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Menurut MKJI 1997, lampu lalu lintas digunakan untuk alasan sebagai berikut.

1. Menghindari kemacetan simpang karena adanya konflik arus lalu lintas sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas berada pada jam puncak.
2. Memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang kecil untuk memotong jalan utama.

3. Mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang berlawanan.

Penggunaan lampu lalu lintas dengan tiga warna yaitu merah, kuning, dan hijau digunakan untuk memisahkan ruas jalan dari gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Adanya lampu lalu lintas juga bertujuan untuk menghindari konflik-konflik utama dan memisahkan konflik-konflik kedua pada suatu simpang. Konflik utama berupa gerakan-gerakan lalu lintas yang datang dari jalan yang saling berpotongan. Sedangkan konflik kedua berupa gerakan membelok dari lalu lintas lurus melawan, atau gerakan lalu lintas membelok dari pejalan kaki yang menyeberang. Konflik-konflik pada simpang dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Konflik-Konflik Utama dan Kedua pada Simpang Bersinyal Empat Lengan

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

3.3 Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas (Q) merupakan jumlah kendaraan bermotor yang melintasi suatu titik di ruas jalan per satuan waktu. Dalam menghitung jumlah kendaraan,

perlu dilakukan konversi satuan kendaraan agar berbagai jenis kendaraan dapat dihitung seragam. Oleh sebab itu, tiap jenis kendaraan perlu adanya faktor konversi agar dapat diubah menjadi satuan yang sama yaitu satuan mobil penumpang (smp). Di bawah ini merupakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk tiap jenis kendaraan bermotor yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Faktor Ekivalensi Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Emp untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

3.4 Arus Jenuh

Arus jenuh (S) merupakan banyaknya kendaraan pada suatu pendekat selama kurun waktu yang ditentukan. Arus jenuh didapatkan dari hasil perkalian antara arus jenuh dasar (S_0) dengan faktor-faktor penyesuaian (F) yang merupakan faktor penyimpangan dari kondisi yang sebenarnya. Arus jenuh simpang bersinyal dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (3.1)$$

dengan:

S_0 = arus jenuh dasar,

F_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota,

F_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping,

F_G = faktor penyesuaian kelandaian,

F_P = faktor penyesuaian parkir,

F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan, dan

F_{LT} = faktor penyesuaian belok kiri.

3.4.1 Arus Jenuh Dasar

Arus jenuh dasar (S_0) adalah banyaknya keberangkatan antrian dalam suatu pendekatan selama kondisi ideal. Adapun arus jenuh dasar berdasarkan MKJI 1997 dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.2 berikut.

$$S_0 = 600 \times W_e \quad (3.2)$$

dengan:

W_e = lebar efektif (m).

Munawar (2003) menyatakan bahwa nilai arus jenuh yang ada di lapangan ternyata lebih besar sekitar 1,3 kali dari hasil MKJI 1997. Berdasarkan hasil tersebut maka perhitungan arus jenuh dasar menggunakan Persamaan 3.3 berikut.

$$S_0 = 780 \times W_e \quad (3.3)$$

3.4.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Faktor penyesuaian ukuran kota adalah faktor penyesuaian kapasitas dasar yang didasarkan pada jumlah penduduk suatu kota. Faktor penyesuaian ukuran kota dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Penduduk Kota (juta jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})
>3,0	1,05
1,0 – 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
<0,1	0,82

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

3.4.3 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Faktor hambatan samping adalah faktor yang dipengaruhi oleh interaksi antar arus lalu lintas dan kegiatan di samping jalan yang mengakibatkan pengurangan arus jenuh di dalam pendekat. Penentuan faktor hambatan samping dipengaruhi oleh tipe lingkungan jalan, tingkat hambatan samping, tipe fase dan rasio kendaraan tak bermotor. Adapun penentuan faktor penyesuaian hambatan samping dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Faktor Hambatan Samping

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

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

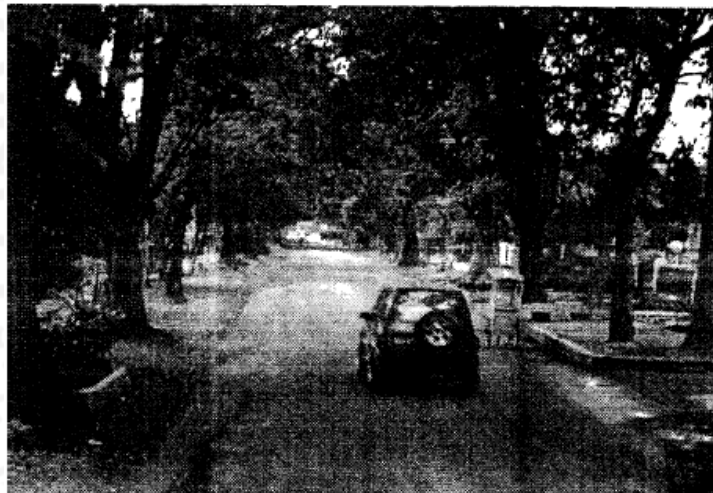
Tipe lingkungan jalan ditentukan berdasarkan aksesibilitas dan aktivitas yang ada pada lingkungan jalan. Sedangkan tipe hambatan samping ditentukan secara kualitatif dengan mempertimbangkan teknik lalu lintas yang ada berdasarkan jumlah berbobot kejadian per 200 m per jam atau kondisi khusus yang terdapat pada jalan. Adapun kelas hambatan samping jalan perkotaan ditentukan berdasarkan Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Kelas Hambatan Samping Jalan Perkotaan

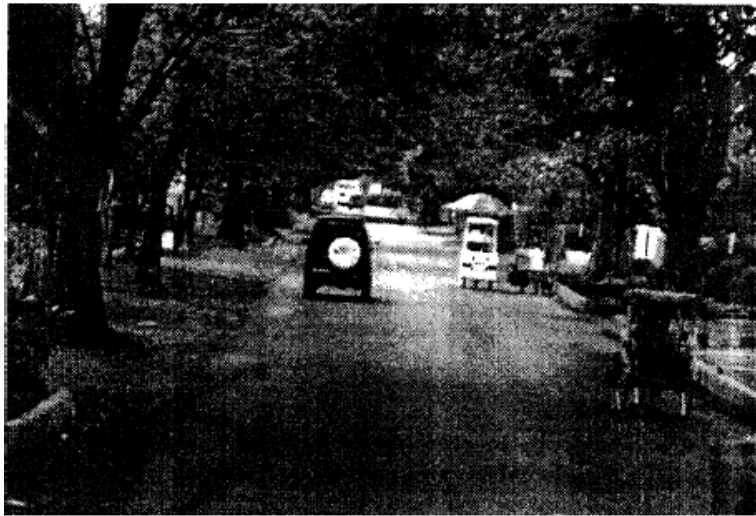
Kelas Hambatan Samping	Kode	Kondisi khusus
Sangat rendah	VL	Daerah permukiman; dengan jalan samping
Rendah	L	Daerah permukiman; beberapa kendaraan umum dsb.
Sedang	M	Daerah industri, beberapa toko di sisi jalan.
Tinggi	H	Daerah komersial, aktivitas sisi jalan tinggi.
Sangat Tinggi	VH	Daerah komersial dengan aktivitas pasar di samping jalan.

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

Kelas hambatan samping secara visual diwakilkan oleh gambar seperti yang terdapat pada Gambar 3.2, Gambar 3.3, Gambar 3.4, Gambar 3.5, dan Gambar 3.6.

**Gambar 3.2 Hambatan Samping Sangat Rendah pada Jalan Perkotaan**

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 3.3 Hambatan Samping Rendah pada Jalan Perkotaan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 3.4 Hambatan Samping Sedang pada Jalan Perkotaan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 3.5 Hambatan Samping Tinggi pada Jalan Perkotaan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 3. 6 Hambatan Samping Sangat Tinggi pada Jalan Perkotaan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

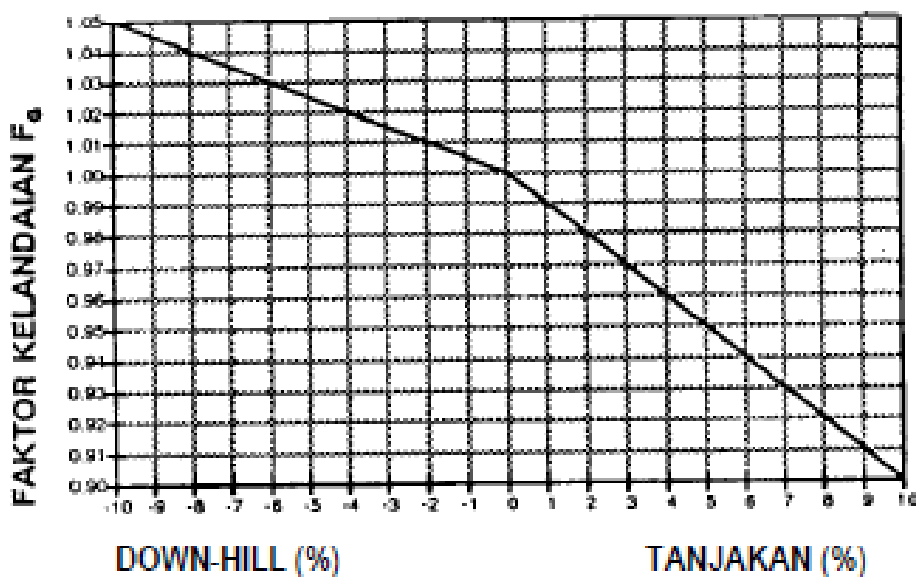
Dalam menentukan kelas hambatan samping pada jalan perkotaan, apabila data frekuensi berbobot kejadian tidak diketahui maka kelas tersebut dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut.

1. Periksa uraian tentang kondisi khas dan dipilih salah satu yang terbaik untuk menggambarkan keadaan dari segmen jalan yang dianalisis.

2. Pelajari foto pada Gambar yang mewakili kekhasan, kesan pandangan rata-rata dari masing-masing kelas hambatan samping, dan dipilih salah satu yang paling sesuai dengan kondisi sesungguhnya dan kondisi rata-rata lokasi untuk periode yang dipelajari
3. Pilih kelas hambatan samping berdasarkan gabungan pertimbangan pada kondisi khas dan gambar yang dipilih.

3.4.4 Faktor Penyesuaian Kelandaian

Faktor penyesuaian kelandaian atau faktor gradien (F_G) adalah faktor koreksi untuk kelandaian pendekat. Nilai kelandaian dinyatakan dalam persen. Jika suatu pendekat mengalami tanjakan maka nilai persennya positif dan jika pendekat mengalami turunan maka nilai persennya negatif. Penentuan nilai faktor kelandaian dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Faktor Kelandaian

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

3.4.5 Faktor Penyesuaian Parkir

Faktor penyesuaian parkir adalah faktor koreksi yang dihitung berdasarkan jarak garis henti hingga kendaraan yang diparkir pertama dalam suatu pendekat. Hal yang berpengaruh dalam menentukan faktor penyesuaian parkir yaitu jarak garis henti hingga kendaraan yang diparkir pertama, lebar pendekat, dan waktu hijau pada pendekat. Perhitungan faktor penyesuaian parkir dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.3 berikut.

$$F_p = [L_p/3 - (W_A - 2) \times (L_p/3 - g) / W_A] / g \quad (3.3)$$

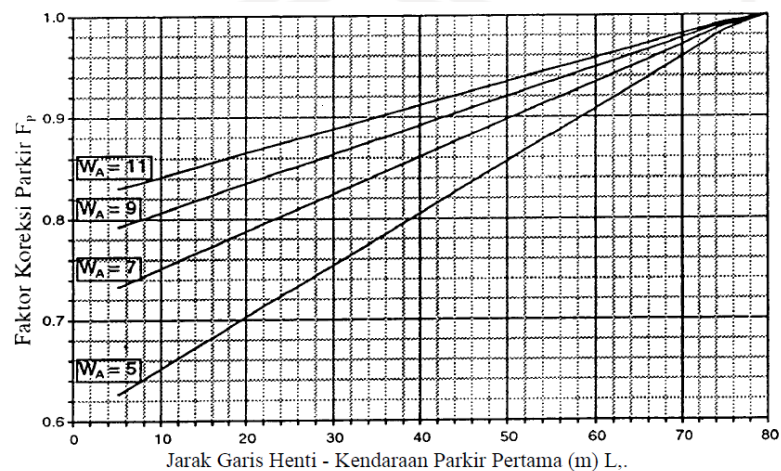
dengan:

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

W_A = lebar pendekat (m), dan

g = waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 detik).

Selain menggunakan Persamaan 3.3 di atas, perhitungan faktor koreksi parkir juga dapat diketahui dengan menggunakan grafik yang terdapat pada Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8 Faktor Koreksi Parkir

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

3.4.6 Faktor Penyesuaian Belok Kanan

Faktor penyesuaian belok kanan merupakan faktor koreksi yang ditentukan berdasarkan rasio kendaraan belok kanan (P_{RT}) dalam suatu pendekat. Faktor ini hanya untuk pendekat tipe P, tanpa median, dan jalan dua arah. Hal tersebut dikarenakan jalan dua arah tanpa median dan kendaraan belok kanan pada pendekat tipe P memiliki kecenderungan untuk memotong garis tengah jalan sebelum melewati garis henti saat menyelesaikan belokannya. Sehingga mengakibatkan peningkatan rasio belok kanan pada arus jenuh. Perhitungan faktor penyesuaian belok kanan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

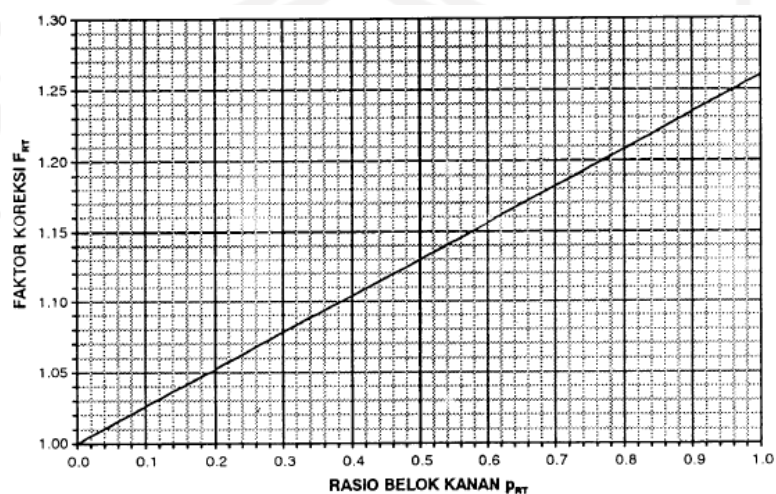
$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \quad (3.4)$$

dengan:

F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan, dan

P_{RT} = rasio kendaraan belok kanan.

Selain menggunakan Persamaan 3.4, penentuan faktor penyesuaian belok kanan dapat ditentukan menggunakan grafik yang terdapat pada Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9 Faktor Penyesuaian Belok Kanan

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

3.4.7 Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Faktor penyesuaian belok kanan merupakan faktor koreksi yang ditentukan berdasarkan rasio kendaraan belok kanan (P_{RT}) dalam suatu pendekat. Faktor ini hanya untuk pendekat tipe P tanpa LTOR. Hal tersebut dikarenakan pada pendekat terlindung tanpa adanya belok kiri jalan terus, kendaraan belok kiri cenderung melambat dan mengurangi arus jenuh pada pendekat tersebut. Pada arus berangkat pada pendekat terlawan (tipe 0) pada umumnya lebih lambat, sehingga tidak perlu adanya penyesuaian untuk pengaruh belok kiri. Perhitungan faktor penyesuaian belok kiri dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 berikut.

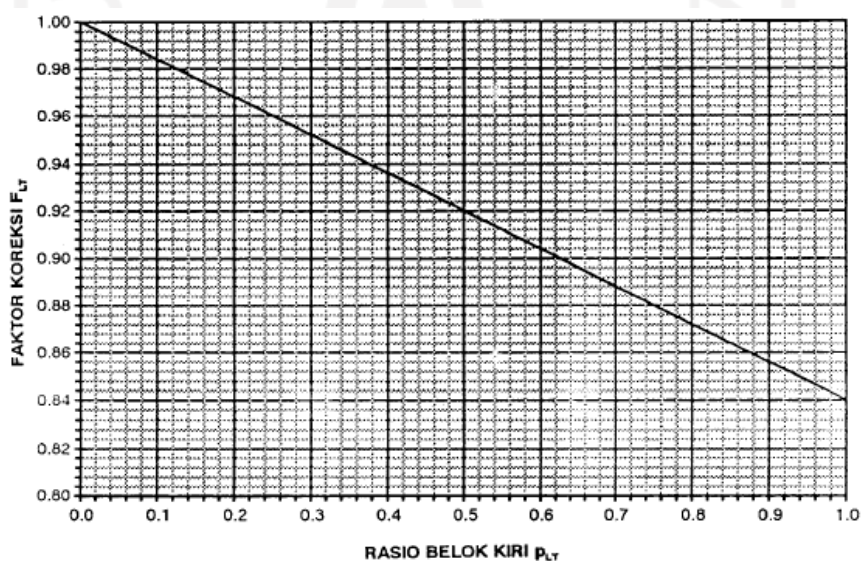
$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \quad (3.5)$$

dengan:

F_{LT} = faktor penyesuaian belok kiri, dan

P_{LT} = rasio kendaraan belok kiri.

Selain menggunakan Persamaan 3.5, penentuan faktor penyesuaian belok kiri dapat ditentukan menggunakan grafik yang terdapat pada Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10 Faktor Penyesuaian Belok Kiri

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

3.5 Rasio Arus/Rasio Arus Jenuh

Rasio arus adalah perbandingan arus terhadap arus jenuh dari suatu pendekatan. Perhitungan rasio arus tiap pendekatan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.6 berikut.

$$FR = Q/S \quad (3.6)$$

dengan:

FR = rasio arus,

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

S = arus jenuh (smp/jam hijau).

Nilai FR dari tiap pendekatan dicari nilai tertinggi yang terdapat pada suatu fase yang disebut rasio arus kritis (FR_{crit}). Nilai rasio arus simpang (IFR) merupakan jumlah dari nilai FR_{crit} yang dihitung menggunakan Persamaan 3.7 berikut.

$$IFR = \sum (FR_{crit}) \quad (3.7)$$

dengan:

IFR = rasio arus simpang, dan

FR_{crit} = rasio arus kritis.

Rasio Fase (PR) merupakan perbandingan antara nilai FR_{crit} dengan IFR pada tiap fase. Perhitungan rasio fase (PR) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8 berikut.

$$PR = FR_{crit} / IFR \quad (3.8)$$

dengan:

PR = rasio fase.

3.6 Penentuan Waktu Sinyal

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

3.6.1 Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (c_{ua})

Waktu siklus sebelum penyesuaian merupakan waktu siklus yang didapat dari hasil perhitungan dan sebelum dilakukan penyesuaian waktu siklus berdasarkan tipe simpang. Perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.9 berikut.

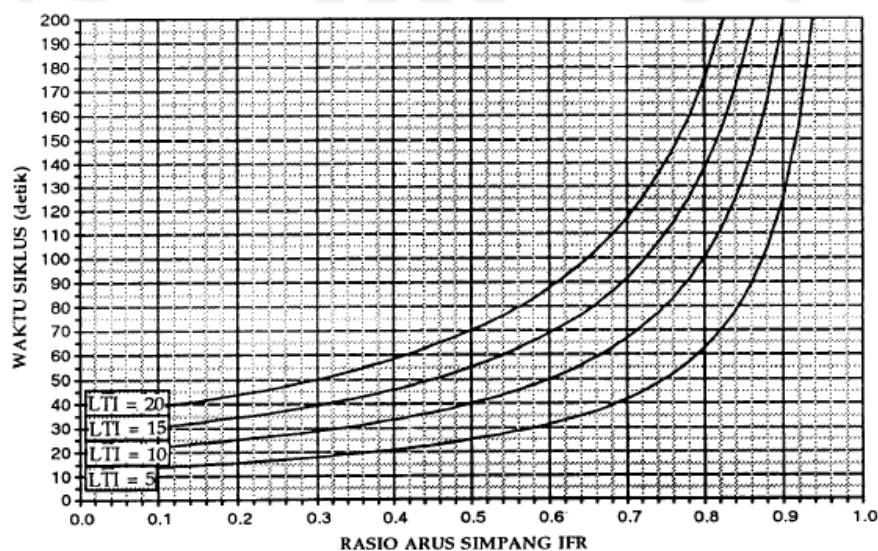
$$c_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1-IFR) \quad (3.9)$$

dengan:

c_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det), dan

LTI = waktu hilang total per siklus (det).

Waktu siklus sebelum penyesuaian juga dapat diperoleh dari grafik yang terdapat pada Gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 Grafik Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Berdasarkan Gambar 3.11 dijelaskan bahwa dalam menentukan waktu siklus, hal yang perlu diperhitungkan yaitu rasio arus simpang (IFR) dan waktu hilang total per siklus (LTI). Jika alternatif fase sinyal dievaluasi, maka yang menghasilkan nilai terendah dari $(IFR + LTI/c)$ merupakan hasil yang paling efisien.

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), terdapat waktu siklus yang disarankan untuk keadaan yang berbeda. Waktu siklus yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Waktu Siklus yang Disarankan

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

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

Nilai waktu siklus yang lebih rendah dari yang disarankan digunakan untuk simpang dengan lebar jalan <10 m dan nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang memiliki lebar >10 m. Waktu siklus yang lebih rendah dari yang disarankan akan mengakibatkan kesulitan bagi pejalan kaki dalam menyeberang jalan. Waktu siklus yang lebih besar dari 130 detik harus dihindari kecuali pada simpang yang sangat besar karena akan mengakibatkan kerugian dalam hal kapasitas keseluruhan. Jika dari hasil perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi dari waktu yang disarankan, menandakan bahwa kapasitas dari denah simpang tersebut tidak mencukupi.

3.6.2 Waktu hijau

Waktu hijau yang lebih rendah dari 10 detik harus dihindari karena dapat menyebabkan banyaknya pelanggaran lampu merah dan menyulitkan pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Perhitungan waktu hijau dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut.

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \quad (3.10)$$

dengan:

- g_i = tampilan waktu hijau pada fase i (det),
 C_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian (det),
 LTI = waktu hilang total per siklus (det), dan
 PR_i = rasio fase $FR_{crit} / \Sigma (FR_{crit})$.

3.6.3 Waktu siklus yang disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) didasarkan pada jumlah waktu hijau yang diperoleh dari Persamaan 3.10 yang telah dibulatkan dan waktu hilang total (LTI). Perhitungan waktu siklus yang disesuaikan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11 berikut.

$$C = \Sigma g + LTI \quad (3.11)$$

3.7 Kapasitas

Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dilayani oleh suatu simpang per satuan waktu. Kapasitas simpang dinyatakan dalam smp/jam hijau. Kapasitas pada simpang dihitung berdasarkan tiap pendekat atau kelompok lajur dalam suatu pendekat. Kapasitas simpang dinyatakan dengan rumus pada Persamaan 3.12 berikut.

$$C = S \times g/c \quad (3.12)$$

dengan:

- C = kapasitas (smp/jam hijau),
 S = arus jenuh (smp/jam hijau),
 g = waktu hijau (detik), dan
 c = waktu siklus (detik).

3.8 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan rasio perbandingan antara volume kendaraan (Q) per kapasitas (C). Pada simpang bersinyal, derajat kejenuhan dihitung tiap pendekat yang ada. Derajat kejenuhan dinyatakan dengan rumus pada Persamaan 3.13 berikut.

$$DS = Q/C \quad (3.13)$$

dengan:

DS = derajat kejenuhan.

3.9 Perilaku Lalu Lintas

Perilaku lalu lintas merupakan salah satu karakteristik dalam menentukan kinerja simpang bersinyal. Perilaku lalu lintas pada simpang bersinyal berupa panjang antrean, kendaraan terhenti, dan tundaan.

3.9.1 Panjang Antrean

Panjang antrean merupakan panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat ketika lampu merah. Dalam menentukan panjang antrean, perlu dihitung jumlah antrean kendaraan dalam suatu pendekat terlebih dahulu. Jumlah antrean total didapat dari penjumlahan antara jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1) dan jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ_2). Perhitungan jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.14 dan Persamaan 3.15 berikut.

Untuk $DS > 0,5$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0,5)}{C}} \right] \quad (3.14)$$

Untuk $DS < 0,5$

$$NQ_1 = 0 \quad (3.15)$$

dengan:

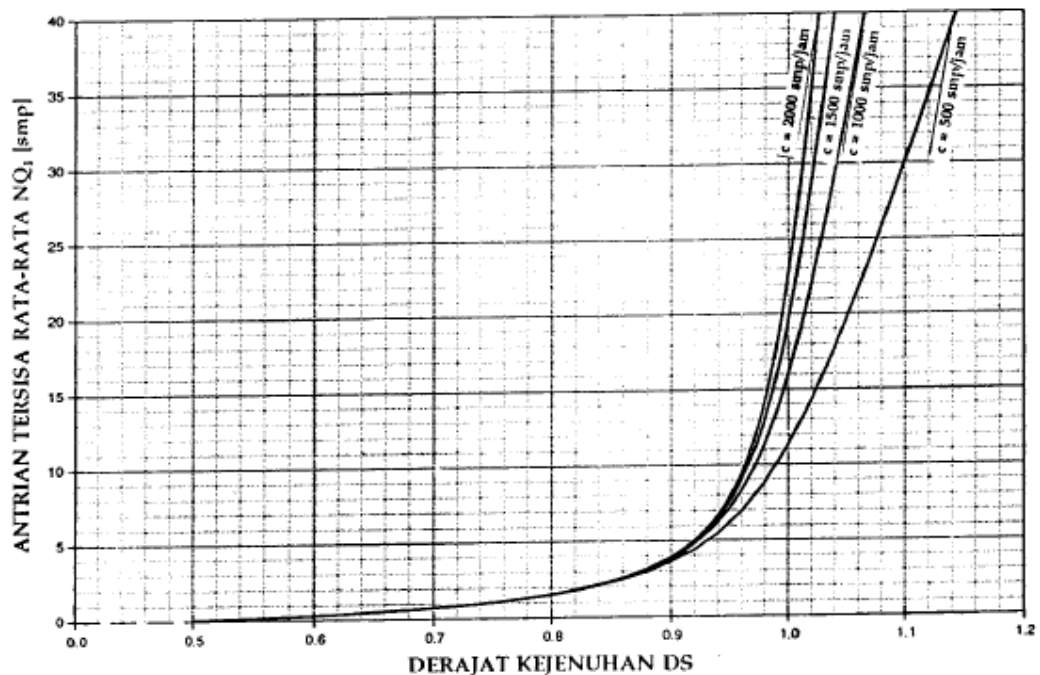
NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya,

DS = derajat kejenuhan,

GR = rasio hijau, dan

C = kapasitas (smp/jam).

Selain menggunakan Persamaan 3.14, perhitungan NQ_1 juga dapat ditentukan menggunakan grafik pada Gambar 3.12 berikut.



Gambar 3.12 Grafik Antrian Tersisa

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Perhitungan jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ_2) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.15 berikut.

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (3.16)$$

dengan:

NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah,

DS = derajat kejenuhan,

GR = rasio hijau,

c = waktu siklus (det), dan

Q_{masuk} = arus lalu lintas pada tempat masuk di luar LTOR (smp/jam).

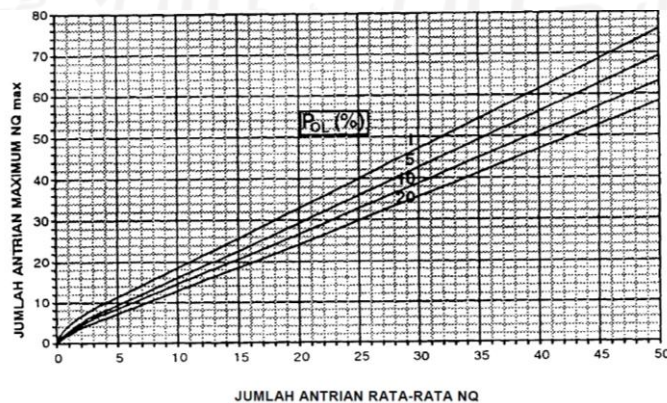
Dari perhitungan NQ_1 dan NQ_2 kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan nilai jumlah antrian total (NQ) yang terdapat pada Persamaan 3.16 berikut.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (3.17)$$

dengan:

NQ = jumlah antrean total.

Jumlah antrean maksimum (NQ_{MAX}) merupakan nilai jumlah antrean dengan adanya peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih (P_{OL}). Pembebanan lebih (P_{OL}) yang disarankan untuk perancangan dan perencanaan yaitu $P_{OL} \leq 5\%$. Sedangkan untuk operasi suatu nilai, $P_{OL} = 5 - 10\%$ masih dapat diterima. Di bawah ini merupakan gambar grafik penentuan NQ_{MAX} yang terdapat pada Gambar 3.13 berikut.



Gambar 3.13 Peluang untuk Pembebanan Lebih (P_{OL})

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Panjang antrean (QL) didapat dengan mengalikan NQ_{MAX} dengan luas rata-rata yang digunakan per smp (20 m^2) kemudian dibagi dengan lebar masuknya. Perhitungan QL dapat dilihat pada Persamaan 3.18 berikut.

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \quad (3.18)$$

dengan:

QL = panjang antrean.

3.9.2 Kendaraan Terhenti

Angkat henti (NS) merupakan jumlah rata-rata berhenti per smp termasuk berhenti berulang-ulang dalam suatu antrean. Dalam menentukan angka henti, hal yang perlu diperhatikan yaitu jumlah antrean, arus lalu lintas, dan waktu siklus. Perhitungan angka henti dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.19 berikut.

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (3.19)$$

dengan:

NS = angka henti,

c = waktu siklus (detik), dan

Q = arus lalu lintas (smp/jam).

Jumlah kendaraan terhenti (N_{sv}) tiap pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.20 berikut.

$$N_{sv} = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \quad (3.20)$$

Angka henti seluruh simpang didapat dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti seluruh pendekat pada simpang dengan arus total simpang. Perhitungan angka henti seluruh simpang (NS_{TOT}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.21 berikut.

$$NS_{TOT} = \frac{\sum N_{SV}}{Q_{TOT}} \quad (3.21)$$

3.9.3 Tundaan

Tundaan (D) merupakan waktu tempuh tambahan yang dibutuhkan untuk melewati simpang jika dibandingkan dengan lintasan tanpa melewati suatu simpang. Tundaan terdiri dari dua jenis yaitu tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat (DT) dan tundaan geometri (DG). Perhitungan DT dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.22 berikut.

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (3.22)$$

dengan:

DT = tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp),

c = waktu siklus yang disesuaikan (det),

$$A = \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)},$$

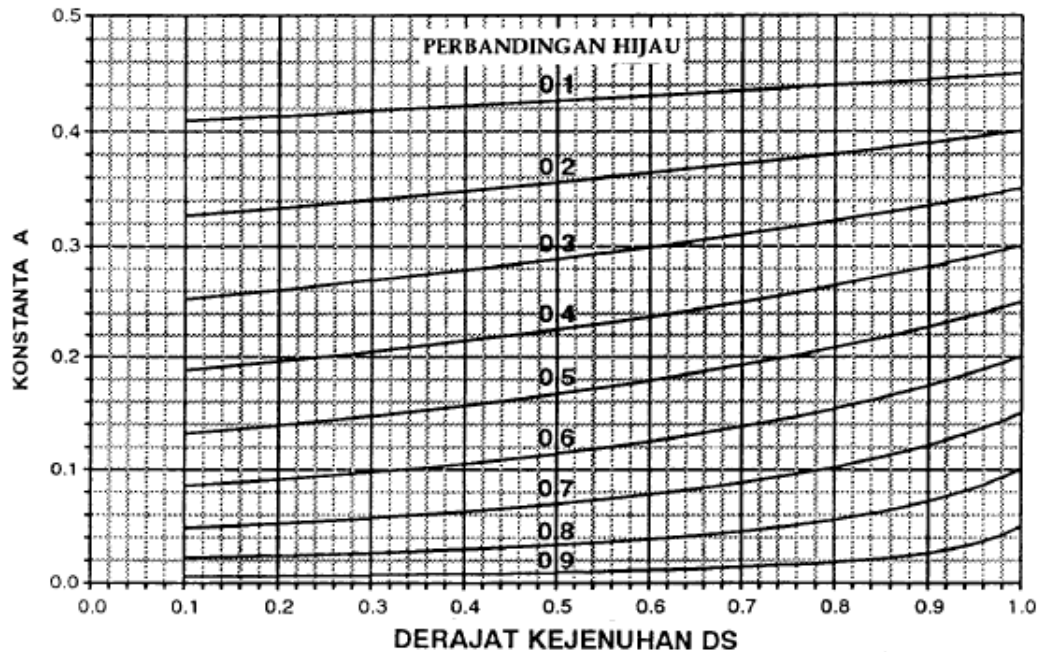
GR = rasio hijau (g/c),

DS = derajat kejenuhan,

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya, dan

C = kapasitas (smp/jam).

Nilai A pada Persamaan 3.22 merupakan fungsi dari perbandingan antara rasio hijau dengan derajat kejenuhan. Untuk menentukan nilai konstanta A juga dapat diketahui menggunakan grafik pada Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8 Penentuan Konstanta A

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Tundaan geometri (DG) merupakan tundaan yang terjadi akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran hijau pada suatu simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah pada tiap pendekat. Pada pendekat dengan belok kiri langsung (LTOR), nilai tundaan geometrik gerakan lalu lintas ditentukan sebesar 6 detik. Nilai tundaan geometri rata-rata masing-masing pendekat (DG_j) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23 berikut.

$$DG_j = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \quad (3.23)$$

dengan:

DG_j = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (det/smp),

P_{SV} = rasio kendaraan terhenti pada pendekat, dan

P_T = rasio kendaraan berbelok pada pendekat.

Tundaan (D) merupakan penjumlahan antara tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat (DT) dan tundaan geometri (DG) seperti pada Persamaan 3.24 berikut.

$$D = DT + DG \quad (3.24)$$

Tundaan rata-rata seluruh simpang (D_I) merupakan perbandingan nilai tundaan dengan arus total (Q_{TOT}) dalam satuan smp/jam seperti pada Persamaan 3.25 berikut.

$$D_I = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}} \quad (3.25)$$

3.10 Tingkat Pelayanan Simpang

Menurut *Highway Capacity Manual* (2016), tingkat pelayanan adalah pengelompokan kuantitatif dari hasil pengukuran atau pengukuran kinerja yang menunjukkan kualitas pelayanan. *Highway Capacity Manual* (HCM) mendefinisikan enam tingkat pelayanan, mulai dari A hingga F untuk setiap ukuran tingkat pelayanan. Tingkat pelayanan A menunjukkan kondisi terbaik dan tingkat pelayanan F menunjukkan kondisi terburuk. Berdasarkan biaya, dampak lingkungan, dan alasan lainnya, biasanya jalan raya dirancang untuk tidak memberikan kondisi tingkat pelayanan A selama periode puncak tetapi sebaliknya untuk memberikan beberapa tingkat pelayanan yang lebih rendah. Namun demikian, pada volume lalu lintas yang rendah dapat memiliki tingkat pelayanan A. Tingkat pelayanan pada simpang dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Tingkat Pelayanan Pada Simpang Bersinyal

Tundaan (detik/kendaraan)	Tingkat Pelayanan	
	$DS \leq 1$	$DS > 1$
≤ 10	A	F
$>10-20$	B	F
$>20-35$	C	F
$>35-55$	D	F
$>55-80$	E	F
>80	F	F

Sumber: *Highway Capacity Manual* (2016)

Berdasarkan Tabel 3.6, tingkat pelayanan A, menunjukkan bahwa nilai tundaan kurang dari 10 detik/kendaraan dan derajat kejenuhannya tidak lebih besar dari 1. Pada kondisi tersebut nilai derajat kejenuhan dan waktu siklusnya rendah. Tingkat pelayanan tersebut memberikan hasil yang baik di mana sebagian besar kendaraan selama indikasi hijau dan melintasi persimpangan tanpa berhenti.

Tingkat pelayanan B menunjukkan bahwa waktu tundaan sebesar 10-20 detik/kendaraan dan derajat kejenuhannya kurang dari 1. Tingkat pelayanan tersebut ditentukan ketika nilai derajat kejenuhan dan waktu siklusnya rendah sehingga lebih banyak kendaraan yang berhenti dibandingkan dengan tingkat pelayanan A.

Tingkat pelayanan C menunjukkan bahwa waktu tundaan sebesar 20-35 detik/kendaraan dan derajat kejenuhan kurang dari 1. Tingkat pelayanan tersebut berada pada kondisi di mana waktu siklusnya sedang. Pada kondisi tersebut terdapat kendaraan dalam antrean yang tidak dapat berangkat karena kapasitas yang tidak mencukupi selama waktu siklus. Pada tingkat pelayanan tersebut jumlah kendaraan yang berhenti meningkat meskipun masih banyak kendaraan yang melintas melalui persimpangan tanpa berhenti.

Tingkat pelayanan D menunjukkan bahwa waktu tundaan sebesar 35-55 detik/kendaraan dan derajat kejenuhan kurang dari 1. Tingkat pelayanan tersebut berada pada kondisi di mana derajat kejenuhannya tinggi dan waktu siklusnya panjang. Tingkat pelayanan tersebut terdapat banyak kendaraan yang berhenti dan waktu siklus tidak dapat melayani jumlah kendaraan yang melintas.

Tingkat pelayanan E menunjukkan bahwa waktu tundaan sebesar 55-80 detik/kendaraan dan derajat kejenuhan kurang dari 1. Tingkat pelayanan tersebut berada pada kondisi di mana derajat kejenuhannya tinggi, pergerakan kendaraan terhambat, dan waktu siklusnya panjang. Kondisi tersebut mengakibatkan kegagalan siklus individu sering terjadi.

Tingkat pelayanan F menunjukkan bahwa waktu tundaan lebih dari 80 detik/kendaraan atau derajat kejenuhannya lebih dari 1. Tingkat pelayanan tersebut memiliki derajat kejenuhan yang tinggi, pergerakan yang buruk, dan waktu siklus

yang panjang. Kondisi tersebut mengakibatkan sebagian besar waktu siklus tidak dapat menghapus antrean yang ada.

3.11 Pemodelan Lalu Lintas dengan *Software VISSIM*

VISSIM adalah perangkat lunak multi moda lalu lintas mikroskopis yang dapat menganalisis operasi kendaraan pribadi dan angkutan umum dengan permasalahan seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas, dan lain-lain (PTV-AG, 2011). VISSIM dapat melakukan simulasi untuk lalu lintas mikroskopik, transportasi umum, dan pejalan kaki. *Software* tersebut digunakan untuk mengkalibrasi kondisi lalu lintas, sehingga berguna untuk mengevaluasi berbagai macam alternatif rekayasa transportasi dan tingkat perencanaan yang efektif.

Dalam melakukan pemodelan lalu lintas menggunakan *software VISSIM*, perlu diketahui data-data yang sudah diperoleh melalui survei lapangan dan sumber referensi lainnya. Primadhona dkk. (2019) menjelaskan bahwa dalam proses *running* dilakukan sebanyak 5 kali. Adapun tahapan pemodelan lalu lintas dengan *software VISSIM* adalah sebagai berikut.

1. *Network Setting*

Network setting merupakan pengaturan awal dalam pemodelan VISSIM. Tahapan ini mengatur perilaku lalu lintas yang disesuaikan dengan negara tempat penelitian berada. Indonesia merupakan negara yang menerapkan sistem berkendara menggunakan jalur kiri sehingga perlu dilakukan pengaturan pada *software* tersebut. Selain itu dilakukan perubahan satuan sesuai satuan yang berlaku di Indonesia.

2. *Input Background Images*

Background Images merupakan gambar peta jaringan jalan yang digunakan dalam melakukan pemodelan. Dalam pemodelan VISSIM, perlu dimasukkan *Background Images* sesuai dengan peta lokasi penelitian yang didapat dari *Google Earth* atau *Google Maps*. Adapun tahapan dalam pengaturan *Background Images* adalah sebagai berikut.

a. Klik menu *Background Images* pada *Network Object*.

- b. Klik kanan pada jendela *Network Editor*
- c. Pilih *Add New Background Images*
- d. Pilih gambar jaringan jalan yang ingin dimasukkan.

Setelah dilakukan *input Background Image* kemudian dilakukan pengaturan skala antara gambar yang didapat dari *Google Earth* dengan kondisi asli di lapangan. Pada *software VISSIM* dipilih *set scale* pada gambar yang telah dimasukkan dengan cara menarik garis yang menjadi acuan pengukuran kemudian masukkan ukuran asli di lapangan.

3. Jaringan Jalan

Dalam *software VISSIM*, pengendalian jaringan jalan terdiri dari dua jenis sebagai berikut.

a. *Link*

Link merupakan jaringan jalan dalam pemodelan menggunakan *VISSIM* yang menggambarkan jalur lalu lintas. Dalam pemodelan *VISSIM*, *link* merupakan dasar dari suatu jaringan jalan. Pembuatan *link* dengan cara klik menu *Link* pada *Network Object*, pada bagian *Network Editor Area* tekan tombol *ctrl* pada *keyboard* dan klik kanan *mouse* secara bersamaan. Tarik sesuai dengan panjang *link* yang diinginkan. Kemudian dimasukkan nama *link*, jumlah lajur, lebar lajur, dan tipe kendaraan yang dapat melewati link kemudian klik OK.

b. *Connector*

Connector merupakan penghubung jaringan jalan atau *link* yang telah dibuat sebelumnya. Pembuatan *connector* dilakukan dengan cara klik *link* yang akan diberi *connector* kemudian tekan tombol *ctrl* pada *keyboard* dan klik kanan pada *mouse* secara bersamaan. Kemudian tarik dan arahkan arahkan pada *link* yang diinginkan.

4. 2D/3D Models

2D/3D Models merupakan fitur yang berfungsi untuk memasukkan jenis kendaraan yang diinginkan serta model animasi 3D. Jenis kendaraan yang dimasukkan ke dalam fitur tersebut disesuaikan dengan jenis kendaraan yang terdapat di lapangan. Dalam pengaturan tersebut, berbagai jenis kendaraan lain

sudah tersedia secara *default*. Jenis kendaraan yang tidak sesuai dengan data di lapangan dapat dihapus dan dipilih jenis kendaraan yang sesuai. Adapun tahapan dalam pengaturan *2D/3D Models* adalah sebagai berikut.

- a. Klik menu *Base Data* kemudian pilih *2D/3D Models*
- b. Pilih jenis kendaraan yang diinginkan dengan cara klik kanan kemudian pilih *Add*.
- c. Pilih folder *Vehicles*, pilih kendaraan yang akan dimunculkan kemudian pilih OK

5. *2D/3D Model Distributions*

2D/3D Model Distributions merupakan pengelompokan setiap jenis kendaraan yang terdapat dalam *2D/3D Model*. Pengelompokan tersebut dimasukkan ke dalam satu kategori sehingga memudahkan dalam proses pengaturan selanjutnya. Berbagai jenis kendaraan yang terdapat dalam *2D/3D Model* dapat dikategorikan sesuai dengan pengukuran di lapangan seperti *motorcycle* (MC), *light vehicle* (LV), dan *heavy vehicle* (HV). Adapun tahapan dalam pengaturan *2D/3D Model Distributions* adalah sebagai berikut.

- a. Klik *Base Data* kemudian klik *Distributions*, lalu pilih *2D/3D Model*
- b. Klik kanan lalu pilih *Add*, kemudian atur kendaraan yang dimasukkan.
- c. Arahkan kursor ke jendela sebelah kanan kemudian atur model *2D/3D* sesuai dengan jenis kendaraan yang dimasukkan.

6. *Vehicle Types*

Vehicle Types berfungsi untuk menggabungkan karakteristik mengemudi teknis kendaraan yang termasuk ke dalam *2D/3D Model Distributions*. Dalam pengaturan ini, data yang diatur harus disesuaikan dengan jenis kategori yang terdapat pada *2D/3D Model Distributions*. Data yang diatur dalam pengaturan ini berupa akselerasi dan deselerasi kendaraan.

7. *Vehicle Classes*

Vehicle Classes berfungsi untuk menggabungkan jenis kendaraan yang didasarkan atas *Vehicle Types*.

8. *Desired Speed Distributions*

Desired Speed Distributions merupakan distribusi kecepatan setiap kendaraan yang diatur dengan frekuensi kumulatif kecepatan. Dalam melakukan pengaturan, variabel yang dimasukkan ke dalam pengaturan yaitu persentase frekuensi kumulatif dan nilai tengah dari interval kecepatan.

9. *Vehicle Routes*

Vehicle Routes berfungsi untuk membuat pergerakan kendaraan menuju jalur lainnya. Dalam pengaturan ini digunakan tipe *Static*.

10. *Vehicle Composition*

Vehicle composition merupakan pengaturan komposisi jenis kendaraan dan kecepatannya ketika jam puncak. Kecepatan kendaraan diperoleh dari hasil survei di lapangan. Pengaturan *Vehicle Composition* dilakukan dengan cara pilih *Traffic* pada *Menu Bar* kemudian pilih *Vehicle Composition*. Kemudian masukkan jenis komposisi kendaraan dan diatur kecepatan sesuai hasil survei di lapangan.

11. *Vehicle Input*

Vehicle input digunakan untuk memasukkan volume lalu lintas. Data yang dibutuhkan yaitu data volume kendaraan ketika jam puncak. *Pengaturan vehicle input* dilakukan dengan cara klik menu *Vehicle Input* pada *Network Object*. Kemudian pilih *link* yang akan dimasukkan volumenya. Selanjutnya klik kanan dan dipilih *Add New Vehicle Input* untuk dimasukkan volume kendaraan jam puncak.

12. *Signal Controller*

Signal Controller berfungsi untuk mengatur lampu lalu lintas pada suatu persimpangan menggunakan *software VISSIM*. Pengaturan *Signal Controller* dilakukan dengan cara pilih *Signal Control* pada *Menu Bar* kemudian dipilih *Signal Controllers*. Kemudian dipilih *Add* pada *Signal Group* kemudian dimasukkan nama *Signal Controller* yang diinginkan. Selanjutnya pada *Signal Groups* diilih *New* kemudian diedit untuk diberi nama sinyal lalu dipilih urutan sinyal yang diinginkan dan dimasukkan waktu durasi lampu merah, *all red*, hijau, dan kuning. Pembuatan *Signal Group* dilakukan untuk tiap fase simpang.

Setelah dipilih *Signal Program* untuk memunculkan waktu siklus dalam bentuk diagram fase. Untuk memasukkan *Signal Controllers* yang sudah dibuat ke jaringan jalan, dapat dilakukan dengan pilih *Signal Head*. Kemudian dipilih lengan jalan yang akan dibuat *Signal Controllers* sesuai dengan lokasi yang ada di lapangan.

13. *Queue Counters*

Queue Counter berfungsi untuk membaca data antrean dan volume lalu lintas yang digunakan dalam pembacaan data panjang antrean. Dalam pembacaan data, queue counters ditempatkan pada tiap jalur yang mendekati simpang.

14. *Data Collection Point*

Data Collection Point berfungsi untuk membaca volume kendaraan yang melewati link atau jalur pada titik yang telah ditentukan.

15. *Nodes*

Nodes berfungsi sebagai tempat pembacaan data yang terletak di simpang.

16. *Data Collection Measurements*

Data Collection Measurements merupakan

17. *Driving Behavior*

Driving Behavior atau perilaku pengemudi merupakan parameter yang mempengaruhi kondisi antar kendaraan. *Driving behavior* harus disesuaikan dengan kondisi asli di lapangan agar simulasi yang dibuat pada *software VISSIM* dapat mewakilinya. Apabila hasil pemodelan berbeda dengan kondisi di lapangan maka perlu dilakukan kalibrasi agar sesuai dengan hasil data yang ada di lapangan.

18. *Evaluation*

Evaluation merupakan tahap akhir dalam pemodelan menggunakan VISSIM. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap pemodelan yang telah dibuat. Adapun hasil pemodelan terdiri sebagai berikut.

a. *Data Collection Points*

Data Collection Points berfungsi untuk mengetahui hasil volume kendaraan yang melewati jalan pada titik yang telah ditentukan. Hasil tersebut dapat

digunakan untuk validasi hasil pemodelan VISSIM. Pengaturan *Data Collection Points* dapat diatur pada bagian *Network Object*.

b. *Vehicle Time Travel*

Vehicle Time Travel berfungsi untuk menghitung kecepatan perjalanan kendaraan dengan jarak yang telah ditentukan. Hasil tersebut juga dapat digunakan untuk mengetahui tundaan (*delay*) kendaraan. Pengaturan *Vehicle Time Travel* dapat diatur pada bagian *Network Object*.

c. *Queue Counters*

Queue Counters berfungsi untuk menghitung panjang antrean kendaraan pada suatu jalur. Pengaturan *Queue Counters* dapat diatur pada bagian *Network Object*.

3.12 Validasi Data

Validasi adalah pengujian suatu data sehingga data yang diperoleh merupakan data yang valid. Dalam melakukan validasi, data yang dibandingkan yaitu volume lalu lintas dan panjang antrean yang didapat dari hasil survei dengan data hasil analisis menggunakan MKJI 1997 dan pemodelan VISSIM.

3.12.1 Uji GEH

Proses validasi data menggunakan metode statistik Geoffrey E. Havers (GEH). Rumus GEH yang dikembangkan oleh Geoffrey E. Havers pada tahun 1970-an digunakan untuk menilai kecocokan model simulasi lalu lintas. Rumus GEH merupakan metode statistik chi-kuadrat yang dimodifikasi untuk menghitung perbedaan data relatif dan absolut (Speirs, 2006). Perhitungan Rumus GEH dapat dilihat pada Persamaan 3.26 berikut.

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

dengan:

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

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

Validasi menggunakan rumus GEH memiliki ketentuan yang dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.7 Kesimpulan Hasil Rumus GEH

Nilai GEH	Keterangan
$GEH < 5$	Hasil Diterima
$5 \leq GEH \leq 10$	Kemungkinan kesalahan pemodelan atau data buruk
$GEH > 10$	Hasil Ditolak

3.12.2 Uji MAPE

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan rata-rata perbedaan absolut yang terdapat pada nilai prediksi dan nilai sebenarnya yang dinyatakan dalam persentase hasil perbedaan tersebut. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) digunakan pada evaluasi dari hasil prediksi yang dapat melihat tingkat akurasi terhadap angka peramalan dan angka realisasi (Nabillah dan Ranggadara, 2020). Adapun rumus MAPE dapat dilihat pada Persamaan 3.27 berikut.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|\bar{y}_t - y_t|}{\bar{y}_t} \times 100 \quad (3.27)$$

Nilai hasil uji *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang berbeda memiliki kesimpulan yang terdapat pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Kesimpulan Uji MAPE

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

3.13 Prediksi Volume Lalu Lintas Mendatang

Dalam menentukan prediksi volume lalu lintas mendatang, terdapat beberapa cara salah satunya dengan metode eksponensial. Menurut Adioetomo, S.M. dan Samosir, O.B. (2010), metode eksponensial menggambarkan pertambahan terjadi secara sedikit-sedikit sepanjang tahun. Dalam menentukan pertumbuhan, perlu diketahui rasio pertumbuhan tiap tahun. Adapun rumus rasio pertumbuhan dapat dilihat pada Persamaan 3.28 berikut.

$$r = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{P_t}{P_0} \right) \quad (3.28)$$

Adapun rumus jumlah kendaraan pada tahun tertentu dapat dilihat pada Persamaan 3.29 berikut.

$$P_t = P_0 e^{rt} \quad (3.29)$$

dengan:

r = rasio pertumbuhan,

P_t = jumlah kendaraan pada tahun t ,

P_0 = jumlah kendaraan pada tahun dasar,

t = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (tahun), dan

e = bilangan pokok dari sistem logaritma natural (ln).

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada Simpang Denggung Sleman yang menghubungkan Jalan Magelang, Jalan Gito Gati, dan Jalan KRT Pringgodiningrat. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 4.1 Lokasi Simpang Denggung

(Sumber: *Google Earth*, 2022)

4.2 Data Penelitian

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

Tabel 4.1 Data Penelitian

Data Primer	Data Sekunder
1. Volume lalu lintas	1. Denah lokasi Simpang Deggung, Kabupaten Sleman
2. Waktu siklus simpang	2. Jumlah Penduduk Kabupaten Sleman
3. Data geometri simpang	
4. Kecepatan kendaraan	
5. Data <i>driving behavior</i>	
6. Data panjang antrean	
7. Data hambatan samping	

4.2 Metode Pengambilan Data

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

1. Survei Volume Lalu Lintas

Survei volume lalu lintas menggunakan kamera yang diletakkan di tiap pendekat. Kamera berfungsi untuk merekam kendaraan yang melintas dari suatu pendekat menuju arah tujuannya. Penggunaan kamera ketika survei dapat meminimalisir *human error* ketika pengambilan data sehingga data yang dihasilkan dari survei volume lalu lintas dapat sesuai dengan keadaan di lapangan. Perhitungan volume kendaraan dibedakan berdasarkan tipe kendaraan dengan ketentuan sebagai berikut.

a. Sepeda motor (MC)

Sepeda motor merupakan kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda.

b. Kendaraan ringan (LV)

Kendaraan ringan merupakan kendaraan bermotor yang memiliki as dua dengan empat roda seperti mobil penumpang, mobil barang, dan truk kecil.

c. Kendaraan berat (HV)

Kendaraan berat merupakan kendaraan bermotor yang memiliki lebih dari empat roda seperti bus, truk dua as, truk tiga as, dan truk kombinasi.

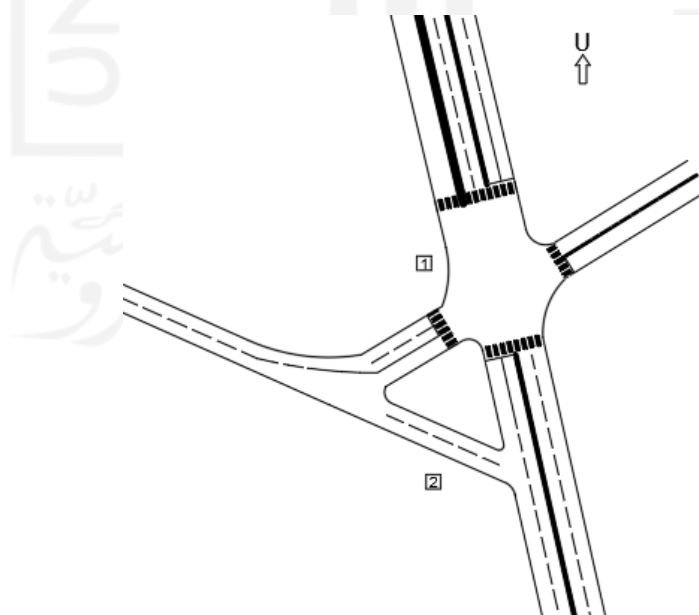
Dalam survei volume lalu lintas perlu membagi kendaraan berdasarkan arus yang dituju dengan pembagian sebagai berikut.

a. Arus kendaraan lurus (ST)

b. Arus kendaraan belok kiri (LT) atau belok kiri langsung (LTOR)

c. Arus kendaraan belok kanan (RT)

Hasil dari rekaman kamera kemudian direkapitulasi berdasarkan jenis kendaraan dan arah yang dituju tiap pendekatan untuk mengetahui jumlah kendaraan yang melintas pada persimpangan. Dalam perhitungannya, dibagi menjadi interval waktu tiap 15 menit karena dianggap masih memiliki ketelitian dan karakteristik yang sama sesuai kondisi di lapangan. Adapun penempatan lokasi kamera pada survei volume lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Lokasi Pengamatan Survei Volume Lalu Lintas

Keterangan:

1 = lokasi kamera 1,

2 = lokasi kamera 2.

2. Waktu Siklus Simpang

Waktu siklus simpang diperoleh dengan pengamatan langsung di lapangan. Surveyor yang bertugas pada tiap pendekat mencatat waktu APILL baik lampu merah, kuning, hijau, dan merah semua. Data waktu sinyal dari tiap pendekat nantinya digabung sehingga diketahui waktu siklus pada simpang bersinyal. Data waktu siklus simpang digunakan untuk menentukan kapasitas simpang bersinyal. Pengambilan data waktu siklus simpang dilakukan tiap sesi yaitu pagi, siang, dan sore.

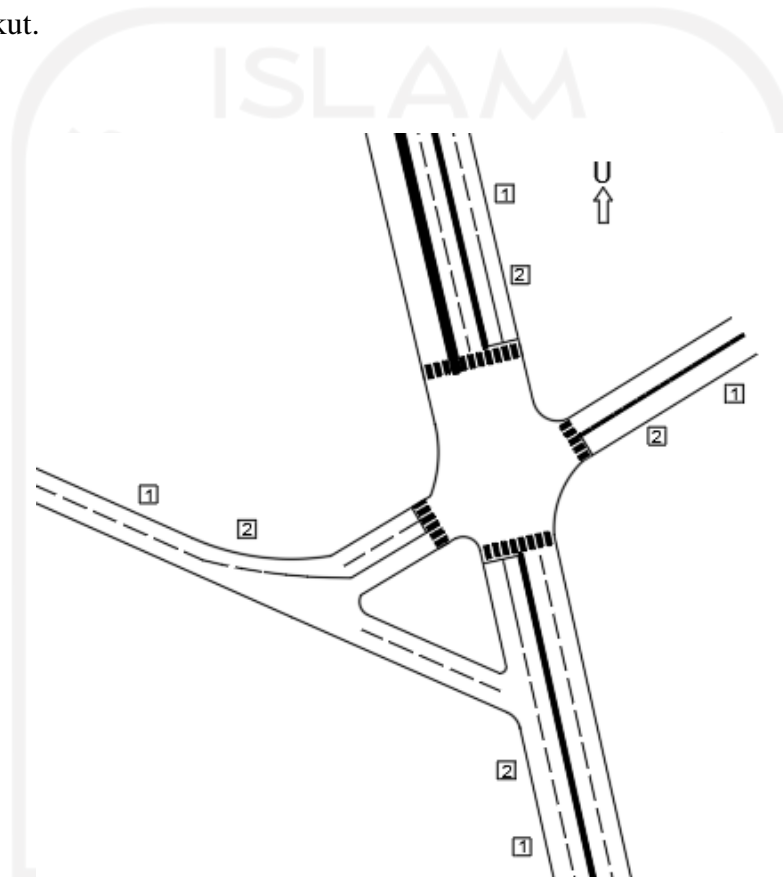
3. Geometri Simpang

Survei geometri simpang bertujuan untuk mengetahui kondisi geometrik pada suatu simpang. Survei tersebut dilakukan menggunakan alat ukur yaitu *walking measure* dan pengamatan secara visual di lapangan. Hasil pengukuran di lapangan yaitu data lebar jalur. Sedangkan berdasarkan pengamatan visual, data yang diperoleh yaitu tipe simpang, tipe pendekat, jumlah jalur dan lajur, dan ada atau tidaknya median.

4. Kecepatan Kendaraan

Kecepatan kendaraan diperoleh melalui pengamatan secara langsung di lapangan. Pengamatan dilaksanakan pada tiap pendekat dengan jarak yang sudah ditentukan. Survei kecepatan kendaraan bertujuan untuk memodelkan simpang menggunakan *software VISSIM*. Pada *software VISSIM*, survei kecepatan digunakan untuk memodelkan kecepatan kendaraan ketika menuju simpang. Lokasi survei berada pada tiap pendekat dengan jarak 50 m dari panjang antrean terakhir. Hal tersebut dikarenakan kecepatan kendaraan tidak terganggu oleh panjang antrean. Prosedur pelaksanaan survei kecepatan kendaraan yaitu dengan cara menghitung waktu kendaraan dengan jarak yang sudah ditentukan yaitu 20 m. Setelah itu dihitung kecepatan kendaraan dengan cara jarak dibagi waktu tempuh kendaraan. Dalam pengambilan data kecepatan kendaraan, jumlah sampel data yang digunakan sebanyak 30 kendaraan untuk tiap jenis kendaraan

pada tiap pendekatan. Agung (2006) menyatakan bahwa teorema limit sentral dapat diterapkan untuk ukuran sampel minimal 30. Hal tersebut menjadi dasar dalam pengambilan sampel data dalam survei yang dilakukan. Pengambilan data kecepatan kendaraan dilakukan tiap sesi yaitu pagi, siang, dan sore. Adapun lokasi surveyor pada survei kecepatan kendaraan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Lokasi Survei Kecepatan Kendaraan

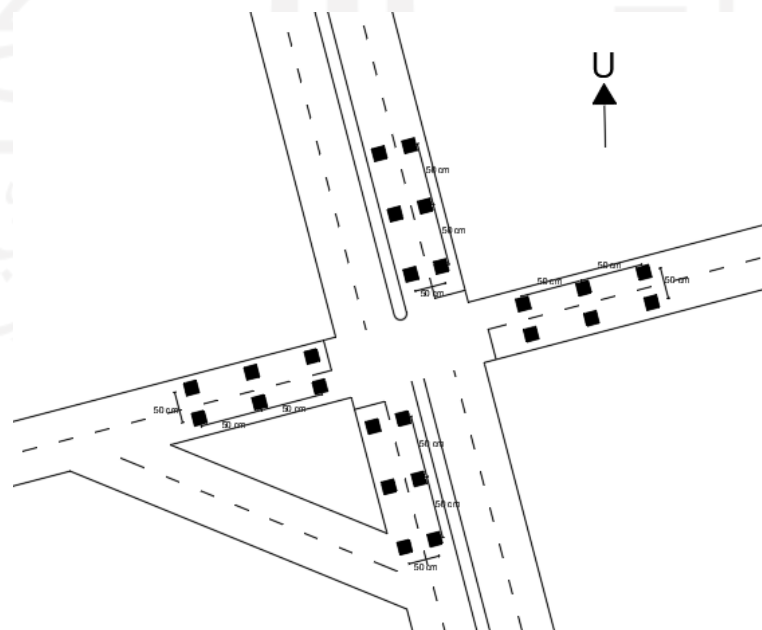
Keterangan:

- 1 = lokasi surveyor 1, dan
- 2 = lokasi surveyor 2.

5. Data *Driving Behavior*

Data *driving behavior* merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk memodelkan simpang pada *software* VISSIM. *Driving behavior* atau perilaku

pengemudi yang disurvei yaitu ketika kendaraan berhenti dan berjalan. Survei dilakukan dengan mengukur jarak antar kendaraan berupa jarak depan ke belakang dan jarak samping antar kendaraan. Pada kendaraan yang berhenti, ketika lampu sinyal berwarna merah, dilakukan survei dengan cara mengukur jarak antar kendaraan yaitu jarak depan belakang dan samping kanan kiri. Pada kendaraan ketika berjalan, survei dilakukan dengan cara mengukur jarak dengan bantuan garis bantu sehingga jarak kendaraan ketika berjalan dapat diketahui. Pemberian garis bantu atau penanda diletakkan tiap jarak 50 cm sehingga dapat diketahui jarak kendaraan ketika berjalan. Jumlah data yang diperoleh dalam survei ini yaitu 30 sampel untuk survei jarak depan belakang ketika kendaraan berhenti, 30 sampel untuk survei jarak kanan kiri ketika kendaraan berhenti, 30 sampel untuk survei jarak depan belakang ketika kendaraan berjalan, dan 30 sampel untuk survei jarak depan belakang ketika kendaraan berjalan pada tiap pendekatan. Pengambilan data *driving behavior* dilakukan hanya 1 sesi dikarenakan data yang diperoleh dapat mewakili perilaku kendaraan tiap waktu. Adapun lokasi pengukuran *driving behavior* dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Lokasi Survei *Driving Behavior*

6. Data Panjang Antrean

Data panjang antrean digunakan untuk memvalidasi hasil analisis berdasarkan MKJI 1997 dan pemodelan VISSIM. Pengukuran panjang antrean dilakukan pada tiap pendekat. Sebelum dilakukan pengukuran, tiap pendekat diberi jarak tiap 20 m sehingga memudahkan pengukuran panjang antrean. Pengukuran panjang antrean didasarkan pada panjang antrean terakhir sebelum APILL pada pendekat berwarna hijau. Pengambilan data panjang antrean dilakukan selama survei volume lalu lintas berlangsung.

7. Data Hambatan Samping

Data hambatan samping digunakan untuk penentuan tipe hambatan samping dalam perhitungan MKJI 1997. Pengambilan data hambatan samping dilakukan secara kualitatif dengan mempertimbangkan kondisi di lapangan. Adapun pengambilan data tersebut dilakukan pada tiap pendekat dikarenakan tiap pendekat memiliki karakteristik hambatan samping yang berbeda.

4.2.1 Alat yang Digunakan

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

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

4.2.2 Waktu Pelaksanaan Survei

Penentuan hari pelaksanaan survei didasarkan pada penelitian Putro (2016) yang berada pada Jalan Magelang. Survei pengambilan data lalu lintas penelitian pada ini dilakukan selama dua hari dengan ketentuan satu hari kerja (*weekday*) yaitu hari Senin dan satu hari libur (*weekend*) yaitu hari Sabtu. Pengambilan data

dilaksanakan selama 3 sesi yaitu sesi pagi, siang dan sore dengan rincian sebagai berikut.

1. Waktu pagi : 06.00 – 09.00 WIB
2. Waktu siang : 11.00 – 13.00 WIB
3. Waktu sore : 15.00 – 18.00 WIB

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

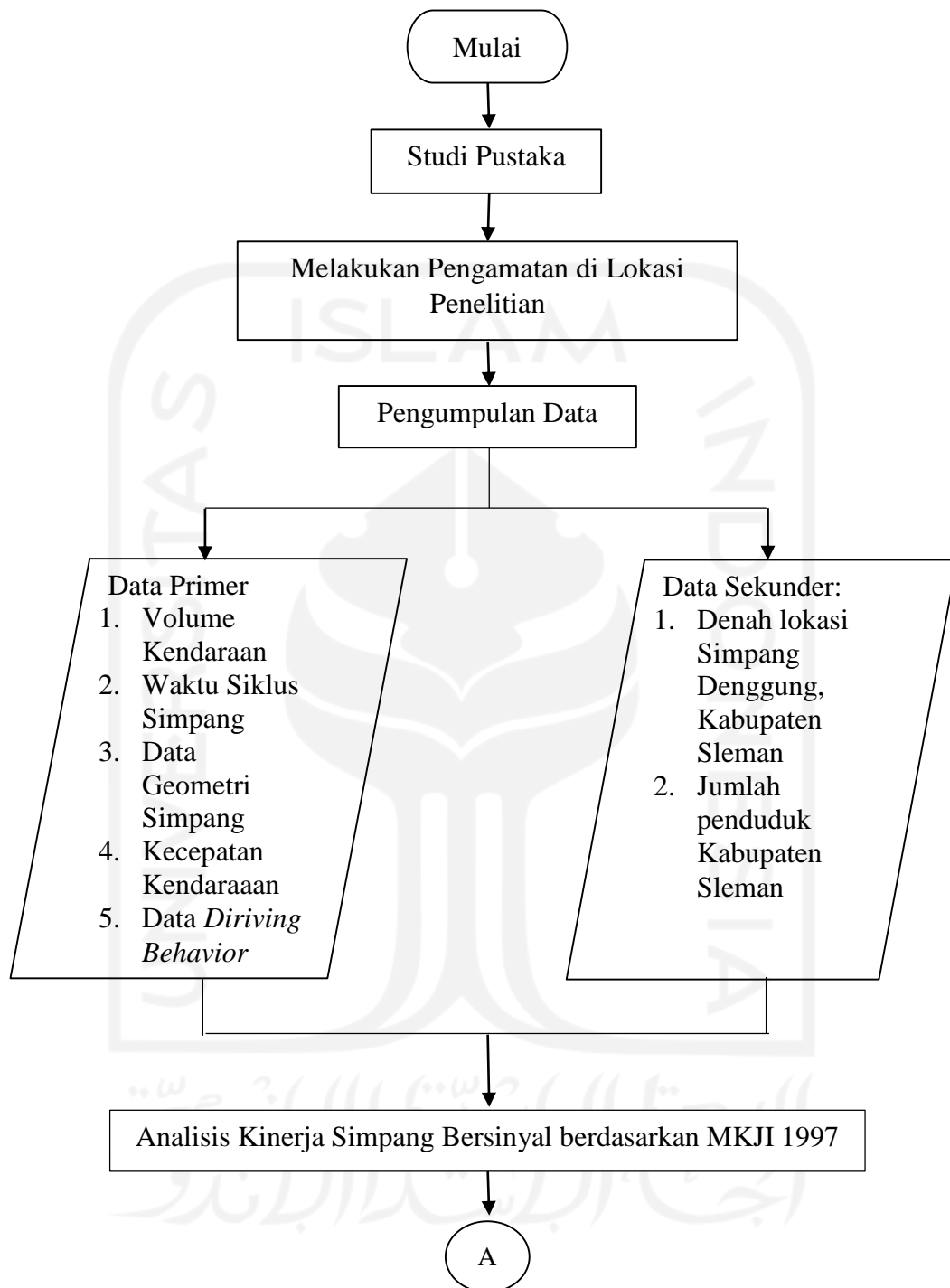
4.3 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode MKJI 1997 dengan bantuan *software Microsoft Excel* dan VISSIM. Data pada penelitian ini diperoleh dari pengamatan secara langsung di lapangan dan melalui data dari beberapa sumber. Data yang sudah diperoleh kemudian dilakukan analisis berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) menggunakan *software Microsoft Excel*. Hasil dari analisis menggunakan MKJI 1997 berupa kinerja pelayanan simpang pada kondisi eksisting.

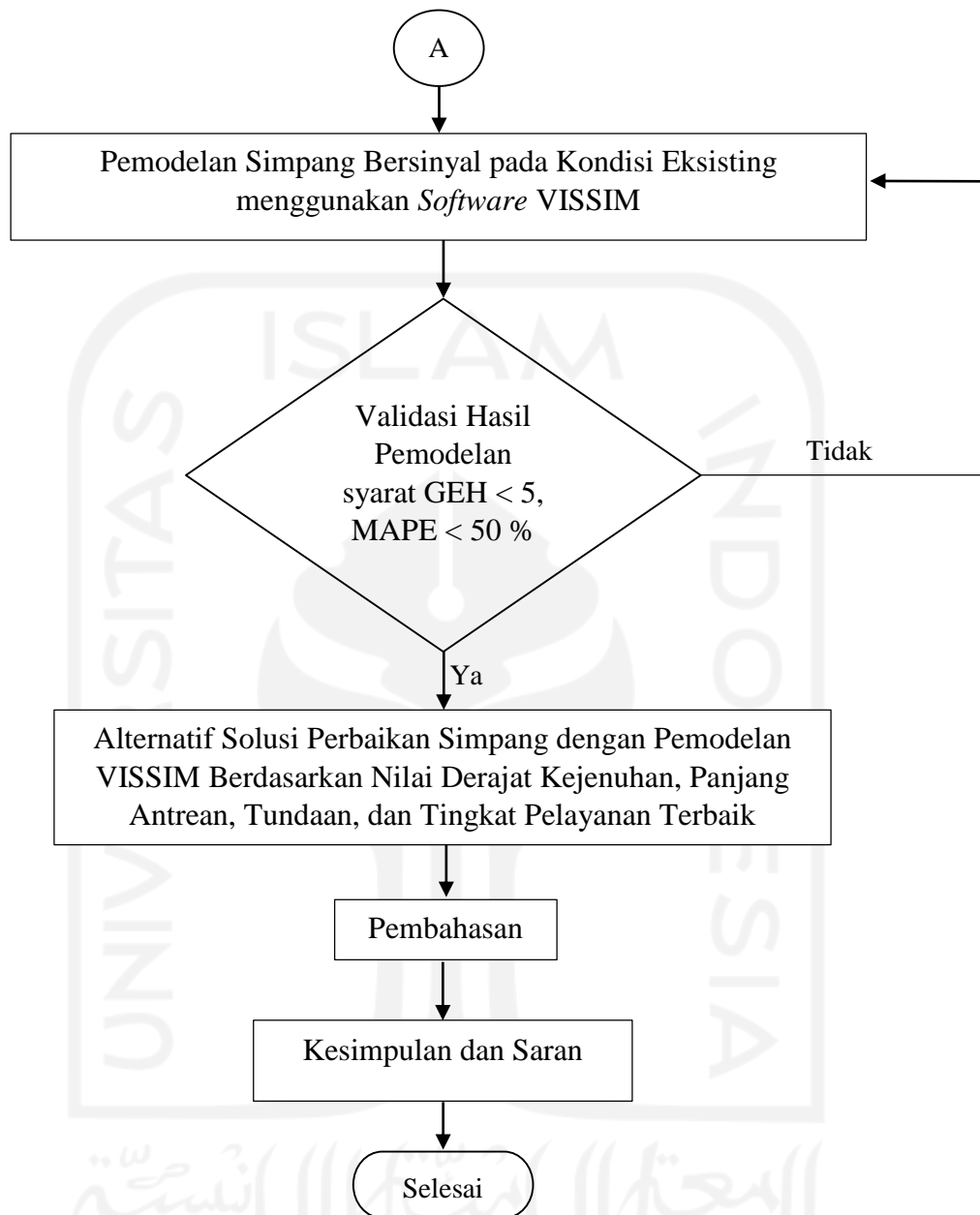
Setelah diketahui kinerja simpang pada kondisi eksisting, kemudian dicari beberapa alternatif solusi penanganan agar kinerja simpang dapat lebih optimal. Alternatif solusi yang dilakukan berupa perubahan pewaktuan sinyal. Dalam menentukan alternatif solusi, digunakan *software VISSIM* dalam pemodelannya untuk mengetahui kinerja pelayanan simpang. Hasil alternatif solusi dibandingkan dengan kondisi eksisting sehingga diketahui alternatif yang paling efektif pada Simpang Deggung.

4.4 Bagan Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dapat dilihat di bagan alir yang terdapat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.5 Bagan Alir Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Hasil Pengamatan

Data hasil pengamatan digunakan dalam melakukan analisis data. Data tersebut diperoleh secara langsung melalui survei di lapangan. Data dari hasil pengamatan yang diperoleh yaitu data volume lalu lintas, waktu siklus simpang, geometrik simpang, kecepatan kendaraan, *driving behavior*, dan panjang antrean. Data yang diperoleh digunakan untuk perhitungan analisis berdasarkan MKJI 1997 dan pemodelan dengan menggunakan *software* VISSIM.

5.1.1 Data Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas diperoleh dari hasil survei volume lalu lintas yang dilakukan di lapangan. Survei dilakukan selama 8 jam per hari yang dilakukan pada 1 hari kerja dan 1 hari libur. Penentuan hari pelaksanaan survei didasarkan pada penelitian terdahulu yang terletak pada Jalan Magelang di mana pelaksanaan survei pada hari Senin dan Sabtu. Periode pelaksanaan survei dibagi menjadi 3 periode, yaitu periode pagi pada jam 06.00-09.00 WIB, periode siang pada jam 11.00 – 13.00 WIB, dan periode sore pada jam 15.00 – 18.00 WIB. Data yang diperoleh memiliki satuan kendaraan per jam sehingga perlu dikonversi menjadi satuan smp/jam. Di bawah ini merupakan data volume lalu lintas Simpang Deggung yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

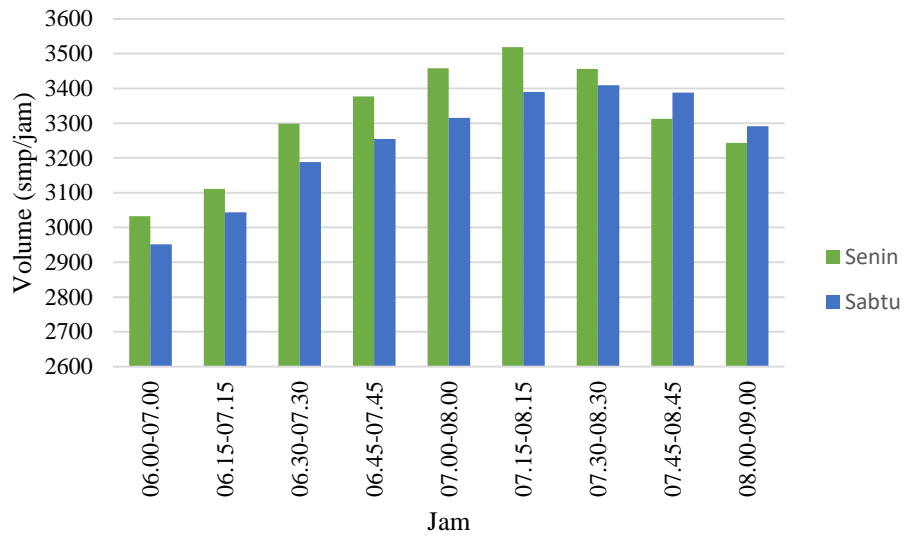
Tabel 5.1 Volume Lalu Lintas Simpang Deggung

Periode	Waktu (WIB)	Volume Lalu Lintas (smp/jam)	
		Senin, 8 Agustus 2022	Sabtu, 13 Agustus 2022
Pagi	06.00 - 07.00	3032,8	2951,8
	06.15 - 07.15	3111,2	3043,4
	06.30 - 07.30	3298,8	3188
	06.45 - 07.45	3376,6	3254,1
	07.00 - 08.00	3458	3314,8

Lanjutan Tabel 5.1 Volume Lalu Lintas Simpang Deggung

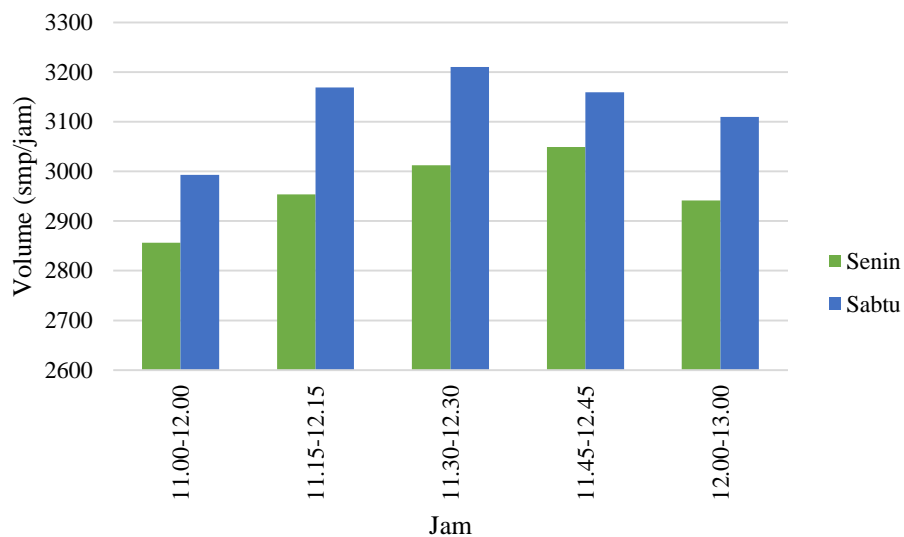
Periode	Waktu (WIB)	Volume Lalu Lintas (smp/jam)	
		Senin, 8 Agustus 2022	Sabtu, 13 Agustus 2022
Pagi	07.15 - 08.15	3518,7	3389,7
	07.30 - 08.30	3456,5	3409,2
	07.45 - 08.45	3312,1	3387,8
	08.00 - 09.00	3243	3291,4
Siang	11.00 - 12.00	2856,2	2992,7
	11.15 - 12.15	2953,4	3168,8
	11.30 - 12.30	3012	3210,3
	11.45 - 12.45	3048,7	3158,9
	12.00 - 13.00	2941,2	3109,4
Sore	15.00 - 16.00	3425,6	3347,4
	15.15 - 16.15	3560,3	3479,4
	15.30 - 16.30	3626,2	3544,7
	15.45 - 16.45	3728,7	3644,4
	16.00 - 17.00	3772,7	3713,6
	16.15 - 17.15	3752,2	3742,4
	16.30 - 17.30	3639,3	3707,4
	16.45 - 17.45	3473,3	3607,8
	17.00 - 18.00	3294	3506,5

Dari Tabel 5.1 di atas, didapatkan volume lalu lintas Simpang Deggung pada periode jam puncak terjadi pada hari Senin jam 16.00 – 17.00 WIB dengan jumlah 3772,7 smp/jam. Untuk memudahkan pembacaan volume lalu lintas jam puncak, berikut disajikan histogram mengenai yang dibagi tiap periode pagi, siang, dan sore. Histogram volume lalu lintas periode pagi pada hari Senin dan Sabtu dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



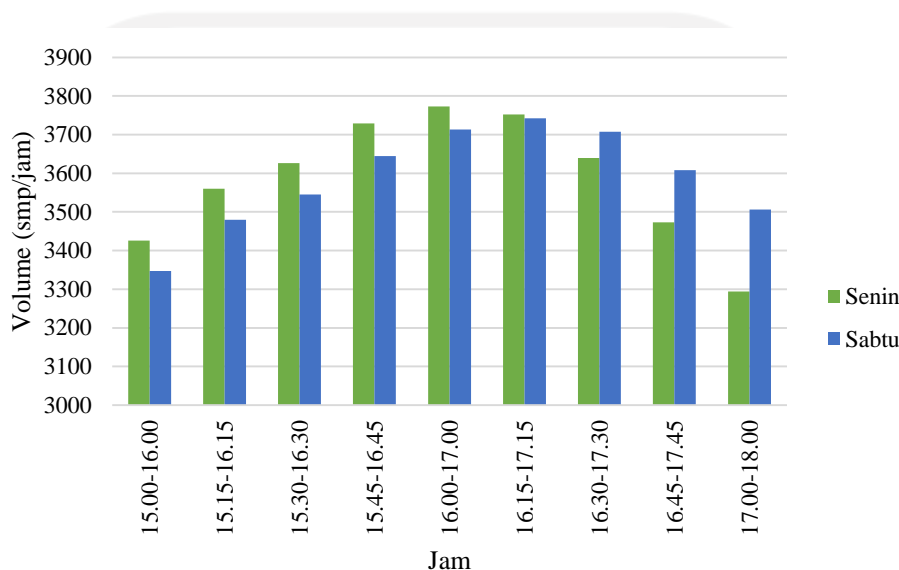
Gambar 5.1 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Pagi

Berdasarkan Gambar 5.1, diperoleh volume puncak periode pagi pada hari Senin sebesar 3518,7 smp/jam dan hari Sabtu sebesar 3409,2 smp/jam. Adapun histogram volume lalu lintas periode siang pada hari Senin dan Sabtu dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Siang

Berdasarkan Gambar 5.2, diperoleh volume puncak periode siang pada hari Senin sebesar 3048,7 smp/jam dan hari Sabtu sebesar 3158,9 smp/jam. Adapun histogram volume lalu lintas periode sore pada hari Senin dan Sabtu dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Sore

Berdasarkan Gambar 5.3, diperoleh volume puncak periode sore pada hari Senin sebesar 3772,7 smp/jam dan hari Sabtu sebesar 3742,4 smp/jam.

5.1.2 Data Waktu Siklus Simpang

Data waktu siklus simpang pada Simpang Denggung diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan. Pengamatan dilakukan dengan cara mencatat lama waktu hijau, kuning, merah, dan *all red* pada APILL tiap lengannya. Data waktu siklus yang ada digunakan untuk mengetahui kondisi simpang pada kondisi eksisting. Adapun pembagian waktu tiap lengannya dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Pembagian Waktu Sinyal Simpang Denggung

Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	All Red (detik)	Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)
Jalan Magelang (utara)	46	3	4	121	174
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	27	3	4	87	174
Jalan Magelang (selatan)	46	3	4	121	174
Jalan Gito Gati (timur)	27	3	4	87	174

Berdasarkan Tabel 5.2, waktu hijau pada Jalan Magelang (utara) sebesar 46 detik, Jalan KRT Pringgodiningrat sebesar 27 detik, Jalan Magelang (selatan) sebesar 46 detik, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 27 detik. Waktu kuning sebesar 3 detik dan *all red* sebesar 4 detik untuk tiap pendekat sedangkan waktu siklus simpang sebesar 174 detik. Adapun pembagian waktu siklus berupa diagram waktu siklus Simpang Denggung pada kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.

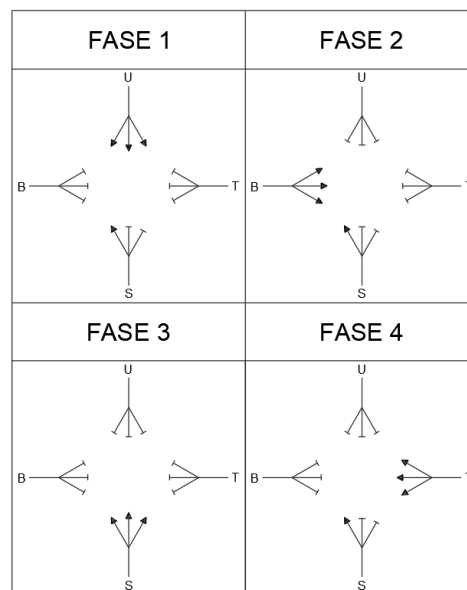


Keterangan:

- : Hijau (detik)
- : Kuning (detik)
- : All Red (detik)
- : Merah (detik)

Gambar 5.4 Diagram Waktu Siklus Simpang Denggung Kondisi Eksisting

Pengamatan yang dilakukan juga mengamati fase yang terdapat pada Simpang Deggung. Fase pada simpang tersebut memiliki empat fase dengan pembagian fase seperti pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Pembagian Fase Simpang Deggung Kondisi Eksisting

Bedasarkan Gambar 5.5, fase pertama yaitu APILL pada pendekat utara bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 2 yaitu APILL pada pendekat barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 3 yaitu APILL pada pendekat selatan bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 4 yaitu APILL pada pendekat barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Pada pendekat selatan memiliki LTOR sehingga kendaraan yang belok kiri tidak terpengaruh nyala APILL tiap fase.

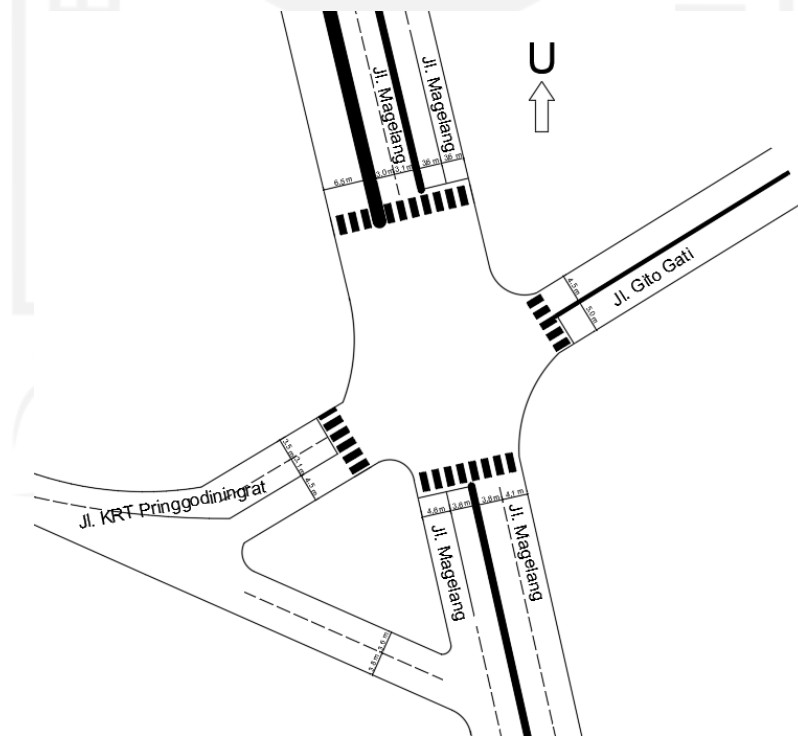
5.1.3 Data Geometri Simpang

Data geometri simpang merupakan data yang berisi tentang kondisi simpang yang diperoleh melalui pengamatan di lapangan. Data geometri simpang digunakan untuk melakukan analisis dan pemodelan menggunakan VISSIM. Adapun data geometri Simpang Deggung dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Data Geometri Simpang Denggung

Pendekat	Tipe Jalur	Median	Belok Kiri Langsung	Lebar Pendekat Masuk (m)	Lebar Pendekat Keluar (m)
Jalan Magelang (utara)	4/2 D	Ya	Tidak	7,2	6,1
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	2/2 UD	Tidak	Tidak	6,6	4,5
Jalan Magelang (selatan)	4/2 D	Ya	Ya	8,2	7,9
Jalan Gito Gati (timur)	2/2 D	Ya	Tidak	5	4,5

Berdasarkan Tabel 5.3, diketahui lebar pendekat masuk pada Jalan Magelang (utara) sebesar 7,2 m, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 6,6 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 8,2 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 5 m. Adapun sketsa geometri Simpang Denggung dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Geometri Simpang Denggung

5.1.4 Data Kecepatan Kendaraan

Data kecepatan kendaraan merupakan data yang diperoleh langsung dari lapangan. Pelaksanaan survei kecepatan kendaraan dilakukan pada tiap pendekatan ketika kendaraan menuju simpang. Data kecepatan kendaraan tiap pendekatan dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Data Kecepatan Kendaraan

No.	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
	km/jam			km/jam			km/jam			km/jam		
1	47	62	63	54	37	22	72	50	43	47	57	25
2	72	79	62	49	40	23	68	61	53	48	54	46
3	46	63	58	34	34	22	45	50	36	62	34	35
4	57	85	34	30	44	25	62	72	56	31	26	38
5	56	54	34	46	41	32	80	46	52	68	38	45
6	96	61	48	41	43	27	65	57	42	61	32	37
7	67	59	58	54	32	32	61	65	54	54	33	35
8	83	55	63	58	33	28	83	68	61	55	41	35
9	51	55	38	57	36	28	61	61	51	49	51	22
10	44	54	51	30	29	35	59	59	63	50	33	31
11	85	80	53	45	42	25	55	58	62	52	39	33
12	53	62	40	36	33	33	54	64	46	59	36	39
13	51	57	54	52	36	31	61	49	59	47	43	32
14	52	84	32	42	46	26	68	66	56	46	57	28
15	49	35	48	44	36	34	59	49	43	51	39	34
16	54	66	58	66	32	27	45	58	39	40	42	27
17	72	66	47	48	53	25	48	56	62	34	59	41
18	55	67	28	41	46	29	91	58	61	46	54	40
19	57	49	46	50	36	32	43	70	51	53	30	27
20	51	41	28	55	44	26	68	43	39	49	35	39
21	80	58	63	56	32	25	58	55	49	39	43	43
22	47	56	57	42	40	25	46	68	63	62	35	37
23	45	51	45	44	41	38	72	47	52	44	41	38
24	44	57	52	44	44	24	78	62	52	38	29	33
25	55	63	30	58	42	37	70	62	52	46	44	42
26	39	49	58	43	37	35	73	62	52	51	41	25
27	67	49	53	51	51	28	31	56	39	39	34	35
28	54	93	29	52	58	26	53	52	70	46	40	31
29	56	68	41	38	33	32	67	58	74	39	33	28
30	50	57	35	54	45	31	57	49	34	38	32	30

5.1.5 Data *Driving Behavior*

Data *driving behavior* yang diperoleh berdasarkan pengukuran di lapangan digunakan sebagai parameter yang terdapat pada pemodelan VISSIM. Data yang diperoleh merupakan hasil pengukuran tiap jenis kendaraan yang berada pada tiap pendekat. Adapun data *driving behavior* terdapat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Data *Driving Behavior*

Jumlah Sampel	Depan Belakang Kendaraan Berhenti (m)	Berdampingan Kendaraan Berhenti (m)	Depan Belakang Kendaraan Berjalan (m)	Berdampingan Kendaraan Berjalan (m)
1	0,3	0,3	0,6	0,5
2	0,2	0,2	0,6	0,5
3	0,8	0,5	0,9	0,4
4	0,9	0,4	1,2	0,5
5	1	0,6	1,4	0,6
6	1,1	0,5	1,3	0,7
7	0,3	0,3	0,5	0,3
8	0,2	0,4	0,4	0,2
9	0,6	0,5	0,8	0,5
10	0,6	0,6	0,7	0,6
11	1,1	0,7	1,2	0,8
12	0,9	0,5	1,6	1
13	0,2	0,5	0,6	0,2
14	0,2	0,3	0,5	0,3
15	0,5	0,6	1,4	0,3
16	0,5	0,3	1	0,2
17	0,9	0,5	1,5	0,7
18	1,2	0,7	1,7	0,6
19	0,2	0,2	0,6	0,3
20	0,3	0,3	0,5	0,3
21	0,5	0,5	0,8	0,5
22	0,6	0,6	0,6	0,4
23	0,9	0,8	1	0,8
24	1,1	0,6	1,1	0,7
25	0,2	0,3	0,6	0,3
26	0,6	0,5	0,6	0,5
27	1	0,7	0,8	0,6
28	0,3	0,3	0,5	0,2
29	0,6	0,6	0,7	0,5
30	1,2	0,8	0,8	0,6
Rata-Rata	0,63	0,49	0,88	0,49

Berdasarkan Tabel 5.5, jarak depan belakang ketika kendaraan berhenti sebesar 0,63 m, jarak berdampingan ketika kendaraan berhenti sebesar 0,49 m, jarak depan belakang ketika kendaraan berjalan sebesar 0,88 m, jarak berdampingan ketika kendaraan berjalan sebesar 0,49 m.

5.1.6 Panjang Antrean

Data panjang antrean digunakan untuk validasi hasil perhitungan berdasarkan MKJI 1997 dan pemodelan VISSIM. Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, diperoleh data panjang antrean rata-rata pada jam puncak yang terdapat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Panjang Antrean Jam Puncak

Pendekat	Panjang Antrean Rata-Rata (m)
Jalan Magelang (Utara)	249,59
Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)	28,77
Jalan Magelang (Selatan)	178,64
Jalan Gito Gati (Timur)	80,65

Berdasarkan Tabel 5.6, panjang antrean rata-rata ketika jam puncak pada Jalan Magelang (utara) sebesar 249,59 m, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 28,77 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 178,64 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 80,65 m.

5.1.7 Hambatan Samping

Hambatan samping digunakan dalam menentukan tipe lingkungan jalan dan tingkat hambatan samping. Penentuan hambatan samping dilakukan secara kualitatif. Hasil pengamatan secara kualitatif ditampilkan dalam bentuk foto yang menggambarkan kondisi di lapangan pada tiap pendekat. Berikut merupakan gambar hambatan samping pendekat utara yaitu Jalan Magelang yang terdapat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Hambatan Samping Jalan Magelang (Utara)

Berdasarkan Gambar 5.7, tipe lingkungan pada Jalan Magelang (utara) merupakan komersial. Tipe hambatan samping pada jalan tersebut yaitu tinggi dikarenakan daerah komersil dengan aktivitas sisi jalan tinggi.

Adapun gambar hambatan samping pendekat barat yaitu Jalan KRT Pringgodiningrat terdapat pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.8 Hambatan Samping Jalan KRT Pringgodiningrat

Berdasarkan Gambar 5.8, tipe lingkungan pada Jalan Magelang (selatan) merupakan komersial. Tipe hambatan samping pada jalan tersebut yaitu sedang dikarenakan terdapat beberapa toko di sisi jalan.

Adapun gambar hambatan samping pendekat selatan yaitu Jalan Magelang terdapat pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.9 Hambatan Samping Jalan Magelang (Selatan)

Berdasarkan Gambar 5.9, tipe lingkungan pada Jalan Magelang (selatan) merupakan komersial. Tipe hambatan samping pada jalan tersebut yaitu tinggi dikarenakan daerah komersil dengan aktivitas sisi jalan tinggi.

Adapun gambar hambatan samping pendekat timur yaitu Jalan Gito Gati terdapat pada Gambar 5.10 berikut.

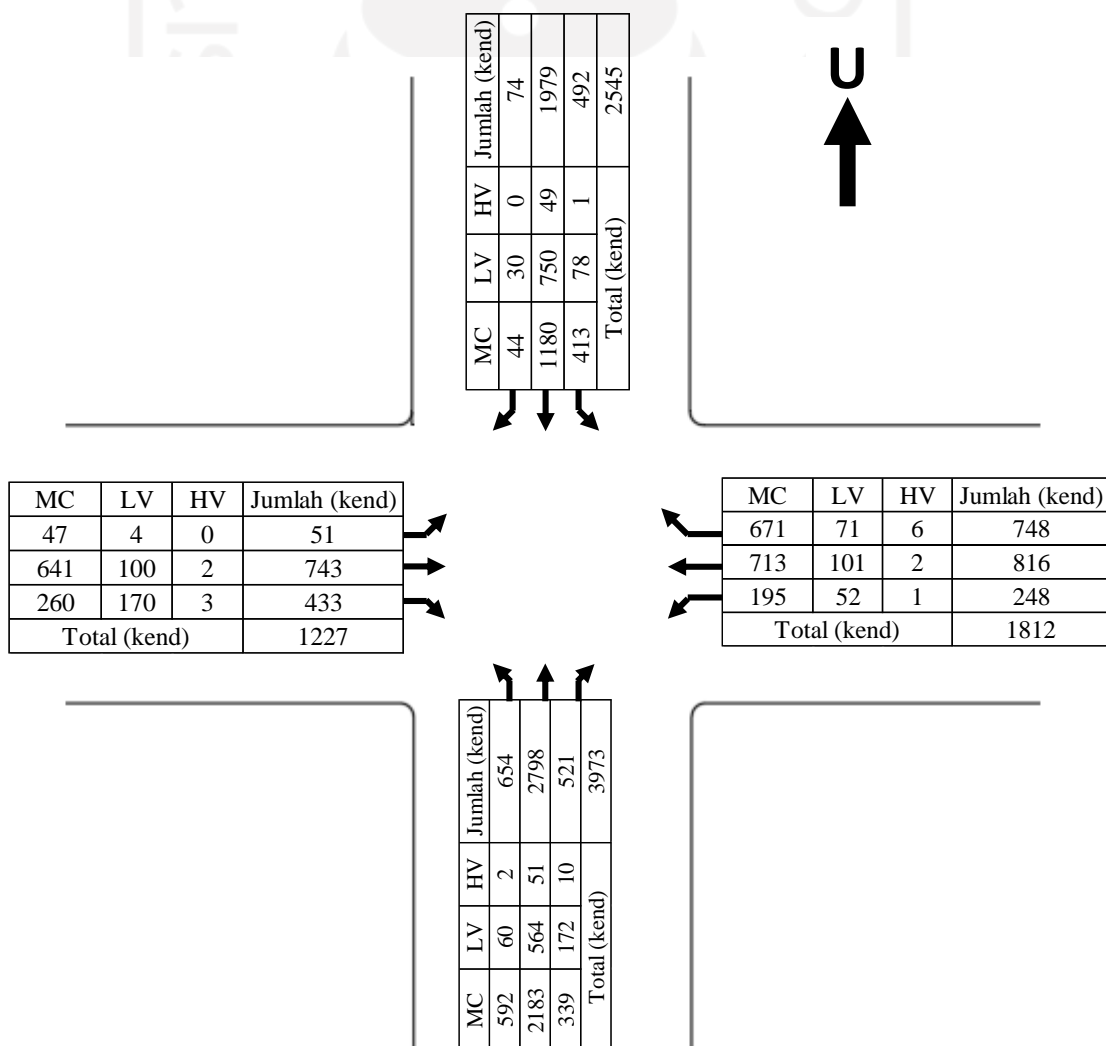


Gambar 5.10 Hambatan Samping Jalan Gito Gati

Berdasarkan Gambar 5.10, tipe lingkungan pada Jalan Gito Gati merupakan komersial. Tipe hambatan samping pada jalan tersebut yaitu tinggi dikarenakan daerah komersil dengan aktivitas sisi jalan tinggi.

5.2 Analisis Kinerja Simpang Deggung Berdasarkan MKJI 1997

Analisis kinerja simpang berdasarkan MKJI 1997 bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitas, derajat kejenuhan, dan perilaku lalu lintas pada Simpang Deggung. Data volume kendaraan yang digunakan merupakan data volume ketika jam puncak selama satu jam. Adapun distribusi volume lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.11 Distribusi Arus Lalu Lintas pada Jam Puncak

Data kendaraan yang terdapat pada Gambar 5.11 masih dalam satuan kendaraan. Oleh sebab itu perlu dilakukan konversi ke dalam satuan mobil penumpang (smp). Adapun data volume lalu lintas yang sudah dikonversi ke dalam smp terdapat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Volume Lalu Lintas Jam Puncak

Arus Lalu Lintas	Arah	LV		HV		MC		Total Kendaraan Bermotor			UM (kend/jam)
		kend/jam	emp 1 smp/jam	Kend/jam	emp 1,3 smp/jam	kend/jam	emp 0,2 smp/jam	kend/jam	smp/jam	Rasio Belok	
Jalan Magelang (utara)	LT	78	78	1	1,3	413	82,6	492	161,9	0,13	1
	ST	750	750	49	63,7	1180	236	1979	1049,7		
	RT	30	30	0	0	44	8,8	74	38,8	0,03	
	Total	858	858	50	65	1637	327,4	2545	1250,4		
Jalan Magelang (Selatan)	LT	60	60	2	2,6	592	118,4	654	181	0,12	3
	ST	564	564	51	66,3	2183	436,6	2798	1066,9		
	RT	172	172	10	13	339	67,8	521	252,8	0,17	
	Total	796	796	63	81,9	3114	622,8	3973	1500,7		
Jumlah Jalan Utama		1654	1654	113	146,9	4751	950,2	6518	2751,1		4
Jalan Gito Gati (Timur)	LT	52	52	1	1,3	195	39	248	92,3	0,17	4
	ST	101	101	2	2,6	713	142,6	816	246,2		
	RT	71	71	6	7,8	671	134,2	748	213	0,39	
	Total	224	224	9	11,7	1579	315,8	1812	551,5		
Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)	LT	4	4	0	0	47	9,4	51	13,4	0,03	1
	ST	100	100	2	2,6	641	128,2	743	230,8		
	RT	170	170	3	3,9	260	52	433	225,9	0,48	
	Total	274	274	5	6,5	948	189,6	1227	470,1		
Jumlah Jalan Minor		498	498	14	18,2	2527	505,4	3039	1021,6		5
TOTAL	LT	194	194	4	5,2	1247	249,4	1445	448,6	0,12	9
	ST	1515	1515	104	135,2	4717	943,4	6336	2593,6		
	RT	443	443	19	24,7	1314	262,8	1776	730,5	0,19	
	Total	2152	2152	127	165,1	7278	1455,6	9557	3773		
RASIO JALAN MINOR ρ_{MI}									0,271	Rasio ρ_{UM}	0,001

5.2.1 Perhitungan Arus Jenuh

Dalam menghitung arus jenuh, yang harus dilakukan sebelumnya yaitu menentukan arus jenuh dasar, faktor penyesuaian ukuran kota, penyesuaian hambatan samping, faktor penyesuaian kelandaian, faktor penyesuaian parkir, faktor penyesuaian belok kanan, faktor penyesuaian belok kanan, faktor penyesuaian belok kiri. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut.

1. Perhitungan Arus Jenuh Dasar

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times W_e \\ &= 780 \times 7,2 \end{aligned}$$

$$S_0 = 5616 \text{ smp/jam hijau}$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times W_e \\ &= 780 \times 6,6 \end{aligned}$$

$$S_0 = 5148 \text{ smp/jam hijau}$$

c. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times W_e \\ &= 780 \times 8,2 \end{aligned}$$

$$S_0 = 6393 \text{ smp/jam hijau}$$

d. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times W_e \\ &= 780 \times 5 \end{aligned}$$

$$S_0 = 3900 \text{ smp/jam hijau}$$

2. Perhitungan Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman (2022), jumlah penduduk Kabupaten Sleman tahun 2021 sebesar 1.088.045 jiwa. Berdasarkan Tabel 3.2, diperoleh faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS}) sebesar 1,00.

3. Perhitungan Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

a. Pendekat Utara

Simpang Deggung Pendekat utara merupakan Jalan Magelang. Adapun lingkungan jalan tersebut merupakan komersial dikarenakan terdapat toko

dan aktivitas ekonomi lainnya. Berdasarkan pengamatan secara kualitatif, hambatan samping yang berada pada jalan tersebut yaitu tinggi. Tipe fase pada Pendekat tersebut yaitu terlindung. Berdasarkan Tabel 5.7, rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0.001. Berdasarkan Tabel 3.3, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0.93.

b. Pendekat Barat

Simpang Deggung Pendekat barat merupakan Jalan KRT Pringgodingrat. Adapun lingkungan jalan tersebut merupakan komersial dikarenakan terdapat toko dan aktivitas ekonomi lainnya. Berdasarkan pengamatan secara kualitatif, hambatan samping yang berada pada jalan tersebut yaitu sedang. Tipe fase pada Pendekat tersebut yaitu terlindung. Berdasarkan Tabel 5.7, rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0,001. Berdasarkan Tabel 3.3, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0.94.

c. Pendekat Selatan

Simpang Deggung Pendekat selatan merupakan Jalan Magelang. Adapun lingkungan jalan tersebut merupakan komersial dikarenakan terdapat toko dan aktivitas ekonomi lainnya. Berdasarkan pengamatan secara kualitatif, hambatan samping yang berada pada jalan tersebut yaitu tinggi. Tipe fase pada Pendekat tersebut yaitu terlindung. Berdasarkan Tabel 5.7, rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0,001. Berdasarkan Tabel 3.3, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0.93.

d. Pendekat Timur

Simpang Deggung Pendekat timur merupakan Jalan Gito Gati. Adapun lingkungan jalan tersebut merupakan komersial dikarenakan terdapat toko dan aktivitas ekonomi lainnya. Berdasarkan pengamatan secara kualitatif, hambatan samping yang berada pada jalan tersebut yaitu tinggi. Tipe fase pada Pendekat tersebut yaitu terlindung. Berdasarkan Tabel 5.7, rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0,001. Berdasarkan Tabel 3.3, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0.93.

4. Perhitungan Faktor Penyesuaian Kelandaian

Berdasarkan batasan masalah penelitian, pengaruh gradien diabaikan dalam penelitian ini. Kemiringan gradien dianggap 0 % sehingga faktor penyesuaian kelandaian untuk tiap pendekat yang terdapat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Faktor Penyesuaian Kelandaian

Pendekat	Faktor Penyesuaian
Jalan Magelang (Utara)	1
Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)	1
Jalan Magelang (Selatan)	1
Jalan Gito Gati (Timur)	1

5. Perhitungan Faktor Penyesuaian Parkir

Berdasarkan pengamatan di lapangan, tidak ada kendaraan parkir di sepanjang pendekat menuju simpang sehingga faktor penyesuaian parkir sebesar 1 untuk semua pendekat.

6. Perhitungan Faktor Penyesuaian Belok Kanan

a. Pendekat Utara

Pendekat utara pada Simpang Denggung memiliki median sehingga faktor penyesuaian belok kanan pada Pendekat utara sebesar 1.

b. Pendekat Barat

Pendekat barat pada Simpang Denggung tidak ada median sehingga penentuan faktor penyesuaian belok kanan menggunakan Persamaan 3.4. Adapun perhitungan faktor penyesuaian belok kanan pada Pendekat barat adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 F_{RT} &= 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \\
 &= 1,0 + 0,48 \times 0,26 \\
 &= 1,12
 \end{aligned}$$

c. Pendekat Selatan

Pendekat timur pada Simpang Deggung memiliki median sehingga faktor penyesuaian belok kanan pada Pendekat utara sebesar 1.

d. Pendekat Timur

Pendekat timur pada Simpang Deggung memiliki median sehingga faktor penyesuaian belok kanan pada Pendekat utara sebesar 1.

7. Perhitungan Faktor Penyesuaian Belok Kiri

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \\ &= 1,0 - 0,13 \times 0,16 \end{aligned}$$

$$F_{LT} = 0,98$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \\ &= 1,0 - 0,03 \times 0,16 \end{aligned}$$

$$F_{LT} = 1,00$$

c. Pendekat Selatan

Pendekat selatan merupakan pendekat yang memiliki *left turn on right* (LTOR) sehingga faktor penyesuaian belok kiri pada Pendekat selatan sebesar 1.

d. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \\ &= 1,0 - 0,17 \times 0,16 \end{aligned}$$

$$F_{LT} = 0,97$$

Berdasarkan perhitungan arus jenuh dasar dan faktor-faktor di atas, maka diperoleh nilai arus jenuh dengan menggunakan Persamaan 3.1 untuk tiap Pendekat sebagai berikut.

1. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\ &= 5616 \times 1 \times 0,93 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,98 \end{aligned}$$

$$S = 5115 \text{ smp/jam hijau}$$

2. Pendekat Barat

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

$$= 5148 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1,12 \times 1$$

$$S = 5419 \text{ smp/jam hijau}$$

3. Pendekat Selatan

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

$$= 6396 \times 1 \times 0,93 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1$$

$$S = 5949 \text{ smp/jam hijau}$$

4. Pendekat Timur

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

$$= 3900 \times 1 \times 0,93 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,97$$

$$S = 3530 \text{ smp/jam hijau}$$

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan dalam menentukan arus jenuh pada tiap pendekat yang terdapat pada Tabel 5.9.

Tabel 5. 9 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh

Parameter	Satuan	Pendekat			
		Jalan Magelang (Utara)	Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)	Jalan Magelang (Selatan)	Jalan Gito Gati (Timur)
Arus (Q)	smp/jam	1250,4	470,1	1500,7	551,5
Lebar efektif (We)	m	7,2	6,6	8,2	5,0
Arus Jenuh Dasar (S ₀)	smp/jam hijau	5616	5148	6396	3900
Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F _{CS})	-	1	1	1	1
Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F _{SF})	-	0,93	0,94	0,93	0,93
Faktor Penyesuaian Kelandaian (F _G)	-	1	1	1	1
Faktor Penyesuaian Parkir (F _P)	-	1	1	1	1
Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F _{RT})	-	1	1,13	1	1
Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F _{LT})	-	0,98	1,00	1,00	0,97
Arus Jenuh (S)	smp/jam hijau	5115	5419	5949	3530

5.2.2 Perhitungan Kapasitas

Perhitungan kapasitas bertujuan untuk mengetahui arus lalu lintas maksimum yang dapat dilayani oleh suatu simpang per satuan waktu. Berikut ini merupakan perhitungan kapasitas untuk tiap pendekat.

1. Pendekat Utara

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

$$= 5115 \times \frac{46}{174}$$

$$C = 1353 \text{ smp/jam}$$

2. Pendekat Barat

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

$$= 5419 \times \frac{27}{174}$$

$$C = 841 \text{ smp/jam}$$

3. Pendekat Selatan

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

$$= 5949 \times \frac{46}{174}$$

$$C = 1573 \text{ smp/jam}$$

4. Pendekat Timur

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

$$= 3530 \times \frac{27}{174}$$

$$C = 548 \text{ smp/jam}$$

Berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan kapasitas (C) tiap pendekat yang dapat dilihat pada Tabel 5.10 di bawah ini.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)
Jalan Magelang (utara)	1353
Jalan KRT Pringgodingrat (barat)	841
Jalan Magelang (selatan)	1573
Jalan Gito Gati (timur)	548

Berdasarkan Tabel 5.10, Jalan Magelang (selatan) memiliki kapasitas tertinggi sebesar 1353 smp/jam sedangkan Jalan Gito Gati (timur) memiliki kapasitas terendah sebesar 548 smp/jam.

5.2.3 Derajat Kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan untuk tiap pendekat menggunakan Persamaan 3.13. Adapun perhitungan derajat kejenuhan tiap pendekat adalah sebagai berikut.

1. Pendekat Utara

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

$$= \frac{1250,4}{1353}$$

$$DS = 0,92$$

2. Pendekat Barat

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

$$= \frac{470,1}{841}$$

$$DS = 0,56$$

3. Pendekat Selatan

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

$$= \frac{1500,7}{1573}$$

$$DS = 0,95$$

4. Pendekat Timur

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

$$= \frac{551,5}{548}$$

$$DS = 1,01$$

Berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan derajat kejenuhan (DS) tiap pendekat yang dapat dilihat pada Tabel 511.

Tabel 5. 11 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan

Pendekat	Derajat Kejenuhan
Jalan Magelang (utara)	0,92
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	0,56
Jalan Magelang (selatan)	0,95
Jalan Gito Gati (timur)	1,01

Berdasarkan Tabel 5.11, Gito Gati (timur) memiliki derajat kejenuhan tertinggi sebesar 1,01 sedangkan Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) memiliki derajat kejenuhan terendah sebesar 0,56. Jalan Magelang (utara), Jalan Magelang (selatan), dan Jalan Gito Gati memiliki nilai derajat kejenuhan lebih dari 0,75 sehingga dikatakan jenuh pada pendekatan tersebut. Hanya Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) yang memiliki nilai derajat kejenuhan kurang dari 0,75 yaitu 0,56 sehingga dikatakan tidak jenuh.

5.2.4 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas

Perhitungan perilaku lalu lintas bertujuan untuk mengetahui kinerja simpang bersinyal pada kondisi eksisting. Berdasarkan MKJI 1997, perilaku lalu lintas meliputi panjang antrian, kendaraan terhenti, dan tundaan. Adapun perhitungan perilaku lalu lintas adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrian

Dalam menentukan panjang antrian, perlu dilakukan perhitungan mengenai jumlah smp. Jumlah kendaraan dibagi menjadi dua yaitu jumlah smp yang tersisa dari fase sebelumnya (NQ1) dan jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ2). Hasil jumlah kendaraan (NQ) kemudian dimasukkan ke dalam Gambar 3.8 untuk mengetahui nilai NQ_{max} . Perhitungan panjang antrian tiap pendekatan adalah sebagai berikut.

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned}
 GR &= \frac{g}{c} \\
 &= \frac{46}{174} \\
 GR &= 0,26
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \\
 &= 0,25 \times 1353 \times \left[(0,92 - 1) + \sqrt{(0,92 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,92 - 0,5)}{1353}} \right]
 \end{aligned}$$

$$NQ_1 = 5,09 \text{ smp}$$

$$\begin{aligned}
 NQ_2 &= c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\
 &= 174 \times \frac{1 - 0,26}{1 - 0,26 \times 0,92} \times \frac{1250,4}{3600}
 \end{aligned}$$

$$NQ_2 = 58,83 \text{ smp}$$

$$\begin{aligned}
 NQ &= NQ_1 + NQ_2 \\
 &= 63,92 \text{ smp}
 \end{aligned}$$

$$NQ_{\max} = 88,49 \text{ smp}$$

$$\begin{aligned}
 QL &= \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{MASUK}}} \\
 &= \frac{88,49 \times 20}{7,2}
 \end{aligned}$$

$$QL = 248,58 \text{ m}$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned}
 GR &= \frac{g}{c} \\
 &= \frac{27}{174}
 \end{aligned}$$

$$GR = 0,16$$

$$\begin{aligned}
 NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \\
 &= 0,25 \times 841 \times \left[(0,56 - 1) + \sqrt{(0,56 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,56 - 0,5)}{841}} \right]
 \end{aligned}$$

$$NQ_1 = 0,13 \text{ smp}$$

$$\begin{aligned}
 NQ_2 &= c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\
 &= 174 \times \frac{1 - 0,16}{1 - 0,16 \times 0,56} \times \frac{470,1}{3600}
 \end{aligned}$$

$$NQ_2 = 21,02 \text{ smp}$$

$$\begin{aligned}
 NQ &= NQ_1 + NQ_2 \\
 &= 21,15 \text{ smp}
 \end{aligned}$$

$$NQ_{\max} = 31 \text{ smp}$$

$$QL = \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{MASUK}}} \\ = \frac{31 \times 20}{6,6}$$

$$QL = 93,94 \text{ m}$$

c. Pendekat Selatan

$$GR = \frac{g}{c} \\ = \frac{46}{174}$$

$$GR = 0,26$$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right] \\ = 0,25 \times 1573 \times \left[(0,95 - 1) + \sqrt{(0,95 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,95 - 0,5)}{1573}} \right]$$

$$NQ_1 = 8,07 \text{ smp}$$

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\ = 174 \times \frac{1 - 0,26}{1 - 0,26 \times 0,92} \times \frac{1500,7}{3600}$$

$$NQ_2 = 71,36 \text{ smp}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$= 79,43 \text{ smp}$$

$$NQ_{\max} = 111,20 \text{ smp}$$

$$QL = \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{MASUK}}} \\ = \frac{111,20 \times 20}{8,2}$$

$$QL = 271,22 \text{ m}$$

d. Pendekat Timur

$$GR = \frac{g}{c} \\ = \frac{27}{174}$$

$$GR = 0,16$$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right]$$

$$= 0,25 \times 548 \times \left[(1,01 - 1) + \sqrt{(1,01 - 1)^2 + \frac{8 \times (1,01 - 0,5)}{548}} \right]$$

$$NQ_1 = 12,69 \text{ smp}$$

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

$$= 174 \times \frac{1 - 0,16}{1 - 0,16 \times 1,01} \times \frac{551,5}{3600}$$

$$NQ_2 = 26,69 \text{ smp}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$= 39,37 \text{ smp}$$

$$NQ_{\max} = 51 \text{ smp}$$

$$QL = \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{MASUK}}}$$

$$= \frac{51 \times 20}{5}$$

$$QL = 220,49 \text{ m}$$

2. Kendaraan Terhenti

a. Pendekat Utara

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

$$= 0,9 \times \frac{63,29}{1250,4 \times 174} \times 3600$$

$$= 0,95$$

$$N_{sv} = Q \times NS$$

$$= 1250,4 \times 0,95$$

$$= 1190,26 \text{ smp/jam}$$

b. Pendekat Barat

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

$$= 0,9 \times \frac{21,15}{470,1 \times 174} \times 3600$$

$$= 0,84$$

$$N_{sv} = Q \times NS$$

$$= 470,1 \times 0,84$$

$$= 393,87 \text{ smp/jam}$$

c. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} NS &= 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \\ &= 0,9 \times \frac{79,43}{1576,6 \times 174} \times 3600 \\ &= 0,99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{sv} &= Q \times NS \\ &= 1500,7 \times 0,99 \\ &= 1479,04 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

d. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} NS &= 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \\ &= 0,9 \times \frac{51}{551,5 \times 174} \times 3600 \\ &= 1,33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{sv} &= Q \times NS \\ &= 551,5 \times 1,33 \\ &= 733,17 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Angka henti seluruh simpang (NS_{TOT}) dihitung berdasarkan nilai kendaraan terhenti yang dilakukan dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti seluruh pendekat dengan volume kendaraan per jam. Adapun perhitungan angka henti seluruh simpang adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} NS_{TOT} &= \frac{\sum N_{sv}}{Q_{TOT}} \\ &= \frac{3796,34}{9557} \\ &= 0,40 \end{aligned}$$

3. Tundaan

Perhitungan tundaan terdiri dari dua perhitungan, yaitu tundaan untuk tiap pendekat dan tundaan seluruh simpang. Adapun perhitungan tundaan tiap pendekat adalah sebagai berikut.

a. Pendekat Utara

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)}$$

$$= \frac{0,5 \times (1 - 0,26)^2}{(1 - 0,26 \times 0,92)}$$

$$= 0,36$$

$$\begin{aligned} DT &= c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \\ &= 174 \times 0,36 + \frac{5,09 \times 3600}{1353} \end{aligned}$$

$$= 75,84 \text{ det/smp}$$

$$\begin{aligned} DG_j &= (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \\ &= (1 - 0) \times 0,16 \times 6 + (0 \times 4) \\ &= 0,96 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= DT + DG \\ &= 75,84 + 0,96 \\ &= 76,81 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} A &= \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} \\ &= \frac{0,5 \times (1 - 0,16)^2}{(1 - 0,16 \times 0,56)} \\ &= 0,39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DT &= c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \\ &= 174 \times 0,39 + \frac{0,13 \times 3600}{841} \\ &= 68,56 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DG_j &= (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \\ &= (1 - 0) \times (0,51 \times 6) + (0 \times 4) \\ &= 3,05 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= DT + DG \\ &= 68,83 + 3,05 \\ &= 71,62 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

c. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} A &= \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} \\ &= \frac{0,5 \times (1 - 0,26)^2}{(1 - 0,26 \times 0,95)} \end{aligned}$$

$$A = 0,36$$

$$\begin{aligned} DT &= c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \\ &= 174 \times 0,36 + \frac{8,07 \times 3600}{1573} \\ &= 81,44 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DG_j &= (1 - P_{sv}) \times P_T \times 6 + (P_{sv} \times 4) \\ &= (1 - 0) \times 0,29 \times 6 + (0 \times 4) \\ &= 1,73 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= DT + DG \\ &= 81,44 + 1,73 \\ &= 83,17 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

d. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} A &= \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} \\ &= \frac{0,5 \times (1 - 0,16)^2}{(1 - 0,16 \times 1,01)} \\ &= 0,42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DT &= c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \\ &= 174 \times 0,42 + \frac{12,69 \times 3600}{548} \\ &= 156,93 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DG_j &= (1 - P_{sv}) \times P_T \times 6 + (P_{sv} \times 4) \\ &= (1 - 0) \times 0,56 \times 6 + (0 \times 4) \\ &= 3,32 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= DT + DG \\ &= 156,93 + 3,32 \\ &= 160,25 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Tundaan rata-rata seluruh simpang (D_I) dihitung untuk mengetahui perbandingan nilai tundaan dengan arus total. Adapun perhitungan tundaan seluruh simpang (D_I) pada Simpanan Danggung adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 D_I &= \frac{\Sigma(Q \times D)}{Q_{TOT}} \\
 &= \frac{(1250,4 \times 76,81) + (470,1 \times 71,62) + (1500,7 \times 83,17) + (551,5 \times 160,25)}{3773} \\
 &= 90,88 \text{ det/smp}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, Simpang Deggung memiliki nilai tundaan sebesar 97,84 det/smp. Menurut *Highway Capacity Manual* (2016), nilai tundaan simpang tersebut termasuk simpang dengan tingkat pelayanan F.

Di bawah ini merupakan rekapitulasi pelayanan simpang berdasarkan MKJI 1997 yang terdapat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Pelayanan Simpang

Perilaku Lalu Lintas	Satuan	Pendekat			
		Jalan Magelang (Utara)	Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)	Jalan Magelang (Selatan)	Jalan Gito Gati (Timur)
Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1)	smp	5,09	0,13	8,07	12,69
Jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ_2)	smp	58,83	21,02	71,36	26,69
Jumlah antrian (NQ)	smp	63,92	21,15	79,43	39,37
Panjang antrian (QL)	m	248,58	93,94	271,22	220,49
Angka Henti (NS)	stop/smp	0,95	0,84	0,99	1,33
Jumlah Kendaraan Terhenti (N_{SV})	smp/jam	1190,26	393,87	1479,04	733,17
Angka Henti Seluruh Simpang (NS_{TOT})	stop/smp	0,40			
Tundaan Lalu Lintas Tiap Pendekat (DT)	det/smp	75,84	68,56	81,44	156,93
Tundaan Geometri Tiap Pendekat (DG_i)	det/smp	0,96	3,05	1,73	3,32
Tundaan Rata-Rata Tiap Pendekat (D)	det/smp	76,81	71,62	83,17	160,25
Tundaan Rata-Rata Seluruh Simpang (D_i)	det/smp	90,88			
Tingkat Pelayanan	-	F			

Berdasarkan Tabel 5.12, Simpang Deggung pada kondisi eksisting memiliki waktu tundaan sebesar 90,88 det/smp sehingga memiliki tingkat pelayanan F. Nilai

tersebut mengakibatkan tingkat pelayanan simpang yang kurang optimal. Untuk meningkatkan tingkat pelayanan, perlu dilakukan alternatif solusi agar simpang tersebut dapat lebih optimal.

5.3 Alternatif Solusi dengan Pemodelan VISSIM

Berdasarkan analisis menggunakan MKJI 1997, Simpang Danggung pada kondisi eksisting berada dalam kondisi jenuh dan memiliki tingkat pelayanan yang buruk. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan sebuah solusi. Alternatif solusi penanganan kinerja simpang bertujuan untuk meningkatkan tingkat pelayanan sehingga dapat lebih optimal. Dalam merencanakan alternatif solusi menggunakan VISSIM, perlu dilakukan pemodelan simpang pada kondisi eksisting terlebih dahulu agar hasil evaluasi dapat merepresentasikan kondisi di lapangan.

5.3.1 Pemodelan Simpang Danggung pada Kondisi Eksisting

Pemodelan menggunakan *software* VISSIM dilakukan berdasarkan data hasil penelitian di lapangan. Data yang digunakan yaitu data kendaraan ketika jam puncak selama satu jam, data kecepatan kendaraan, data jarak antar kendaraan, data geometri simpang, dan data waktu siklus simpang. Setelah semua parameter dimasukkan ke VISSIM, kemudian dilakukan *running*. Proses *running* dilakukan sebanyak 5 kali dengan nilai *Random Seed* yang berbeda. Dalam proses pemodelan, data yang terdapat pada VISSIM masih belum valid. Hal tersebut dikarenakan terdapat perbedaan data antara kondisi di lapangan dengan hasil pemodelan. Perbedaan data disebabkan oleh perilaku pengemudi yang berbeda antara *default* VISSIM dengan kondisi di lapangan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan kalibrasi dan validasi agar data yang terdapat pada VISSIM dapat merepresentasikan data yang ada di lapangan.

Proses kalibrasi dilakukan dengan cara *trial and error* sehingga data yang terdapat pada VISSIM mewakili kondisi di lapangan. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara mengubah beberapa parameter yang terdapat pada VISSIM. *Driving behavior* merupakan parameter yang dapat diubah sehingga hasil pemodelan VISSIM sesuai atau mendekati kondisi di lapangan. *Driving behavior* merupakan

perilaku pengemudi dalam mengemudikan kendaraannya. Parameter dalam *driving behavior* yang dapat diubah diantaranya yaitu jarak antar kendaraan maupun posisi kendaraan. Kalibrasi dilakukan hingga hasil pemodelan memenuhi syarat sehingga dapat dikatakan valid. Berikut ini merupakan proses kalibrasi yang terdapat pada Tabel 5.13.

Tabel 5. 13 Perubahan Parameter *Driving Behavior*

No.	Parameter	Sebelum Kalibrasi	Setelah Kalibrasi
1	<i>Average standsill distance</i> (Jarak rata-rata kendaraan ketika berhenti)	2	0,6
2	<i>Additive part of safety distance</i> (Bagian tambahan jarak aman)	2	0,6
3	<i>Multiplicative part of safety distance</i> (Koefisien pengali jarak aman)	3	1
4	<i>Desired position at free flow</i> (Posisi yang diinginkan ketika arus bebas)	<i>Middle of lane</i>	<i>Any</i>
5	<i>Overtake on same line</i> (Menyalip di jalur yang sama)	<i>Off</i>	<i>On</i>
6	<i>Distance standing</i> (Jarak minimum antar kendaraan ketika berhenti)	0,2	0,2
7	<i>Distance driving</i> (Jarak minimum antar kendaraan ketika berjalan)	1	0,4

Hasil perubahan kalibrasi berpengaruh terhadap jarak antar kendaraan maupun perilaku kendaraan ketika berada di simpang. Adapun perbedaan secara visual sebelum dilakukan kalibrasi dan setelah dilakukan kalibrasi ditampilkan pada Gambar 5.12 dan 5.13 berikut.



Gambar 5.12 Tampilan 3D Sebelum Kalibrasi



Gambar 5.13 Tampilan 3D Setelah Kalibrasi

Berdasarkan Gambar 5.12 dan Gambar 5.13, terlihat perbedaan secara visual sebelum dilakukan kalibrasi dengan setelah dilakukan kalibrasi. Jarak antar kendaraan setelah dilakukan kalibrasi menjadi lebih rapat sehingga dapat merepresentasikan kondisi di lapangan. Adapun tampilan simpang setelah kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut.



Gambar 5.14 Tampilan 3D Simpang Dunggu

Dalam pemodelan VISSIM perlu dilakukan proses validasi agar hasil kalibrasi dapat dikatakan valid berdasarkan uji GEH dan MAPE. Parameter yang digunakan dalam uji GEH berupa data volume kendaraan. Kalibrasi yang dilakukan didapatkan bahwa dengan melakukan perubahan beberapa parameter *driving behavior* maka hasil kalibrasi dapat dikatakan valid. Adapun hasil uji GEH dalam proses kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Hasil Uji GEH dalam Proses Kalibrasi

Pendekat	Hasil Observasi (kend/jam)	Sebelum Kalibrasi		Setelah Kalibrasi	
		Hasil VISSIM (kend/jam)	GEH	Hasil VISSIM (kend/jam)	GEH
Jalan Magelang (utara)	2486	1236	28,98	2409	1,78
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	1227	411	28,51	1184	1,24
Jalan Magelang (selatan)	3973	1565	45,76	3754	3,88
Jalan Gito Gati (timur)	1812	450	40,50	1702	3,31

Berdasarkan Tabel 5.14, dengan dilakukan kalibrasi maka hasil pemodelan berupa jumlah volume kendaraan mengalami kenaikan yang signifikan. Hasil uji GEH menyatakan bahwa setelah dilakukan kalibrasi, lengan utara memiliki nilai GEH sebesar 1,78, lengan barat sebesar 1,24, lengan selatan sebesar 3,88, dan lengan timur sebesar 3,31. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Kesimpulan Hasil Uji GEH

Pendekat	Nilai GEH	Kesimpulan
Jalan Magelang (utara)	1,78	Hasil pemodelan diterima
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	1,24	Hasil pemodelan diterima
Jalan Magelang (selatan)	3,88	Hasil pemodelan diterima
Jalan Gito Gati (timur)	3,31	Hasil pemodelan diterima

Berdasarkan Tabel 5.15, nilai hasil uji GEH tiap pendekat kurang dari 5 sehingga hasil pemodelan VISSIM dapat diterima. Hal tersebut menunjukkan bahwa jumlah kendaraan yang terdapat pada pemodelan VISSIM dapat merepresentasikan kondisi di lapangan.

Selain uji GEH, dilakukan pengujian lain berupa uji MAPE untuk memvalidasi hasil pemodelan. Parameter yang digunakan dalam uji MAPE yaitu panjang antrean tiap pendekat. Adapun hasil uji MAPE dalam proses validasi dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Hasil Uji MAPE dalam Proses Validasi Panjang Antrean

Kondisi		Panjang Antrean (m)			
		Jalan Magelang (Utara)	Jalan KRT Pringgodiningrat (Barat)	Jalan Magelang (Selatan)	Jalan Gito Gati (Timur)
Hasil Observasi		249,59	28,77	178,64	80,50
Sebelum Kalibrasi	Hasil VISSIM	346,81	174,62	402,88	237,82
	Uji MAPE	39 %	507 %	126 %	192 %
Setelah Kalibrasi	Hasil VISSIM	201,66	25,15	170,44	85,91
	Uji MAPE	19 %	13 %	4 %	5 %

Berdasarkan Tabel 5.16, nilai hasil uji MAPE panjang antrean tiap pendekat sebelum dilakukan kalibrasi untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 39 %, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 507 %, Jalan Magelang (selatan) sebesar 126 %, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 192 %. Sedangkan Nilai hasil uji MAPE panjang antrean tiap pendekat setelah dilakukan kalibrasi untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 19 %, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 13 %, Jalan Magelang (selatan) sebesar 4 %, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 5 %. Adapun kesimpulan setelah dilakukan kalibrasi dapat disimpulkan pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Kesimpulan Hasil Uji MAPE Setelah Kalibrasi

Pendekat	Nilai MAPE	Kesimpulan
Jalan Magelang (utara)	19 %	Hasil pemodelan baik
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	13 %	Hasil pemodelan baik
Jalan Magelang (selatan)	4 %	Hasil pemodelan sangat akurat
Jalan Gito Gati (timur)	5 %	Hasil pemodelan sangat akurat

Berdasarkan Tabel 5.17, nilai *MAPE* untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 19 %, Jalan KRT Pringgodiningrat sebesar 13 %, Jalan Magelang (selatan) sebesar 4 %, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 5 %. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) dan Jalan KRT Pringgodiningrat diperoleh hasil yang baik. Sedangkan untuk panjang antrean Jalan Magelang (selatan) dan Jalan Gito Gati (timur) diperoleh hasil yang sangat akurat.

Hasil pemodelan VISSIM yang telah valid dapat dilakukan evaluasi. Evaluasi yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui kinerja simpang. Adapun hasil evaluasi berdasarkan pemodelan VISSIM adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean atau *queue counter* merupakan evaluasi yang terdapat pada VISSIM. Panjang antrean dihitung berdasarkan panjang antrean dari mulut simpang hingga titik di mana kendaraan terakhir pada antrean kendaraan. Adapun data panjang antrean pada tiap lengan berdasarkan pemodelan VISSIM terdapat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Panjang Antrean Berdasarkan Pemodelan VISSIM

Pendekat	Panjang Antrean (m)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Magelang (utara)	187,06	174,56	205,63	235,04	206,02	201,66
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	25,68	26,6	25,34	24,76	23,36	25,15
Jalan Magelang (selatan)	232,78	207,09	171,12	105,47	137,26	170,74
Jalan Gito Gati (timur)	97,08	84,55	78,3	76,92	92,7	85,91

Berdasarkan Tabel 5.18, panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 201,66 m, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 25,15 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 170,74 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 85,19 m.

2. Tundaan

Tundaan atau *delay* merupakan salah satu evaluasi dalam VISSIM yang bertujuan untuk mengetahui waktu tempuh tambahan yang dibutuhkan untuk melewati simpang jika dibandingkan tanpa melewati suatu simpang. Adapun hasil evaluasi tundaan berdasarkan pemodelan VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Tundaan Berdasarkan Pemodelan VISSIM

Pendekat	Tundaan (detik/kendaraan)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Magelang (utara)	150,08	136,67	135,02	144,85	156,13	145,22
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	53,80	52,94	49,28	51,59	50,82	51,69
Jalan Magelang (selatan)	128,28	120,83	113,07	86,65	108,78	111,52
Jalan Gito Gati (timur)	136,67	125,39	122,78	121,85	123,44	126,03

Berdasarkan Tabel 5.19, waktu tundaan untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 145,22 detik/kendaraan, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 51,69 detik/kendaraan, Jalan Magelang (selatan) sebesar 111,52 detik/kendaraan, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 126,03 detik/kendaraan.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan atau *level of service* merupakan salah satu parameter untuk mengetahui kondisi simpang. Penentuan tingkat pelayanan berdasarkan waktu tundaan pada simpang. Dalam pemodelan VISSIM, diperoleh waktu tundaan seperti pada Tabel 5.16. Untuk mengetahui nilai tundaan seluruh simpang maka perlu dikali antara tundaan tiap pendekat dengan volume kendaraan tiap pendekat. Adapun hasil tingkat pelayanan simpang dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.20 Tingkat Pelayanan Simpang

Pendekat	Volume (Kendaraan)	Tundaan Pendekat (detik)	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Magelang (utara)	2408,60	145,22	115,39	F
Jalan KRT Pringgodingrat (barat)	1183,80	51,69		
Jalan Magelang (selatan)	3754,40	111,52		
Jalan Gito Gati (timur)	1702	126,03		

Berdasarkan Tabel 5.20, Simpang Deggung pada kondisi eksisting diperoleh waktu tundaan simpang sebesar 115,39 detik/kendaraan. Nilai tersebut termasuk ke dalam kategori tingkat pelayanan F.

Hasil perhitungan pelayanan Simpang Deggung pada kondisi eksisting berdasarkan MKJI 1997 dan pemodelan VISSIM memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Oleh sebab itu perlu dibandingkan dengan kondisi di lapangan agar hasil evaluasi mewakili kondisi di lapangan. Parameter tingkat pelayanan simpang yang dapat digunakan untuk dijadikan perbandingan yaitu panjang antrean. Hal tersebut dikarenakan nilai panjang antrean dapat divalidasi dengan data yang ada di lapangan. Adapun perbandingan panjang antrean dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.21 Perbandingan Panjang Antrean

Pendekat	Data Lapangan (m)	Hasil MKJI 1997 (m)	Hasil VISSIM (m)	Persentase Hasil MKJI 1997 (%)	Persentase Hasil VISSIM (%)
Jalan Magelang (utara)	249,59	248,58	201,66	0,40	19,20
Jalan KRT Pringgodingrat (barat)	28,77	93,94	25,15	226,49	12,60
Jalan Magelang (selatan)	178,64	271,22	170,74	51,83	4,42
Jalan Gito Gati (timur)	81,50	220,49	85,91	170,54	5,42

Berdasarkan Tabel 5.21, terdapat perbedaan data lapangan dengan hasil analisis dengan MKJI 1997 dan VISSIM. Data hasil pengukuran di lapangan dengan analisis MKJI 1997 memiliki perbedaan untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 0,40 %, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 226,49 %, Jalan Magelang (selatan) sebesar 51,83 %, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 170,54 %. Sedangkan perbedaan data hasil pengukuran di lapangan dengan pemodelan VISSIM memiliki perbedaan untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 19,20 %, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 12,60 %, Jalan Magelang (selatan) sebesar 4,42 %, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 5,41 %.

Menurut teori *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), persentase selisih yang lebih dari 50 % memiliki hasil prediksi yang tidak akurat. Perbandingan antara data panjang antrean di lapangan dengan hasil analisis MKJI 1997 terdapat pendekatan dengan nilai selisih lebih dari 50 % yaitu pendekatan barat dan utara. Sedangkan perbandingan antara data panjang antrean di lapangan dengan hasil pemodelan VISSIM tidak terdapat pendekatan dengan selisih persentase lebih besar dari 50 %. Hasil perbandingan tersebut dapat disimpulkan bahwa perilaku lalu lintas Simpang Deggung pada kondisi eksisting dengan pemodelan VISSIM lebih valid dibandingkan dengan hasil analisis dengan MKJI 1997.

5.3.2 Alternatif Solusi 1

Alternatif solusi 1 yaitu waktu siklus tetap menggunakan waktu siklus eksisting sebesar 174 detik. Akan tetapi dilakukan penyesuaian terhadap waktu hijau dengan mempertimbangkan nilai derajat kejenuhan tiap pendekatan. Penentuan waktu hijau pada alternatif solusi tersebut dilakukan dengan cara *trial and error* sehingga diperoleh waktu hijau yang optimal. Pengaturan fase yang digunakan tetap seperti pada kondisi eksisting. Waktu *all red* yang digunakan sebesar 4 detik dan waktu kuning sebesar 3 detik sehingga diperoleh nilai LTI sebesar 28 detik.

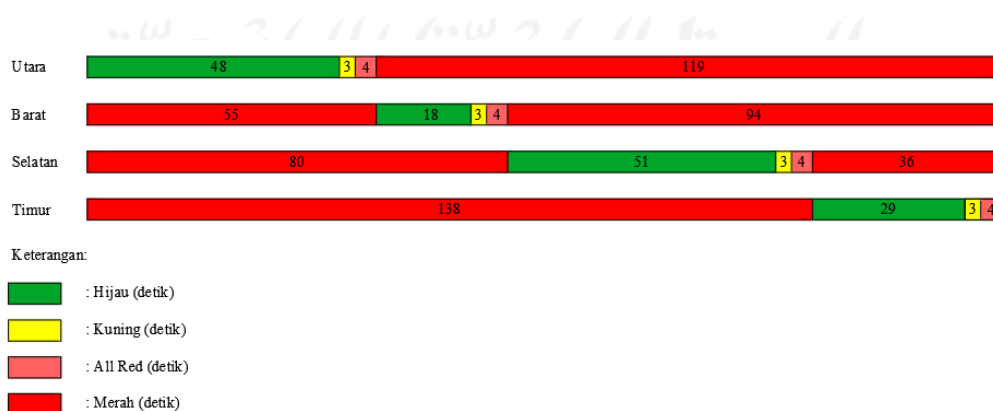
Perbedaan alternatif solusi 1 dengan kondisi eksisting yaitu pada alternatif tersebut memiliki waktu hijau yang berbeda pada tiap pendekatan. Pendekat utara mengalami kenaikan sebesar 2 detik menjadi 48 detik, pendekatan barat mengalami penurunan sebesar 9 detik menjadi 18 detik, pendekatan selatan mengalami kenaikan

sebesar 3 detik menjadi 51 detik, dan pendekat timur mengalami kenaikan sebesar 2 detik menjadi 29 detik. Berikut merupakan tabel pewaktuan sinyal pada alternatif solusi 1 yang dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 1

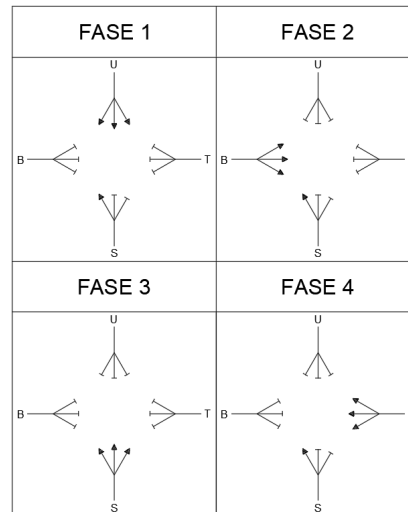
Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	All Red	Merah	
Jalan Magelang (utara)	48	3	4	119	174
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	18	3	4	149	
Jalan Magelang (selatan)	51	3	4	116	
Jalan Gito Gati (timur)	29	3	4	138	

Berdasarkan Tabel 5.22, waktu hijau Jalan Magelang (utara) sebesar 48 detik, waktu hijau Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 18 detik, waktu hijau Jalan Magelang (selatan) sebesar 51 detik, waktu hijau Jalan Gito Gati (timur) sebesar 29 detik. Waktu siklus yang digunakan sebesar 174 detik. Adapun pembagian waktu siklus berupa diagram waktu siklus Simpang Deggung pada alternatif solusi 1 dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut.



Gambar 5.15 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 1

Adapun pembagian fase Simpang Deggung pada alternatif solusi 1 dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.



Gambar 5.16 Pembagian Fase Simpang Deggung Alternatif Solusi 1

Bedasarkan Gambar 5.16, fase pertama yaitu APILL pada pendekat utara bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 2 yaitu APILL pada pendekat barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 3 yaitu APILL pada pendekat selatan bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 4 yaitu APILL pada pendekat barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Pada pendekat selatan memiliki LTOR sehingga kendaraan yang belok kiri tidak terpengaruh nyala APILL tiap fase.

Perubahan waktu siklus berpengaruh terhadap kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat. Berikut merupakan perhitungan nilai kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat pada alternatif solusi 1.

1. Lengan Utara

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 5166 \times \frac{48}{174} \\
 &= 1426 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1250,4}{1426} \\
 &= 0,88
 \end{aligned}$$

2. Lengan Barat

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 5311 \times \frac{18}{174} \\
 &= 550 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{470,1}{550} \\
 &= 0,85
 \end{aligned}$$

3. Lengan Selatan

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 5770 \times \frac{51}{174} \\
 &= 1692 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1550,7}{1692} \\
 &= 0,89
 \end{aligned}$$

4. Lengan Timur

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 3495 \times \frac{29}{174} \\
 &= 583 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{551,5}{583} \\
 &= 0,95
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi nilai kapasitas dan derajat kejenuhan pada alternatif solusi 1 dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 1

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Magelang (utara)	1426	0,88
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	550	0,85
Jalan Magelang (selatan)	1692	0,89
Jalan Gito Gati (timur)	583	0,95

Berdasarkan Tabel 5.23, nilai kapasitas pada Jalan Magelang (utara) sebesar 1426 smp/jam, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 550 smp/jam, Jalan Magelang (selatan) sebesar 1692 smp/jam, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 583 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Magelang (utara) sebesar 0,88, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 0,85, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,89, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 0,95.

Berdasarkan perubahan waktu siklus tersebut, dilakukan pemodelan kinerja Simpang Deggung menggunakan *software* VISSIM. Adapun hasil pemodelannya adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean atau *queue length* tiap pendekat pada alternatif solusi 1 dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5.24 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 1

Pendekat	Panjang Antrean (m)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Magelang (utara)	157,8	103,76	172,70	182,47	117,06	146,76
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	46,75	61,15	35,22	41,50	30,68	43,06
Jalan Magelang (selatan)	122,12	74,48	65,45	69,45	80,62	82,42
Jalan Gito Gati (timur)	56,78	81,12	45,33	69,01	70,32	64,15

Berdasarkan Tabel 5.24, panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 146,76 m, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 43,06 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 82,42 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 64,15 m.

2. Tundaan

Tundaan atau *delay* tiap pendekat Simpang Deggung pada alternatif solusi 1 dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5.25 Tundaan pada Alternatif Solusi 1

Pendekat	Tundaan (detik/kendaraan)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Magelang (utara)	131,78	95,67	124,68	137,83	105,05	119,00
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	68,27	64,37	59,93	68,68	59,44	64,14
Jalan Magelang (selatan)	90,92	70,21	64,02	65,34	72,58	72,61
Jalan Gito Gati (timur)	98,98	118,92	81,52	115,45	109,59	104,89

Berdasarkan Tabel 5.25, diperoleh nilai tundaan untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 119 detik/kendaraan, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 64,14 detik/kendaraan, Jalan Magelang (selatan) sebesar 72,61 detik/kendaraan, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 104,89 detik/kendaraan.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan atau *level of service* Simpang Deggung pada alternatif solusi 1 dilihat pada Tabel 5.26 berikut.

Tabel 5.26 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 1

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Pendekat (detik)	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Magelang (utara)	2442	119,00	89,91	F
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	1172	64,14		
Jalan Magelang (selatan)	3868,80	72,61		
Jalan Gito Gati (timur)	1743,40	104,89		

Berdasarkan Tabel 5.26 diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 89,91 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan F.

Perubahan waktu hijau tanpa mengganti waktu siklus dapat menurunkan nilai derajat kejenuhan pada beberapa pendekat. Waktu siklus yang digunakan dalam alternatif solusi ini berdasarkan waktu siklus pada kondisi eksisting sebesar 174 detik. Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, keempat pendekat mengalami kondisi jenuh dikarenakan nilai derajat kejenuhan $> 0,85$. Meskipun mengalami perbaikan waktu siklus, pada alternatif solusi 1 masih memiliki tingkat pelayanan F.

5.3.3 Alternatif Solusi 2

Alternatif solusi 2 yaitu dengan mengganti waktu siklus berdasarkan perhitungan MKJI 1997. Waktu siklus yang digunakan berupa waktu siklus sebelum penyesuaian. Pengaturan fase yang digunakan tetap seperti pada kondisi eksisting. Waktu *all red* yang digunakan sebesar 4 detik dan waktu kuning sebesar 3 detik sehingga diperoleh nilai LTI sebesar 28 detik.

Perbedaan alternatif solusi 2 dengan kondisi eksisting yaitu pada alternatif tersebut penentuan waktu hijau dan waktu siklus didasarkan pada analisis MKJI 1997. Berikut merupakan analisis MKJI 1997 dalam menentukan alternatif solusi 2.

1. Rasio Arus (FR) dan Rasio Arus Kritis (FR_{crit})

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} FR &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{1250,4}{5166} \\ &= 0,24 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,24$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} FR &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{470,1}{5311} \\ &= 0,09 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,09$$

c. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} \text{FR} &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{1500,7}{5770} \\ &= 0,26 \end{aligned}$$

$$\text{FR}_{\text{crit}} = 0,26$$

d. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} \text{FR} &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{551,5}{3495} \\ &= 0,16 \end{aligned}$$

$$\text{FR}_{\text{crit}} = 0,16$$

Nilai FR_{crit} tiap pendekat yang diketahui kemudian dijumlahkan sehingga diketahui nilai rasio arus simpang (IFR). Adapun perhitungan rasio arus simpang adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{IFR} &= \sum \text{FR}_{\text{crit}} \\ &= 0,24 + 0,09 + 0,26 + 0,16 \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

2. Rasio Fase (PR)

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FR}_{\text{crit}}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,24}{0,75} \\ &= 0,32 \end{aligned}$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FR}_{\text{crit}}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,09}{0,75} \\ &= 0,12 \end{aligned}$$

c. Pendekat Selatan

$$\text{PR} = \frac{\text{FR}_{\text{crit}}}{\text{IFR}}$$

$$= \frac{0,26}{0,75}$$

$$= 0,35$$

d. Pendekat Timur

$$PR = \frac{FR_{crit}}{IFR}$$

$$= \frac{0,16}{0,75}$$

$$= 0,21$$

3. Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua})

$$c_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR)$$

$$= (1,5 \times 28 + 5) / (1 - 0,75)$$

$$= 187 \text{ detik}$$

4. Waktu hijau (g)

a. Pendekat Utara

$$g = (C_{ua} - LTI) \times PR$$

$$= (187 - 28) \times 0,32$$

$$= 51 \text{ detik}$$

b. Pendekat Barat

$$g = (C_{ua} - LTI) \times PR$$

$$= (187 - 28) \times 0,12$$

$$= 19 \text{ detik}$$

c. Pendekat Selatan

$$g = (C_{ua} - LTI) \times PR$$

$$= (187 - 28) \times 0,35$$

$$= 55 \text{ detik}$$

d. Pendekat Timur

$$g = (C_{ua} - LTI) \times PR$$

$$= (187 - 28) \times 0,21$$

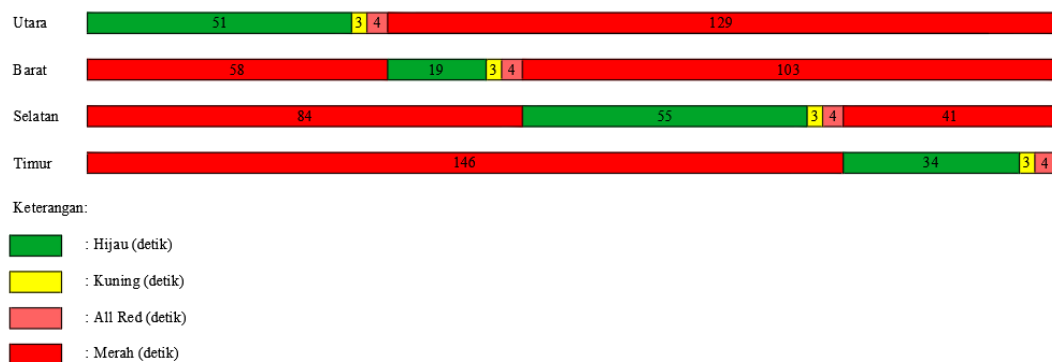
$$= 34 \text{ detik}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh pewaktuan sinyal sinyal yang terdapat pada Tabel 5.27 berikut.

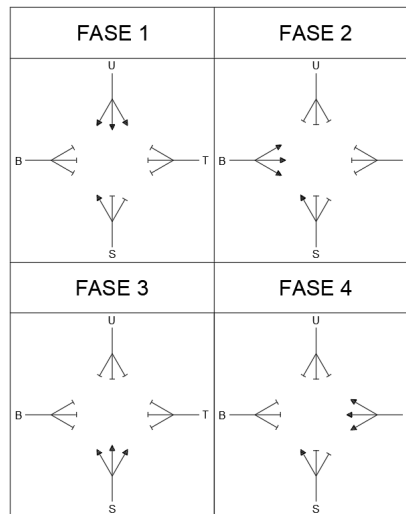
Tabel 5.27 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 2

Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	All Red	Merah	
Jalan Magelang (utara)	51	3	4	129	187
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	19	3	4	161	
Jalan Magelang (selatan)	55	3	4	125	
Jalan Gito Gati (timur)	34	3	4	146	

Berdasarkan Tabel 5.27, waktu hijau Jalan Magelang (utara) sebesar 51 detik, waktu hijau Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 19 detik, waktu hijau Jalan Magelang (selatan) sebesar 55 detik, waktu hijau Jalan Gito Gati (timur) sebesar 34 detik. Waktu siklus yang digunakan sebesar 187 detik. Adapun pembagian waktu siklus berupa diagram waktu siklus Simpang Deggung pada alternatif solusi 2 dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut.

**Gambar 5.17 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 2**

Adapun pembagian fase Simpang Deggung pada alternatif solusi 2 dapat dilihat pada Gambar 5.18 berikut.



Gambar 5.18 Pembagian Fase Simpang Deggung Alternatif Solusi 2

Bedasarkan Gambar 5.18, fase pertama yaitu APILL pada pendekat utara bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 2 yaitu APILL pada pendekat barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 3 yaitu APILL pada pendekat selatan bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 4 yaitu APILL pada pendekat barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Pada pendekat selatan memiliki LTOR sehingga kendaraan yang belok kiri tidak terpengaruh nyala APILL tiap fase.

Perubahan waktu siklus berpengaruh terhadap kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat. Berikut merupakan perhitungan nilai kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat pada alternatif solusi 2.

1. Pendekat Utara

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 5166 \times \frac{51}{187} \\
 &= 1421 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1250,4}{1421} \\
 &= 0,88
 \end{aligned}$$

2. Pendekat Barat

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 5311 \times \frac{19}{187} \\
 &= 535 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{470,1}{535} \\
 &= 0,88
 \end{aligned}$$

3. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 5770 \times \frac{55}{177} \\
 &= 1705 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1500,7}{1705} \\
 &= 0,88
 \end{aligned}$$

4. Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 3495 \times \frac{34}{187} \\
 &= 627 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{551,5}{627} \\
 &= 0,88
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi nilai kapasitas dan derajat kejenuhan pada alternatif solusi 3 dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5.28 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 2

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Magelang (utara)	1421	0,88
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	535	0,88
Jalan Magelang (selatan)	1705	0,88
Jalan Gito Gati (timur)	627	0,88

Berdasarkan Tabel 5.28, nilai kapasitas pada Jalan Magelang (utara) sebesar 1421 smp/jam, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 535 smp/jam, Jalan Magelang (selatan) sebesar 1705 smp/jam, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 627 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Magelang (utara) sebesar 0,88, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 0,88, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,88, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 0,88.

Berdasarkan perhitungan waktu siklus menggunakan MKJI 1997, dilakukan pemodelan kinerja Simpang Deggung menggunakan *software* VISSIM. Adapun hasil pemodelan adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean atau *queue length* tiap pendekat pada alternatif solusi 3 dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut.

Tabel 5.29 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 2

Pendekat	Panjang Antrean (m)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Magelang (utara)	162,39	164,44	199,52	183,82	164,75	174,98
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	62,49	123,40	61,13	86,75	39,47	74,65
Jalan Magelang (selatan)	177,79	114,95	59,58	59,31	86,26	99,58
Jalan Gito Gati (timur)	47,90	39,35	39,17	38,61	45,71	42,15

Berdasarkan Tabel 5.29, panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 174,98 m, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 74,65 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 99,58 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 42,15 m.

2. Tundaan

Tundaan atau *delay* tiap pendekat Simpang Deggung pada alternatif solusi 2 dapat dilihat pada Tabel 5.30 berikut.

Tabel 5.30 Tundaan pada Alternatif Solusi 2

Pendekat	Tundaan (detik/kendaraan)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Magelang (utara)	130,78	139,44	138,64	141,54	141,55	138,39
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	76,35	57,09	72,13	76,02	64,45	69,21
Jalan Magelang (selatan)	114,75	93,18	59,62	60,92	78,19	81,33
Jalan Gito Gati (timur)	84,65	75,63	73,71	69,69	83,27	77,39

Berdasarkan Tabel 5.30, diperoleh nilai tundaan untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 138,39 detik/kendaraan, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 69,21 detik/kendaraan, Jalan Magelang (selatan) sebesar 81,33 detik/kendaraan, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 77,39 detik/kendaraan.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan atau *level of service* Simpang Deggung pada alternatif solusi 2 dilihat pada Tabel 5.31 berikut.

Tabel 5.31 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 2

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Pendekat (detik)	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Magelang (utara)	2395,40	138,39	93,99	F
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	1153,20	69,21		
Jalan Magelang (selatan)	3875,80	81,33		
Jalan Gito Gati (timur)	1730,40	77,39		

Berdasarkan Tabel 5.31, diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 93,99 detik/kendaraan sehingga tingkat pelayanan F.

Waktu siklus yang digunakan dalam alternatif solusi ini berdasarkan analisis MKJI 1997 dengan menggunakan waktu siklus sebelum penyesuaian. Waktu siklus tersebut meningkat menjadi 187 detik dibandingkan dengan kondisi eksisting. Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, keempat pendekatan mengalami kondisi jenuh dikarenakan nilai derajat kejenuhan $> 0,75$. Meskipun mengalami perbaikan waktu siklus, pada alternatif solusi 2 masih memiliki tingkat pelayanan F.

5.3.4 Alternatif Solusi 3

Alternatif solusi 3 berupa pengaturan fase simpang menjadi 5 fase. Pendekat utara dan selatan memiliki fase tersendiri untuk kendaraan yang belok kanan. Pada alternatif tersebut, kendaraan dari pendekatan utara dan selatan yang melaju lurus dan belok kiri memiliki waktu hijau yang bersamaan. Waktu siklus yang digunakan sebesar 153 detik. Waktu *all red* yang digunakan sebesar 4 detik dan waktu kuning sebesar 3 detik. Penentuan waktu hijau ditentukan dengan cara *trial and error* sehingga diperoleh waktu yang optimal dengan mempertimbangkan nilai derajat kejenuhan. Adapun penentuan waktu hijau dapat dilihat pada Tabel 5.32 berikut.

Tabel 5.32 Penentuan Waktu Hijau pada Alternatif Solusi 3

Trial	Pendekat	Waktu (detik)			Kapasitas (smp/jam)	DS
		Hijau	Merah	Siklus		
Trial 1	Jalan Magelang (utara) (LT, ST, RT)	15	116	138	1685	0,74
	Jalan Magelang (utara) (LT, ST)	45	86			
	Jalan Magelang (selatan) (LT, ST)	45	86		1882	0,80
	Jalan Magelang (selatan) (LT, ST, RT)	15	116			
	Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	20	111		770	0,61
	Jalan Gito Gati (timur)	30	101		760	0,73
Trial 2	Jalan Magelang (utara) (LT, ST, RT)	15	121	143	1807	0,69
	Jalan Magelang (utara) (LT, ST)	50	86			
	Jalan Magelang (selatan) (LT, ST)	50	86		2018	0,74
	Jalan Magelang (selatan) (LT, ST, RT)	15	121			
	Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	20	116		743	0,63
	Jalan Gito Gati (timur)	30	106		734	0,75

Lanjutan Tabel 5.32 Penentuan Waktu Hijau pada Alternatif Solusi 3

<i>Trial</i>	Pendekat	Waktu (detik)			Kapasitas (smp/jam)	DS		
		Hijau	Merah	Siklus				
<i>Trial 3</i>	Jalan Magelang (utara) (LT, ST, RT)	15	126	148	1746	0,72		
	Jalan Magelang (utara) (LT, ST)	50	91					
	Jalan Magelang (selatan) (LT, ST)	50	91		1950	0,77		
	Jalan Magelang (selatan) (LT, ST, RT)	15	126					
	Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	20	121				718	0,65
	Jalan Gito Gati (timur)	35	106				827	0,67
<i>Trial 4</i>	Jalan Magelang (utara) (LT, ST, RT)	15	131	153	1858	0,67		
	Jalan Magelang (utara) (LT, ST)	55	91					
	Jalan Magelang (selatan) (LT, ST)	55	91		2075	0,72		
	Jalan Magelang (selatan) (LT, ST, RT)	15	131					
	Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	20	126				695	0,68
	Jalan Gito Gati (timur)	35	111				800	0,69

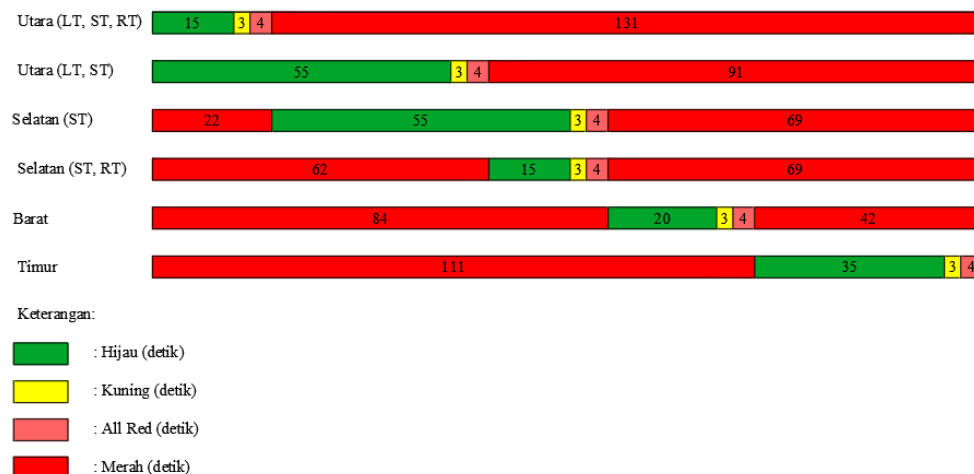
Berdasarkan Tabel 5.32, *Trial 4* merupakan pewaktuan paling efektif dikarenakan tiap pendekat memiliki nilai derajat kejenuhan kurang dari 0,75. Pewaktuan tersebut dipilih dalam penentuan waktu sinyal dalam alternatif solusi 3.

Perbedaan alternatif solusi 3 dengan kondisi eksisting yaitu pada alternatif tersebut memiliki 5 fase. Pendekat utara dan selatan memiliki waktu hijau yang berbeda untuk kendaraan yang belok kanan. Waktu hijau pada pendekat utara mengalami peningkatan sebesar 9 detik menjadi 55 detik, pendekat barat mengalami penurunan sebesar 7 detik menjadi 20 detik, pendekat selatan mengalami peningkatan sebesar 9 detik menjadi 55 detik, dan pendekat timur mengalami peningkatan sebesar 8 detik menjadi 35 detik. Waktu siklus mengalami penurunan sebesar 21 detik menjadi 153 detik. Berikut merupakan tabel pewaktuan sinyal pada alternatif solusi 3 yang dapat dilihat pada Tabel 5.33.

Tabel 5.33 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 3

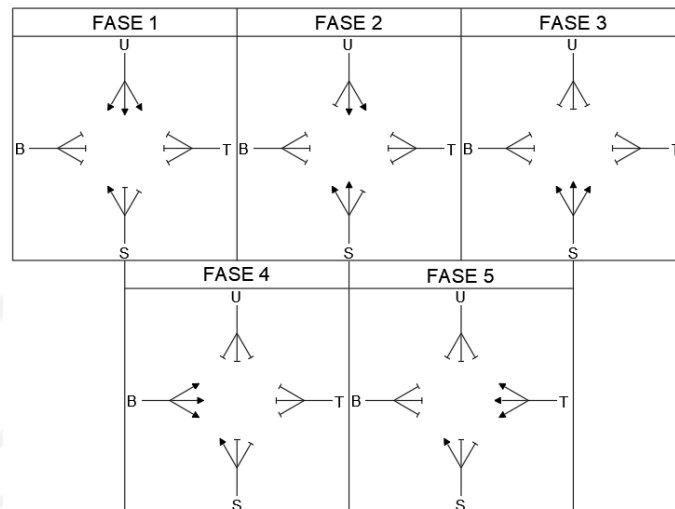
Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	All Red	Merah	
Jalan Magelang (utara) (LT, ST, RT)	15	3	4	131	153
Jalan Magelang (utara) (LT, ST)	55	3	4	91	
Jalan Magelang (selatan) (LT, ST)	55	3	4	91	
Jalan Magelang (selatan) (LT, ST, RT)	15	3	4	131	
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	20	3	4	126	
Jalan Gito Gati (timur)	35	3	4	111	

Berdasarkan Tabel 5.33, waktu hijau Jalan Magelang (utara) untuk kendaraan yang lurus, belok kanan, dan belok kiri sebesar 15 detik, Jalan Magelang (utara) untuk kendaraan yang belok kiri dan lurus sebesar 55 detik, waktu hijau Jalan Magelang (selatan) untuk kendaraan yang lurus sebesar 55 detik, waktu hijau Jalan Magelang (selatan) untuk kendaraan yang lurus, belok kanan, dan belok kiri sebesar 15 detik, waktu hijau Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 20 detik, waktu hijau Jalan Gito Gati (timur) sebesar 35 detik. Waktu siklus yang digunakan sebesar 153 detik. Adapun pembagian waktu siklus berupa diagram waktu siklus Simpang Deggung pada alternatif solusi 3 dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut.



Gambar 5.19 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 3

Adapun pembagian fase Simpang Deggung pada alternatif solusi 3 dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut.



Gambar 5.20 Pembagian Fase Simpang Deggung Alternatif Solusi 3

Bedasarkan Gambar 5.20, fase pertama yaitu APILL pada pendekat utara bernyala hijau untuk kendaraan yang belok kanan, lurus, dan belok kiri sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 2 yaitu APILL pada pendekat utara dan selatan bernyala hijau untuk kendaraan yang lurus dan belok kiri sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 3 yaitu APILL pada pendekat selatan bernyala hijau untuk kendaraan yang belok kanan, lurus, dan belok kiri sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 4 yaitu APILL pada pendekat barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 5 yaitu APILL pada pendekat timur bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Pada pendekat selatan memiliki LTOR sehingga kendaraan yang belok kiri tidak terpengaruh nyala APILL tiap fase.

Perubahan waktu siklus berpengaruh terhadap kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat. Berikut merupakan perhitungan nilai kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat.

1. Pendekat Utara

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 5166 \times \frac{55}{153} \\
 &= 1858 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1250,4}{1858} \\
 &= 0,67
 \end{aligned}$$

2. Pendekat Barat

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 5311 \times \frac{20}{153} \\
 &= 695 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{470,1}{695} \\
 &= 0,68
 \end{aligned}$$

3. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 5770 \times \frac{55}{153} \\
 &= 2075 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1550,7}{2075} \\
 &= 0,72
 \end{aligned}$$

4. Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 3495 \times \frac{35}{153} \\
 &= 800 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{551,5}{800} \\
 &= 0,69
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi nilai kapasitas dan derajat kejenuhan pada alternatif solusi 3 dapat dilihat pada Tabel 5.34 berikut.

Tabel 5.34 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 3

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Magelang (utara)	1858	0,67
Jalan KRT Pringgodingrat (barat)	695	0,68
Jalan Magelang (selatan)	2075	0,73
Jalan Gito Gati (timur)	800	0,69

Berdasarkan Tabel 5.34, nilai kapasitas pada Jalan Magelang (utara) sebesar 1858 smp/jam, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 695 smp/jam, Jalan Magelang (selatan) sebesar 2075 smp/jam, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 800 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Magelang (utara) sebesar 0,67, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 0,68, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,72, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 0,69.

Berdasarkan perubahan waktu siklus tersebut, dilakukan pemodelan kinerja Simpang Deggung menggunakan *software* VISSIM. Adapun hasil pemodelannya adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean atau *queue length* tiap pendekat pada alternatif solusi 3 dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5.35 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 3

Pendekat	Panjang Antrean (m)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Magelang (utara)	65,03	65,27	76,56	65,55	63,52	65,19
Jalan KRT Pringgodingrat (barat)	22,80	26,68	25,16	23,94	21,33	23,98
Jalan Magelang (selatan)	72,70	68,46	67,29	67,73	67,05	68,65
Jalan Gito Gati (timur)	29,50	27,04	28,69	27,89	27,61	28,15

Berdasarkan Tabel 5.35, panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 65,19 m, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 23,98 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 68,65 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 28,15 m.

2. Tundaan

Tundaan atau *delay* tiap pendekat Simpang Deggung pada alternatif solusi 3 dapat dilihat pada Tabel 5.36 berikut.

Tabel 5.36 Tundaan pada Alternatif Solusi 3

Pendekat	Tundaan (detik/kendaraan)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Magelang (utara)	54,05	54,30	50,93	53,54	63,79	53,32
Jalan KRT Pringgodingrat (barat)	47,29	47,29	47,11	47,98	50,95	48,12
Jalan Magelang (selatan)	70,66	69,44	68,74	69,18	60,03	69,61
Jalan Gito Gati (timur)	52,73	50,74	50,74	49,25	52,01	51,09

Berdasarkan Tabel 5.36, diperoleh nilai tundaan untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 53,32 detik/kendaraan, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 48,12 detik/kendaraan, Jalan Magelang (selatan) sebesar 69,61 detik/kendaraan, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 51,09 detik/kendaraan.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan atau *level of service* Simpang Deggung pada alternatif solusi 3 dilihat pada Tabel 5.37 berikut.

Tabel 5.37 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 3

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Pendekat (detik)	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Magelang (utara)	2506,80	53,32	59,08	E
Jalan KRT Pringgodingrat (barat)	1183,40	48,12		
Jalan Magelang (selatan)	3934	69,61		
Jalan Gito Gati (timur)	1756,60	51,09		

Berdasarkan Tabel 5.37, diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 59,08 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan E.

Pada alternatif solusi 3 digunakan pengaturan 5 fase. Pendekat utara dan selatan masing-masing memiliki 2 fase. Fase tersebut berupa kendaraan yang belok kanan (RT) memiliki fase tersendiri. Hal tersebut mengakibatkan kendaraan yang bergerak lurus (ST) dan belok kiri (LT) pada pendekat utara dan selatan dapat melaju dalam waktu yang bersamaan tanpa terjadi konflik. Alternatif tersebut memiliki nilai derajat kejenuhan tiap pendekat nilai $< 0,75$ sehingga dapat dikatakan tidak jenuh. Digunakannya waktu siklus dengan 5 fase dan pengoptimalan waktu hijau dapat menurunkan waktu tundaan simpang sehingga pada alternatif solusi tersebut masuk ke dalam tingkat pelayanan E.

5.3.5 Alternatif Solusi 4

Alternatif solusi 4 yaitu dengan mengganti waktu siklus berdasarkan analisis MKJI 1997. Waktu siklus yang digunakan yaitu waktu siklus yang disarankan untuk tipe pengaturan empat fase. Berdasarkan MKJI 1997, pengaturan empat fase memiliki waktu siklus yang layak sebesar 80 – 130 detik. Dalam alternatif solusi tersebut digunakan waktu siklus sebesar 130 detik. Pengaturan fase yang digunakan tetap seperti pada kondisi eksisting yaitu 4 fase. Waktu *all red* yang digunakan sebesar 4 detik dan waktu kuning sebesar 3 detik sehingga diperoleh nilai LTI sebesar 28 detik.

Perbedaan alternatif solusi 4 dengan kondisi eksisting yaitu pada alternatif tersebut waktu hijau tiap pendekat ditentukan berdasarkan analisis MKJI 1997. Berikut merupakan analisis MKJI 1997 dalam menentukan alternatif solusi 4.

1. Rasio Arus (FR) dan Rasio Arus Kritis (FR_{crit})

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} \text{FR} &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{1250,4}{5166} \\ &= 0,24 \\ \text{FR}_{\text{crit}} &= 0,24 \end{aligned}$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned}
 FR &= \frac{Q}{S} \\
 &= \frac{470,1}{5311} \\
 &= 0,09 \\
 FR_{crit} &= 0,09
 \end{aligned}$$

c. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned}
 FR &= \frac{Q}{S} \\
 &= \frac{1500,7}{5770} \\
 &= 0,26 \\
 FR_{crit} &= 0,26
 \end{aligned}$$

d. Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 FR &= \frac{Q}{S} \\
 &= \frac{551,5}{3495} \\
 &= 0,16 \\
 FR_{crit} &= 0,16
 \end{aligned}$$

Nilai FR_{crit} tiap pendekat yang diketahui kemudian dijumlahkan sehingga diketahui nilai rasio arus simpang (IFR). Adapun perhitungan rasio arus simpang adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 IFR &= \sum FR_{crit} \\
 &= 0,24 + 0,09 + 0,26 + 0,16 \\
 &= 0,75
 \end{aligned}$$

2. Rasio Fase (PR)

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned}
 PR &= \frac{FR_{crit}}{IFR} \\
 &= \frac{0,24}{0,75} \\
 &= 0,32
 \end{aligned}$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} PR &= \frac{FR_{crit}}{IFR} \\ &= \frac{0,09}{0,75} \\ &= 0,12 \end{aligned}$$

c. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} PR &= \frac{FR_{crit}}{IFR} \\ &= \frac{0,26}{0,75} \\ &= 0,35 \end{aligned}$$

d. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} PR &= \frac{FR_{crit}}{IFR} \\ &= \frac{0,16}{0,75} \\ &= 0,21 \end{aligned}$$

3. Waktu hijau (g)

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} g &= (c - LTI) \times PR \\ &= (130 - 28) \times 0,32 \\ &= 33 \text{ detik} \end{aligned}$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} g &= (c - LTI) \times PR \\ &= (130 - 28) \times 0,12 \\ &= 12 \text{ detik} \end{aligned}$$

c. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} g &= (c - LTI) \times PR \\ &= (130 - 28) \times 0,35 \\ &= 35 \text{ detik} \end{aligned}$$

d. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} g &= (c - LTI) \times PR \\ &= (130 - 28) \times 0,21 \\ &= 22 \text{ detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh pewaktuan sinyal sinyal yang terdapat pada Tabel 5.38 berikut.

Tabel 5.38 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 4

Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	All Red	Merah	
Jalan Magelang (utara)	33	3	4	90	130
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	12	3	4	111	
Jalan Magelang (selatan)	35	3	4	88	
Jalan Gito Gati (timur)	22	3	4	101	

Berdasarkan Tabel 5.38, waktu hijau Jalan Magelang (utara) sebesar 33 detik, waktu hijau Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 12 detik, waktu hijau Jalan Magelang (selatan) sebesar 35 detik, waktu hijau Jalan Gito Gati (timur) sebesar 22 detik. Adapun pembagian waktu siklus berupa diagram waktu siklus Simpang Deggung pada alternatif solusi 4 dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut.

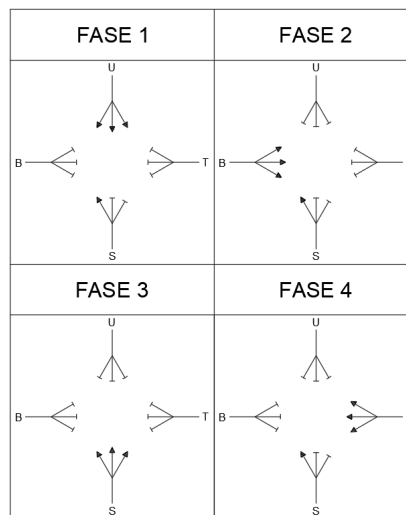


Keterangan:

- : Hijau (detik)
- : Kuning (detik)
- : All Red (detik)
- : Merah (detik)

Gambar 5.21 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 4

Adapun pembagian fase Simpang Deggung pada alternatif solusi 4 dapat dilihat pada Gambar 5.22 berikut.



Gambar 5.22 Pembagian Fase Simpang Deggung Alternatif Solusi 4

Bedasarkan Gambar 5.22, fase pertama yaitu APILL pada pendekat utara bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 2 yaitu APILL pada pendekat barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 3 yaitu APILL pada pendekat selatan bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 4 yaitu APILL pada pendekat barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Pada pendekat selatan memiliki LTOR sehingga kendaraan yang belok kiri tidak terpengaruh nyala APILL tiap fase.

Perubahan waktu siklus berpengaruh terhadap kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat. Berikut merupakan perhitungan nilai kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat pada alternatif solusi 4.

1. Pendekat Utara

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 5155 \times \frac{33}{130} \\
 &= 1311 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1250,4}{1311} \\
 &= 0,95
 \end{aligned}$$

2. Pendekat Barat

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 5311 \times \frac{12}{130} \\
 &= 493 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{470,1}{493} \\
 &= 0,95
 \end{aligned}$$

3. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 5770 \times \frac{35}{130} \\
 &= 1574 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1500,7}{1574} \\
 &= 0,95
 \end{aligned}$$

4. Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 3495 \times \frac{22}{130} \\
 &= 579 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{551,5}{579} \\
 &= 0,95
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi nilai kapasitas dan derajat kejenuhan pada alternatif solusi 4 dapat dilihat pada Tabel 5.39 berikut.

Tabel 5.39 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 4

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Magelang (utara)	1311	0,95
Jalan KRT Pringgodingrat (barat)	493	0,95
Jalan Magelang (selatan)	1574	0,95
Jalan Gito Gati (timur)	579	0,95

Berdasarkan Tabel 5.39, nilai kapasitas pada Jalan Magelang (utara) sebesar 1311 smp/jam, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 493 smp/jam, Jalan Magelang (selatan) sebesar 1574 smp/jam, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 579 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Magelang (utara) sebesar 0,95, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 0,95, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,95, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 0,95.

Berdasarkan perhitungan waktu siklus menggunakan MKJI 1997, dilakukan pemodelan kinerja Simpang Deggung menggunakan *software* VISSIM. Adapun hasil pemodelannya adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean atau *queue length* tiap pendekat pada alternatif solusi 4 dapat dilihat pada Tabel 5.40 berikut.

Tabel 5.40 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 4

Pendekat	Panjang Antrean (m)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Magelang (utara)	106,02	86,11	76,25	133,24	136,42	107,61
Jalan KRT Pringgodingrat (barat)	27,23	45,17	29,40	26,58	19,99	29,67
Jalan Magelang (selatan)	48,13	54,25	46,80	43,30	68,20	52,14
Jalan Gito Gati (timur)	37,06	35,47	30,59	27,90	31,12	32,43

Berdasarkan Tabel 5.40, panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 107,61 m, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 29,67 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 52,14 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 32,43 m.

2. Tundaan

Tundaan atau *delay* tiap pendekat Simpang Deggung pada alternatif solusi 4 dapat dilihat pada Tabel 5.41 berikut.

Tabel 5.41 Tundaan pada Alternatif Solusi 4

Pendekat	Tundaan (detik/kendaraan)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Magelang (utara)	94,37	81,75	70,60	112,07	119,50	95,66
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	56,46	62,24	55,12	57,70	54,14	57,13
Jalan Magelang (selatan)	49,90	51,76	47,42	45,85	61,33	51,25
Jalan Gito Gati (timur)	67,43	62,26	58,16	50,50	55,68	58,81

Berdasarkan Tabel 5.41, diperoleh nilai tundaan untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 95,66 detik/kendaraan, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 57,13 detik/kendaraan, Jalan Magelang (selatan) sebesar 51,25 detik/kendaraan, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 58,81 detik/kendaraan.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan atau *level of service* Simpang Deggung pada alternatif solusi 4 dilihat pada Tabel 5.42 berikut.

Tabel 5.42 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 4

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Pendekat (detik)	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Magelang (utara)	2481,80	95,66	65,22	E
Jalan KRT Pringgodiningrat (barat)	1191,80	57,13		
Jalan Magelang (selatan)	3896,20	51,25		
Jalan Gito Gati (timur)	1786	58,81		

Berdasarkan Tabel 5.42, diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 65,22 detik/kendaraan sehingga tingkat pelayanan E.

Waktu siklus yang digunakan dalam alternatif solusi 4 berdasarkan saran dari MKJI 1997 untuk pengaturan 4 fase sebesar 130 detik. Waktu siklus tersebut menurun jika dibandingkan dengan kondisi eksisting sebesar 174 detik. Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, keempat pendekat mengalami kondisi jenuh dikarenakan nilai derajat kejenuhan $> 0,75$. Meskipun mengalami perbaikan waktu siklus, pada alternatif solusi tersebut masih memiliki tingkat pelayanan E.

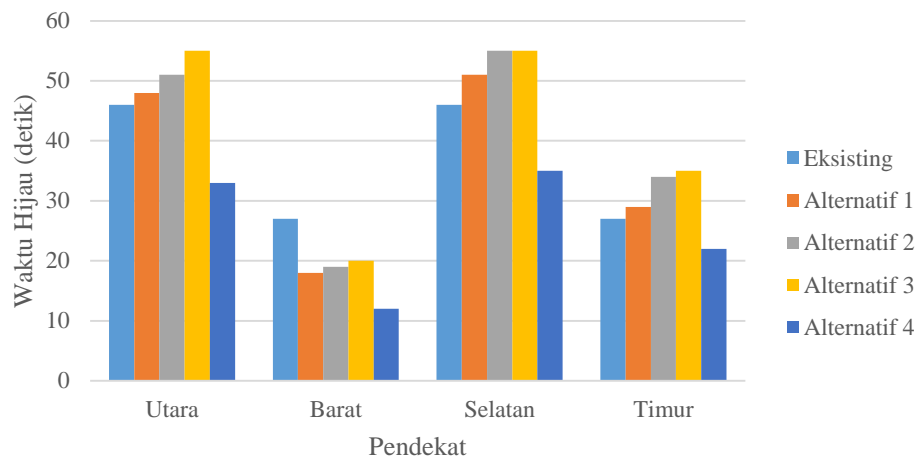
5.3.6 Perbandingan Alternatif Solusi

Beberapa alternatif solusi yang dianalisis memiliki hasil yang berbeda. Agar diketahui alternatif solusi yang paling efektif, perlu dibandingkan dengan kondisi eksisting dan alternatif solusi lainnya. Adapun perbandingan waktu hijau tiap pendekat dapat dilihat pada Tabel 5.43 berikut.

Tabel 5.43 Perbandingan Waktu Hijau

Pendekat	Waktu Hijau (detik)				
	Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
Jalan Magelang (Utara)	46	48	51	55	33
Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)	27	18	19	20	12
Jalan Magelang (Selatan)	46	51	55	55	35
Jalan Gito Gati (Timur)	27	29	34	35	22

Perbandingan waktu hijau tiap pendekat secara lebih jelas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.23 berikut.



Gambar 5.23 Perbandingan Waktu Hijau

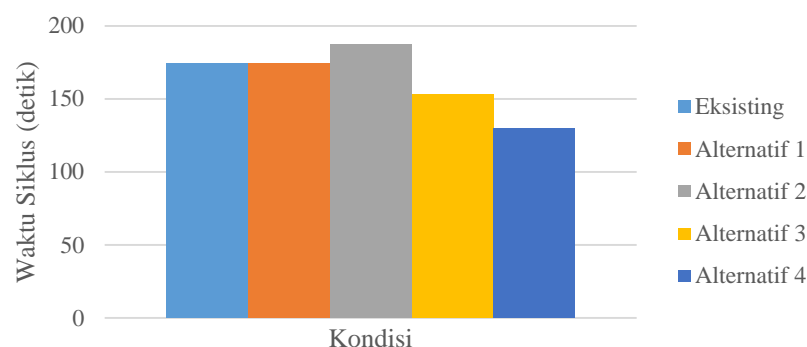
Berdasarkan Tabel 5.43 dan Gambar 5.23, waktu hijau tertinggi pada Jalan Magelang (Utara) terjadi pada alternatif solusi 3 sebesar 55 detik, Jalan KRT Pringgodingrat (Barat) terjadi pada kondisi eksisting sebesar 27 detik, Jalan Magelang (Selatan) terjadi pada alternatif solusi 2 dan 3 sebesar 55 detik, dan Jalan Gito Gati (Timur) terjadi pada alternatif solusi 3 sebesar 35 detik.

Adapun perbandingan waktu siklus pada kondisi eksisting dan alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.44 berikut.

Tabel 5.44 Perbandingan Waktu Siklus

Waktu Siklus (detik)				
Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
174	174	187	153	130

Perbandingan waktu siklus tiap pendekatan pada kondisi eksisting dan alternatif solusi secara lebih jelas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.24 berikut.



Gambar 5.24 Perbandingan Waktu Siklus

Berdasarkan Tabel 5.44 dan Gambar 5.24, waktu siklus pada kondisi eksisting sebesar 174 detik, alternatif solusi 1 sebesar 174 detik, alternatif solusi 2 sebesar 187 detik, alternatif solusi 3 sebesar 153 detik, dan alternatif solusi 4 sebesar 130 detik.

Dalam melakukan perbandingan hasil analisis dan pemodelan, kinerja simpang pada kondisi eksisting yang digunakan dalam perbandingan merupakan hasil pemodelan VISSIM karena berdasarkan validasi pemodelan tersebut dapat merepresentasikan hasil di lapangan. Adapun perbandingan hasil analisis dan pemodelan pada kondisi eksisting dan alternatif solusi adalah sebagai berikut.

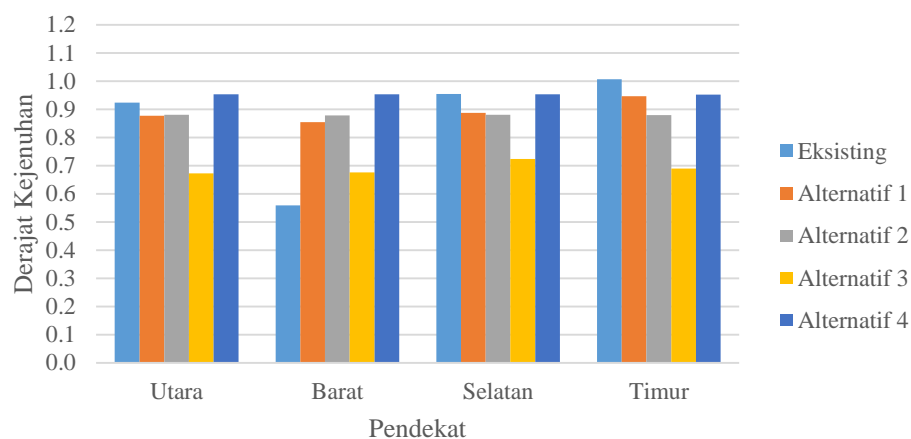
1. Derajat Kejenuhan

Hasil analisis simpang pada kondisi eksisting dengan alternatif solusi terdapat perbedaan. Perbedaan tersebut salah satunya nilai derajat kejenuhan (DS). Hal tersebut dikarenakan perbedaan waktu siklus dan waktu hijau sehingga menyebabkan nilai kapasitas tiap pendekatan berubah. Pengaruh dari nilai kapasitas yang berubah mengakibatkan nilai derajat kejenuhan berubah. Adapun perbandingan derajat kejenuhan tiap pendekatan pada kondisi eksisting dengan alternatif solusi terdapat pada Tabel 5.45 berikut.

Tabel 5.45 Perbandingan Derajat Kejenuhan

Pendekat	Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
Jalan Magelang (Utara)	0,92	0,88	0,88	0,67	0,95
Jalan KRT Pringgodiningrat (Barat)	0,56	0,85	0,88	0,68	0,95
Jalan Magelang (Selatan)	0,95	0,89	0,88	0,72	0,95
Jalan Gito Gati (Timur)	1,01	0,95	0,88	0,69	0,95

Perbandingan nilai derajat kejenuhan tiap pendekat secara lebih jelas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.25 berikut.

**Gambar 5.25 Histogram Perbandingan Derajat Kejenuhan**

Pada pendekat utara hanya pada alternatif solusi 4 yang mengalami kenaikan nilai derajat kejenuhan. Hal tersebut disebabkan oleh waktu siklus yang mengalami penurunan cukup signifikan jika dibandingkan dengan kondisi eksisting dan alternatif solusi lainnya.

Berdasarkan hasil di atas, diperoleh alternatif solusi terbaik berdasarkan derajat kejenuhan yaitu pada alternatif solusi 3. Hal tersebut dikarenakan nilai derajat kejenuhannya $< 0,75$ pada semua pendekat sehingga disimpulkan tidak jenuh.

Selain itu alternatif tersebut mengalami penurunan persentase pada semua pendekat dibandingkan dengan alternatif solusi lainnya.

2. Panjang Antrean

Panjang antrean memiliki perbedaan pada kondisi eksisting dan beberapa alternatif solusi. Adapun perbandingan nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.46 berikut.

Tabel 5.46 Perbandingan Panjang Antrean

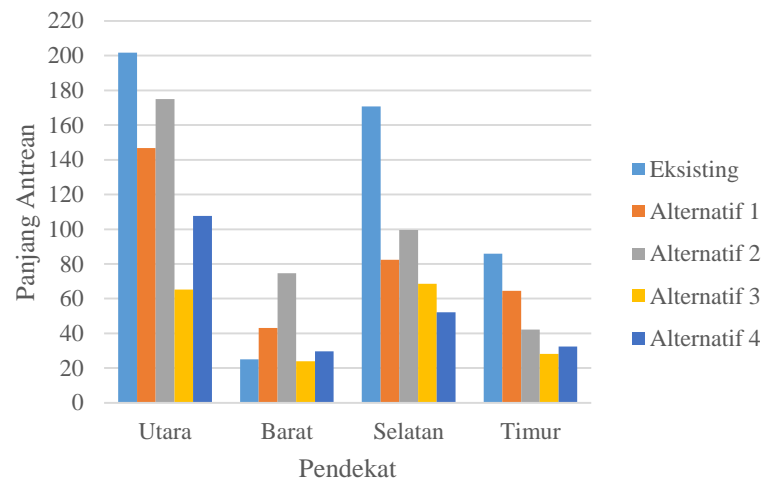
Pendekat	Panjang Antrean (m)				
	Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
Jalan Magelang (utara)	201,66	146,76	174,98	65,19	107,61
Jalan KRT Pringgodingrat (barat)	25,15	43,06	74,65	23,98	29,67
Jalan Magelang (selatan)	170,74	82,42	99,58	68,65	52,14
Jalan Gito Gati (timur)	85,91	64,51	42,15	28,15	32,43

Adapun persentase selisih antara kondisi eksisting dengan tiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.47 berikut.

Tabel 5.47 Persentase Perbandingan Panjang Antrean

Pendekat	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
Jalan Magelang (utara)	-27%	-13%	-68%	-47%
Jalan KRT Pringgodingrat (barat)	71%	197%	-5%	18%
Jalan Magelang (selatan)	-52%	-42%	-60%	-69%
Jalan Gito Gati (timur)	-25%	-51%	-67%	-62%

Perbandingan nilai panjang antrean tiap pendekat secara lebih jelas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.26 berikut.



Gambar 5.26 Histogram Perbandingan Panjang Antrean

Berdasarkan Tabel 5.47, diperoleh nilai panjang antrean untuk tiap pendekat mengalami kenaikan atau penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting. Pada alternatif solusi 1, pendekat utara mengalami penurunan 27 %, pendekat barat mengalami kenaikan 71 %, pendekat selatan mengalami penurunan 52 %, dan pendekat timur mengalami penurunan 25 %. Pada alternatif solusi 2, pendekat utara mengalami penurunan 13 %, pendekat barat mengalami kenaikan 197 %, pendekat selatan mengalami penurunan 42 %, dan pendekat timur mengalami penurunan 51 %. Pada alternatif solusi 3, pendekat utara mengalami penurunan 68 %, pendekat barat mengalami penurunan 5 %, pendekat selatan mengalami penurunan 60 %, dan pendekat timur mengalami penurunan 67 %. Pada alternatif solusi 4, pendekat utara mengalami penurunan 47 %, pendekat barat mengalami kenaikan 18 %, pendekat selatan mengalami penurunan 69 %, dan pendekat timur mengalami penurunan 62 %.

Berdasarkan hasil tersebut, nilai waktu siklus berpengaruh terhadap penurunan atau kenaikan panjang antrean. Semakin rendah waktu siklus, maka panjang antrean akan semakin berkurang. Hal tersebut disebabkan oleh waktu tunggu hijau yang semakin cepat sehingga kendaraan dapat segera melewati simpang.

Berdasarkan hasil di atas, diperoleh alternatif solusi terbaik berdasarkan panjang antrean yaitu pada alternatif solusi 3. Hal tersebut dikarenakan panjang antrean pada alternatif tersebut mengalami penurunan persentase pada semua pendekatan.

3. Tundaan

Panjang antrean memiliki perbedaan pada kondisi eksisting dan beberapa alternatif solusi. Adapun perbandingan nilai tundaan dapat dilihat pada Tabel 5.48 berikut.

Tabel 5.48 Perbandingan Nilai Tundaan Simpang

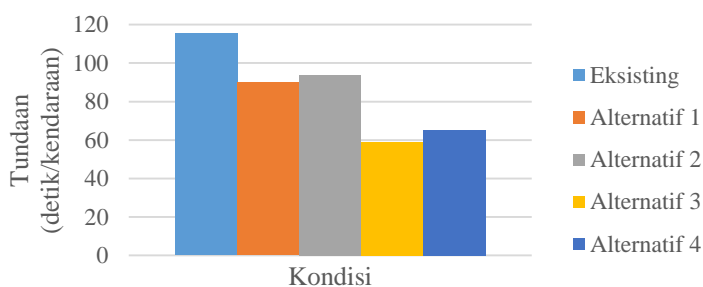
Tundaan Simpang (detik/kendaraan)				
Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
115,39	89,91	93,99	59,08	65,22

Adapun persentase selisih antara kondisi eksisting dengan tiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.49 berikut.

Tabel 5.49 Persentase Perbandingan Tundaan Simpang

Tundaan Simpang			
Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
-22%	-19%	-49%	-43%

Perbandingan nilai tundaan simpang secara lebih jelas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.27 berikut.



Gambar 5.27 Histogram Perbandingan Tundaan Simpang

Berdasarkan Tabel 5.49, diperoleh nilai tundaan simpang pada tiap alternatif solusi mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting. Pada alternatif solusi 1 mengalami penurunan waktu tundaan sebesar 22 %, alternatif solusi 2 sebesar 19 %, alternatif solusi 3 sebesar 49 %, dan alternatif solusi 4 sebesar 43 %.

Alternatif solusi 3 memiliki nilai tundaan simpang paling kecil yaitu sebesar 59,08 detik/kendaraan. Hal tersebut disebabkan oleh penggunaan 5 fase dan penyesuaian waktu hijau sehingga waktu siklus menjadi lebih sedikit. Waktu tundaan yang lebih kecil juga dipengaruhi oleh panjang antrean. Panjang antrean yang lebih kecil mengakibatkan waktu tundaan simpang menjadi berkurang.

4. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan Simpang Deggung pada kondisi eksisting yaitu F. Meskipun alternatif solusi yang diusulkan dapat menurunkan nilai tundaan, tetapi tingkat pelayanannya tidak terjadi perubahan yang signifikan. Adapun perbandingan tingkat pelayanan dapat dilihat pada Tabel 5.50 berikut.

Tabel 5.50 Perbandingan Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan				
Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
F	F	F	E	E

Berdasarkan Tabel 5.49, tingkat pelayanan pada alternatif solusi 1 yaitu F, alternatif solusi 2 yaitu F, alternatif solusi 3 yaitu E, dan alternatif solusi 4 yaitu E. Alternatif solusi 3 merupakan alternatif solusi terbaik berdasarkan tingkat pelayanan meskipun memiliki tingkat pelayanan yang sama dengan alternatif solusi 4 tetapi nilai tundaannya lebih kecil.

Berdasarkan perbandingan antara alternatif solusi 1, 2, 3, dan 4, alternatif solusi 3 merupakan alternatif yang mengalami perbaikan paling optimal pada kinerja pelayanan simpang. Hal tersebut berdasarkan nilai derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan simpang dan tingkat pelayanan. Nilai-nilai tersebut mengalami penurunan paling efektif dibandingkan dengan alternatif solusi lainnya.

Alternatif solusi yang diusulkan berupa pengaturan 5 fase dan waktu siklus menjadi 153 detik memiliki jangka waktu tertentu hingga tiap pendekat kembali mengalami kondisi jenuh. Hal tersebut disebabkan oleh pertumbuhan volume kendaraan tiap tahun sehingga tiap pendekat tidak dapat melayani volume tersebut. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisis mengenai jangka waktu alternatif solusi yang diusulkan.

Derajat kejenuhan merupakan parameter yang memiliki syarat maksimal sehingga tiap pendekat dapat optimal dalam melayani volume kendaraan. Nilai derajat kejenuhan yang lebih dari 0,75 mengakibatkan pendekat mengalami kondisi jenuh. Hal tersebut menjadikan derajat kejenuhan sebagai dasar dalam menentukan analisis prediksi tahun mendatang.

Pribadi (2019) dalam penelitian berjudul Evaluasi Kinerja Simpang Empat Bersinyal Jalan Parasamya – Jalan Magelang – Yogyakarta – Jalan Pendowoharjo Sleman, Yogyakarta menyatakan bahwa volume kendaraan di Jalan Magelang pada jam puncak sebesar 5969 kendaraan. Pengambilan data survei dalam penelitian tersebut dilaksanakan tahun 2018. Adapun data volume lalu lintas pada Jalan Magelang pada tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 5.51 berikut.

Tabel 5.51 Volume Lalu Lintas Jalan Magelang Tahun 2018

Volume Lalu Lintas (kendaraan)			
MC	LV	HV	Total
4200	1557	212	5969

Berdasarkan Tabel 5.51, volume lalu lintas di Jalan Magelang pada tahun 2018 sebesar 5969 kendaraan. Data tersebut dapat digunakan sebagai parameter dalam penentuan rasio pertumbuhan kendaraan tiap tahun dengan dibandingkan data volume kendaraan pada tahun 2022. Adapun data volume kendaraan pada tahun 2022 dapat dilihat pada Tabel 5.52 berikut.

Tabel 5.52 Volume Lalu Lintas Jalan Magelang Tahun 2022

Volume Lalu Lintas (kendaraan)			
MC	LV	HV	Total
4751	1654	113	6518

Berdasarkan Tabel 5.52, volume lalu lintas di Jalan Magelang pada tahun 2022 sebesar 6518 kendaraan. Jumlah tersebut mengalami kenaikan sebesar 9,20 % dari tahun 2018. Dalam menentukan rasio kenaikan volume lalu lintas tiap tahun, digunakan persamaan eksponensial. Adapun perhitungan rasio kenaikan volume lalu lintas tiap tahun adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{1}{t} \ln \left(\frac{P_t}{P_0} \right) \\
 &= \frac{1}{4} \ln \left(\frac{6518}{5969} \right) \\
 &= 0,022 \\
 r &= 2 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan rasio pertumbuhan volume lalu lintas per tahun sebesar 2 %, dapat ditentukan kenaikan volume kendaraan tiap pendekat per tahun. Volume kendaraan tiap pendekat pada tahun 2022 dapat dilihat pada Tabel 5.7. Nilai kapasitas yang digunakan dalam analisis nilai derajat kejenuhan tiap tahun dapat dilihat pada Tabel 5.34. Meskipun terjadi kenaikan volume lalu lintas, tetapi kapasitas tiap pendekat tetap sama per tahunnya. Hal tersebut disebabkan dalam analisis prediksi diasumsikan tidak terjadi perubahan waktu hijau, waktu siklus, dan kondisi geometri simpang. Adapun perhitungan prediksi derajat kejenuhan pada tahun 2023 adalah sebagai berikut.

1. Pendekat Utara

$$\begin{aligned}
 P_{2023} &= P_0 e^{rt} \\
 &= 1250,4 \times e^{0,02 \times 1} \\
 &= 1278,2 \text{ smp/jam} \\
 C &= 1858 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1278,2}{1858} \\
 &= 0,69
 \end{aligned}$$

2. Pendekat Barat

$$\begin{aligned}
 P_{2023} &= P_0 e^{rt} \\
 &= 470,1 \times e^{0,02 \times 1} \\
 &= 480,6 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$C = 695 \text{ smp/jam}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{480,6}{695} \\
 &= 0,69
 \end{aligned}$$

3. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned}
 P_{2023} &= P_0 e^{rt} \\
 &= 1500,7 \times e^{0,02 \times 1} \\
 &= 1534,1 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$C = 2075 \text{ smp/jam}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1534,1}{2075} \\
 &= 0,74
 \end{aligned}$$

4. Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 P_{2023} &= P_0 e^{rt} \\
 &= 551,5 \times e^{0,02 \times 1} \\
 &= 563,8 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$C = 800 \text{ smp/jam}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{563,8}{800} \\
 &= 0,70
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi perhitungan derajat kejenuhan tiap tahun dapat dilihat pada Tabel 5.53 berikut.

Tabel 5.53 Rekapitulasi Nilai Derajat Kejenuhan Tiap Tahun

Tahun	Parameter	Pendekat			
		Jl. Magelang (Utara)	Jl. KRT Pringgodingrat (Barat)	Jl. Magelang (Selatan)	Jl. Gito Gati (Timur)
2023	Kapasitas (C)	1858	695	2075	800
	Volume (Q)	1278,2	480,6	1534,1	563,8
	DS	0,69	0,69	0,74	0,70
2024	Kapasitas (C)	1858	695	2075	800
	Volume (Q)	1306,6	491,2	1568,2	576,3
	DS	0,70	0,71	0,76	0,72
2025	Kapasitas (C)	1858	695	2075	800
	Volume (Q)	1335,7	502,2	1603,1	589,1
	DS	0,72	0,72	0,77	0,74
2026	Kapasitas (C)	1858	695	2075	800
	Volume (Q)	1365,4	513,3	1638,7	602,2
	DS	0,73	0,74	0,79	0,75
2027	Kapasitas (C)	1858	695	2075	800
	Volume (Q)	1395,8	524,8	1675,2	615,6
	DS	0,75	0,76	0,81	0,77

Berdasarkan Tabel 5.53, Jalan Magelang (utara) mengalami nilai $DS > 0,75$ pada tahun 2027, Jalan KRT Pringgodingrat mengalami nilai $DS > 0,75$ pada tahun 2027, Jalan Magelang (selatan) mengalami nilai $DS > 0,75$ pada tahun 2024, dan Jalan Gito Gati (timur) mengalami nilai $DS > 0,75$ pada tahun 2026.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan sebelumnya, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan MKJI 1997, Simpang Denggung pada kondisi eksisting memiliki kinerja sebagai berikut.
 - a. Derajat kejenuhan (DS) untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 0,92, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 0,56, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,95, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 1,01.
 - b. Panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 248,58 m, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 93,94 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 271,22 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 220,49 m.
 - c. Tundaan simpang sebesar 90,88 det/smp dengan tingkat pelayanan F.
2. Berdasarkan pemodelan VISSIM, alternatif solusi penanganan Simpang Denggung yang paling efektif yaitu alternatif solusi 3. Alternatif tersebut berupa penggunaan 5 fase sehingga kendaraan dari utara dan selatan yang lurus dan belok kiri memiliki waktu hijau yang bersamaan. Waktu siklus yang digunakan sebesar 153 detik. Hasil dari alternatif tersebut adalah sebagai berikut.
 - a. Derajat kejenuhan (DS) untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 0,67, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 0,68, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,73, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 0,69.
 - b. Panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 53,32 m, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 48,12 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 69,61 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 51,09 m.
 - c. Tundaan simpang sebesar 59,08 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan E.

6.2 Saran

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

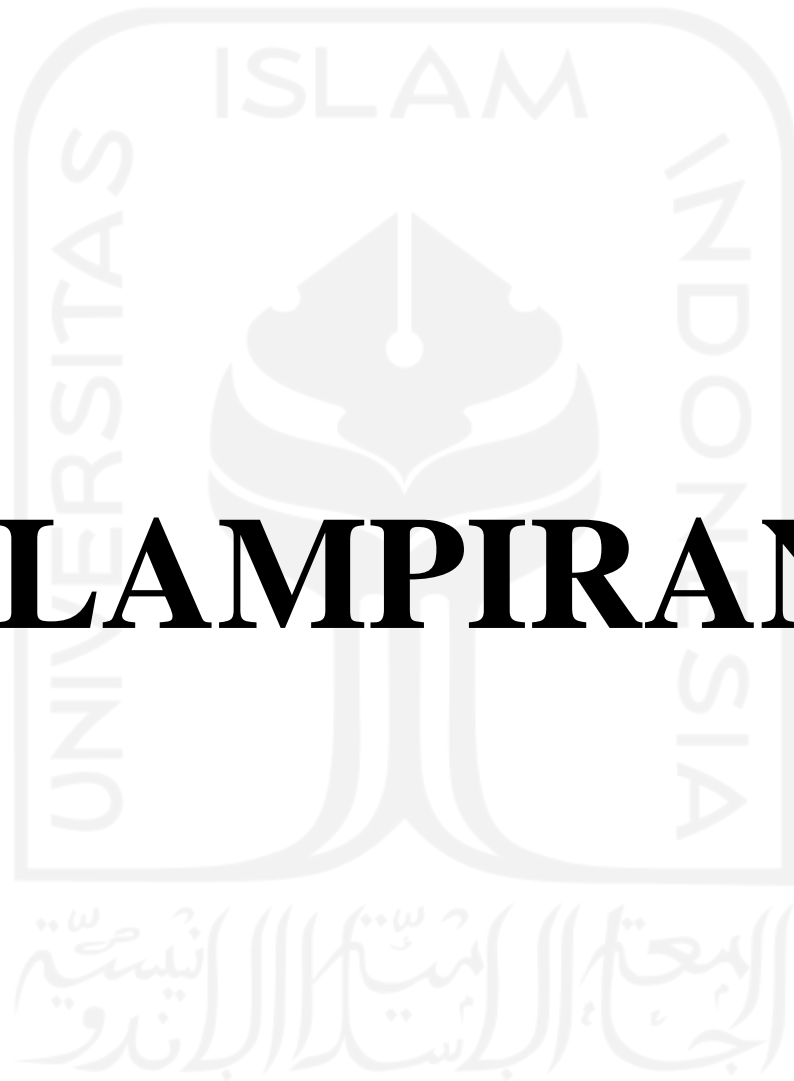
1. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi Dinas Perhubungan Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta dalam melakukan peningkatan kinerja Simpang Deggung Sleman.
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisis mengenai pengaruh jalur lambat yang terdapat pada Jalan Magelang lengan utara.
3. Penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan kendaraan yang keluar dan masuk *Mall Sleman City Hall*.
4. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan koordinasi Simpang Deggung dengan simpang di sekitarnya agar dapat meningkatkan tingkat pelayanan.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 2018. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7th Edition*. Washington D.C.
- Adioetomo, S.M. dan Samosir, O.B. 2010. *Dasar-Dasar Demografi*. Salemba Medika. Jakarta.
- Agung I. G. N. 2006. *Statistika Penerapan Model Rerata Sel Multivariat dan Model Ekonometri dengan SPSS*. Yayasan SAD Satria Bhakti. Jakarta.
- Amtoro, A. R. 2021. *Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Empat Lengan. Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman. 2022. *Kabupaten Sleman Dalam Angka 2022*. BPS Kabupaten Sleman. Sleman.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Penerbit Bina Marga. Jakarta.
- Fitrianingsih, Y. 2016. *Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal Pada Jembatan Baru UGM, Sleman Yogyakarta. Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Hobbs, F. D. 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Indrawan, N. 2019. *Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal (Studi Kasus Simpang Jalan Letjen Suprpto – Jalan Jlagran – Jalan Pembela Tanah Air, Yogyakarta)*. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Iryati, S. 2021. *Desain Koordinasi Sinyal untuk Dua Simpang yang Berdekatan. Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Khisty, C. J. dan Lall, B. K. 2005. *Dasar – Dasar Rekayasa Transportasi*. Erlangga. Jakarta.
- Munawar, A. 2009. *Manajemen Lalulintas Perkotaan*. Beta Offset. Yogyakarta.

- Nabillah, I. dan Ranggadara, I. 2020. Mean Absolute Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut. Universitas Mercu Buana. Jakarta.
- Pangestu, S. 2018. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Magelang KM 5 dengan Metode MKJI 1997. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. 5 Juni 2015. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 834. Jakarta.
- Pratama, A. 2017. Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal APMD di Jalan Timoho Yogyakarta Menggunakan Metode MKJI 1997. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Prayoga, R.A. 2020. Dampak *Alley* pada *U-Turn* Terhadap Kinerja Ruas Jalan Perkotaan. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Pribadi, S.A. 2019. – Jalan Magelang – Yogyakarta – Jalan Pendowoharjo Sleman, Yogyakarta. Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta.
- PTV Group. 2011. PTV Vissim 9 *User Manual*. Karlsruhe.
- Putro. 2016. Analisis Kinerja Bundaran Jombor Yogyakarta. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Romadhona, dkk. 2019. Aplikasi Pemodelan Lalu Lintas: PTV Vissim 9.0. UII Press. Yogyakarta.
- Speirs, E. 2006. *Estimator User Guide*, 1 edn. *Quadstone Limited*. Edinburgh.
- Wardani, dkk. 2018. Evaluasi Kinerja dan Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Kediri Kabupaten Tabanan). *Tugas Akhir*. Universitas Hindu Indonesia. Denpasar.
- Yudhatama, N.H. 2021. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Gramedia dan Usulan Perbaikan Waktu Siklus dengan Mempertimbangkan Headway Trans Jogja. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Zaki, M. 2020. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal UPN Yogyakarta. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

LAMPIRAN



Lampiran 1 Data Volume Lalu Lintas

Senin (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00-06.15	339	26	11	98	7	42	196	38	55	142	37	86
06.15-06.30	344	33	15	101	8	49	214	45	42	135	29	94
06.30-06.45	355	48	12	88	9	47	182	61	55	145	41	75
06.45-07.00	364	62	8	103	11	43	195	55	64	128	30	82
07.00-07.15	386	51	14	114	9	42	227	48	59	148	27	78
07.15-07.30	446	127	16	128	10	54	307	33	68	164	48	97
07.30-07.45	425	68	11	106	14	62	267	37	65	143	32	103
07.45-08.00	442	74	10	124	11	50	264	64	56	179	45	122
08.00-08.15	427	103	13	132	8	26	281	49	75	157	33	108
08.15-08.30	401	122	12	111	9	25	319	40	59	144	40	92
08.30-08.45	366	55	7	104	11	24	257	28	41	115	49	97
08.45-09.00	393	61	14	116	10	26	315	30	39	128	35	87

Senin (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00-06.15	171	17	4	22	1	34	123	13	28	27	14	21
06.15-06.30	180	21	3	18	0	30	125	17	39	24	11	18
06.30-06.45	193	15	7	15	0	27	132	15	46	22	9	14
06.45-07.00	207	16	6	16	2	26	139	10	38	28	11	19
07.00-07.15	186	13	8	19	1	31	135	11	33	32	14	27
07.15-07.30	203	22	8	23	3	37	142	18	42	32	12	20
07.30-07.45	187	17	12	18	1	35	140	13	30	30	18	21
07.45-08.00	198	16	10	15	0	40	135	19	37	28	15	22
08.00-08.15	186	19	11	29	2	43	121	15	46	24	10	19
08.15-08.30	199	15	5	29	2	50	136	21	36	26	12	17
08.30-08.45	157	13	6	24	0	32	125	10	33	19	9	14
08.45-09.00	176	18	4	20	1	41	139	12	27	30	11	23

Senin (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00-06.15	12	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	2
06.15-06.30	15	0	0	0	0	0	10	0	2	0	1	2
06.30-06.45	14	0	0	0	0	1	14	1	3	0	0	3
06.45-07.00	19	1	0	0	0	2	13	1	2	0	1	2
07.00-07.15	18	0	0	1	0	0	11	0	3	0	2	2
07.15-07.30	22	2	0	1	0	2	21	1	1	1	3	2
07.30-07.45	16	0	0	0	0	2	17	1	3	0	2	1
07.45-08.00	17	1	0	1	0	0	18	2	2	1	1	2
08.00-08.15	19	1	0	2	0	1	13	0	1	0	0	3
08.15-08.30	17	0	0	1	0	2	13	0	2	0	1	2
08.30-08.45	10	0	0	0	0	1	6	0	1	0	0	2
08.45-09.00	18	0	0	0	0	3	17	1	3	0	1	3

Senin (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00-11.15	255	21	8	132	5	55	205	68	43	117	35	98
11.15-11.30	268	25	12	109	11	64	214	63	45	130	42	79
11.30-11.45	278	28	10	146	14	33	201	79	50	108	32	98
11.45-12.00	283	34	15	133	10	41	223	74	48	116	38	90
12.00-12.15	268	54	5	119	6	81	212	70	59	111	24	93
12.15-12.30	265	43	9	111	9	78	231	54	74	120	32	91
12.30-12.45	249	39	7	136	12	68	218	65	52	112	47	81
12.45-13.00	245	22	11	132	15	54	227	49	46	99	51	71

Senin (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00-11.15	150	18	6	18	0	38	121	10	28	19	11	15
11.15-11.30	161	20	4	16	1	43	120	14	21	25	15	11
11.30-11.45	143	15	3	22	2	47	142	11	28	31	14	12
11.45-12.00	152	17	9	28	1	39	152	9	32	21	16	12
12.00-12.15	168	21	5	16	3	54	146	15	27	22	10	14
12.15-12.30	163	22	14	14	2	38	157	18	15	31	12	10
12.30-12.45	155	14	7	23	1	45	160	13	22	22	17	9
12.45-13.00	139	12	5	12	1	30	142	10	12	24	16	11

Senin (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00-11.15	9	0	0	0	0	1	11	0	2	0	1	2
11.15-11.30	10	0	0	0	0	0	12	0	3	1	2	2
11.30-11.45	9	0	0	0	0	1	14	1	2	0	1	1
11.45-12.00	12	0	0	1	0	2	15	0	1	0	3	1
12.00-12.15	16	1	0	1	0	1	14	1	3	0	1	2
12.15-12.30	13	0	0	0	0	0	11	1	3	0	1	3
12.30-12.45	18	2	0	0	0	1	15	1	2	1	2	0
12.45-13.00	10	0	0	0	0	0	9	0	1	0	1	1

Senin (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00-15.15	263	39	17	97	8	55	325	81	75	110	40	83
15.15-15.30	275	32	17	77	12	48	409	107	81	124	35	74
15.30-15.45	266	49	14	87	8	63	364	119	85	161	47	126
15.45-16.00	316	71	16	117	18	89	417	147	65	155	39	118
16.00-16.15	312	96	12	170	18	83	486	146	84	171	41	141
16.15-16.30	235	81	15	125	14	58	598	175	108	194	39	170
16.30-16.45	307	106	6	180	9	65	596	120	83	155	43	197
16.45-17.00	326	130	11	166	6	54	503	151	64	193	72	163
17.00-17.15	261	164	5	173	12	47	434	105	60	84	30	111
17.15-17.30	234	104	9	138	17	68	444	97	67	86	41	97
17.30-17.45	236	77	8	76	11	40	395	104	50	103	36	82
17.45-18.00	214	65	11	72	12	51	295	85	51	95	33	47

Senin (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00-15.15	161	24	11	30	2	39	152	13	32	20	12	12
15.15-15.30	167	20	11	21	0	32	145	18	58	32	26	24
15.30-15.45	182	23	4	25	1	40	133	12	43	30	12	16
15.45-16.00	206	15	6	16	1	36	126	18	46	25	19	9
16.00-16.15	214	12	4	32	1	43	129	17	42	16	13	18
16.15-16.30	182	21	5	23	1	41	138	14	52	24	11	18
16.30-16.45	179	20	12	18	0	45	158	12	44	27	18	17
16.45-17.00	175	25	9	27	2	41	139	17	34	34	10	18
17.00-17.15	180	24	13	42	3	38	137	20	46	26	14	18
17.15-17.30	172	22	7	33	3	40	142	11	39	23	9	15
17.30-17.45	179	16	12	19	1	30	138	13	50	19	15	14
17.45-18.00	194	26	8	30	1	34	104	23	44	22	10	16

Senin (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00-15.15	15	0	0	2	0	2	16	0	2	2	2	2
15.15-15.30	19	0	0	3	0	0	19	1	2	0	0	2
15.30-15.45	18	0	0	3	0	0	16	0	2	4	0	1
15.45-16.00	19	0	1	1	0	1	17	1	3	0	1	1
16.00-16.15	9	0	0	2	0	1	16	0	3	1	0	2
16.15-16.30	15	0	0	0	0	0	13	1	4	0	0	2
16.30-16.45	11	1	0	0	0	2	9	0	1	1	0	2
16.45-17.00	14	0	0	0	0	0	13	1	2	0	1	0
17.00-17.15	19	1	1	0	0	2	13	0	3	3	1	2
17.15-17.30	11	0	0	0	0	1	9	0	1	0	0	0
17.30-17.45	15	1	0	1	0	0	11	0	1	3	0	1
17.45-18.00	12	3	0	0	0	0	14	0	1	0	0	2

Sabtu (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00-06.15	249	31	11	69	4	24	295	72	57	113	29	64
06.15-06.30	270	37	7	89	7	32	298	81	67	105	37	73
06.30-06.45	296	32	9	90	14	43	312	95	82	93	51	88
06.45-07.00	318	46	14	104	12	49	343	92	88	121	43	105
07.00-07.15	258	58	12	77	15	41	339	90	68	86	56	99
07.15-07.30	351	82	25	125	9	52	478	116	98	137	62	112
07.30-07.45	324	102	6	93	11	47	446	124	84	167	45	84
07.45-08.00	315	96	10	79	8	55	462	97	73	181	26	95
08.00-08.15	336	109	13	91	10	32	550	103	68	177	43	102
08.15-08.30	340	87	9	93	14	39	568	78	66	173	39	89
08.30-08.45	279	64	11	79	7	31	522	86	59	145	41	65
08.45-09.00	245	77	7	89	9	29	498	76	71	130	22	44

Sabtu (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00-06.15	161	12	4	23	0	40	129	6	19	25	19	14
06.15-06.30	164	15	8	19	1	39	137	4	22	23	21	16
06.30-06.45	182	10	9	28	0	36	118	12	28	31	11	13
06.45-07.00	186	21	7	21	0	34	122	15	36	28	13	18
07.00-07.15	165	28	12	17	2	41	142	9	33	32	18	11
07.15-07.30	164	24	10	21	1	25	128	10	41	27	28	18
07.30-07.45	168	12	8	16	1	24	141	13	43	24	20	15
07.45-08.00	179	13	9	14	2	23	145	15	51	20	17	14
08.00-08.15	162	17	6	17	1	27	134	8	45	19	20	25
08.15-08.30	174	19	10	20	1	31	139	7	37	29	26	17
08.30-08.45	159	18	5	11	2	29	135	11	33	31	21	14
08.45-09.00	139	20	6	14	2	38	123	9	45	26	19	15

Sabtu (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00-06.15	13	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
06.15-06.30	12	2	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
06.30-06.45	14	1	0	0	0	0	12	0	1	0	0	0
06.45-07.00	9	0	0	0	0	0	6	1	1	0	1	0
07.00-07.15	8	1	0	0	0	1	8	0	0	0	1	1
07.15-07.30	13	3	0	0	0	2	8	1	1	0	2	0
07.30-07.45	8	1	0	0	0	2	10	0	1	0	0	1
07.45-08.00	18	1	0	0	0	1	14	0	2	0	1	2
08.00-08.15	15	0	0	0	0	0	13	2	2	0	1	0
08.15-08.30	17	2	0	0	0	2	17	0	3	0	2	0
08.30-08.45	17	2	0	0	0	1	17	0	1	0	2	1
08.45-09.00	13	1	0	0	0	0	13	1	2	0	1	0

Sabtu (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00-11.15	283	63	8	84	5	55	336	81	88	121	46	90
11.15-11.30	312	52	14	94	7	30	347	90	95	145	38	98
11.30-11.45	264	48	6	77	7	44	362	85	104	100	22	63
11.45-12.00	315	72	9	113	8	31	407	73	113	157	36	68
12.00-12.15	351	85	21	132	15	47	517	80	138	183	51	84
12.15-12.30	321	79	12	126	12	46	469	65	116	142	41	70
12.30-12.45	224	56	5	99	6	28	375	66	78	118	37	56
12.45-13.00	269	46	9	94	5	26	327	87	70	132	33	64

Sabtu (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00-11.15	163	19	5	14	0	20	121	8	21	9	14	18
11.15-11.30	159	31	11	12	2	31	138	6	17	15	12	21
11.30-11.45	202	28	7	15	1	23	132	12	19	10	20	24
11.45-12.00	185	20	8	15	3	28	114	19	26	12	22	11
12.00-12.15	216	24	18	6	1	21	105	7	17	14	27	16
12.15-12.30	185	19	13	8	2	26	94	7	23	17	31	14
12.30-12.45	187	18	9	9	0	15	114	16	25	16	25	17
12.45-13.00	194	34	10	7	2	20	110	10	18	13	32	18

Sabtu (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00-11.15	9	0	0	0	0	0	10	0	1	0	0	1
11.15-11.30	11	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	1
11.30-11.45	13	2	0	0	0	1	11	0	2	0	1	0
11.45-12.00	18	4	0	0	0	1	11	0	1	0	0	1
12.00-12.15	17	2	0	0	0	2	14	1	3	0	1	2
12.15-12.30	12	3	0	0	0	1	14	2	1	0	1	1
12.30-12.45	14	2	0	0	0	0	10	0	1	0	0	1
12.45-13.00	15	3	0	0	0	1	10	0	0	0	0	2

Sabtu (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00-15.15	248	56	14	92	8	35	301	81	93	143	38	65
15.15-15.30	251	73	9	78	4	32	307	107	84	165	29	59
15.30-15.45	265	89	10	87	10	45	335	119	78	173	35	64
15.45-16.00	302	81	13	112	14	38	342	127	89	179	38	79
16.00-16.15	342	95	16	89	9	30	378	146	104	160	24	70
16.15-16.30	372	88	11	83	12	51	406	165	83	172	21	52
16.30-16.45	386	143	14	93	7	38	510	120	127	185	26	68
16.45-17.00	374	136	18	104	5	55	491	151	90	195	41	70
17.00-17.15	370	108	14	91	5	39	511	105	78	163	34	97
17.15-17.30	334	114	12	84	11	48	447	97	104	151	37	80
17.30-17.45	347	133	11	81	10	31	452	104	142	166	32	49
17.45-18.00	364	138	16	91	15	36	431	85	138	151	20	45

Sabtu (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00-15.15	182	21	11	12	2	25	150	13	24	19	25	28
15.15-15.30	198	24	14	16	1	28	137	18	21	21	17	31
15.30-15.45	214	29	12	14	0	22	144	12	35	18	28	29
15.45-16.00	231	17	16	19	3	26	131	18	32	22	21	23
16.00-16.15	236	23	19	13	2	25	138	17	38	15	15	27
16.15-16.30	201	32	9	15	1	37	145	14	15	24	21	15
16.30-16.45	217	28	14	22	2	41	139	12	32	21	26	20
16.45-17.00	208	27	10	13	2	45	142	12	15	24	32	22
17.00-17.15	224	20	17	20	1	33	150	20	18	16	30	20
17.15-17.30	184	26	11	12	3	34	137	11	23	13	27	15
17.30-17.45	202	21	10	12	2	44	136	13	26	12	19	17
17.45-18.00	189	29	8	15	1	25	126	23	16	23	24	26

Sabtu (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00-15.15	15	1	0	0	0	0	9	0	1	0	1	1
15.15-15.30	19	2	0	0	0	0	11	1	2	0	0	1
15.30-15.45	17	2	0	0	0	1	12	1	2	0	1	0
15.45-16.00	19	1	0	0	0	2	11	0	0	0	1	0
16.00-16.15	19	3	0	0	0	1	14	2	1	0	2	0
16.15-16.30	17	1	0	0	0	1	12	1	2	0	0	1
16.30-16.45	14	2	0	0	0	0	14	3	2	0	1	1
16.45-17.00	18	1	0	0	0	2	17	3	1	0	0	2
17.00-17.15	20	1	0	0	0	1	14	2	1	0	1	0
17.15-17.30	15	0	0	0	0	0	15	1	0	0	1	1
17.30-17.45	16	1	0	0	0	0	12	1	0	0	0	1
17.45-18.00	12	2	0	0	0	1	15	1	1	0	1	0



Lampiran 2 Data Panjang Antrean

Senin (Periode Pagi)							
Jalan Magelang (Utara)		Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)		Jalan Magelang (Selatan)		Jalan Gito Gati (Timur)	
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
06.00	62	06.01	11	06.01	58	06.02	29
06.03	78	06.04	13	06.04	64	06.05	36
06.05	70	06.06	15	06.07	57	06.07	33
06.08	82	06.08	12	06.09	54	06.10	28
06.11	58	06.10	13	06.12	71	06.13	22
06.14	78	06.13	16	06.15	59	06.16	25
06.16	76	06.15	22	06.17	64	06.18	29
06.19	81	06.18	23	06.20	68	06.21	35
06.22	88	06.21	10	06.23	65	06.24	32
06.25	77	06.24	19	06.26	80	06.27	36
06.28	71	06.27	16	06.29	75	06.29	40
06.30	80	06.29	20	06.32	65	06.33	40
06.33	87	06.33	15	06.35	80	06.35	41
06.36	83	06.35	8	06.38	45	06.38	44
06.38	82	06.38	11	06.41	60	06.39	38
06.41	91	06.39	12	06.44	50	06.42	45
06.44	90	06.42	21	06.47	75	06.45	50
06.47	76	06.45	17	06.50	63	06.48	38
06.50	94	06.48	16	06.53	75	06.51	45
06.52	85	06.51	19	06.56	58	06.54	39
06.55	87	06.54	25	06.59	63	06.57	38
06.58	102	06.57	10	07.02	47	07.00	45
07.01	98	07.00	14	07.05	75	07.04	47
07.04	95	07.04	21	07.08	110	07.07	63
07.07	112	07.07	18	07.11	55	07.10	39
07.09	109	07.10	22	07.14	75	07.13	58
07.12	120	07.13	32	07.17	72	07.16	62
07.15	128	07.16	19	07.20	85	07.19	74
07.18	131	07.19	21	07.23	75	07.22	42
07.20	125	07.22	28	07.26	90	07.25	76
07.23	134	07.25	32	07.29	87	07.28	82
07.26	140	07.28	29	07.32	70	07.31	47
07.27	175	07.31	18	07.36	72	07.34	35
07.29	150	07.34	29	07.38	100	07.37	57
07.32	155	07.37	35	07.41	80	07.39	55
07.35	100	07.39	22	07.43	62	07.42	42

Senin (Periode Pagi)							
Jalan Magelang (Utara)		Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)		Jalan Magelang (Selatan)		Jalan Gito Gati (Timur)	
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
07.37	103	07.42	28	07.46	73	07.45	60
07.40	115	07.45	25	07.49	83	07.48	34
07.43	102	07.48	29	07.52	58	07.51	47
07.46	200	07.51	34	07.55	67	07.54	23
07.49	160	07.54	19	07.58	52	07.56	60
07.52	161	07.56	29	08.01	80	07.59	23
07.55	156	07.59	28	08.04	70	08.02	60
07.58	182	08.02	38	08.07	68	08.05	43
08.01	154	08.05	35	08.09	79	08.08	49
08.04	134	08.08	26	08.12	78	08.11	43
08.06	145	08.11	30	08.15	95	08.13	47
08.09	124	08.13	17	08.18	71	08.16	45
08.12	97	08.16	20	08.21	110	08.19	37
08.15	84	08.19	22	08.24	95	08.22	49
08.18	91	08.22	28	08.27	82	08.25	35
08.21	65	08.25	15	08.30	75	08.28	36
08.24	49	08.28	11	08.33	117	08.31	35
08.27	74	08.31	18	08.36	103	08.34	37
08.30	45	08.34	15	08.39	67	08.37	36
08.32	55	08.37	19	08.42	90	08.39	60
08.35	62	08.39	26	08.44	107	08.42	41
08.38	38	08.42	25	08.47	125	08.45	34
08.41	50	08.45	24	08.50	60	08.48	56
08.44	44	08.48	21	08.53	74	08.51	46
08.47	52	08.51	15	08.56	85	08.54	92
08.50	61	08.54	13	08.59	70	08.57	60
08.53	48	08.57	19			09.00	45
08.56	40	09.00	12				
08.59	55						

Senin (Periode Siang)							
Jalan Magelang (Utara)		Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)		Jalan Magelang (Selatan)		Jalan Gito Gati (Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
11.00	65	11.01	15	11.01	68	11.02	36
11.03	76	11.04	13	11.04	65	11.05	40
11.06	54	11.07	17	11.07	80	11.08	40
11.08	71	11.09	23	11.09	75	11.10	41
11.11	78	11.12	32	11.12	65	11.13	44
11.14	87	11.15	35	11.15	80	11.16	38
11.17	55	11.18	44	11.18	45	11.19	45
11.19	69	11.20	24	11.20	60	11.21	50
11.22	82	11.23	19	11.23	50	11.24	38
11.25	86	11.26	27	11.26	75	11.27	45
11.28	92	11.29	37	11.29	63	11.30	39
11.31	78	11.32	44	11.32	75	11.33	38
11.33	81	11.34	32	11.34	58	11.35	45
11.36	65	11.37	20	11.37	63	11.38	47
11.39	87	11.40	31	11.40	47	11.41	63
11.42	69	11.43	46	11.43	75	11.44	39
11.45	73	11.46	29	11.46	110	11.47	58
11.47	81	11.48	33	11.48	55	11.49	62
11.49	79	11.50	48	11.50	75	11.51	74
11.52	85	11.53	28	11.53	72	11.54	100
11.55	65	11.56	37	11.56	85	11.57	96
11.58	70	11.59	30	11.59	75	12.00	82
12.01	82	12.02	52	12.02	90	12.03	47
12.03	94	12.04	43	12.04	87	12.05	82
12.07	110	12.08	22	12.08	70	12.09	57
12.10	104	12.11	31	12.11	72	12.12	55
12.13	116	12.14	40	12.14	100	12.15	42
12.15	128	12.16	26	12.16	80	12.17	60
12.18	143	12.19	35	12.19	62	12.20	34
12.21	137	12.22	20	12.22	73	12.23	47
12.24	115	12.25	26	12.25	83	12.26	23
12.27	124	12.28	35	12.28	58	12.29	60
12.29	149	12.30	39	12.30	67	12.31	23
12.32	114	12.33	28	12.33	52	12.34	60
12.35	128	12.36	19	12.36	80	12.37	43
12.38	102	12.39	24	12.39	70	12.40	49
12.41	94	12.42	25	12.42	68	12.43	43
12.43	102	12.44	31	12.44	79	12.45	47

Senin (Periode Siang)							
Jalan Magelang (Utara)		Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)		Jalan Magelang (Selatan)		Jalan Gito Gati (Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
12.46	113	12.47	28	12.47	78	12.48	45
12.49	121	12.50	18	12.50	95	12.51	37
12.51	96	12.52	29	12.52	71	12.53	49
12.54	104	12.55	30	12.55	110	12.56	35
12.57	100	12.58	20	12.58	95	12.59	36
13.00	93						

Senin (Periode Sore)							
Jalan Magelang (Utara)		Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)		Jalan Magelang (Selatan)		Jalan Gito Gati (Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
15.01	123	15.02	20	15.03	125	15.04	43
15.04	142	15.05	16	15.05	131	15.07	62
15.07	105	15.08	25	15.08	153	15.10	45
15.10	118	15.11	35	15.11	122	15.12	53
15.12	129	15.13	32	15.13	116	15.15	67
15.15	137	15.16	17	15.16	133	15.18	50
15.18	151	15.19	47	15.19	145	15.21	48
15.21	134	15.22	28	15.22	124	15.24	63
15.24	148	15.25	30	15.25	139	15.27	52
15.27	132	15.28	19	15.28	155	15.30	75
15.30	162	15.31	28	15.31	120	15.32	64
15.32	154	15.33	20	15.33	131	15.35	40
15.35	160	15.36	33	15.36	162	15.38	54
15.38	186	15.39	26	15.39	193	15.41	65
15.41	194	15.42	20	15.42	152	15.43	72
15.43	179	15.44	41	15.44	203	15.46	58
15.46	187	15.47	23	15.47	187	15.49	62
15.49	180	15.50	15	15.50	193	15.51	75
15.51	210	15.52	32	15.52	165	15.54	61
15.54	175	15.55	20	15.55	138	15.57	55
15.57	196	15.58	30	15.58	182	15.58	60
15.58	205	16.01	25	16.01	174	16.00	72
16.01	239	16.04	20	16.04	158	16.03	60
16.04	217	16.06	22	16.06	147	16.06	68

Senin (Periode Sore)							
Jalan Magelang (Utara)		Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)		Jalan Magelang (Selatan)		Jalan Gito Gati (Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
16.06	201	16.09	25	16.09	228	16.09	82
16.09	230	16.12	27	16.12	197	16.02	62
16.12	242	16.15	31	16.15	154	16.14	90
16.15	235	16.17	34	16.17	149	16.16	80
16.17	238	16.19	28	16.19	121	16.19	78
16.19	256	16.21	31	16.21	187	16.22	83
16.21	303	16.23	27	16.23	256	16.25	91
16.23	278	16.26	26	16.26	243	16.28	83
16.26	271	16.29	32	16.29	251	16.31	85
16.29	239	16.32	36	16.32	197	16.34	84
16.32	250	16.35	41	16.35	165	16.37	82
16.35	257	16.38	37	16.38	196	16.40	112
16.38	279	16.41	31	16.41	202	16.43	96
16.41	247	16.44	34	16.44	173	16.46	80
16.44	257	16.47	26	16.47	157	16.49	70
16.47	254	16.49	25	16.49	143	16.52	50
16.49	258	16.52	27	16.52	134	16.55	81
16.52	245	16.55	22	16.55	154	16.58	117
16.55	242	16.58	26	16.58	165	17.00	87
16.58	253	17.01	37	17.01	153	17.03	110
17.00	234	17.03	29	17.03	142	17.06	122
17.03	247	17.06	21	17.06	147	17.09	98
17.06	250	17.08	32	17.08	122	17.11	75
17.08	232	17.11	30	17.11	137	17.14	83
17.11	220	17.14	20	17.14	154	17.17	91
17.14	225	17.17	22	17.17	132	17.20	82
17.17	211	17.20	15	17.20	145	17.23	73
17.20	198	17.23	19	17.23	120	17.25	65
17.23	205	17.25	34	17.25	134	17.27	72
17.25	190	17.27	31	17.27	130	17.30	59
17.27	165	17.30	18	17.30	115	17.33	50
17.30	187	17.33	27	17.33	137	17.36	69
17.33	155	17.36	28	17.36	150	17.39	55
17.36	165	17.39	16	17.39	121	17.41	43
17.39	136	17.41	21	17.41	134	17.44	64
17.41	154	17.44	28	17.44	116	17.47	40
17.44	132	17.47	32	17.47	105	17.50	51
17.47	120	17.50	20	17.50	123	17.52	42

Senin (Periode Sore)							
Jalan Magelang (Utara)		Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)		Jalan Magelang (Selatan)		Jalan Gito Gati (Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
17.50	141	17.52	41	17.52	119	17.55	51
17.52	135	17.55	22	17.55	132	17.57	45
17.55	122	17.58	18	17.58	109	18.00	34
17.58	134						

Sabtu (Periode Pagi)							
Jalan Magelang (Utara)		Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)		Jalan Magelang (Selatan)		Jalan Gito Gati (Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
06.00	49	06.01	18	06.01	40	06.02	35
06.03	40	06.04	13	06.04	45	06.05	42
06.05	35	06.06	15	06.07	52	06.07	30
6.08	44	06.08	12	06.09	58	06.10	27
06.11	47	06.10	13	06.12	64	06.13	21
06.14	63	06.13	16	06.15	54	06.16	24
06.16	42	06.15	21	06.17	58	06.18	28
06.19	55	06.18	22	06.20	62	06.21	34
06.22	50	06.21	10	06.23	59	06.24	31
06.25	62	06.24	19	06.26	72	06.27	35
06.28	57	06.27	16	06.29	68	06.29	38
06.30	64	06.29	19	06.32	59	06.33	38
06.33	70	06.33	22	06.35	72	06.35	39
06.36	67	06.35	15	06.38	41	06.38	42
06.38	66	06.38	13	06.41	54	06.39	37
06.41	73	06.39	17	06.44	45	06.42	43
06.44	72	06.42	20	06.47	68	06.45	48
06.47	61	06.45	17	06.50	57	06.48	37
06.50	76	06.48	16	06.53	68	06.51	43
06.52	68	06.51	19	06.56	53	06.54	38
06.55	70	06.54	24	06.59	57	06.57	37
06.58	82	06.57	10	07.02	43	07.00	43
07.01	79	07.00	14	07.05	68	07.04	45
07.04	76	07.04	20	07.08	99	07.07	60
07.07	90	07.07	18	07.11	50	07.10	38
07.09	88	07.10	21	07.14	68	07.13	56
07.12	96	07.13	31	07.17	65	07.16	59

Sabtu (Periode Pagi)							
Jalan Magelang (Utara)		Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)		Jalan Magelang (Selatan)		Jalan Gito Gati (Timur)	
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
07.15	80	07.16	19	07.20	77	07.19	71
07.18	85	07.19	20	07.23	68	07.22	40
07.20	72	07.22	27	07.26	81	07.25	73
07.23	108	07.25	31	07.29	79	07.28	78
07.26	112	07.28	28	07.32	65	07.31	45
07.27	140	07.31	18	07.36	48	07.34	34
07.29	120	07.34	28	07.38	80	07.37	55
07.32	124	07.37	34	07.41	69	07.39	53
07.35	80	07.39	21	07.43	56	07.42	40
07.37	83	07.42	27	07.46	66	07.45	57
07.40	92	07.45	24	07.49	75	07.48	33
07.43	82	07.48	28	07.52	53	07.51	45
07.46	160	07.51	33	07.55	61	07.54	22
07.49	128	07.54	19	07.58	47	07.56	57
07.52	100	07.56	28	08.01	43	07.59	22
07.55	86	07.59	27	08.04	63	08.02	57
07.58	102	08.02	37	08.07	62	08.05	41
08.01	85	08.05	34	08.09	72	08.08	47
08.04	74	08.08	25	08.12	71	08.11	41
08.06	87	08.11	29	08.15	86	08.13	45
08.09	75	08.13	17	08.18	64	08.16	43
08.12	59	08.16	19	08.21	99	08.19	36
08.15	51	08.19	21	08.24	86	08.22	47
08.18	55	08.22	27	08.27	74	08.25	34
08.21	39	08.25	15	08.30	68	08.28	35
08.24	30	08.28	11	08.33	106	08.31	34
08.27	45	08.31	18	08.36	93	08.34	36
08.30	27	08.34	15	08.39	61	08.37	35
08.32	33	08.37	19	08.42	81	08.39	57
08.35	38	08.39	25	08.44	97	08.42	39
08.38	23	08.42	24	08.47	113	08.45	33
08.41	30	08.45	23	08.50	54	08.48	54
08.44	27	08.48	20	08.53	67	08.51	60
08.47	32	08.51	15	08.56	77	08.54	44
08.50	37	08.54	13	08.59	63	08.57	57
08.53	29	08.57	19			09.00	43
08.56	24	09.00	12				
08.59	33						

Sabtu (Periode Siang)							
Jalan Magelang (Utara)		Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)		Jalan Magelang (Selatan)		Jalan Gito Gati (Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
11.00	140	11.01	15	11.01	68	11.02	36
11.03	175	11.04	13	11.04	65	11.05	40
11.06	150	11.07	17	11.07	80	11.08	40
11.08	155	11.09	23	11.09	75	11.10	41
11.11	100	11.12	32	11.12	65	11.13	44
11.14	103	11.15	35	11.15	80	11.16	38
11.17	115	11.18	44	11.18	45	11.19	45
11.19	102	11.20	24	11.20	60	11.21	50
11.22	96	11.23	19	11.23	50	11.24	38
11.25	132	11.26	27	11.26	75	11.27	45
11.28	161	11.29	37	11.29	63	11.30	39
11.31	156	11.32	44	11.32	75	11.33	38
11.33	180	11.34	32	11.34	58	11.35	45
11.36	163	11.37	20	11.37	63	11.38	47
11.39	142	11.40	31	11.40	47	11.41	63
11.42	178	11.43	46	11.43	75	11.44	39
11.45	130	11.46	29	11.46	110	11.47	58
11.47	152	11.48	33	11.48	55	11.49	62
11.49	147	11.50	48	11.50	75	11.51	74
11.52	144	11.53	28	11.53	72	11.54	100
11.55	140	11.56	37	11.56	85	11.57	96
11.58	160	11.59	30	11.59	75	12.00	82
12.01	260	12.02	52	12.02	90	12.03	47
12.03	244	12.04	43	12.04	87	12.05	82
12.07	222	12.08	22	12.08	70	12.09	57
12.10	220	12.11	31	12.11	72	12.12	55
12.13	225	12.14	40	12.14	100	12.15	42
12.15	140	12.16	26	12.16	80	12.17	60
12.18	120	12.19	35	12.19	62	12.20	34
12.21	120	12.22	20	12.22	73	12.23	47
12.24	125	12.25	26	12.25	83	12.26	23
12.27	164	12.28	35	12.28	58	12.29	60
12.29	110	12.30	39	12.30	67	12.31	23
12.32	134	12.33	28	12.33	52	12.34	60
12.35	156	12.36	19	12.36	80	12.37	43
12.38	142	12.39	24	12.39	70	12.40	49
12.41	150	12.42	25	12.42	68	12.43	43
12.43	132	12.44	31	12.44	79	12.45	47

Sabtu (Periode Siang)							
Jalan Magelang (Utara)		Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)		Jalan Magelang (Selatan)		Jalan Gito Gati (Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
12.46	140	12.47	28	12.47	78	12.48	45
12.49	115	12.50	18	12.50	95	12.51	37
12.51	122	12.52	29	12.52	71	12.53	49
12.54	137	12.55	30	12.55	110	12.56	35
12.57	120	12.58	20	12.58	95	12.59	36

Sabtu (Periode Sore)							
Jalan Magelang (Utara)		Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)		Jalan Magelang (Selatan)		Jalan Gito Gati (Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
15.01	223	15.02	18	15.02	139	15.04	54
15.04	244	15.05	16	15.04	150	15.07	50
15.07	290	15.08	21	15.07	123	15.10	62
15.10	280	15.11	28	15.10	142	15.12	48
15.12	300	15.13	39	15.12	160	15.15	54
15.15	279	15.16	42	15.15	140	15.18	66
15.18	342	15.19	53	15.18	130	15.21	42
15.21	363	15.22	29	15.21	140	15.24	53
15.24	358	15.25	23	15.24	142	15.27	33
15.27	375	15.28	33	15.27	155	15.30	69
15.30	382	15.31	45	15.30	120	15.33	58
15.32	348	15.33	53	15.33	142	15.36	67
15.35	325	15.36	39	15.36	125	15.39	60
15.38	297	15.39	24	15.38	105	15.42	42
15.41	321	15.42	38	15.41	60	15.45	43
15.43	318	15.44	56	15.44	120	15.48	65
15.46	300	15.47	35	15.47	142	15.51	60
15.49	290	15.50	40	15.50	135	15.54	52
15.51	312	15.52	58	15.53	137	15.57	43
15.54	332	15.55	34	15.55	128	16.00	72
15.57	297	15.58	45	15.58	152	16.03	60
15.58	279	16.01	36	16.01	138	16.06	68
16.01	257	16.04	63	16.04	127	16.09	82
16.04	241	16.06	52	16.07	135	16.02	62
16.06	300	16.09	27	16.10	110	16.14	90

Sabtu (Periode Sore)							
Jalan Magelang (Utara)		Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)		Jalan Magelang (Selatan)		Jalan Gito Gati (Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
16.09	292	16.12	38	16.13	97	16.16	80
16.12	295	16.15	48	16.15	110	16.19	78
16.15	278	16.17	32	16.18	98	16.22	83
16.17	326	16.19	42	16.21	157	16.25	91
16.19	343	16.21	24	16.24	159	16.28	73
16.21	338	16.23	32	16.27	105	16.31	75
16.23	321	16.26	42	16.30	78	16.34	84
16.26	297	16.29	47	16.33	97	16.37	80
16.29	305	16.32	34	16.36	85	16.40	112
16.32	296	16.35	23	16.39	150	16.43	96
16.35	319	16.38	29	16.42	162	16.46	80
16.38	287	16.41	30	16.44	132	16.49	70
16.41	307	16.44	38	16.47	80	16.52	50
16.44	302	16.47	34	16.50	82	16.55	81
16.47	298	16.49	22	16.53	100	16.58	117
16.49	325	16.52	35	16.56	105	17.00	87
16.52	282	16.55	36	16.59	112	17.02	65
16.55	303	16.58	24	16.58	132	17.05	60
16.58	312	17.01	32	17.01	108	17.08	63
17.00	278	17.03	44	17.03	143	17.11	45
17.03	284	17.06	21	17.06	130	17.14	50
17.06	264	17.08	23	17.08	128	17.17	40
17.08	230	17.11	43	17.11	135	17.20	56
17.11	253	17.14	22	17.14	110	17.23	54
17.14	229	17.17	29	17.17	122	17.26	42
17.17	243	17.20	38	17.20	130	17.29	38
17.20	197	17.23	43	17.23	98	17.32	44
17.23	218	17.25	31	17.25	102	17.34	52
17.25	184	17.27	21	17.27	87	17.37	61
17.27	154	17.30	27	17.30	100	17.40	38
17.30	177	17.33	27	17.33	128	17.43	41
17.33	168	17.36	35	17.36	132	17.46	47
17.36	201	17.39	31	17.39	90	17.49	50
17.39	146	17.41	20	17.41	115	17.52	40
17.41	176	17.44	32	17.44	124	17.55	46
17.44	132	17.47	33	17.47	136	17.57	39
17.47	158	17.50	22	17.50	118	18.00	42
17.50	176	17.52	29	17.52	96		

Sabtu (Periode Sore)							
Jalan Magelang (Utara)		Jalan KRT Pringgodingrat (Barat)		Jalan Magelang (Selatan)		Jalan Gito Gati (Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
17.52	224	17.55	40	17.55	84		
17.55	182	17.58	19	17.58	102		
17.58	155						



Lampiran 3 Data Kecepatan Kendaraan

Senin (Periode Pagi)											
Utara (km/jam)			Barat (km/jam)			Selatan (km/jam)			Timur (km/jam)		
MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
52	69	70	60	41	25	80	55	48	52	63	28
80	87	69	54	44	26	75	68	59	53	60	51
51	70	64	38	38	25	50	55	40	69	38	39
63	94	38	33	49	28	69	80	62	35	29	42
62	60	38	51	46	36	88	51	58	75	42	50
106	68	53	46	48	30	72	63	47	68	36	41
74	65	64	60	36	36	68	72	60	60	37	39
92	61	70	64	37	31	92	75	68	61	46	39
57	61	42	63	40	31	68	68	57	54	57	25
49	60	57	33	32	39	65	65	70	55	37	35
94	88	59	50	47	28	61	64	69	58	43	37
59	69	44	40	37	37	60	71	51	65	40	43
57	63	60	58	40	35	68	54	65	52	48	36
58	93	36	47	51	29	75	73	62	51	63	31
54	39	53	49	40	38	65	54	48	57	43	38
60	73	64	73	36	30	50	64	43	44	47	30
80	73	52	53	59	28	53	62	69	38	65	46
61	74	31	46	51	32	101	64	68	51	60	44
63	54	51	55	40	36	48	77	57	59	33	30
57	46	31	61	49	29	75	48	43	54	39	43
88	64	70	62	36	28	64	61	54	43	48	48
52	62	63	47	44	28	51	75	70	69	39	41
50	57	50	49	46	42	80	52	58	49	46	42
49	63	58	49	49	27	86	69	58	42	32	37
61	70	33	64	47	41	77	69	58	51	49	47
43	54	64	48	41	39	81	69	58	57	46	28
74	54	59	57	57	31	35	62	43	43	38	39
60	103	32	58	64	29	59	58	77	51	44	35
62	75	46	42	37	36	74	64	82	43	37	31
55	63	39	60	50	35	63	54	38	42	36	33

Senin (Periode Siang)											
Utara (km/jam)			Barat (km/jam)			Selatan (km/jam)			Timur (km/jam)		
MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
59	78	79	68	47	28	90	63	54	59	72	32
90	99	78	62	50	29	85	77	67	60	68	58
58	79	73	43	43	28	57	63	45	78	43	44
72	107	43	38	55	32	78	90	70	39	33	48
70	68	43	58	52	40	100	58	65	85	48	57
82	77	60	52	54	34	82	72	53	77	40	47
84	74	73	68	40	40	77	82	68	68	42	44
104	69	79	73	42	35	104	85	77	69	52	44
64	69	48	72	45	35	77	77	64	62	64	28
55	68	64	38	37	44	74	74	79	63	42	39
107	100	67	57	53	32	69	73	78	65	49	42
67	78	50	45	42	42	68	80	58	74	45	49
64	72	68	65	45	39	77	62	74	59	54	40
65	105	40	53	58	33	85	83	70	58	72	35
62	44	60	55	45	43	74	62	54	64	49	43
68	83	73	83	40	34	57	73	49	50	53	34
90	83	59	60	67	32	60	70	78	43	74	52
69	84	35	52	58	37	114	73	77	58	68	50
72	62	58	63	45	40	54	88	64	67	38	34
64	52	35	69	55	33	85	54	49	62	44	49
100	73	79	70	40	32	73	69	62	49	54	54
59	70	72	53	50	32	58	85	79	78	44	47
57	64	57	55	52	48	90	59	65	55	52	48
55	72	65	55	55	30	98	78	65	48	37	42
69	79	38	73	53	47	88	78	65	58	55	53
49	62	73	54	47	44	92	78	65	64	52	32
84	62	67	64	64	35	39	70	49	49	43	44
68	117	37	65	73	33	67	65	88	58	50	39
70	85	52	48	42	40	84	73	93	49	42	35
63	72	44	68	57	39	72	62	43	48	40	38

Senin (Periode Sore)											
Utara (km/jam)			Barat (km/jam)			Selatan (km/jam)			Timur (km/jam)		
MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
47	62	63	54	37	22	72	50	43	47	57	25
72	79	62	49	40	23	68	61	53	48	54	46
46	63	58	34	34	22	45	50	36	62	34	35
57	85	34	30	44	25	62	72	56	31	26	38

Senin (Periode Sore)											
Utara (km/jam)			Barat (km/jam)			Selatan (km/jam)			Timur (km/jam)		
MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
56	54	34	46	41	32	80	46	52	68	38	45
96	61	48	41	43	27	65	57	42	61	32	37
67	59	58	54	32	32	61	65	54	54	33	35
83	55	63	58	33	28	83	68	61	55	41	35
51	55	38	57	36	28	61	61	51	49	51	22
44	54	51	30	29	35	59	59	63	50	33	31
85	80	53	45	42	25	55	58	62	52	39	33
53	62	40	36	33	33	54	64	46	59	36	39
51	57	54	52	36	31	61	49	59	47	43	32
52	84	32	42	46	26	68	66	56	46	57	28
49	35	48	44	36	34	59	49	43	51	39	34
54	66	58	66	32	27	45	58	39	40	42	27
72	66	47	48	53	25	48	56	62	34	59	41
55	67	28	41	46	29	91	58	61	46	54	40
57	49	46	50	36	32	43	70	51	53	30	27
51	41	28	55	44	26	68	43	39	49	35	39
80	58	63	56	32	25	58	55	49	39	43	43
47	56	57	42	40	25	46	68	63	62	35	37
45	51	45	44	41	38	72	47	52	44	41	38
44	57	52	44	44	24	78	62	52	38	29	33
55	63	30	58	42	37	70	62	52	46	44	42
39	49	58	43	37	35	73	62	52	51	41	25
67	49	53	51	51	28	31	56	39	39	34	35
54	93	29	52	58	26	53	52	70	46	40	31
56	68	41	38	33	32	67	58	74	39	33	28
50	57	35	54	45	31	57	49	34	38	32	30

Sabtu (Periode Pagi)											
Utara (km/jam)			Barat (km/jam)			Selatan (km/jam)			Timur (km/jam)		
MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
55	72	73	63	43	26	83	58	50	55	66	29
83	91	72	57	46	27	79	71	61	56	63	53
87	73	67	40	40	26	52	58	42	72	40	41
66	98	40	35	51	29	72	83	65	36	30	44
65	63	40	53	48	37	92	53	60	79	44	52
111	71	56	48	50	32	75	66	49	71	37	43
78	68	67	63	37	37	71	75	63	63	38	41
96	64	73	67	38	33	96	79	71	64	48	41

Sabtu (Periode Pagi)											
Utara (km/jam)			Barat (km/jam)			Selatan (km/jam)			Timur (km/jam)		
MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
59	64	44	66	42	33	71	71	59	57	59	26
51	63	59	35	34	41	68	68	73	58	38	36
98	92	61	52	49	29	64	67	72	60	45	38
61	72	46	42	38	38	63	74	53	68	42	45
59	66	63	60	42	36	71	57	68	55	50	37
60	97	37	49	53	30	79	76	65	53	66	33
57	41	56	51	42	40	68	57	50	59	45	40
63	76	67	76	37	32	52	67	45	46	49	32
83	76	55	56	61	29	56	65	72	40	68	48
64	78	33	48	53	34	105	67	71	53	63	46
66	57	53	58	42	37	50	81	59	61	35	32
59	48	33	64	51	30	79	50	45	57	41	45
92	67	73	65	37	29	67	64	57	45	50	50
55	65	66	49	46	29	53	79	73	72	41	43
52	59	52	51	48	44	83	55	60	51	48	44
51	66	60	51	51	28	90	72	60	44	34	38
64	73	35	67	49	43	81	72	60	53	51	49
45	57	67	50	43	41	84	72	60	59	48	29
78	57	61	59	59	33	36	65	45	45	40	41
63	107	34	60	67	30	61	60	81	53	46	36
65	79	48	44	38	37	78	67	86	45	38	33
58	66	41	63	52	36	66	57	40	44	37	35

Sabtu (Periode Siang)											
Utara (km/jam)			Barat (km/jam)			Selatan (km/jam)			Timur (km/jam)		
MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
53	69	70	60	41	25	79	56	48	53	63	28
79	87	69	55	44	26	76	68	58	54	60	51
83	70	64	38	38	25	50	56	40	69	38	39
63	94	38	34	49	28	69	79	62	35	29	42
62	60	38	51	46	36	88	51	57	76	42	50
106	68	54	46	48	31	72	63	47	68	36	41
75	65	64	60	36	36	68	72	60	60	37	39
92	61	70	64	37	32	92	76	68	61	46	39
57	61	42	63	40	32	68	68	57	55	57	25
49	60	57	34	33	39	65	65	70	56	37	35
94	88	58	50	47	28	61	64	69	57	43	37
58	69	44	40	37	37	60	71	51	65	40	43

Sabtu (Periode Siang)											
Utara (km/jam)			Barat (km/jam)			Selatan (km/jam)			Timur (km/jam)		
MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
57	63	60	57	40	35	68	55	65	53	48	36
57	93	36	47	51	29	76	73	62	51	63	32
55	39	54	49	40	38	65	55	48	57	43	38
60	73	64	73	36	31	50	64	43	44	47	31
79	73	53	54	58	28	54	62	69	38	65	46
61	75	32	46	51	33	100	64	68	51	60	44
63	55	51	56	40	36	48	77	57	58	34	31
57	46	32	61	49	29	76	48	43	55	39	43
88	64	70	62	36	28	64	61	55	43	48	48
53	62	63	47	44	28	51	76	70	69	39	41
50	57	50	49	46	42	79	53	57	49	46	42
49	63	57	49	49	27	86	69	57	42	33	37
61	70	34	64	47	41	77	69	57	51	49	47
43	55	64	48	41	39	80	69	57	57	46	28
75	55	58	57	57	32	35	62	43	43	38	39
60	102	33	57	64	29	58	57	77	51	44	35
62	76	46	42	37	36	75	64	82	43	37	32
56	63	39	60	50	35	63	55	38	42	36	34

Sabtu (Periode Sore)											
Utara (km/jam)			Barat (km/jam)			Selatan (km/jam)			Timur (km/jam)		
MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
72	59	55	65	42	20	69	51	55	45	42	30
34	76	59	47	38	22	65	58	51	46	52	44
55	60	56	33	33	21	43	48	35	59	33	34
75	81	33	29	42	24	59	69	54	30	25	37
43	52	33	44	39	31	76	44	50	65	37	43
68	58	46	39	41	26	62	55	40	58	31	36
55	57	56	52	31	31	58	62	52	52	32	34
69	53	60	56	32	27	79	65	58	53	39	34
87	53	37	55	35	27	58	58	49	47	49	21
70	52	49	29	28	34	57	57	60	48	32	30
94	76	51	43	40	24	53	56	59	50	38	32
60	59	38	35	32	32	52	61	44	57	35	38
68	55	52	50	35	30	58	47	57	45	41	31
65	80	31	40	44	25	65	63	54	44	55	27
61	34	46	42	35	33	57	47	41	49	38	33
61	63	56	63	31	26	43	56	38	38	40	26

Sabtu (Periode Sore)											
Utara (km/jam)			Barat (km/jam)			Selatan (km/jam)			Timur (km/jam)		
MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
60	63	45	46	51	24	46	54	59	33	57	39
88	64	27	39	44	28	87	56	58	44	52	38
69	47	44	48	35	31	41	67	49	51	29	26
63	39	27	53	42	25	65	41	38	47	34	38
93	56	60	54	31	24	56	53	47	38	41	41
39	54	55	40	38	24	44	65	60	59	34	36
73	49	43	42	39	37	69	45	50	42	39	37
73	55	50	42	42	23	75	59	50	37	28	32
75	60	29	56	40	36	67	59	50	44	42	40
55	47	56	41	36	34	70	59	50	49	39	24
46	47	51	49	49	27	30	54	38	38	33	34
64	89	28	50	56	25	51	50	67	44	38	30
62	65	39	37	32	31	64	56	71	38	32	27
57	55	34	52	43	30	55	47	33	37	31	29



Lampiran 4 Data *Driving Behavior*

Pendekat	Jenis Kendaraan	Depan Belakang Kendaraan Berhenti (m)	Berdampingan Kendaraan Berhenti (m)	Depan Belakang Kendaraan Berjalan (m)	Berdampingan Kendaraan Berjalan (m)
Utara	MC	0,3	0,3	0,6	0,5
	MC	0,2	0,2	0,6	0,5
	MC	0,8	0,5	0,9	0,4
	LV	0,9	0,4	1,2	0,5
	LV	1	0,6	1,4	0,6
	LV	1,1	0,5	1,3	0,7
	HV	0,3	0,3	0,5	0,3
	HV	0,2	0,4	0,4	0,2
	HV	0,6	0,5	0,8	0,5
Barat	MC	0,6	0,6	0,7	0,6
	MC	1,1	0,7	1,2	0,8
	LV	0,9	0,5	1,6	1
	LV	0,2	0,5	0,6	0,2
	HV	0,2	0,3	0,5	0,3
	HV	0,5	0,6	1,4	0,3
Selatan	MC	0,5	0,3	1	0,2
	MC	0,9	0,5	1,5	0,7
	MC	1,2	0,7	1,7	0,6
	LV	0,2	0,2	0,6	0,3
	LV	0,3	0,3	0,5	0,3
	LV	0,5	0,5	0,8	0,5
	HV	0,6	0,6	0,6	0,4
	HV	0,9	0,8	1	0,8
	HV	1,1	0,6	1,1	0,7
Timur	MC	0,2	0,3	0,6	0,3
	MC	0,6	0,5	0,6	0,5
	LV	1	0,7	0,8	0,6
	LV	0,3	0,3	0,5	0,2
	HV	0,6	0,6	0,7	0,5
	HV	1,2	0,8	0,8	0,6