TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL DONGKELAN, RING ROAD SELATAN, YOGYAKARTA

(THE PERFORMANCE EVALUATION OF SIGNALIZED INTERSECTION AT DONGKELAN, RING ROAD SELATAN, YOGYAKARTA)

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

Muhammad Fremmuzar Rahman
17511125

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

2024

TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL DONGKELAN, RING ROAD SELATAN, YOGYAKARTA

(THE PERFORMANCE EVALUATION OF SIGNALIZED INTERSECTION AT DONGKELAN RING ROAD SELATAN, YOGYAKARTA)

Disusun Oleh

Muhammad Fremmuzar Rahman
17511125

Telah Diterima sebagai salah satu persyaratan
untukmemperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 2 Agustus 2024

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing I	Penguji I	Penguji II
ayogo Afang Prayitno, S.T.,M.Sc.	**Muhammad Abdul Hadi, S.T.,M.T.**	**Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc.**
K : 205111303	**NIK : 215111307**	**NIK : 14110101**

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

13/8 2024

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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesumgguhnya 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 Indonesi merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang sayan 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, 6 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,

Muhammad Fremmuzar Rahman

(17511125)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas izin-Nya saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Dongkelan, Ring Road Selatan, Yogyakarta" dengan sebaik - baiknya. Tak lupa shalawat serta salam penulis ucapkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, *Alhamdulillah* Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam - dalamnya kepada:

1. Bapak Prayogo Afang Prayitmo, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Proposal Tugas Akhir.
2. Bapak Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji dalam Sidang Tugas Akhir.
3. Ibu Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M., Sc. selaku Dosen Penguji dalam Sidang Tugas Akhir.
4. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., P.D.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Kepada orang tua saya yang telah berkorban baik secara moril maupun material secara tulus untuk masa depan penulis dan selalu memberikan doanya.
6. Hadijah yang telah memberikan semangat dan dukungannya sehingga Tugas Akhir dapat diselesaikan.
7. Teman-teman seperjuangan, Muhammad Kennyzyra, Meydinor Ciko Saputra, Mileawan Dimas Febriano, Nyak Yusuf Syakban, Muhammad Reksa yang selalu menemani dan saling membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Teman-teman Teknik Sipil UII 2017 yang telah menemani dan membantu selama masa kuliah.
9. Teman Asrama Candi Agung Hulu Sungai Utara, Muhammad Ridani, Ryan Saputra, Muhammad Hatta, Shiva Ar rumi, Dandi Ramadani, Hasbi, Alex, Akmal Husura yang telah membantu pengambilan data di lapangan.

10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu karena telah mendukung dan membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari Tugas Akhir ini tidak luput dari berbagai kekurangan dan kesempurnaan. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua orang.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 6 Agustus 2024

Penulis,

Muhammad Frommuzar Rahman

(17511125)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xiv
ABSTRAK xv
ABSTRACT xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
1.5 Batas Penelitian 2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal 4
2.2 Perbandingan Hasil Penelitian Terdahulu 8
BAB III LANDASAN TEORI 12
3.1 Persimpangan 12
3.2 Simpang Bersinyal 13
3.3 Analisis Simpang Bersinyal 14
3.3.1 Arus Jenuh 15
3.3.2 Rasio Arus dengan Arus Jenuh 22

3.3.3 Waktu Siklus dan Waktu Hijau 23
3.3.4 Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang 24
3.3.5 Penentuan Waktu Sinyal 26
3.3.6 Kapasitas Simpang 30
3.3.7 Derajat Kejenuhan 31
3.3.8 Panjang Antrean 31
3.3.9 Kendaraan Terhenti 33
3.3.10 Tundaan 34
3.4 Penentuan Tingkat Pelayanan Simpang 36
3.5 Simulasi Lalu Lintas dengan VISSIM 37
3.5.1 *Input* Data Dasar Kendaraan 37
3.5.2 Pemodelan Simpang 38
3.5.3 *Traffic Network* 39
3.5.4 *Evaluation* 39
3.5.5 Kalibrasi dan Validasi Data 39
3.6 Manajemen Rekayasa Lalu Lintas 41
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 43
4.1 Lokasi Penelitian 43
4.2 Data Penelitian 44
4.3 Metode Pengumpulan Data 44
4.4 Waktu Pelaksanaan Survei 45
4.5 Survei Data Lalu Lintas 45
4.6 Metode Analisis Data 47
4.7 Bagan Alir Penilitian 47
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 50
5.1 Data Hasil Penelitian 50
5.1.1 Geometri Simpang 50
5.1.2 Kondisi Lingkungan Simpang 51
5.1.3 Data Waktu Siklus Simpang dan Fase Sinyal 51
5.1.4 Data Volume Lalu Lintas 52
5.1.5 Data *Driving Behavior* 57

5.1.6 Data Panjang Antrean 57
5.1.7 Hambatan Samping 57
5.2 Data Sekunder 60
5.3 Analisis Kinerja Eksisting Simpang Berdasarkan MKJI 1997 60
5.4 Pemodelan Simpang Menggunakan *Software* VISSIM 74
5.4.1 Hasil Pemodelan sebelum Kalibrasi 74
5.4.2 Hasil Pemodelan setelah Kalibrasi 75
5.5 Alternatif Solusi dengan Pemodelan VISSIM 78
5.5.1 Analisis Kinerja Simpang untuk Alternatif 1 79
5.5.2 Analisis Kinerja Simpang untuk Alternatif 2 83
5.5.3 Analisis Kinerja Simpang untuk Alternatif 3 94
5.6 Pembahasan 101
5.6.1 Kondisi Eksisting 101
5.6.2 Kondisi Alternatif 101
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 111
6.1 Kesimpulan 111
6.2 Saran 111
DAFTAR PUSTAKA 113
LAMPIRAN 116

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Hasil Penelitian Mengenai Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal 9
Tabel 3.1 Angka Ekuivalen Kendaraan Penumpang 14
Tabel 3.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs) 15
Tabel 3.3 Kriteria Hambatan Samping (Fsf) 16
Tabel 3.4 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF}) 18
Tabel 3.5 Waktu Siklus yang Disarankan 23
Tabel 3.6 Waktu Antar Hijau 24
Tabel 3.7 Tipe Pendekat 26
Tabel 3.8 Tingkat Pelayanan pada Simpang Bersinyal 36
Tabel 3.9 Penetapan Pelayanan Persimpangan 37
Tabel 3.10 Penilaian Hasil Uji Statistika GEH (Geoffrey E. Havers) 40
Tabel 3.11 Kesimpulan Uji MAPE 41
Tabel 3.12 Waktu Siklus Layak 42
Tabel 4.1 Data Penelitian 44
Tabel 5.1 Kondisi Lingkungan Jalan Simpang Dongkelan 51
Tabel 5.2 Perwaktuan Sinyal Lalu Lintas Simpang Dengkolan Kondisi Eksisting 52
Tabel 5.3 Data Volume Lalu Lintas 53
Tabel 5.4 Volume Lalu Lintas Simpang Dongkelan 56
Tabel 5.5 Panjang Antrean Jam Puncak 57
Tabel 5.6 Hasil Analisis Kinerja Simpang Dongkelan Ekisting MKJI 1997 73
Tabel 5.7 Volume Kendaraan pada Simpang Pemodelan Menggunakan VISSIM sebelum Kalibrasi 74
Tabel 5.8 Panjang Antrean pada Pemodelan Menggunakan VISSIM sebelum Kalibrasi 75
Tabel 5.9 Perubahan Parameter pada *Driving Behavior* 76

Tabel 5.10 Volume Kendaraan pada Pemodelan Menggunakan VISSIM setelah Kalibrasi 77
Tabel 5.11 Panjang Antrean pada Pemodelan Menggunakan VISSIM setelah Kalibrasi 77
Tabel 5.12 Hasil Analisis Kinerja Simpang Dongkelan Eksisting 78
Tabel 5.13 Pewaktu Sinyal pada Alternatif 1 79
Tabel 5.14 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif 1 81
Tabel 5.15 Panjang Antrean pada Alternatif 1 82
Tabel 5.16 Tundaan pada Alternatif 1 82
Tabel 5.17 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif 1 83
Tabel 5.18 Pewaktuan Sinyal Alternatif 2 89
Tabel 5.19 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif 2 92
Tabel 5.20 Panjang Antrean pada Alternatif 2 92
Tabel 5.21 Tundaan pada Alternatif 2 93
Tabel 5.22 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif 2 93
Tabel 5.23 Pewaktu Sinyal pada Alternatif 3 96
Tabel 5.24 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif 3 99
Tabel 5.25 Panjang Antrean pada Alternatif 3 99
Tabel 5.26 Tundaan pada Alternatif 3 100
Tabel 5.27 Tingkat Pelayanan Simpang pada Altenatif 3 100
Tabel 5.28 Perbandingan Waktu Hijau 101
Tabel 5.29 Perbandingan Waktu Siklus 102
Tabel 5.30 Perbandingan Derajat Kejenuhan 104
Tabel 5.31 Perbandingan Panjang Antrean 105
Tabel 5.32 Persentase Perbandingan Panjang Antrean 105
Tabel 5.33 Perbandingan Nilai Tundaan Simpang 107
Tabel 5.34 Persentase Perbandingan Tundaan Simpang 107
Tabel 5.35 Perbandingan Tingkat Pelayanan 108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Titik Konflik pada Simpang Empat Lengan 13
Gambar 3.2 Hambatan Samping Rendah pada Jalan Perkotaan 17
Gambar 3.3 Hambatan Samping Sedang pada Jalan Perkotaan 17
Gambar 3.4 Hambatan Samping Tinggi pada Jalan Perkotaan 17
Gambar 3.5 Faktor Koreksi Gradien (Fg) 19
Gambar 3.6 Faktor Koreksi Parkir (Fp) 20
Gambar 3.7 Faktor Koreksi Belok Kanan (FRT) 21
Gambar 3.8 Faktor Koreksi Belok Kiri (FLT) 22
Gambar 3.9 Lebar Masuk (W_A) 27
Gambar 3.10 Arus Jenuh Pendekat Terlawan (O) 29
Gambar 3.11 Jenuh Pendekat Terlawan (O) 30
Gambar 3.12 Grafik Perhitungan Jumlah Antrean (NQmax) dalam smp 33
Gambar 4.1 Peta Lokasi Penelitian 43
Gambar 4.2 Denah Lokasi Penelitian 43
Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian 48
Gambar 5.1 Kondisi Geometrik Simpang Jl Bantul – Jl Nasional III 50
Gambar 5.2 Diagram Fase Simpang Dongkelan 52
Gambar 5.3 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Pagi 54
Gambar 5.4 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Siang 54
Gambar 5.5 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Sore 54
Gambar 5.6 Distribusi Pergerakan Arus Lalu Lintas Simpang Dongkelan 55
Gambar 5.7 Hambatan Samping Jalan Bantul (Utara) 58
Gambar 5.8 Hambatan Samping Jalan Nasional III (Timur) 58
Gambar 5.9 Hambatan Samping Jalan Nasional III (Barat) 59
Gambar 5.10 Hambatan Samping Jalan Bantul (Selatan) 59
Gambar 5.11 Sebelum Kalibrasi 76
Gambar 5.12 Sesudah Kalibrasi 77

Gambar 5.13 Diagram Waktu Siklus Alternatif 1 80
Gambar 5.14 Diagram Waktu Siklus Alternatif 2 90
Gambar 5.15 Diagram Waktu Siklus Alternatif 3 97
Gambar 5.16 Perbandingan Waktu Hijau 102
Gambar 5.17 Perbandingan Waktu Sikus 103
Gambar 5.18 Histogram Perbandingan Derajat Kejenuhan 104
Gambar 5.19 Histogram Perbandingan Panjang Antrean 106
Gambar 5.20 Histogram Perbandingan Tundaan Simpang 107

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Volume Lalu Lintas 117
Lampiran 2 Data Panjang Antrean 126
Lampiran 3 Data *Driving Behavior* 138
Lampiran 4 Data Kecepatan Kendaraan Minggu 26 – 11 – 2023 139
Lampiran 5 Data Kecepatan Kendaraan Rabu 29 – 11 – 2023 140

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

C = Kapasitas (smp/jam hijau)

c = Waktu siklus (detik)

D = Tundaan

DG = Tundaan geometri rata – rata pada pendekat (detik/smp)

DS = Derajat kejenuhan

DT = Tundaan lalu lintas rata – rata pada pendekat (detik/smp)

emp = Ekivalensi mobil penumpang

smp = Satuan mobil penumpang

F = Faktor penyesuaian

F_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota

F_G = Faktor penyesuaian kelandaian

LT = Belok kiri

RT = Belok kanan

ST = Lurus

LTOR = Belok kiri langsung

Q = Arus lalu lintas

S_0 = Arus jenuh dasar

S = Arus jenuh

GR = Rasio hijau

All red = Waktu merah semua

Amber = Waktu kuning

g = Waktu hijau (detik)

IG = Waktu antar hijau (detik)

LTI = Waktu hilang

QL = Panjang antrean

NQ = Antrean

NS = Angka henti

ABSTRAK

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dikenal sebagai kota pelajar memiliki pertumbuhan volume lalu lintas yang meningkat dengan pesat. Peningkatan volume lalu lintas ini menimbulkan permasalahan lalu lintas berupa kemacetan, tundaan, polusi udara serta suara yang dihadapi pengguna jalan. Simpang Dongkelan merupakan salah satu simpang yang terjadi kemacetan. Simpang tersebut mempertemukan Jalan Bantul dan Jalan Nasional III. Kondisi simpang tersebut saat ini mulai menggalami kemacetan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja Simpang Dongkelan pada kondisi eksisting dan alternatif solusi penanganan pada simpang tersebut. Evaluasi kinerja eksisting menggunakan analisis MKJI 1997 dan pemodelan solusi menggunakan *software* VISSIM.

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan survei langsung yang berlokasi di Simpang Dongkelan, Ring Road Selatan, Yogyakarta yang meliputi data primer seperti volume kendaraan, waktu siklus simpang, geometrik simpang, kecepatan kendaraan, dan data *driving behavior* serta data sekunder yang diperoleh denah lokasi penelitian dan jumlah penduduk. Evaluasi kinerja eksisting menggunakan panduan MKJI 1997 dan pemodelan solusi menggunakan *software* VISSIM.

Hasil yang didapat pada kondisi eksisting, derajat kejenuhan pada Simpang Dongkelan pada pendekat utara 0.897, timur 0.910, selatan 0.897, dan barat 0.910, nilai panjang antrean pada pendekat utara 181.818 m, timur 125.455 m, selatan 240.00, dan barat 125.455 m, serta nilai tundaan simpang sebesar 89.178 detik/smp dengan tingkat layanan F. Alternatif solusi terbaik untuk meningkatkan kinerja simpang dengan penerapan menyesuaikan waktu siklus berdasarkan MKJI 1997, waktu yang digunakan sebesar 128 detik. Didapat derajat kejenuhan pada pendekat utara 0.898,pendekat timur 0.902, pendekat selatan 0.886, dan pendekat barat 0.903, nilai panjang antrean pada pendekat utara 39.1 m, pendekat timur 24.09, pendekat selatan 66.95, dan pendekat barat 86.93, serta tundaan simpang sebesar 67.393 detik/kend dengan tingkat pelayanan F.

Kata Kunci: MKJI 1997, Simpang bersinyal, VISSIM

ABSTRACT

Yogyakarta Special Region (DIY), known as a student city, has rapidly increasing traffic volumes. This increase in traffic volume causes traffic problems in the form of congestion, delays, air and noise pollution faced by road users. Dongkelan intersection is one of the intersections where traffic jams occur. This intersection meets Jalan Bantul and Jalan Nasional III. The condition of the intersection is currently starting to experience congestion. This research aims to determine the performance of the Dongkelan intersection in existing conditions and alternative handling solutions at the intersection. Evaluation of existing performance using MKJI 1997 analysis and solution modeling using VISSIM software.

Data collection in this research was carried out using a direct survey located at Simpang Dongkelan, South Ring Road, Yogyakarta which includes primary data such as vehicle volume, intersection cycle time, intersection geometry, vehicle speed, and driving behavior data as well as secondary data obtained from the research location plan. and population. Existing performance evaluation using MKJI 1997 guidelines and solution modeling using VISSIM software.

The results obtained from existing conditions, the degree of saturation at the Dongkelan intersection at the north approach is 0.897, east 0.910, south 0.897, and west 0.910, the queue length value at the north approach is 181,818 m, east 125,455 m, south 240,00, and west 125,455 m, as well as the value The intersection delay is 89,178 seconds/pcu with service level F. The best alternative solution to improve intersection performance is by implementing cycle time adjustments based on MKJI 1997, the time used is 128 seconds. The degree of saturation at the northern approach was 0.898, the eastern approach was 0.902, the southern approach was 0.886, and the western approach was 0.903, the queue length value at the northern approach was 39.1 m, the eastern approach was 24.09, the southern approach was 66.95, and the western approach was 86.93, and the intersection delay was 67.393 seconds/ kend with service level F.

***Keywords**: MKJI 1997, Signalized intersection,* VISSIM

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dikenal dengan kota pelajar memiliki pertumbuhan volume lalu lintas yang meningkat dengan pesat. Peningkatan volume lalu lintas ini menimbulkan permasalahan lalu lintas berupa kemacetan, tundaan, polusi udara, serta suara yang dihadapi pengguna jalan. Selain itu, kemacetan dapat menimbulkan meningkatnya biaya operasi kendaraan, hingga penurunan produktivitas masyarakat. Menurut Bina Marga (1997), kemacetan adalah kondisi di mana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati atau melebihi 0 km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrean. Pada saat terjadinya kemacetan, maka akan semakin besar ketertundaan pada suatu jalan tersebut dan akan semakin besar terjadinya kemacetan.

Persimpangan merupakan simpul pada suatu jaringan transportasi di mana terdapat dua ruas jalan atau lebih yang bertemu dan menjadi tempat arus lalu lintas mengalami konfilk. Simpang Dongkelan Jalan Ring Road Selatan merupakan salah satu simpang di Daerah Istimewa Yogyakarta yang salah satu ruas jalannya merupakan ruas jalan arteri primer. Simpang ini merupakan simpang yang menghubungkan Jalan Bantul dari Lengan Selatan menuju Jalan Bantul lengan Utara dan menghubungkan Jalan Nasional III antara lengan Timur dengan lengan Barat. Pada wilayah studi ini merupakan wilayah perdangan (komersial). Pada lengan utara, selatan, dan timur terdapat deretan rumah toko dan minimarket serta dealer motor, sedangkan pada lengan bagian barat merupakan pertokoan berupa pembelian tiket bus sehingga pada lengan ini menjadi tempat perhatian bus Antar Kota Antar Provinsi (AKAP) untuk menaikkan dan menurunkan penumpang. Kondisi ini sangat berpengaruh terhadap kinerja simpang bersinyal tersebut, sehingga sering terjadi kepadatan dan tundaan.

Dari hasil pengamatan awal yang telah dilakukan, didapatkan bahwa pada simpang yang ditinjau sebagai lokasi penelitian ini sering terjadi penumpukan antrean kendaraan dan tundaan yang cukup besar sehingga perlu dilakukan evaluasi kinerja simpang supaya kinerja simpang bersinyal menjadi optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas rumusan yang dapat diuraikan adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja lalu lintas Simpang Dongkelan Yogyakarta ?
2. Bagaimana alternatif solusi penanganan di Simpang Dongkelan, Yogyakarta dengan menggunakan VISSIM ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan kinerja lalu lintas Simpang Dongkelan, Yogyakarta pada kondisi eksisting saat ini.
2. Menentukan alternatif solusi penanganan di Simpang Dongkelan, Yogyakarta menggunakan VISSIM.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan solusi untuk meningkatkan kinerja simpang Jalan Bantul, Ring Road Selatan, Yogyakarta dan mengurangi penumpukan antrean serta tundaan pada simpang tersebut.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan pada pihak terkait dalam upaya peningkatan pelayanan lalu lintas di jalan perkotaan Yogyakarta.
3. Penelitian ini diharapkan pula dapat menjadi referensi untuk penelitian sejenisnya di masa yang akan mendatang.

1.5 Batas Penelitian

Batasan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan pada Simpang Dongkelan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Analisis kinerja lalu lintas dilakukan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indosesia yang dibuat oleh Direktur Jendral Bina Marga (1997).
3. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *software* VISSIM.
4. Penelitian dilakukan pada satu hari libur pada jam sibuk dan satu hari kerja.
5. Alternatif yang diusulkan hanya berdasarkan APILL.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal

Penelitian mengenai analisis kinerja simpang bersinyal dengan perangkat *software* VISSIM ini mengacu pada penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini. Maka dari itu, beberapa penelitian tersebut dapat dijadikan referensi untuk penelitian yang akan dilakukan.

Adi (2017) melakukan penelitian dengan berjudul Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Bantul Ring Rong Selatan Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja simpang APILL pada Jalan Bantul menggunakan metode survei *traffic counting.* Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa volume arus lalu lintas jam puncak berada pada pukul 07.00-08.00 dengan jumlah 12831 kend/jam. Arus lalu lintas yang terjadi pada lengan Utara (Jalan Bantul) sebesar 509 skr/jam, dari lengan Timur (Jalan Nasional) sebesar 1388 skr/jam, dari lengan Selatan (Jalan Bantul) sebesar 1225 skr/jam, lengan Barat (Jalan Nasional) sebesar 777 skr/jam. Kapasitas yang terjadi pada lengan Utara sebesar 577 skr/jam, dari lengan Timur sebesar 1306 skr/jam, dari lengan Selatan sebesar 799 skr/jam, lengan Barat sebesar 1214 skr/jam. Derajat kejenuhan pada lengan Utara sebesar 0,88, dari lengan Timur sebesar 1,06, dari lengan Selatan sebesar 1,53, lengan Barat sebesar 0,64. Panjang antrian yang terjadi pada lengan Utara sebesar 112 meter, dari lengan Timur sebesar 113 meter, dari lengan Selatan sebesar 221 meter, lengan Barat sebesar 77 meter. Nilai tundaan yang dihasilkan simpang Wirobrajan adalah 407 detik/skr, sehingga tingkat pelayanan simpang pada kondisi jam sibuk tergolong pada golongan F karena >60 detik/smp. Simpang tersebut perlu dilakukan perbaikan, dengan alternatif terbaik yaitu dengan mengubah waktu siklus, membuat arus belok kiri jalan terus pada lengan timur dan selatan, serta melakukan pelebaran jalan sebesar 0,5 meter pada tiap lengan. Alternatif skenario ini dianggap sebagai suatu pilihan terbaik dari alternatif yang lainnya, karena menghasilkan nilai DJ yang lebih rendah dari alternative lain yaitu

sebesar 0,88 dengan nilai tundaan sebesar 55 det/skr dengan tingkat pelayanan E.

Arief dan Nahdalina (2014) melakukan penelitian dengan judul Analisis penerapan Transit *Signal Priority* (TSP) pada sistem Transjakarta Busway (studi kasus : Koridor VI, Ragunan – Kuningan). Berdasarkan hasil simulasi, diketahui bahwa setelah diterapkan Transit *Signal Priority* (TSP), waktu tempuh rata-rata bus transjakarta pada periode peak menjadi 23,36 menit ke arah utara dan 19,72 menit kea rah selatan. Dengan demikian terjadi pengurangan waktu tempuh rata-rata sebesar 24,39 persen ke arah utara dan 25,86 persen kea rah selatan. Pada periode *off peak* menjadi 20,12 menit ke arah utara dan 15,77 menit ke arah selatan. Dengan demikian terjadi pengurangan waktu tempuh rata-rata sebesar 26,44 persen ke arah utara dan 34,92 persen ke arah selatan. Maka disimpulkan bahwa dengan menerapkan TSP pada periode *peak* dan *off peak* dapat mengurangi waktu tempuh Bus Transjakarta.

Aryadi (2014) dalam penelitian penggunaan *software* VISSIM untuk analisis simpang bersinyal (studi kasus Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kendala *software* VISSIM untuk diterapkan dalam analisis masalah transportsai di Indonesia, dalam penelitian ini di Simpang Mirita Kampus Terban Yogyakarta, membandingkan hasil analisis Panjang antrean maksimum, minimum dan rata-rata dengan menggunakan *software* VISSIM dan hasil survei di lapangan, mengetahui prediksi tundaan yang terjadi pada simpang eksisting.

Ida Rofida (2018) melakukan penelitian yang memiliki beberapa tujuan antara lain adalah untuk mengetahui kondisi kinerja ruas Jalan Prawirokuat sebelum dan sesudah pengaturan lalu lintas satu arah serta mengatahui dampak yang dihasilkan dari penerapan lalu lintas satu arah di Jalan Prawirokuat terhadap tingkat pelayanan ruas jalan sekitarnya (Jalan Ringin Raya, Jalan Candi Gebang, dan Jalan Ring Road utara jalur lambat). Hasil yang didapatkan adalah nilai derajat kejenuhan 6 pada ruas Jalan pada kondisi eksisting Jalan Prawirokuat adalah sebesar 0,71 dan sesudah pengaturan lalu lintas satu arah adalah sebesar 0,43 sedangkan kecepatan kendaraan yang semula 24,14 km/jam menjadi 35,04 km/jam. Dampak perancangan sistem satu arah pada Jalan Prawirokuat cukup berpengaruh terhadap

derajat kejenuhan dan kecepatan tiap ruas jalan. Pada ruas Jalan Ringin Raya nilai derajat kejenuhan dari 0,79 menjadi 0,47 dan kecepatan kendaraan yang semula 25,89 km/jam menjadi 27,82 km/jam. Ruas Jalan Candi Gebang nilai derajat kejenuhan dari 0,28 menjadi 0,17 dan kecepatan kendaraan yang semula 29,57 km/jam menjadi 33,45 km/jam. Ruas jalan Ring Road lengan barat nilai derajat kejenuhan dari 0,99 naik menjadi 1,21 dan kecepatan kendaraan semula 26,88 km/jam turun menjadi 19,52 km/jam.

Lestari (2016) melakukan penelitian yang dilakukan di simpang Jalan Kaliurang Ring Road Utara volume lalu lintas puncak didapatkan pada sore hari yaitu pada pukul 15.45 hingga 16.45. Tundaan rata-rata yang terjadi pada simpang ini sebesar 213,357 det/smp, sehingga hal ini menunjukkan untuk memperbaiki pelayanan simpang ini antara lain :

1. Penambahan waktu siklus
2. Penambahan lebar efektif sebanyak 1,5 dilengan utara dan selatan
3. Kombinasi pembangunan *fly over* pada lengan barat ke timur dengan penambahan lebar efektif pada lengan utara dan selatan.

Fitrianingsih (2016), melakukan penelitian yang dilakukan di Simpang Jalan Jembatan Baru UGM didapatkan hasil bahwa simpang ini berada di daerah komersil dan akses menuju pusat kota sehingga sering terjadi tundaan yang cukup Panjang. Pada simpang ini diketahui bahwa volume jam puncak kendaraan terjadi pada pukul 06.45 hingga 07.45 yaitu sebesar 8324 kendaraan/jam dengan nilai Tundaam sebesar 464,5114 detik/smp, sehingga tingkat pelayanan simpang pada jam puncak masuk pada kategori F (buruk sekali). Dari hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa alternatif solusi yang dapat digunakan adalah dengan melakukan pelebaran jalan pada lengan utara dan lengan selatan.

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.

Penelitian terkait penggunaan software VISSIM juga dilakukan oleh Hidayati, dkk (2018). Penelitian ini bertujuan untk mengetahui keandalan *software* VISSIM untuk diterapkan dalam analisis masalah transportasi di Indonesia. Setelah mengetahui kendala *software* VISSIM. Penulis membandingkan hasil analisis Panjang tundaan dan antrian dengan menggunakan hitungan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), *software* VISSIM, dan hasil pengamatan langsung di lapangan. Hidayati, dkk (2018) dalam jurnalnya memperoleh hasil bahwa pada kondisi ekisting simpang menunjukan hasil yang tidak memenuhi persyaratan jika disesuaikan dengan rumus peraturan MKJI. Kapasitas jalan yang terlalu minim tidak sebanding dengan volume kendaraan yang ada, sehingga hal tersebut menyebabkan meningkatnya Derajat Kejenuhan, Panjang Antrean, dan Tundaan. Berdasarkan Analisa yang telah dilakukan pada kondisi eksisting nilai derajat kejenuhan tinggi (DS $\leq$ 0,85), dan hasil Panjang antrian sangat berbeda hasilnya dngan dilapangan, untuk itu akan dilakukan Analisa selanjutnya dengan *Software* VISSIM untuk mendapatkan panjang antrian dan tundaan dengan kondisi eksiting.

Wardani, dkk. (2018) Dalam jurnal yang berjudul "Evaluasi Kinerja dan Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Kediri Kabupaten Tabanam)" 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.

2.2 Perbandingan Hasil Penelitian Terdahulu

Perbandingan hasil penelitian mengenai evaluasi simpang bersinyal dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Hasil Penelitian Mengenai Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal

No	Peneliti	Judul	Lokasi	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Arief dan Nahdalina (2014)	Analisis Penerapan Transit Signal Priority (TSP) pada Sistem Transjakarta Busway	(Ragunan – Kuningan) DKI Jakarta	Menggunakan *software* VISSIM	Menggunakan Metode *Software* VISSIM	Memperbaiki sistem untuk aspek waktu tempuh, akan diadakan penelitian di simulasi Transit signal (TSP) di Transjakarta Busway Sistem
2	Aryadi (2014)	Penggunaan *Software VISSIM* Untuk Analisis Simpang Bersinyal Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta	Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta	MKJI 1997 dan menggunakan *software* VISSIM	Menggunakan Metode *Software* VISSIM dan melakukan analisis evaluasi simpang bersinyal	Melakukan kalibrasi pada *Software* VISSIM dengan menggunakan pendekatan Wiedemann, yaitu dengan memperpendek jarak aman antar kendaraan
3	Rofida (2018)	Perbandingan Kinerja Ruas Jalan sebelum dan sesudah Penerapan Sistem Satu Arah di Jalan Prawirokuta	Jalan Prawirokuat Condong Catur, Sleman Yogyakarta	Menggunakan *Software* VISSIM	Menggunakan Metode *Software* VISSIM dan Melakukan analisis evaluasi simpang bersinyal	Penerapan Sistem Satu arah

Sumber : Arief dan Nahdalina (2014), Aryadi (2014), dan Rofida (2018)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Hasil Penelitian Mengenai Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal

No	Peneliti	Judul	Lokasi	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan
4	Windarto (2016)	Analisis Simpang Bersinyal Pelemgurih Yogyakarta	Simpang 4 Pelemgurih (JL. Wates Km.5 - JL. Wates Km 5,5 – JL. Ring Road Barat – JL. Gamping)	MKJI 1997 dan menggunakan *Software* VISSIM	Menggunakan Metode s*oftware* VISSIM dan Melakukan analisis evaluasi simpang bersinyal	Membuat simulasi dan *output* kondisi eksisting dan perencanaan jalan satu arah
5	Lestari (2016)	Analisis Kinerja Simpang pada Simpang Empat Ring Road Jalan Kaliurang	Simpang Ring Road Utara Jalan Kaliurang	MKJI 1997 dan menggunakan s*oftware* VISSIM	Menggunakan Metode s*oftware* VISSIM dan Melakukan analisis evaluasi simpang bersinyal	Simpang dilakukan dengan kombinasi pambangunan *fly over* pada jalan ring road utara
6	Fitrianingsih (2016)	Simpang Empat Bersinyal pada Persimpangan Jalan Jembatan Baru UGM, Sleman Yogyakarta	Jalan Jelmbatan baru UGM, Sleman Yogyakarta	MKJI 1997	Menggunakan peraturan Manual Kapasiras Jalan Indonesia MKJI (1997)	Tidak menggunakan *software* VISSIM melakukan manual Metode Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)
7	Pangestu (2018)	Menganalisis Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Magelang KM 5 Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Jalan Magelang KM 5, Yogyakarta	MKJI 1997	Analisis menggunakan MKJI 1997	Lokasi yang ditinjau berbeda dan Tidak menggunakan *software* VISSIM

Sumber : Windarto 2016), Lestari (2016), Fitrianingsih (2016), Pangestu (2018)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Hasil Penelitian Mengenai Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal

No	Peneliti	Judul	Lokasi	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan
8	Hidayat (2018)	Penggunaan s*oftware* VISSIM untuk Analisa Simpang Bersinyal Simpang Jalan Veteran, Gajah Mada, Pahlawan dan Budi Karya Pontianak, Kalimantan Barat Diterapkan dalam Analisis Masalah Transportasi di Indonesia	Simpang Jalan Veteran Gajah Mada, Pahlawan dan Budi Karya Pontianak, Kalimantan Barat	MKJI 1997 dan menggunakan *software* VISSIM	Menggunakan Metode *software* VISSIM dan Melakukan analisis evaluasi simpang bersinyal	Mengetahui Kendala s*oftware* VISSIM untuk diterapkan dalam, Analisa Masalah Transport di Indonesia
9	Wardani, dkk. (2018)	Mengetahui karakteristik dan kinerja Simpang Bangak berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Simpang Kediri Kabupaten Tabanan	MKJI 1997	Analisis menggunakan MKJI 1997	Lokasi yang ditinjau berbeda dan Tidak menggunakan *software* VISSIM
10	Adi (2017)	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Bantul, Ring Road Selatan, Yogyakarta	Jalan Bantul, Ring Road Selatan, Yogyakarta	MKJI 1997	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Tidak menggunakan *software* VISSIM
11	Fremmuzar (2024)	Evaluasi Kinerja Simpang Dongkelan Ring Road Selatan, Yogyakarta	Simpang Dongkelan	MKJI 1997 dan menggunakan *software* VISSIM	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Menggunakan *software* VISSIM

Sumber : Hidayat (2018), Wardani dkk (2018), Adi (2017), Fremmuzar (2024)

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan

Berdasarkan Direktur Bina Marga 1997, persimpangan adalah pertemuan dua jenis atau lebih yang berselingan. Umumnya simpang terdiri dari simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal. Fungsi operasional utama dari persimpangan adalah untuk menyediakan perpindahan atau perubahan arah perjalanan. Persimpangan merupakan bagian penting dari jalan raya karena sebagai besar dari efisien, keamanan, kecepatan, biaya operasional, dan kapasitas lalu lintas tergantung pada perencanaan persimpangan. Masalah yang terkait pada persimpangan adalah sebagai berikut ini.

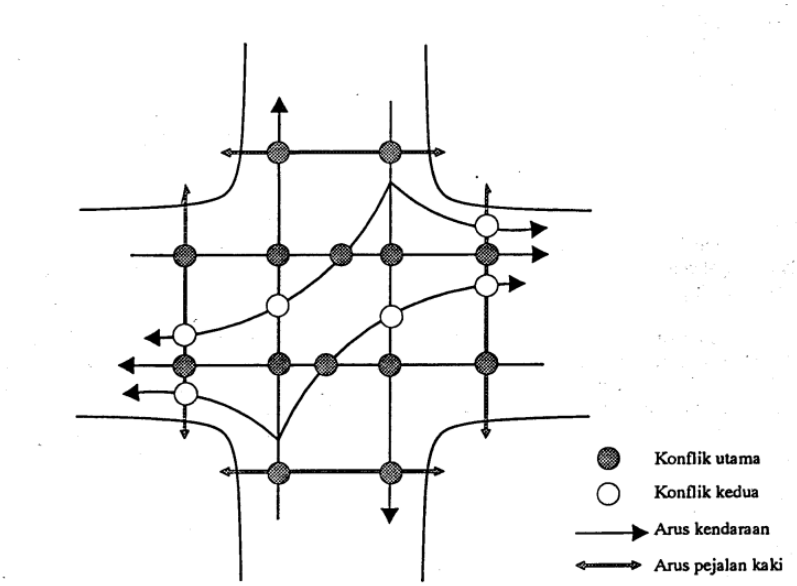
1. Volume dan kapasitas (secara langsung mempengaruhi hambatan)
2. Desain geometrik dan kebebasan pandangan.
3. Perilaku lalu lintas dan Panjang Antrean.
4. Kecepatan
5. Pengaturan lampu jalan
6. Kecelakaan dan keselamatan
7. Parkir

Menurut Morlok (1991), jenis persimpangan berdasarkan cara pengaturan dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu.

1. Persimpangan sebidang (*At Grade Intersection*) yaitu pertemuan dua atau lebih jalan raya dalam satu bidang yang mempunyai elevasi yang sama. Desain persimpangan ini berbentuk huruf T, huruf Y, persimpangan empat kaki, serta persimpangan berkaki banyak.
2. Persimpangan tak sebanding (*Grade Separated Intersection*) yaitu suatu persimpangan antara jalan yang satu dengan jalan yang lainnya tidak saling bertemu dalam satu bidang dan mempunyai beda tinggi antara keduannya. Lintasan kendaraan pada simpang menimbulkan titik konflik yang berdasarkan alih gerak kendaraan terdapat empat jenis dasar titik konflik seperti berikut.

a. Berpencar (*diverging*)
b. Bergabung (*merging*)
c. Berpotongan (*crossing*)

Jumlah potensial titik konflik pada simpang tergantung dari jumlah arah gerakan, jumlah lengan simpang, jumlah lajur dari setiap lengan simpang, dan pengaturan simpang. Pada titik konflik tersebut berpotensial terjadinya kecelakaan dan kemacetan lalu lintas. Pada simpang empat lengan, titik-titik konflik yang terjadi terdiri dari 16 titik *crossing*, 8 titik *diverging*, dan 8 titik *merging* seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Titik Konflik pada Simpang Empat Lengan

(Sumber : Direktur Jendral Bina Marga, 1997)

3.2 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri beberapa lengan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*). Berdasarkan MKJI 1997, tujuan penggunaan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*) pada persimpangan adalah sebagai berikut.

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.

2. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang bertentangan.

3.3 Analisis Simpang Bersinyal

Arus lalu lintas adalah jumlah pergerakan kendaraan yang melewati suatu ruas jalan dan lingkungannya per satuan waktu. Gambar situasi lalu lintas harus menerangkan gerakan arus lalu lintas kend/jam (Qkend) dan atau smp/jam (Qsmp) pada setiap *approach*. Pada seriap lengan dibagi ke dalam setiap pergerakan yaitu belok kiri (QLT), lurus (QSR), dan belok kanan (QRT). Data lalu lintas terdapat beberapa tipe kendaraan yang dikategorikan menjadi empat jenis, yaitu :

1. Kendaraan berat (HV) adalah indeks kendaraan bermotor dengan roda 4 atau lebih di antaranya bus, truk dua gandar, truk tiga gandar dan truk kombinasi.
2. Sepeda motor (MC) adalah kendaraan beroda dua atau tiga.
3. Kendaraan ringan (LV) adalah kendaraan bermotor dengan roda 4, di antaranya mobil penumpang, oplet, bus mikro, pick up, colt, jeep, dan mikrolet.

Pada setiap gerakan arus lalu lintas dikonversi dari kend/jam menjadi suatu mobil penumpang per jam (smp/jam) dengan menggunakan ekuivalen mobil penumpang (emp) untuk masing-masing pendekat. Nilai ekuivalen kendaraan penumpang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Angka Ekuivalen Kendaraan Penumpang

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

(Sumber : Direktur Jendral Bina Marga, 1997)

3.3.1 Arus Jenuh

Arus jenuh dalam menentukan lalu lintas menurut Bina Marga 1997 untuk melewatinya kendaraan saat lampu hijau dan bisa juga disebut besarnya antrean keberangkatan di dalam suatu pendekat selama keadaan yang ditentukan yang dinyatakan smp/jam.

Perhitungan nilai arus jenuh S dengan Persamaan 3.1.

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

dengan:

S = arus jenuh (smp/waktu hijau efektif),

S_0 = arus jenuh dasar (smp/waktu hijau efektif),

F_{cs} = faktor penyesuaian ukuran kota (jumlah penduduk),

F_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping,

F_G = faktor penyesuaian kelandaian jalan,

F_P = faktor penyesuaian parkir,

F_{RT} = faktor penyesuaian belok kiri, dan

F_{LT} = faktor penyesuaian belok kanan.

1. Faktor penyesuaian ukuran kota

   Faktor penyesuaian kota ditentukan dari Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)
>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 : Direktur Jendral Bina Marga, 1997)

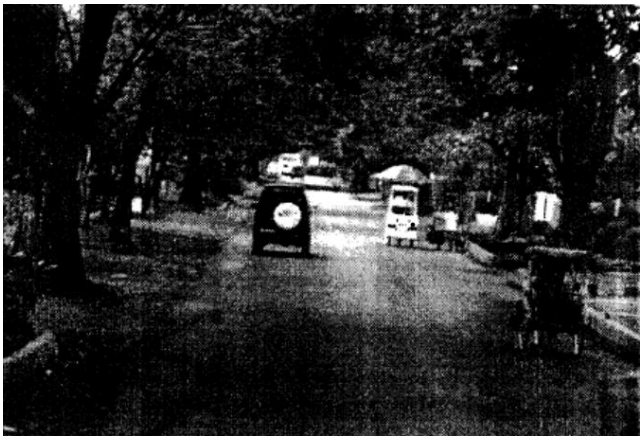
2. Faktor penyesuaian hambatan samping

Penentuan nilai faktor hambatan samping didasarkan pada tipe lingkungan jalan yang diklasifikasikan berdasarkan tata guna lahan dan tingkat hambatan samping. Tipe lingkungan jalan dibagi 3, yaitu komersial, pemukiman, dan akses terbatas. Hambatan sampng dibagi menjadi 3 kategori, yaitu tinggi, sedang, rendah seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kriteria Hambatan Samping (Fsf)

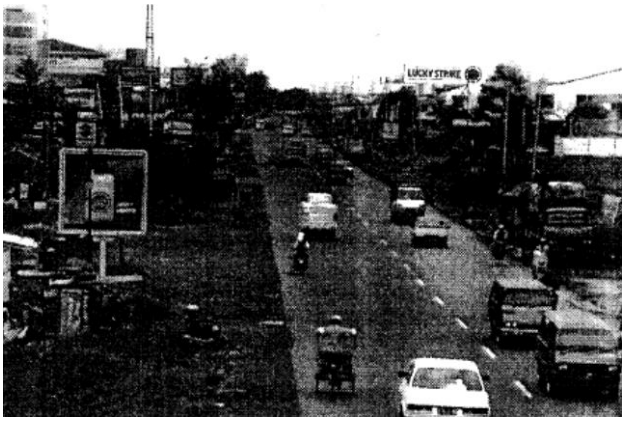
Hambatan Samping	Kriteria
Tinggi	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar berkurang karena adanya aktivitas di samping jalan pada sepanjang pendekat seperti berhentinya angkutan umum, pejalan kaki yang sedang berjalan atau melintas pendekat, kendaraan keluar masuk pada pendekat, dan lain-lain.
Sedang	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar ternganggu dan sedikit berkurang adanya aktivitas samping jalan di sepanjang pendekat.
Rendah	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar samping tidak terganggu dan tidak berkurang karena adanya aktivitas samping jalan samping pendekat.

Kelas hambatan samping secara visual diwakilkan oleh gambar yag dapat dilihat pada Gambar 3.2, Gambar 3.3, Gambar 3.4, dan Gambar 3.5.



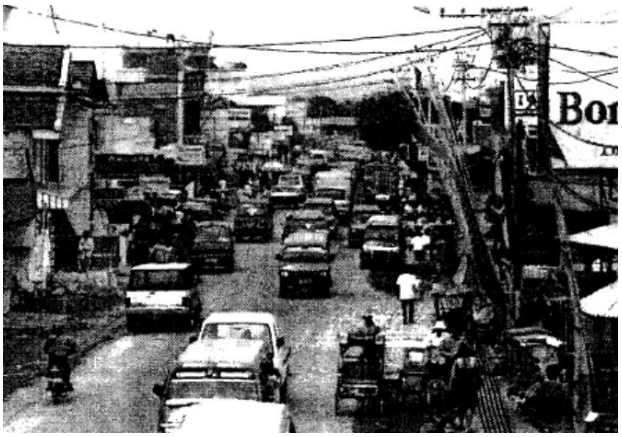
Gambar 3.2 Hambatan Samping Rendah pada Jalan Perkotaan

(Sumber : Direktur Jendral Bina Marga, 1997)



Gambar 3.3 Hambatan Samping Sedang pada Jalan Perkotaan

(Sumber : Direktur Bina Marga, 1997)



Gambar 3.4 Hambatan Samping Tinggi pada Jalan Perkotaan

(Sumber : Direktur Bina Marga, 1997)

Sedangkan faktor perbaikan kisi samping (Fsf), merupakan unsur jenis cuaca jalan, derajat kontak samping, dan proporsi kendaraan non mekanis. Jika efek gangguan samping tidak diketahui, nilai tinggi dapat diharapkan sehingga tidak terjadi over gauge untuk limit, dapat dilihat pada Tabel 3.4 .

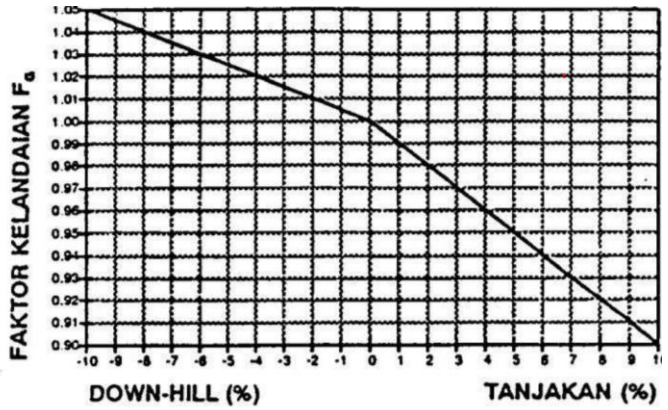
Tabel 3.4 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})

Tipe Jalan	Hambatan Sampingan	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor				
			0,00	0,05	0,1	0,15	0,2
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86
	Rendah	Terlawan	0,95	0,9	0,86	0,81	0,76
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87
Pemukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88
Akses Terbatas (RA)	T/S/R	Terlawan	1,00	0,95	0,9	0,85	0,8
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,9

(Sumber : Direktur Jendral Bina Marga, 1997)

3. Faktor Penyesuaian Kelandaian

Untuk menentukan angka faktor koreksi gradien (Fg) dapat dilihat pada Gambar 3.5 Faktor gradien adalah fungsi dari kelandaian lengan simpang dimana sesuai kondisi lapangan berapa persen tanjakan ataupun jalan yang akan diteliti.



Gambar 3.5 Faktor Koreksi Gradien (Fg)

(Sumber : Direktur Jendral Bina Marga, 1997)

4. Faktor Penyesuaian Parkir

   Untuk Faktor koreksi parkir (Fp), adalah jarak dari garis henti ke kendaraan yang parkir pertama dan lebar pendekat (*approach*), dapat ditentukan dari persamaan di bawah ini atau juga dapat menggunakan Gambar 3.6, cara penggunaan grafik tersebut adalah menentukan lebar pendekat (WA) lalu temukan garis henti parkir dan tarik sesuai garis lebar pendekat dan tarik arah ke kiri untuk mendapatkan nilai (FP) dapat dilihat pada Persamaan 3.2.

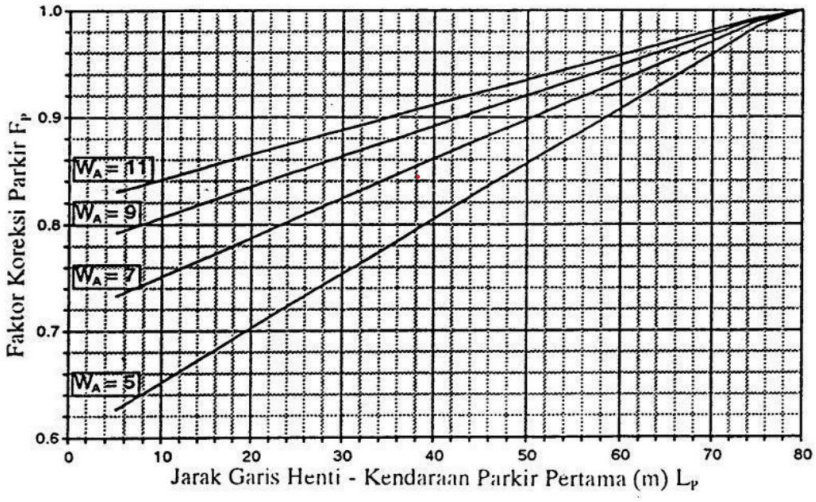
$$F_P = (L_P / 3 - (W_A - 2) \times (L_P / 3 - g) / W_A) / g \qquad (3.2)$$

   dengan :

   L_P = jarak antara garis henti dan kendaraan yang parkir pertama,

   W_A = lebar pendekat (m),

   g = waktu hijau pada pendekat (detik),



Gambar 3.6 Faktor Koreksi Parkir (Fp)

(Sumber : Direktur Bina Marga, 1997)

5. Faktor koreksi belok kanan (FRT)

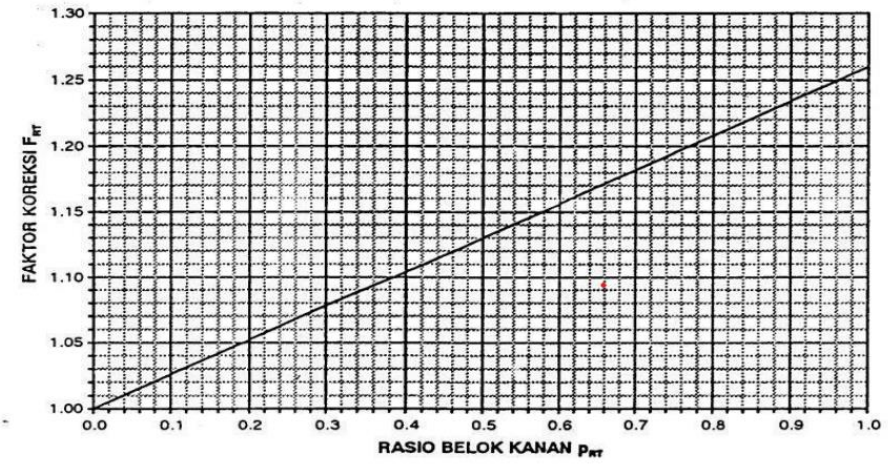
   Faktor koreksi belok kanan (FRT) ditentukan sebagai fungsi perbandingan kendaraan yang belok kanan (PRT), faktor ini hanya untuk pendekat P. Dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.3 atau menggunakan pada Gambar 3.7.

$$F_{RT} = 1{,}0 + P_{RT} \times 0{,}26 \qquad (3.3)$$

   dengan:

   P_{RT} = rasio belok kanan

   Jalan dua arah tanpa median, kendaraan belok kanan dari arus berangkat terlindungi (pendekat tipe P) mempunyai kecendrungan untuk memotong garis tengah jalan sebelum melewati garis henti ketika menyesuaikan belokannya, hal ini menyebabkan peningkatan belok kanan yang tinggi pada arus jenuh.



Gambar 3.7 Faktor Koreksi Belok Kanan (FRT)

(Sumber : Direktur Jendral Bina Marga, 1997)

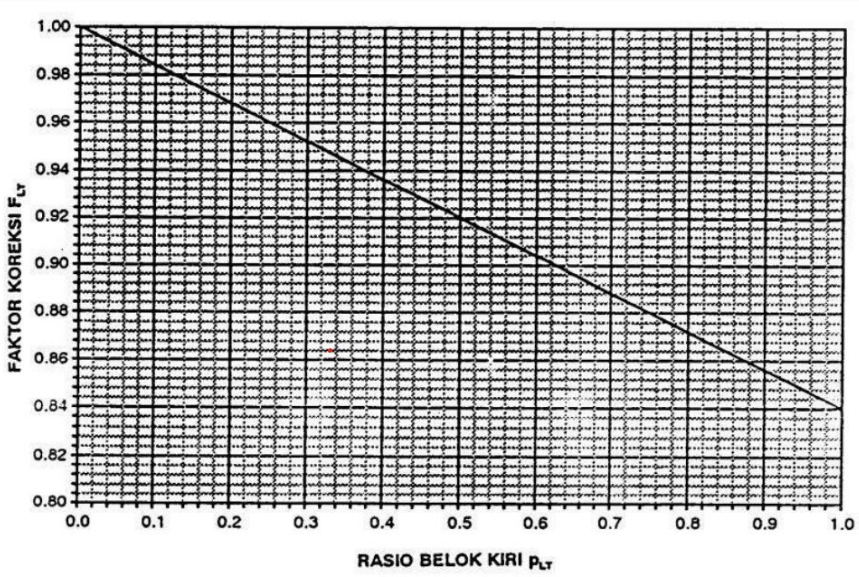
6. Faktor koreksi berikut kiri (FLT)

   Faktor koreksi berikut kiri (FLT) ditentukan sebagai fungsi perbandingan belok kiri (FLT). Faktor ini hanya untuk tipe pendekat tanpa LTOR lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Pada pendekat-pendekat terlindungi tanpa penyediaan belok kiri langsung, kendraan-kendaraan belok kiri cenderung melambat dan mengurangi arus jenuh pendekat tersebut. Karena arus berangkat dalam pendekat-pendekat terlawan (tipe O) pada umumnya lebih lambat, maka tidak diperlukan penyesuaian untuk pengaruh rasio belok kiri. Dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.4 atau menggunakan pada Gambar 3.8.

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

dengan:

P_{LT} = rasio belok kiri



Gambar 3.8 Faktor Koreksi Belok Kiri (FLT)

(Sumber : Direktur Jendral Bina Marga, 1997)

3.3.2 Rasio Arus dengan Arus Jenuh

Perhitungan perbandingan arus (Q) dengan arus jenuh (S) untuk tiap pendekat dapat dirumuskan dengan Persamaan 3.5.

$$FR = \frac{Q}{S} \tag{3.5}$$

Perbandingan arus kritis (FRcrit) adalah nilai perbandingan arus tertinggi dalam tiap fase. Jika nilai perbandingan arus kritis untuk tiap fase dijumlahkan didapat perbandingan arus simpang berikut pada Persamaan 3.6.

$$IFR = \sum F_{crit} \tag{3.6}$$

Perbandingan fase (*phase ratio,* PR) untuk tiap fase merupakan suatu fungsi perbandingan antara FRcrit dengan IFR dapat menggunakan Persamaan 3.7.

$$IFR = \frac{FR_{crit}}{IFR} \tag{3.7}$$

3.3.3 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian

   Penentuan waktu sinyal menurut Bina Marga (1997) untuk keadaan dengan waktu tetap dilakukan dengan menggunakan metode Webster (1966) untuk meminimumkan tundaan total pada simpang. Langkah pertama menentukan waktu siklus (c), kemudian waktu hijau (g) pada masing-masing fase (i). perhitungan waktu siklus dapat digunakan dengan Persamaan 3.8.

$$c = \frac{1{,}5 \times LTI + 5}{1 - \sum FR_{crit}} \qquad (3.8)$$

   dengan:

   c = waktu siklus (detik),

   LTI = jumlah waktu hilang per siklus (detik),

   FR = arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S),

   FR_{crit} = nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal, dan

   $\sum FR_{crit}$ = rasio arus simpang = jumlah FR_{crit} dari semua fase pada siklus tersebut.

   Perhitungan waktu siklus diharapkan sesuai dengan batas yang terdapat pada MKJI 1997. Waktu siklus yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Waktu Siklus yang Disarankan

Tipe Pengaturan	Waktu siklus yang layak
2 fase	40 – 80
3 fase	50 – 100
4 fase	80 – 130

(Sumber: Direktur Bina Marga, 1997)

2. Waktu hijau

   Perhitungan waktu hijau menurut Bina Marga (1997) adalah dengan Persamaan 3.9.

   $gi = c - LTI \times PR$ (3.9)

   dengan:

   gi = tampilan waktu hijau pada fase i,

   c = waktu siklus (detik)

   LTI = jumlah waktu hilang per siklus (detik), dan

   PR = rasio fase.

3. Waktu siklus yang disesuaikan

   Nilai waktu siklus yang disesuaikan didapatkan dari Persamaan 3.10.

   $c = \sum g + LTI$ (3.10)

   dengan:

   c = waktu siklus yang didsesuaikan,

   $\sum g$ = jumlah waktu hijau, dan

   LTI = jumlah waktu hilang per siklus (detik).

3.3.4 Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

Pada Suatu analisa untuk perencangan, nilai waktu antar hijau (*integreen*) dapat diasumsikan seperti pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Waktu Antar Hijau

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata-Rata (m)	Nilai Normal waktu Antar Hijau (detik/fase)
Kecil	6-9	4
Sedang	10-14	5
Besar	≥ 15	≥ 6

(Sumber: Bina Marga, 1997)

Waktu merah semua (*allred*) merupakan sebuah fungsi dari kecepatan dan jarak untuk mengosongkan serta memajukan kendaraan dari titik konflik pada garis henti dan panjang pengosongan kendaraan (Alamsyah, 2008). Waktu tersebut

seharusnya dapat digunakan oleh kendaraan untuk mengosongkan titik konflik sebelum kendaraan dari fase selanjutnya. Waktu merah semua dapat dihitung dengan Persamaan 3.12.

$$\text{Allred}_i = \left[\frac{L_{EV}+I_{EV}}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}}\right]_{MAX} \quad (3.12)$$

dengan:

L_{EV}, L_{AV} = jarak dari garis hent ke titik konflik masing – masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m),

I_{EV}, V_{AV} = panjang kendaraan yang berangkat (m), dan

V_{EV}, V_{AV} = kecepatan masing-maing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det).

Nilai yang digunakan pada V_{EV}, V_{AV}, dan I_{EV} tergantung dari komposisi lalu lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Nilai tersebut adalah sebagai berikut.

1. Kecepatan kendaraan yang datang (V_{AV})
   a. Kendaraan bermotor : 10 meter/detik
2. Kecepatan kendaraan yang berangkat (V_{EV})
   a. Kendaraan bermotor : 10 meter/detik
   b. Kendaraan tak bermotor : 3 meter/detik
   c. Pejalan kaki : 1,2 meter/detik
3. Panjang kendaraan yang berangkat (I_{EV})
   a. LH/HV : 5 meter
   b. MC/UM : 2 meter

Jika periode merah semua pada masing- masing akhir fase sudah ditetapkan, maka waktu hilang pada simpang dapat dihitung dengan Persamaan 3.13.

$$LTI = \sum(\text{Allred} + \text{Amber})_I = \sum IG_i \quad (3.13)$$

dengan:

LTI = waktu hilang (detik),

Allred = waktu merah semua (detik),

Amber = waktu kunig dinyalakan setelah hijau dari suaty pendekat (detik), dan

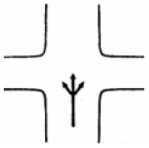
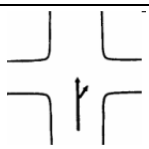
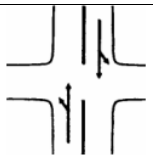
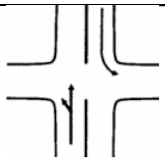
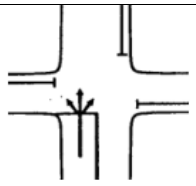
IG = waktu antar hijau (detik).

3.3.5 Penentuan Waktu Sinyal

1. Tipe pendekat

   Penentuan tipe pendekat dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Tipe Pendekat

<table>
<tr><th>Tipe Pendekat</th><th>Keterangan</th><th colspan="3">Contoh Pola Pendekat</th></tr>
<tr><td rowspan="6">Terlindung (P)</td><td rowspan="6">Tanpa konflik lalu lintas dari arah berlawanan</td><td>Jalan satu arah</td><td>Jalan satu arah</td><td>Simpang T</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="3">Jalan dua arah, gerakan belok kanan terbatas</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Jalan dua arah, fase sinyal terpisah untuk masing-masing arah</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>Terlawan (O)</td><td>Terjadi konflik lalu lintas dari arah berlawanan</td><td colspan="3">Jalan dua arah, arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama.
Semua belok kanan tidak terbatas</td></tr>
</table>

(Sumber:Direktur Bina Marga, 1997)

2. Lebar pendekat efektif

   Perhitungan lebar pendekat efektif dari setiap pendekat dihitung bedasarkan informasi mengenai lebar pendekat (W_A), lebar masuk (W_{MASUK}), lebar keluar (W_{KELUAR}), dan rasio lalu lintas berbelok.

   a. Pendekat tanpa belok kiri langsung (LTOR)

      Periksa W_{KELUAR} jika nilai $W_{KELUAR} < W_e \times(1-P_{RT}-P_{LTRO})$, sebaiknya nilai W_e diberikan nilai baru yang hasilnya sama dengan W_{KELUAR} dan analisis penentuan waktu sinyal pada pendekat dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas yang lurus.

   b. Pendekat yang lurus

      Secara umum, lebar masuk (W_{MASUK}) pada Gambar 3.9 untuk pendekat dengan pulau lalu lintas dan pendekat tanpa pulau lalu lintas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.14.

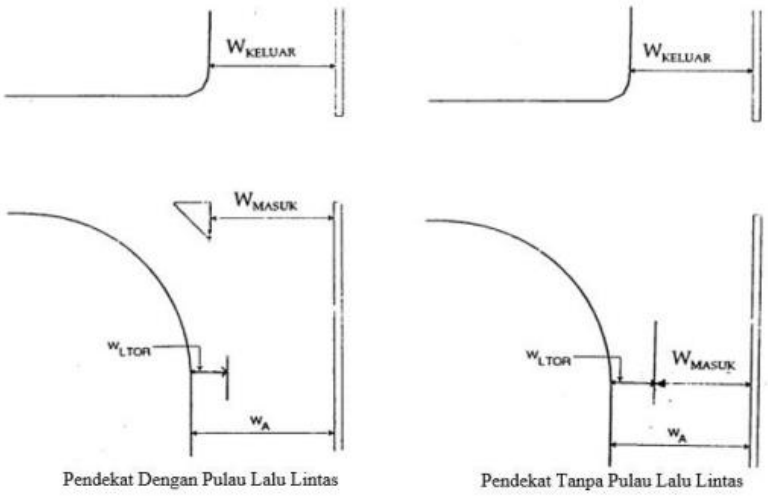
      $$W_{MASUK} = W_A - W_{LTRO} \quad (3.14)$$

      dengan:

      W_{MASUK} = lebar masuk (m)

      W_A = lebar pendekat (m), dan

      W_{LTRO} = lebar kiri langsung (m).



Gambar 3.9 Lebar Masuk (W_A)

(Sumber: Direktur Bina Marga, 1997)

Perhitungan lebar pendekat efektif untuk kedua keadaan tersebut dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.15 dan Persamaan 3.16.

a. $W_{LTRO} \geq 2$ meter

Penentuan lebar efektif didapatkan dari Persamaan 3.5.

$$We = \text{Min} \begin{cases} W_A - W_{LTRO} \\ W_{MASUK} \end{cases} \quad (3.15)$$

Gerakan LTRO dihitung sendiri dari arus lurus (Q_{ST}) dan arus belok kanan (Q_{RT}) seperti pada Persamaan 3.16.

$$Q = Q_{ST} + Q_{RT} \quad (3.16)$$

b. $W_{LTRO} < 2$ meter

Penentuan lebar efektif didapatkan dari Persamaan 3.17.

$$We = \text{Min} \begin{cases} W_A \\ W_{MASUK} + W_{LTRO} \\ W_{MASUK} \times (1 + P_{LTRO}) - W_{LTRO} \end{cases} \quad (3.17)$$

Gerakan LTRO dihitung sendiri dari arus lurus (Q_{ST}) dan arus belok kanan (Q_{RT}), dan arus belok kiri (Q_{LT}) seperti pada Persamaan 3.18.

$$Q = Q_{ST} + Q_{RT} + Q_{LT} \quad (3.18)$$

3. Arus jenuh dasar

Arus jenuh dasar merupakan besarnya keberangkatan antrean di dalam suatu pendekat saat kondisi ideal (smp/jam hijau) (Alamsyah, 2015).

a. Pendekat terlindung (P)

Menurut bina Marga (1997), perhitungan pendekat terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (W_e). Berikut Persamaan 3.19 mengenai perhitungan pendekat terlindung arus jenuh dasar.

$$S_o = 600 \times W_e \quad (3.19)$$

Sering berjalannya waktu, konstanta pada MKJI 1997 sudah tidak sesuai dengan kondisi saat ini sehingga terdapat konstanta baru untuk menghitung

arus jenuh dasar. Munawar (2009) merumuskan perhitungan arus jenuh dasar yang dapat dilihat pada Persamaan 3.20.

$S_o = 850 \times W_e^{0,95}$ (3.20)

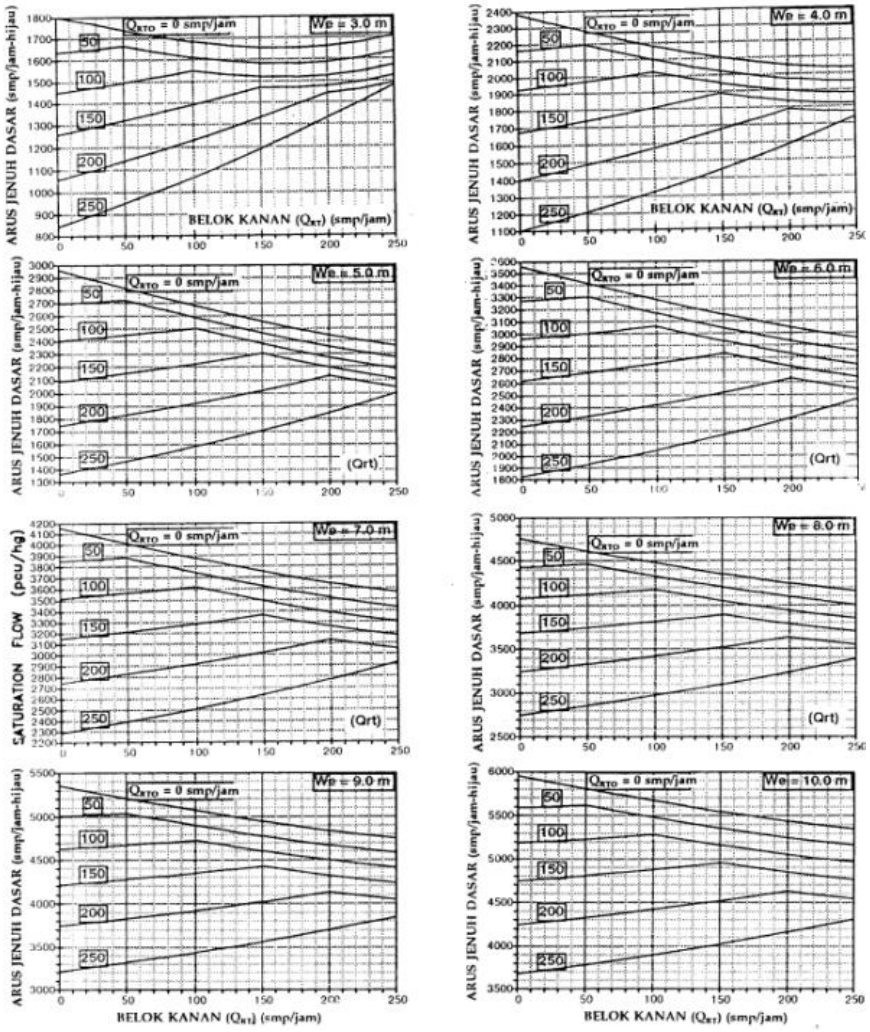
dengan:

S_o = arus jenuh dasar (smp/jam hijau), dan

W_e = lebar efektif pendekat.

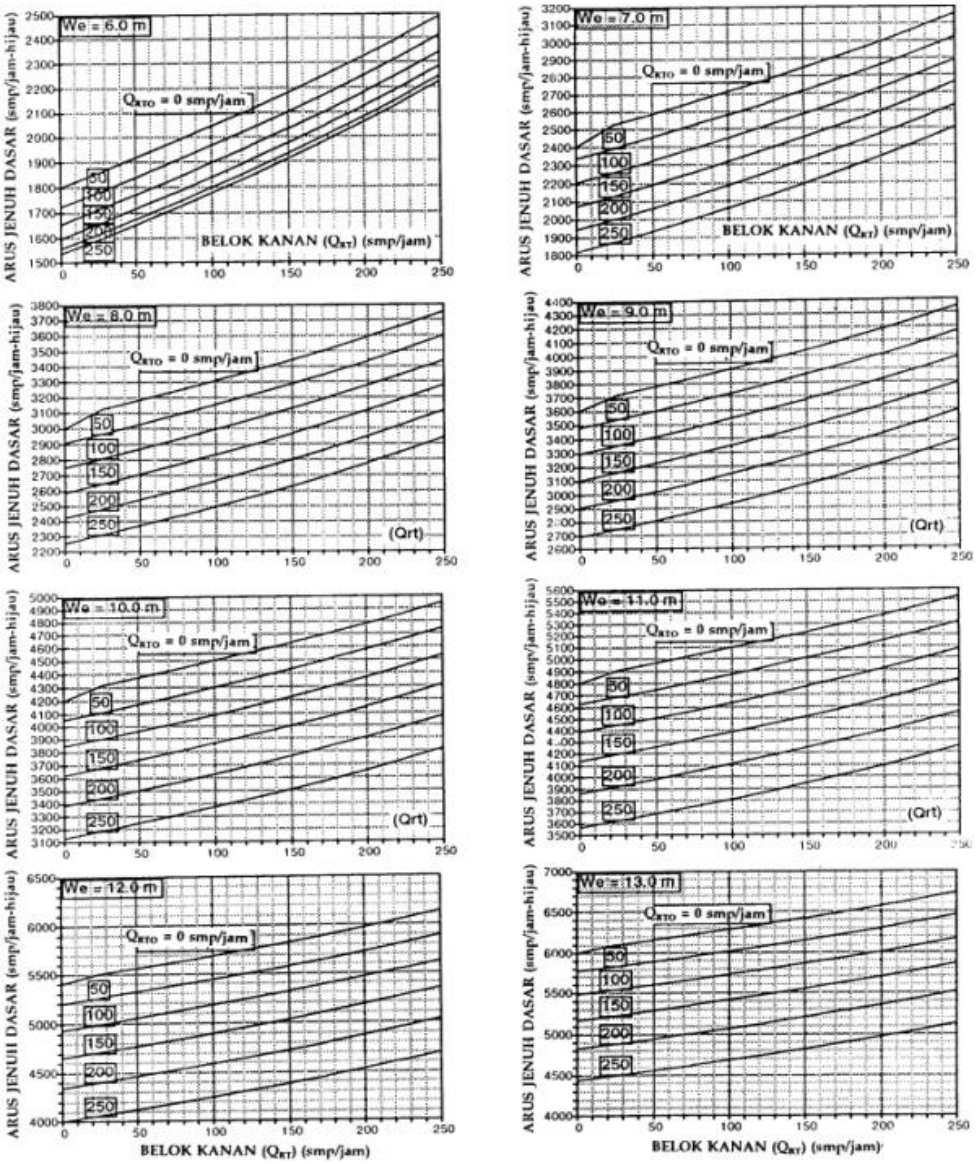
b. Pendekat terlawan (O)

Nilai arus jenuh untuk pendekat terlawan dapat dilihat Gambar 3.10 dan Gambar 3.11.



Gambar 3.10 Arus Jenuh Pendekat Terlawan (O)

(Sumber: Direktur Bina Marga, 1997)



Gambar 3.11 Jenuh Pendekat Terlawan (O)

(Sumber: Direktur Bina Marga, 1997)

3.3.6 Kapasitas Simpang

Kapasitas ialah kemampuan simpang untuk menampung arus lalu lintas maksimum per satuan waktu dinyatakan dalam smp per jam hijau. Kapasitas pada simpang dihitung pada setiap pendekat ataupun kelompok lajur didalam suatu pendekat. Kapasitas simpang dengan rumus dengan Persamaan 3.21.

$$C = S \times \frac{g}{c} \quad (3.21)$$

dengan:

C = Kapasitas (smp/jam hijau)

S = Arus jenuh (smp/jam hijau)

g = Waktu hijau (detik)

c = Panjang siklus (detik)

3.3.7 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) ialah rasio merupakan dari volume terhadap kapasitas pada jalan tertentu, dihitung biasanya per jam. Perhitungan besarnya derajat kejenuhan dengan Persamaan 3.22.

$$DS = \frac{Q}{C} = \frac{Q \times c}{S \times g} \quad (3.22)$$

dengan:

DS = Derajar kejenuhan,

Q = Arus lalu lintas (smp/jam),

C = Kapasitas (smp/jam hijau),

c = Waktu siklus (detik),

S = Arus jenuh (smp/jam), dan

g = Waktu hijau (detik).

3.3.8 Panjang Antrean

Panjang antrean ialah padatnya kendaraan yang berada pada tiap jalur saat lampu merah. Nilai dari panjang antrean didapatkan dari jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dengan Persamaan 3.23.

Perhitungan jumlah antrean smp (NQ1)

$$NQ_1 = 0{,}25 \text{ x } C \text{ x } \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0{,}5)}{C}}\right] \quad (3.23)$$

dengan:

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya,

DS = Derajat kejenuhan,

C = Kapasitas (smp/jam).

Menghitung antrean selama fase merah (NQ2) Persamaan 3.24.

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (3.24)$$

Keterangan :

NQ_1 = jumlah smp yang datang ada fase merah (smp),

GR = rasio hijau (detik)

c = waktu siklus (detik), dan

DS = derajat kejenuhan.

Qmasuk = arus lalu lintas pada tempat masuk luar LTOR (smp/jam)

Jumlah kendaraan antrean dengan Persamaan 3.25 dan Persamaan 3.26.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (3.25)$$

Panjang antrean (QL) :

$$QL = NQ_{masuk} \times \frac{20}{w\ masuk} \quad (3.26)$$

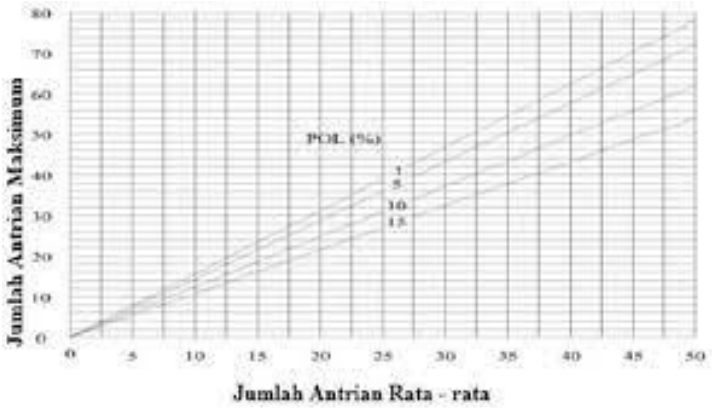
Keterangan :

QL = Panjang antrean

NQ_{masuk} = Jumlah antrean maksimum

W_{masuk} = Lebar masuk (meter).

Berikut adalah Gambar 3.12 grafik perhitungn jumlah antrean (NQmax) dalam smp:



Gambar 3.12 Grafik Perhitungan Jumlah Antrean (NQmax) dalam smp

(Sumber : Direktur Bina Marga, 1997)

3.3.9 Kendaraan Terhenti

Angka henti (NS), adalah jumlah rata-rata kendaraan berhenti termasuk berhenti berulang dalam antrean sebelum melewati simpang. Rumus perhitungan angka henti bisa dilihat pada Persamaan 3.27.

.

$$NS = 0{,}9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \qquad (3.27)$$

dengan:

NS = Angka henti,

NQ = Jumlah antrean,

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

c = Waktu siklus (detik).

Jumlah kendaraan terhenti (NSV) pada masing-masing pendekat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.28.

$$NSV = Q \times NS \quad (3.28)$$

dengan:

NSV = Kendaraan terhenti (smp/jam),

Q = Arus lalu lintas (smp/jam) dan

NS = Angka henti.

Angka henti seluruh simpang dilakukan dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti seluruh pendekat dengan arus simpang total (Q) dalam satuan kend/jam. Perhitungan angka henti dapat dilihat dengan Persamaan 3.29.

$$NS_{tot} = \frac{\sum NSV}{Q_{tot}} \quad (3.29)$$

dengan:

NS_{tot} = kendaraan terhenti seluruh simpang (smp/jam),

$\sum NSC$ = jumlah total kendaraan terhenti (smp/jam), dan

Q_{tot} = arus simpang total (kendr/jam).

3.3.10 Tundaan

Tundaan pada suatu simpang terdiri dua tundaan yaitu tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DG), tundaan lalu lintas (DT) dikarenakan interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang, tundaan geometri (DG) dikarenakan percepatan dan perlambatan kendaraan saat belok pada suatu simpang atau terhenti saat lampu merah. Berikut perhitungan tundaan dengan Persamaan 3.30 dan 3.31.

1. Tundaan lalu lintas (DT)

$$DT_j = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (3.30)$$

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

Keterangan :

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

c = waktu siklus yang disesuaikan (detik),

GR = Rasio hijau (g/c),

DS = derajat kejenuhan,

C = kapasitas (smp/jam), dan

NQ_1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya.

2. Tundaan geometri (DG)

$DG_J = (1 - p_{sv}) \times P_T \times 6 + (p_{sv} \times 4)$ (3.31)

dengan:

p_{sv} = min (NS,1)

dimana:

DG_J = tundaan geometri rata-rata pada pendekat (det/smp),

p_{sv} = Rasio kendaraan terhenti

P_T = Rasio kendaraan membelok

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j (D_j) dapat dihitung dengan cara menambahkan tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat j dan tundaan geometri rata–rata pada pendekat j. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.32.

$D_j = DT_j + DG_j$ (3.32)

dengan:

D_j = tundaan rata-rata untuk pendekat j (detik/smp),

DT_j = tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat j (detik/smp), dan

DG_j = tundaan geometri rata-rata padapendekat j (detik/smp).

Tundaan rata-rata seluruh simpang (D_I) dapat dihitung dengan cara membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.33.

$$D_I = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{tot}} \quad (3.33)$$

dengan:

D_I = tundaan rata-rata seluruh simpang (detik/smp),

Q = arus lalu lintas pada setiap pendekat (smp/jam),

D = tundaan rata-rata pada setiap pendekat, dan

Q_{tot} = arus lalu linas total (smp/jam).

3.4 Penentuan Tingkat Pelayanan Simpang

Menurut Kementeria Perhubungan (2015), tingkat pelayanan (LOS) adalah pengukuran secara kuantitatif dan kualitatif yang menggambarkan keadaan operasional lalu lintas. Tingkat pelayanan tersebut mencakup:

1. Rasio antara volume dengan kapasitas jalan,
2. Kecepatan batas atas dan kecepatan batas bawah berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan berdasarkan kondisi daerah,
3. Waktu perjalanan,
4. Kebebasan bergerak kendaraan,
5. Keamanan
6. Keselamatan
7. Ketertiban
8. Kelancaran, dan
9. Penilaian pengemudi terhadap kondisi lalu lintas.

Menurut Kementeria Perhubungan (2015), klasifikasi tingkat pelayanan (LOS) pada simpang dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Tingkat Pelayanan pada Simpang Bersinyal

Tundaan Per Kendaraan (det/smp)	Tingkat Pelayanan
≤ 5	A
5,1 – 15	B
15,1 – 25	C
25,1 – 40	D
40,1 – 60	E
≥ 60	F

(Sumber : Kementrian Perhubungan, 2015)

Penetapan tingkat pelayanan pada persimpangan menurut Menteri Perhubungan (2015) ddapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Penetapan Pelayanan Persimpangan

Fungsi jalan		Tundaan Per Kendaraan (det/kend)
Tol		Sekurang-kurangnya B
Arteri	Primer	Sekurang-kurangnya B
	Sekunder	Sekurang-kurangnya C
Kolektor	Primer	Sekurang-kurangnya B
	Sekunder	Sekurang-kurangnya C
Lokal	Primer	Sekurang-kurangnya C
	Sekunder	Sekurang-kurangnya D
Lingkungan		Sekurang-kurangnya D

(Sumber : Kementrian Perhubungan, 2015)

3.5 Simulasi Lalu Lintas dengan VISSIM

Penggunaan simulasi lalu lintas ialah di antaranya pendekatan yang paling banyak digunakan untuk proses peniruan keakuratan dari simulasi dengan kondisi nyata pada lalu lintas. VISSIM merupakan perangkat lunak multi – modal lalu lintas aliran mikroskopis simulasi yang bisa menganalisis atau meniru karakteristik pengendara seperti kendaraan pribadi dan transportasi umum dengan permasalahan seperti konfigurasi jalur, sinyal lalu lintas, komposisi kendaraan, dan lainnya, maka dari itu, VISSIM menjadi perangkat berguna untuk evaluasi berbagai macam langkah alternatif berdasarkan langkah-langkah penerapan transportasi dan perencanaan yang efektivitas PTA-AG (2011). Dalam metode penggunaan VISSIM untuk melakukan simulasi lalu lintas, diperlukan beberapa data masukan atau *input* yang akan digunakan lalu diolah menjadi suatu model simulasi dan akan dikaji melalui program VISSIM.

3.5.1 *Input* Data Dasar Kendaraan

Kondisi lalu lintas dalam hal ini kendaraan yang melintas pada simpang meupakan variabel yang harus disediakan dalam simulasi lalu lintas menggunakan

software VISSIM. Data-data kendaraan yang harus diinput kedalam *software* VISSIM antara lain.

1. *Vehicle Composition*

   Komposisi kendaraan pada jalan perkotaan dibagi menjadi 4 jenis sebagai berikut.

   a. Sepeda Motor *(Motor Cycle = MC)*

      Yaitu kendaraan bermotor dengan dua roda dan kendaraan tiga roda.

   b. Kendaraan ringan (Light Vehicles = LV)

      Kendaraan yang memiliki klasifikasi 2 as, memiliki 4 roda dengan jarak as 2 – 3 termasuk mobil penumpang, mikro bus, pick up, truk kecil, dan yang lainnya sesuai dengan klasifikasi Bina Marga.

   c. Kendaraan berat (*Heavy Vechiles = HV*)

      Kendaraan yang memiliki klasifikasi jarak as lebih dari 3,5 M, biasanya memiliki roda lebih dari empat seperti bus, truk, truk kombinasi, dan yang lainnya sesuai dengan klasifikasi Bina Marga.

   d. Kendaraan tak bermotor / Un Motorized (UM)

      Kendaraan yang memiliki klasifikasi menggunakan tenaga manusia atau hewan, contohnya yaitu delman, becak sepeda, dan lain sebagainya.

2. *Driving Behaviour*

   Lingkungan jalan, kendaraan, dan pengguna jalan merupakan bagian dari sistem transportasi jalan yang mempengaruihi kondisi lalu lintas. Faktor manusia adalah yang paling kompleks dan dinamis. Perilaku berkendara pengemudi akan mempengaruhi kondisi lalu lintas yang dilaluinnya

3. *Signal Control*

   Sinyal pada lalu lintas merupakan hal yang penting pada persimpangan. Sinyal yang di-*input* ke dalam *software* adalah merah, kuning, dan hijau serta waktu merah seluruhnya.

3.5.2 Pemodelan Simpang

Pemodelan persimpangan yang dibuat akan didasarkan pada kondisi eksisting dengan meng-*input* data tipe jalan, lebar jalur, arah arus, dan lingkungan sekitar.

3.5.3 *Traffic Network*

Elemen dasar dari jaringan lalu lintas dalam VISSIM adalah sebuah penghubung atau *links* yang merepresentasikan satu atau lebih segmen jalur dengan arah arus yang spesifikasi. Sebuah jaringan bisa dibuat dengan menghubungkan antar *links* dengan *connectors*. Hanya *links* yang dihubungkan dengan connectors yang diperbolehkan untuk melanjutkan lalu lintas. Elemen-elemen *Traffic Network* antara lain sebagai berikut.

1. *Links.*
2. *Connectors.*
3. *Background Scalling.*

3.5.4 *Evaluation*

Evaluation adalah suatu proses mengevaluasi simulasi sehingga didapat hasil yang diinginkan dari simulasi yang telah dibuat. Proses *evalution* akan memeriksa simulasi yang dibuat supaya tidak terdapat *error* Ketika proses *evaluation* dieksekusi. Parameter yang akan dipilih pada proses *Evaluation* antara lain.

1. *Queue Counter* adalah penetapan titik di mana saat kendaraan berhenti, panjang antrean mulai dihitung,
2. *Delay* adalah perhitungan tundaan yang dialami kendaraan sesuai rute yang ditentukan.
3. *Level Of Services* adalah tingkat pelayanan jalan simpang ekisisting.

3.5.5 Kalibrasi dan Validasi Data

Kalibrasi yaitu proses penyesuaian komponen model simulasi dengan data yang ada di lapangan, sehingga komponen model simulasi dapat mewakili data yang ada di lapangan secara efektif dan akurat. Validasi merupakan perbandingan data yang ada dilapangan dengan hasil simulasi dengan menggunakan software VISSIM dengan metode *trial* dan *error* sampai tercapai perilaku pengemudi yang sesuai dengan karakteristik yang direncanakan. Proses perubahan pada *Driving Behavior* dilakukan beberapa kali dan melakukan beberapa *trial* dan *error* sampai data pada *software* VISSIM mendekati dengan data yang ada di lapangan.

Dalam melakukan kalibrasi dan validasi metode yang akan digunakan adalah dengan menggunakan rumus statistik GEH. GEH ialah singkatan dari nama penemu

rumus yaitu Geoffrey E. Havers. Rumus statistik GEH merupakan modifikasi rumus dari *Chi-squared* dengan memperhitungkan nilai relatif dan mutlak. Berikut adalah rumus GEH yang memiliki syarat nilai *trial* dan *error* yang dihasilkan seperti pada Persamaan 3.34 dan Tabel 3.10.

$$\text{GEH} = \sqrt{\frac{(q_{simulated} - q_{observed})^2}{0{,}5\ x\ (q_{simulated} - q_{observed})}} \tag{3.34}$$

dimana :

q = Data volume arus lalu lintas (kendaraan/jam)

Tabel 3.10 Penilaian Hasil Uji Statistika GEH (Geoffrey E. Havers)

GEH $<$ 5.0	Diterima
5.0 $\leq$ GEH $\leq$ 10.0	Peringatan : kemungkinan model *error* atau data buruk
GEH $>$ 10.0	Ditolak

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 angkat peramalan dan angka realisasi (Nabillah dan Ranggadara, 2020). Rumus MAPE dapat dilihat pada Persamaan 3.35.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\frac{\overline{y}_t - y_t}{\overline{y}_t} \times 100 \tag{3.35}$$

dengan:

n = Jumlah data

A_t = Data di lapangan

F_t = Data simulasi

Nilai hasil uji *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang berbda memiliki kesimpulan yang terdapat pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Kesimpulan Uji MAPE

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

3.6 Manajemen Rekayasa Lalu Lintas

Manajemen Rekayasa Lalu Lintas (MRLL) adalah serangkaian usaha dan kegiatan yang meliputi perencanaan, pengadaan, pemasangan, dan pemeliharaan fasilitas perlengkapan jalan dalam rangka mewujudkan, mendukung, dan memelihara keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas, berdasarkan Sekretariat Negara Republik Indonesia (2009) tentang lalu lintas dan Angkutan jalan didefinisikan menjadi 4 bagian, Malkhamah (1995) yaitu sebagai berikut.

1. Manajemen lalu lintas dengan melakukan perubahan sistem jalan secara fisik, seperti : perubahan pada *lay out* pertemuan jalan, pemasangan kecepatan lalu lintas dengan pengkasaran permukiman jalan dan pemasangan lampu lalu lintas.
2. Manajemen lalu lintas dengan melakukan perubahan sistem jalan secara jalan satu arah, pengaturan waktu, dan tempat untuk parkir.
3. Penyediaan informasi bagi pemakai jalan, seperti informasi mengenai arah, marka pembagian badan jalan, pemberi nama jalan, dan informasi trayek angkutan umum.
4. Penetapan tarif untuk pemakai prasarana lalu lintas, misalnya pemberlakuan tarif parkir sesuai waktunya (jam sibuk atau di luar jam sibuk), tarif angkutan umum, dan *road pricing*.

Manajemen lalu lintas dengan pengaturan dengan pengoptimal waktu fase lalu lintas juga harus disesuaikan dengan syarat dan aturan yang sudah ditetapkan. Berikut adalah waktu siklus yang layak menurut MKJI 1997 dilihat pada Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Waktu Siklus Layak

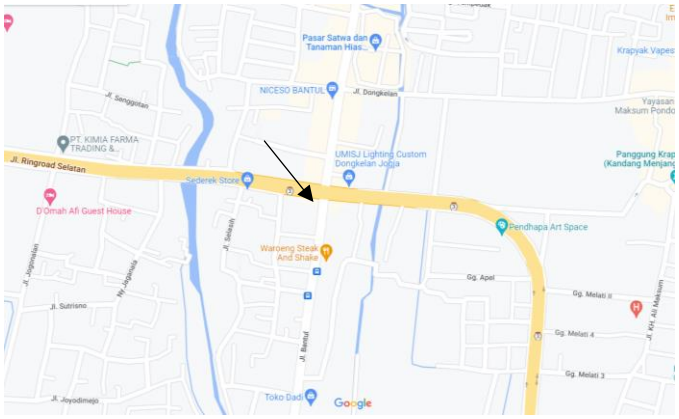
Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Layak (detik)
Dua-Fase	40-80
Tiga-Fase	50-100
Empat-Fase	80-130

(Sumber : Direktur Jendral Bina Marga, 1997)

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

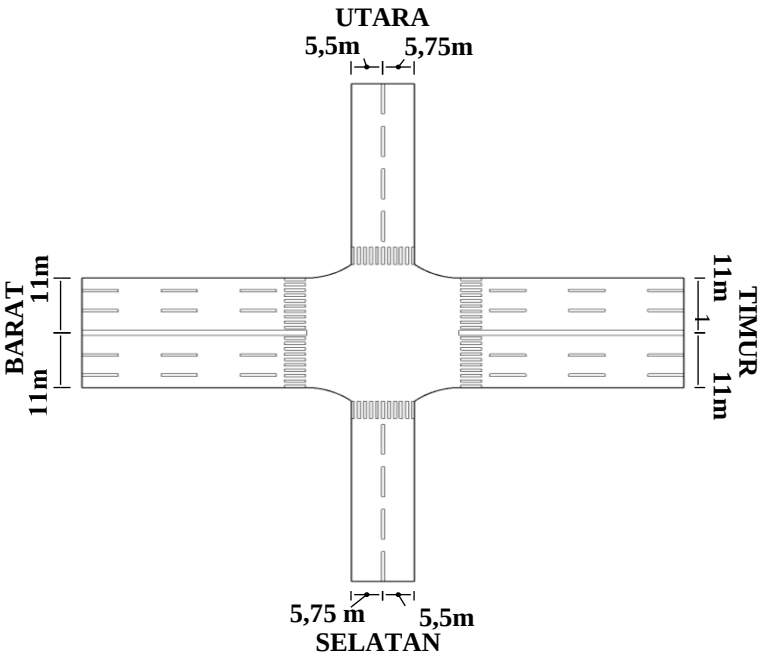
4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada Simpang Dongkelan yang menghubungkan Jalan Bantul, Jalan Nasional III, dan Ring Road Selatan Yogyakarta. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Peta Lokasi Penelitian

(Sumber : *Google Earth*, 2022)



Gambar 4.2 Denah Lokasi Penelitian

4.2 Data Penelitian

Data yang digunakan pada Tugas Akhir ini dibagi menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah sumber data penelitian yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya yang berupa wawancara, jajak, pendapat dari individu atau kelompok (orang) maupun hasil observasi dari suatu obyek, kejadian atau hasil pengujian (benda), sedangkan data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa buku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan secara umum. Data penelitian pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Penelitian

Data Primer	Data Sekunder
1. Volume Kendaraan	1. Denah Lokasi Simpang
2. Waktu Siklus Simpang	2. Jumlah penduduk Kabupaten Bantul
3. Data Geometrik	
4. Kecepatan Kendaraan	
5. Data *Driving Behavior*	
6. Panjang Antrean	

4.3 Metode Pengumpulan Data

Beberapa peralatan penelitian yang digunakan pada penelitian ini, alat yang digunakan yaitu sebagai berikut.

1. Formulir survei dan alat tulis untuk digunakan sebagai alat bantu dalam penulisan data survei.
2. Komputer untuk membantu proses pengolahan data dan pemodelan ruas jalan.
3. *Stopwatch* untuk menghitung waktu tempuh kendaraan yang melintas
4. *Power bank* digunakan untuk sumber daya alat perekam selama perekaman berjalan.
5. Kamera untuk alat rekam atus lalu lintas yang melintas pada *spot* yang ditentukan.
6. Meteran untuk mengukur geometri jalan berupa lebar jalan.

7. Cat pilox untuk ngasih penanda untuk meggukur data yang mau didapat.

4.4 Waktu Pelaksanaan Survei

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

Pagi, pukul : 06.00 – 09.00 WIB

Siang, pukul : 11.00 – 14.00 WIB

Sore, pukul : 16.00 – 19.00 WIB

Waktu pelaksanaan survei terbagi dua, yaitu waktu pelaksanaan survei pada hari kerja yang diwakilkan pada hari Rabu 29 November 2023 dan waktu pelaksanaan survei pada akhir pekan yang diwakilkan hari Minggu 26 November 2023. Pengambilan data dilakukan 3 sesi yaitu sesi pagi, siang, dan sore. Pemilihan hari serta jam tersebut didasarkan pada penelitian terdahulu oleh Adi (2017) untuk mengetahui jam puncak volume kendaraan. Pemilihan waktu berdasarkan dari hasil penelitian terdahulu yang menunjukan bahwa pada waktu tersebut mewakili hari kerja/sibuk.

4.5 Survei Data Lalu Lintas

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

1. Tahap persiapan survei

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

   a. Menyiapkan formulir pencatatan data arus lalu lintas yang sesuai dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.
   b. Memasang kamera sesuai titik-titik yang sudah ditentukan sebelumnya. Kamera yang terpasang diusahakan dapat merekam arus lalu lintas dengan baik.
   c. Memposisikan surveyor sesuai dengan titik-titik kamera yang sudah ditentukan.

2. Tahap pelaksanaan pelaksanaan survei

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

   a. Data Geometri dengan cara melakukan survei tempat terlebih dahulu mencari elevasi tiap titik, dan sudut horizontal.
   b. *Driving behavior* merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk pemodelan pada *software* VISSIM. *Driving behavior* didapatkan dengan cara melakukan pengukuran jarak antar kendaraan berupa jarak depan ke belakang dan jarak samping antar kendaraan. Pada kendaraan berhenti, ketika lampu sinyal berwarna merah, dilakukan survei dengan mengukur jarak antar kendaraan depan belakang dan samping kanan kiri. Pada saat pengukuran dibantu dengan garis atau penanda sehingga saat kendaraan berjalan dapat diketahui. Pemberian garis atau penanda diletakkan tiap jarak 50 cm sehingga dapat diketahui jarak ketika kendaraan berjalan.
   c. Data Volume lalu lintas kendaraan diperoleh dari hasil survei volume langsung di lapangan dalam satuan kendaraan per jam.
   d. Data kecepatan diperoleh melalui pengamatan secara langsung di lapangan. Pengamatan dilaksanakan pada tiap pendekat dengan jarak yang sudah ditentukan. Lokasi survei berada pada tiap pendekat dengan jarak 50 m dari panjang antrean terakhir. Dikarenakan hal tersebut kecepatan kendaraan tidak terganggu oleh panjang antrean. Pelaksanaan survei kendaraan yaitu dengan cara mengitung waktu kendaraan dengan jarak yang sudah ditentukan yaitu 20 m. setelah dihitung setelah dihitung kecepatan kendaraan dengan jarak dibagi waktu tempuh kendaraan.
   e. Panjang antrean dilakukan dengan cara menghitung jumlah kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya dan jumlah kendaraan yang antri berikutnya pada saat lampu merah menyala. Pengukuran panjang antrean dilakukan pada tiap pendekat, sebelum melakukan pengukuran, tiap pendekat diberi garis tiap 50 m sehingga mudah menggukur panjang antrean.

4.6 Metode Analisis Data

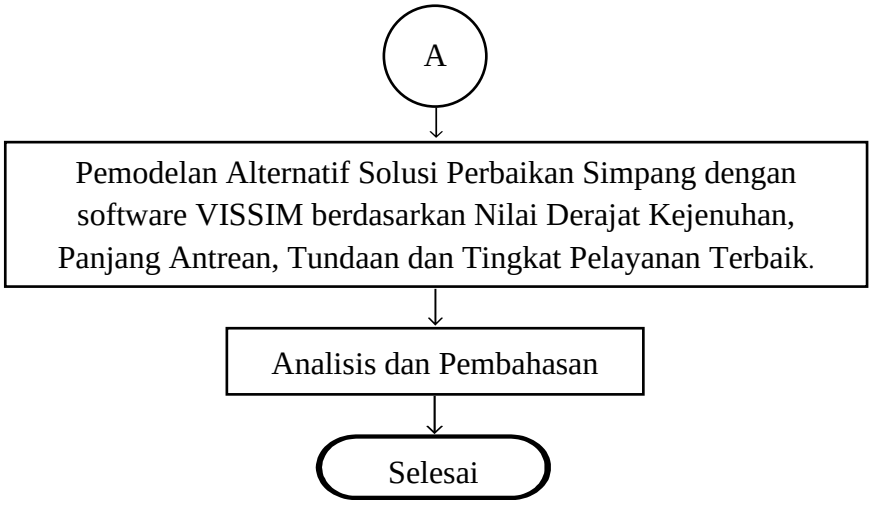
Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, untuk mengetahui jam puncak. Hasil data yang diperoleh akan dikumpulkan untuk menghitung geometrik simpang, volume simpang, dan lainnya, untuk dilakukan simulasi lalu lintas menggunakan *software* VISSIM. Hasil yang diinginkan berupa data panjang antrean, tundaan, dan tingkat pelayanan pada jalan maupun simpang.

Jika hasil analisis simpang menunjukkan kondisi jenuh, dilakukan alternatif penanganan dengan manajemen lalu lintas berupa penerapan sistem jalan satu arah, penambahan rambu serta marka jalan, kemudian dilakukan simulasi kedua dengan *software* VISSIM untuk mendapatkan hasil yang sama. Kemudian dapat diketahui perbandingan kinerja simpang antara kondisi eksisting dan alternatif penanganan yang akan digunakan.

4.7 Bagan Alir Penilitian

Dalam penelitian ini dibuat bagan alir atau flowchart yang menunjukkan urutan atau tahap-tahap pekerjaan yang akan dilakukan selama penelitian. Bagan alir atau flowchart dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian

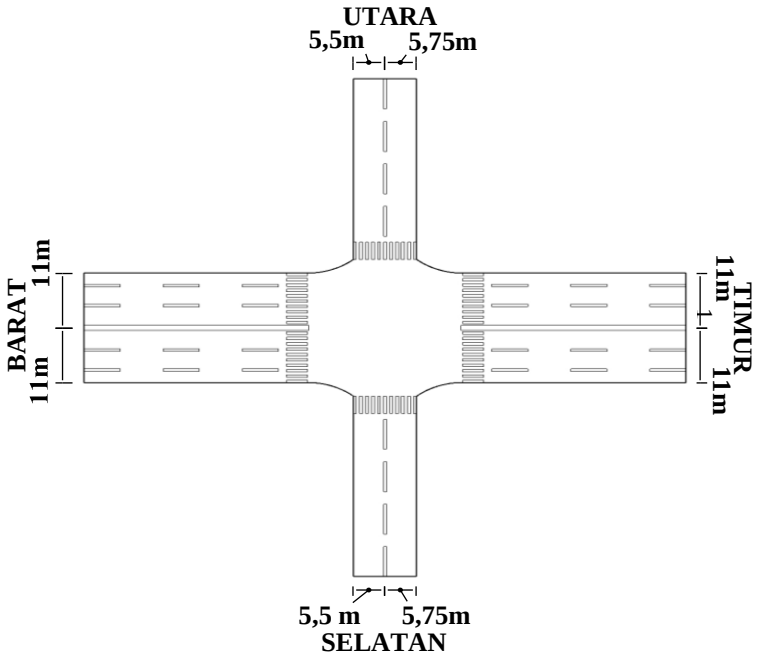
BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Hasil Penelitian

Data hasil pengamatan digunakan untuk menganalisis data. Data hasil pengamatan didapat dari survei langsung di lapangan. Data yang dibutuhkan dalam analisis yaitu data volume lalu lintas, geometri simpang. Data-data tersebut digunakan untuk perhitungan analisis berdasarkan MKJI 1997 dan pemodelan menggunakan *software* VISSIM.

5.1.1 Geometri Simpang

Data geometrik simpang berupa data dimensi yang ada pada simpang yang diamati seperti tipe lajur tiap ruas, lebar pendekat per lajur, dan lebar median jalan tiap ruas. Data ini merupakan hasil pengukuran dan pengamatan langsung di lapangan. Data geometrik simpang Jalan Bantul – Jalan Nasional III (dongkelan), Yogyakarta didapatkan kondisi geometrik simpang seperti pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Kondisi Geometrik Simpang Jl Bantul – Jl Nasional III

Simpang Dongkelan merupakan simpang berinyal yang terdiri dari 4 lengan jalan dari empat arah jalan mempertemukan :

1. Lengan Utara (A) : Jalan Bantul dengan lebar 11,5 m
2. Lengan Timur (B) : Jalan Nasional III dengan lebar 11 m
3. Lengan Selatan (C) : Jalan Bantul dengan lebar 11,5 m
4. Lengan Barat (D) : Jalan Nasional III dengan lebar 11 m

5.1.2 Kondisi Lingkungan Simpang

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan didapatkan hasil pengamatan kondisi lingkungan pada simpang APILL Jalan Simpang Dongkelan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Kondisi Lingkungan Jalan Simpang Dongkelan

Kode Pendekat	Kondisi Wilayah	Tipe Lingkungan Simpang
U	Pertokoan	Komersial
T	Pertokoan	Komersial
S	Pertokoan	Komersial
B	Pertokoan	Komersial

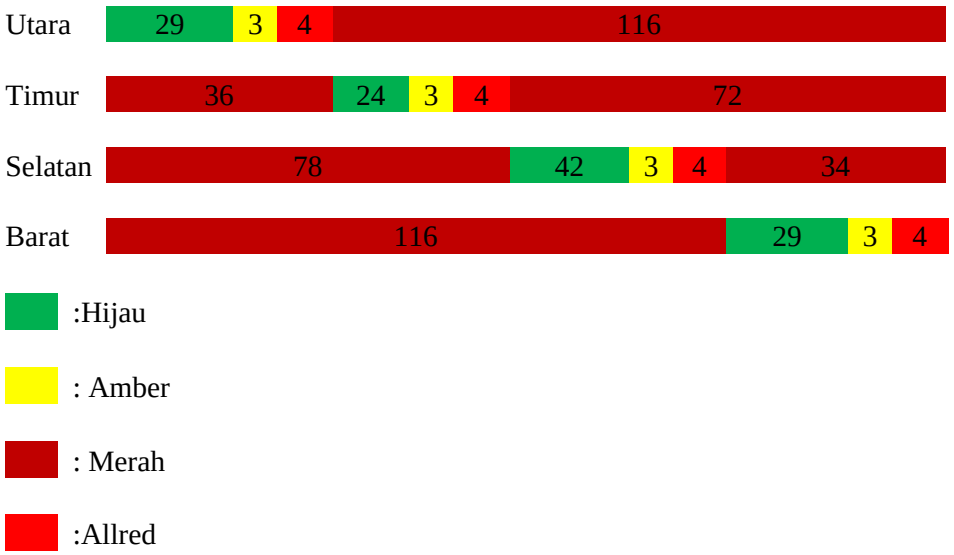
5.1.3 Data Waktu Siklus Simpang dan Fase Sinyal

Data sinyal lalu lintas diambil untuk mengetahui waktu siklus sinyal pada setiap lengan dan fase simpang. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *stopwatch* untuk mendapatkan waktu hijau, kuning, merah, dan *allred* pada tiap lengan. Data sinyal lalu lintas pada Simpang Dengkolan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Perwaktuan Sinyal Lalu Lintas Simpang Dengkolan Kondisi Eksisting

Lengan	Waktu (detik)				
	Merah	Hijau	Kuning	All Redd	Siklus
Utara	116	29	3	4	152
Timur	121	24	3	4	
Selatan	103	42	3	4	
Barat	116	29	3	4	

Diagram fase simpang dengkolan dapat dilihat pada Gambar 5.2.



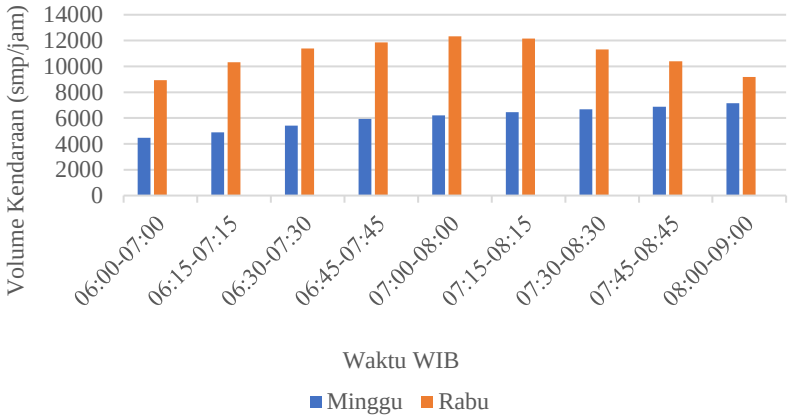
Gambar 5.2 Diagram Fase Simpang Dongkelan

5.1.4 Data Volume Lalu Lintas

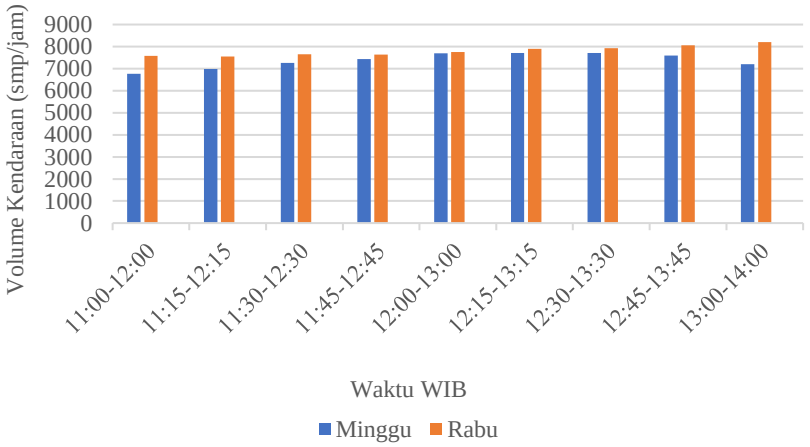
Pengambilan data volume lalu lintas dilakukan selama dua hari yaitu pada hari Minggu (26 November 2023) dan hari Rabu (29 November 2023). Volume lalu lintas setiap ruas jalan dihitung pada jam sibuk. Dari hasil perhitungan volume pada dua hari tersebut kemudian dibandingkan dan diambil nilai maksimum untuk dilakukan analisis. Berikut adalah data volume lalu lintas pada dua hari yang dapat dilihat pada Tabel 5.3, Gambar 5.3, Gambar 5.4, dan Gambar 5.5.

Tabel 5.3 Data Volume Lalu Lintas

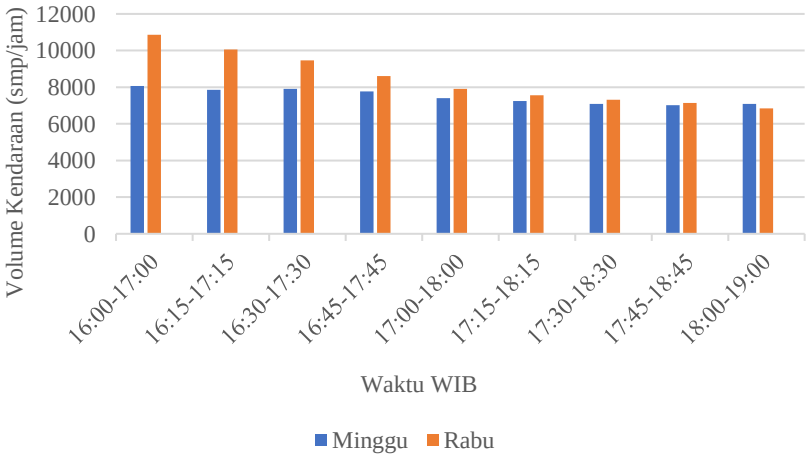
Periode Waktu	Volume Lalu Lintas (smp/jam)	
	Minggu 26 November 2023	**Rabu 29 November 2023**
Pagi		
06.00 – 07.00	4463	8941
06.15 – 07.15	4890	10311
06.30 – 07.30	5427	11387
06.45 – 07.45	5935	11850
07.00 – 08.00	6207	12330
07.15 – 08.15	6452	12151
07.30 – 08.30	6670	11310
07.45 – 08.45	6872	10401
08.00 – 09.00	7143	9185
Siang		
11.00 – 12.00	6765	7579
11.15 – 12.15	6979	7545
11.30 – 12.30	7253	7654
11.45 – 12.45	7436	7633
12.00 – 13.00	7689	7758
12.15 – 13.15	7710	7894
12.30 – 13.30	7705	7928
12.45 – 13.45	7590	8057
Sore		
16.00 – 17.00	8061	10866
16.15 – 17.15	7850	10064
16.30 – 17.30	7915	9464
16.45 – 17.45	7766	8609
17.00 – 18.00	7411	7901
17.15 – 18.15	7244	7552
17.30 – 18.30	7086	7319
17.45 – 18.45	7026	7136
18.00 – 19.00	7082	6846



Gambar 5.3 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Pagi



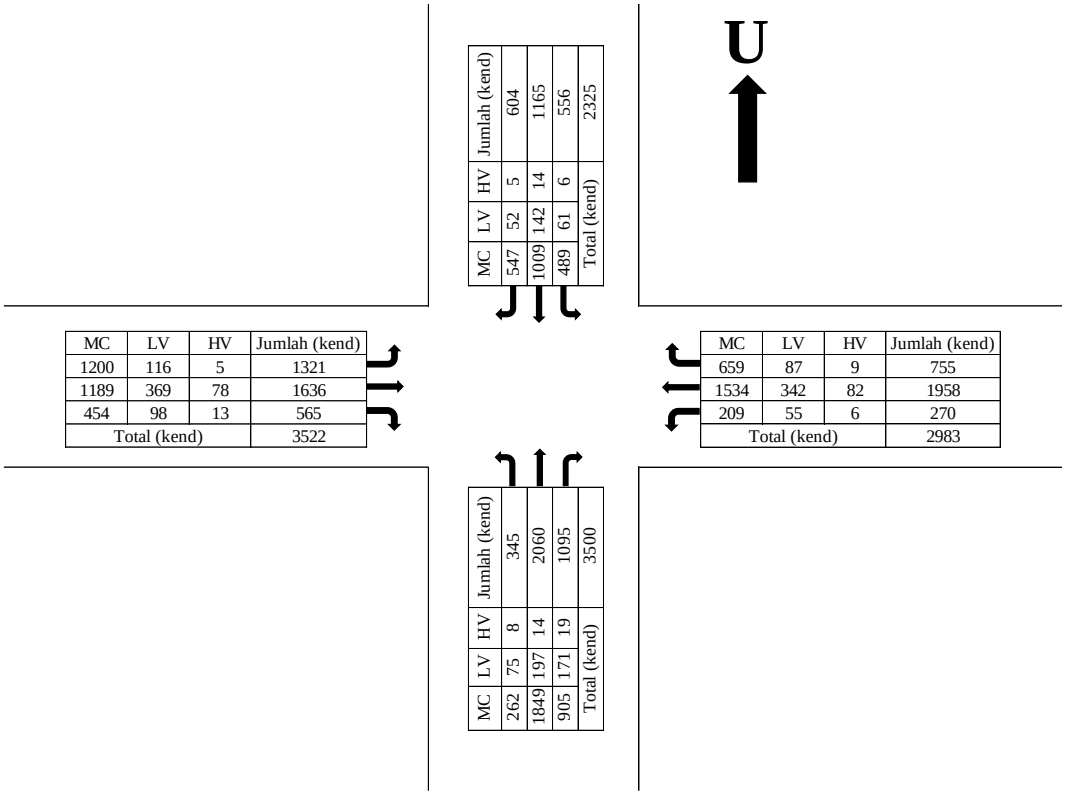
Gambar 5.4 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Siang



Gambar 5.5 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Sore

Berdasarkan Gambar 5.3, Gambar 5.4, dan Gambar 5.5, diperoleh jam puncak pada Hari Rabu, 29 November 2024 pada pukul 07.00 – 08.00 dengan volume 12330 smp/jam.

Distribusi arus lalu lintas Simpang Dongkelan dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Distribusi Pergerakan Arus Lalu Lintas Simpang Dongkelan

Data volume lalu lintas Simpang Dongkelan pada jam Puncak dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Volume Lalu Lintas Simpang Dongkelan

Komposisi Lalu Lintas		LV		HV		MC		Kend Bermotor Total MV		Rasio Belok	Kend Tak Bermotor (Kend/Jam)
Arus Lalu Lintas	Arah	Kend Ringan LV		Kend Berat HV		Sepeda Motor MC					
Pendekat		Kend/Jam	emp 1 smp/jam	Kend/Jam	emp 1.3 smp/jam	Kend/Jam	emp 0.2 smp/jam	Kend/Jam	smp/jam		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jl. Minor A (Utara)	LT	61	61	6	8	489	98	556	167	0.24	4
	ST	142	142	14	19	1009	202	1165	363		
	RT	52	52	5	7	547	110	604	169	0.24	
	Total	255	255	25	34	2045	410	2325	699	0.48	
Jl. Minor B (Selatan)	LT	75	75	8	11	262	53	345	139	0.13	6
	ST	197	197	14	19	1849	370	2060	586		
	RT	171	171	19	25	905	181	1095	377	0.34	
	Total	443	443	41	55	3016	604	3500	1102	0.47	
Jumlah Jl. Minor Total A+B		698	698	66	89	5061	1014	5825	1801		10
Jl. Mayor C (Timur)	LT	55	55	6	8	209	42	270	105	0.10	3
	ST	342	342	82	107	1534	307	1958	756		
	RT	87	87	9	12	659	132	755	231	0.21	
	Total	484	484	97	127	2402	481	2983	1092	0.31	
Jl. Mayor D (Barat)	LT	116	116	5	7	1200	240	1321	363	0.28	2
	ST	369	369	78	102	1189	238	1636	709		
	RT	98	98	13	17	454	91	565	206	0.16	
	Total	583	583	96	126	2843	569	3522	1278	0.45	
Jumlah Jl. Mayor Total C+D		1067	1067	193	253	5245	1050	6505	2370		5
Jln Minor+Mayor	LT	307	307	25	34	2160	433	2492	774	0.19	15
	ST	1050	1050	188	247	5581	1117	6819	2414		
	RT	408	408	46	61	2565	514	3019	983	0.24	
	Total	1765	1765	259	342	10306	2064	12330	4171	0.42	
					RASIO JALAN MINOR PMI				0.568	Rasio PUM	0.00

5.1.5 Data *Driving Behavior*

Data *driving* Behavior diambil langsung di lapangan dengan mengamati perilaku pengemudi yang sedang mengendarai kendaraan. Data tersebut didapatkan dengan melakukan pengukuran jarak antara kendaraan depan belakang dan jarak lateral sehingga data ini dapat digunakan sebagai parameter pada pemodelan VISSIM. Data *driving behavior* Simpang Dongkelan dapat dilihat pada Lampiran 3. Jarak rata-rata depan belakang untuk kendaraan bergerak adalah sebesar 0,955 m, jarak rata-rata berdampingan kendaraan bergerak sebesar 1,042 m, jarak rata-rata depan belakang kendaraan berhenti sebesar 0,538 m, dan jarak rata-rata berdampingan kendaraan berhenti sebesar 0,519 m.

5.1.6 Data Panjang Antrean

Data Panjang antrean digunakan untuk validasi hasil perhitungan berdasarkan MKJI 1997 dan pemodelan VISSIM. Berdasarkan hasil pengukuran dilapangan, diperoleh data panjang rata-rata pada jam puncak yang terdapat pada Tabel. 5.5.

Tabel 5.5 Panjang Antrean Jam Puncak

Pendekat	Panjang Antrean Rata-rata (m)
Jalan Bantul (utara)	437,49
Jalan Nasional III (timur)	464,05
Jalan Bantul (selatan)	467,43
Jalan Nasional III (barat)	467,69

Berdasarkan Tabel 5.5, panjang antrean rata-rata Ketika jam puncak pada Jalan Bantul (utara) sebesar 437,49 m, Jalan Nasional III (timur) sebesar 464,05 m, Jalan Bantul (selatan) sebesar 467,43 m, Jalan Nasional III (barat) sebesar 467,69 m.

5.1.7 Hambatan Samping

Survei hambatan samping dilakukan dengan cara melakukan pengamatan langsung mengenai kondisi lingkungan pada setiap lengan. Data hambatan samping digunakan untuk melakukan analisis menggunakan MKJI 1997. Hambatan samping

Lengan Utara (Jalan Bantul) dapat dilihat pada Gambar 5.7. Berdasarkan Gambar 5.7, dilakukan penetapan tipe lingkungan pada Lengan Utara (Jalan Bantul) adalah lingkungan komersial dengan kelas hambatan samping tinggi.

Gambar 5.7 Hambatan Samping Jalan Bantul (Utara)

Berdasarkan Gambar 5.8, dilakukan penetapan tipe lingkungan pada Lengan Timur (Jalan Bantul) adalah lingkungan komersial dengan kelas hambatan samping tinggi.

Gambar 5.8 Hambatan Samping Jalan Nasional III (Timur)

Berdasarkan Gambar 5.9, dilakukan penetapan tipe lingkungan pada Lengan barat (Jalan Nasional III) adalah lingkungan komersial dengan kelas hambatan samping tinggi.

Gambar 5.9 Hambatan Samping Jalan Nasional III (Barat)

Berdasarkan Gambar 5.10, dilakukan penetapan tipe lingkungan pada Lengan Selatan (Jalan Bantul) adalah lingkungan komersial dengan kelas hambatan samping tinggi.

Gambar 5.10 Hambatan Samping Jalan Bantul (Selatan)

5.2 Data Sekunder

BPS Kabupaten Bantul dengan luas wilayah 506,85 km^2 terbagi menjadi 17 Kapanewon, 75 kelurahan, dan 933 Pendukuhan. Pada tahun 2023 jumlah penduduk Kabupaten Bantul sebanyak 1.078.404 jiwa.

5.3 Analisis Kinerja Eksisting Simpang Berdasarkan MKJI 1997

Analisis kinerja simpang didasarkan pada MKJI 1997. Analisis tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitas, derajat kejenuhan, dan tinggi performansi pada suatu simpang bersinyal yang mencakup panjang antrean, kendaraan terhenti, dan tundaan. Analisis perhitungan kondisi eksisting Simpang Dongkelan berdasarkan MKJI 1997 adalah sebagai berikut.

1. Arus kendaraan
   a. Lengan utara = 699 smp/jam
   b. Lengan timur = 1092 smp/jam
   c. Lengan barat = 1278 smp/jam
   d. Lengan selatan = 1102 smp/jam
2. Lebar efektif lengan
   a. Lengan utara = 5,5 m
   b. Lengan timur = 11 m
   c. Lengan barat = 11 m
   d. Lengan Selatan = 5,75 m
3. Perhitungan arus jenuh dasar
   a. Lengan utara

      $S_0 = 850 \times W_e$

      $= 850 \times 5{,}5$

      $= 4294$ smp/jam

   b. Lengan timur

      $S_0 = 850 \times W_e$

      $= 850 \times 11$

      $= 8294$ smp/jam

c. Lengan barat

S_0 = 850 × W_e

= 850 × 11

= 8294 smp/jam

d. Lengan selatan

S_0 = 850 × W_e

= 850 × 5,75

= 4479 smp/jam

4. Penentuan faktor koreksi kapasitas

a. Faktor koreksi ukuran kota

BPS Kabupaten Bantul Tahun 2023 atau DIY dalam angka 1.078.404 jiwa sehingga nilai faktor koreksi ukuran kota (F_{cs}) Kab. Bantul adalah 1.

b. Faktor koreksi hambatan samping

1) Lengan utara

Kondisi lingkungan pada lengan utara yaitu Jalan Jalan Bantul termasuk lingkungan komersial karena terdapat toko dan minimarket. Lingkungan jalan pada lengan tersebut jika diamati secara kualitatif termasuk ke dalam hambatan samping tinggi. Tipe fase pada lengan utara adalah terlindung. Berdasarkan Tabel 3.4, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0,93.

2) Lengan timur

Kondisi lingkungan pada lengan timur yaitu Jalan Nasional III termasuk lingkungan komersial karena terdapat pertokoan. Lingkungan jalan pada lengan tersebut jika diamati secara kualitatif termasuk dalam hambatan samping sedang. Tipe fase pada lengan timur adalah terlindung. Berdasarkan Tabel 3.4, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0,93.

3) Lengan barat

Kondisi lingkungan pada lengan barat yaitu Jalan Nasional III termasuk lingkungan komersial karena terdapat pertokoan berupa

pembelian tiket bus sehingga pada lengan ini menjadi tempat perhentian bus antar kota antar provinsi (AKAP) untuk menaikkan dan menurunkan penumpang. Lingkungan jalan pada lengan tersebut jika diamati secara kualitatif termasuk ke dalam hambatan samping tinggi. Tipe fase pada lengan barat adalah terlindung. Berdasarkan Tabel 3.4, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0,93.

4) Lengan selatan

Kondisi lingkungan pada lengan selatan yaitu Jalan Bantul termasuk komersial karena terdapat deretan rumah toko dan minimarket serta dealer motor. Lingkungan jalan pada lengan tersebut jika diamati secara kualitatif termasuk ke dalam hambatan samping tinggi. Tipe fase pada lengan selatan adalah terlindung. Berdasarkan Tabel 3.4, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0,93.

c. Faktor koreksi gradien

Faktor kelandaian pada penelitian ini diabaikan sehingga kemiringan dianggap 0%. Berdasarkan Gambar 3.5, nilai faktor kelandaian Simpang Dongkelan pada setiap lengannya adalah 1.

d. Faktor koreksi parkir

Berdasarkan pengamatan secara langsung di lapangan tidak terdapat kendaraan yang terparkir disepanjang lengan. Berdasarkan Gambar 3.6, maka nilai faktor koreksi parkir Simpang Dongkelan pada setiap lengannya adalah 1.

e. Faktor koreksi belok kanan

1) Lengan utara

F_{RT} $= 1{,}0 + P_{RT} \times 0{,}26$

$= 1{,}0 + 0{,}24 \times 0{,}26$

$= 1{,}063$

2) Lengan timur

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

3) Lengan barat

Pendekat barat pada Simpang Dongkelan memiliki median sehingga faktor penyesuaian belok kanan pada Pendekat barat sebesar 1.

4) Lengan selatan

F_{RT} = 1,0 + P_{RT} × 0,26

= 1,0 + 0,34 × 0,26

= 1,089

f. Faktor koreksi belok kiri

1) Lengan utara

F_{LT} = 1,0 – P_{LT} × 0,16

= 1,0 - 0,24 × 0,16

= 0,962

2) Lengan timur

F_{LT} = 1,0 – P_{LT} × 0,16

= 1,0 - 0,10 × 0,16

= 0,985

3) Lengan barat

F_{LT} = 1,0 – P_{LT} × 0,16

= 1,0 - 0,28 × 0,16

= 0,955

4) Lengan selatan

F_{LT} = 1,0 – P_{LT} × 0,16

= 1,0 - 0,13 × 0,16

= 0,980

5. Perhitungan penilaian arus jenuh

Berdasarkan nilai arus jenuh dan faktor-faktor koreksi yang telah dihitung, maka diperoleh nilai arus jenuh dengan Persamaan 3.1 untuk setiap lengan sebagai berikut.

a. Lengan utara

S = S_0 × F_{CS} × F_{SF} × F_G × F_P × F_{RT} × F_{LT}

= 4294 × 1 × 0,93 × 1 × 1 × 1,063 × 0,962

= 4083 smp/jam

b. Lengan timur

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

= 8294 × 1 × 0,93 × 1 × 1 × 1 × 0,985

= 7595 smp/jam

c. Lengan barat

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

= 8294 × 1 × 0,93 × 1 × 1 × 1 × 0,955

= 7363 smp/jam

d. Lengan selatan

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

= 4479 × 1 × 0,93 × 1 × 1 × 1,089 × 0,980

= 4445 smp/jam

6. Kapasitas

Perhitungan kapasitas dihitung menggunakan Persamaan 3.21. Berikut merupakan perhiutngan kapasitas tiap lengan Simpang Dongkelan.

a. Lengan utara

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

= $4083 \times \frac{29}{152}$

= 779 smp/jam

b. Lengan timur

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

= $7595 \times \frac{24}{152}$

= 1200 smp/jam

c. Lengan barat

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

= $7363 \times \frac{29}{152}$

= 1405 smp/jam

d. Lengan selatan

C = S × $\frac{g}{c}$

= 4445 × $\frac{42}{152}$

= 1229 smp/jam

7. Derajat kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan menggunakan Persamaan 3.22. Berikut merupakan perhitungan derajat kejenuhan tiap lengan Simpang Dongkelan.

a. Lengan utara

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

= $\frac{699}{779}$

= 0,897

b. Lengan timur

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

= $\frac{1092}{1200}$

= 0,910

c. Lengan barat

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

= $\frac{1278}{1405}$

= 0,910

d. Lengan selatan

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

= $\frac{1102}{1229}$

= 0,879

8. Panjang antrean

Perhitungan panjang antrean dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24. Berikut merupakan perhitungan panjang antrean pada Simpang Dongkelan.

a. Lengan utara

1) Rasio Hijau

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

GR $= \frac{29}{152}$

GR = 0,191

2) NQ_1

Lengan utara memiliki derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai NQ_1 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23.

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

$NQ_1 = 0{,}25 \times 779 \times \left[(0{,}897 - 1) + \sqrt{(0{,}897 - 1)^2 + \frac{8 \times (0.897 - 0{,}5)}{779}}\right]$

NQ_1 = 7,000 smp

3) NQ_2

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

$NQ_2 = 152 \times \frac{1 - 0{,}191}{1 - 0{,}191 \times 0{,}897} \times \frac{699}{3600}$

NQ_2 = 29,000 smp

4) NQ

NQ $= NQ_1 + NQ_2$

NQ = 7,000 + 29,000

NQ = 36 smp

5) NQ_{MAX}

NQ_{MAX} = 50 smp

6) QL

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

QL $= 50 \times \frac{20}{5{,}5}$

QL = 181,818 m

b. Lengan timur

1) Rasio Hijau

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

GR $= \frac{24}{152}$

GR = 0,158

2) NQ_1

Lengan timur memiliki derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai NQ_1 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23.

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

$NQ_1 = 0{,}25 \times 1200 \times \left[(0{,}910 - 1) + \sqrt{(0{,}910 - 1)^2 + \frac{8 \times (0{,}910 - 0{,}5)}{1200}}\right]$

NQ_1 = 9,000 smp

3) NQ_2

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

$NQ_2 = 152 \times \frac{1 - 0{,}158}{1 - 0{,}158 \times 0{,}863} \times \frac{1092}{3600}$

NQ_2 = 46,000 smp

4) NQ

NQ $= NQ_1 + NQ_2$

NQ = 9,000 + 46,000

NQ = 55 smp

5) NQ_{MAX}

NQ_{MAX} = 69 smp

6) QL

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

$QL = 69 \times \frac{20}{11}$

QL = 125,455 m

c. Lengan barat

1) GR

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

GR $= \frac{29}{152}$

GR = 0,191

2) NQ_1

Lengan barat memiliki derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai NQ_1 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23.

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

$NQ_1 = 0{,}25 \times 1405 \times \left[(0{,}910 - 1) + \sqrt{(0{,}910 - 1)^2 + \frac{8 \times (0{,}910 - 0{,}5)}{1405}}\right]$

NQ_1 = 9,000 smp

3) NQ_2

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

$NQ_2 = 152 \times \frac{1 - 0{,}191}{1 - 0{,}191 \times 0{,}885} \times \frac{1296}{3600}$

NQ_2 = 53,000 smp

4) NQ

NQ $= NQ_1 + NQ_2$

NQ = 9,000 + 53,000

NQ = 62 smp

5) NQ_{MAX}

NQ_{MAX} = 69 smp

6) QL

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

$QL = 69 \times \frac{20}{11}$

QL = 125,455 m

d. Lengan selatan

1) GR $= \frac{g}{c}$

2) GR $= \frac{42}{152}$

3) GR = 0,276

4) Lengan selatan memiliki derajat kejenuhan (DS) > 0,5, sehingga nilai NQ_1 dapat dihitung menggunakan persamaan 3.23.

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

6) $NQ_1 = 0{,}25 \times 1229 \times \left[(0{,}897 - 1) + \sqrt{(0{,}897 - 1)^2 + \frac{8 \times (0{,}897 - 0{,}5)}{1229}}\right]$

7) NQ_1 = 8,000 smp

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

9) $NQ_2 = 152 \times \frac{1 - 0{,}276}{1 - 0{,}276 \times 0{,}897} \times \frac{1102}{3600}$

10) NQ_2 = 45,000 smp

11) NQ $= NQ_1 + NQ_2$

12) NQ = 8,000+ 45,000

13) NQ = 53 smp

14) NQ_{max} = 69 smp

15) QL $= NQ_{max} \times \frac{20}{W_{masuk}}$

16) QL $= 69 \times \frac{20}{5{,}75}$

17) QL = 240,000 m

9. Kendaraan terhenti

a. Lengan utara

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

NS $= 0{,}9 \times \frac{50}{699 \times 152} \times 3600$

NS = 1,525

NSV = Q × NS

NSV = 699 × 1,525

NSV = 1066 smp/jam

b. Lengan timur

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

NS = 0,9 × $\frac{69}{1092 \times 152}$ × 3600

NS = 1,347

NSV = Q × NS

NSV = 1092 × 1,347

NSV = 1471 smp/jam

c. Lengan barat

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

NS = 0,9 × $\frac{69}{1278 \times 152}$ × 3600

NS = 1,151

NSV = Q × NS

NSV = 1278 × 1,151

NSV = 1471 smp/jam

d. Lengan selatan

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

NS = 0,9 × $\frac{68}{1102 \times 152}$ × 3600

NS = 1,335

NSV = Q × NS

NSV = 1102 × 1,335

NSV = 1471 smp/jam

Perhitungan angka henti pada simpang dihitung menggunakan Persamaan 3.26. Berikut merupakan perhitungan angka henti pada Simpang Dongkelan.

NStot = $\frac{\sum \text{NSV}}{\text{Q}_{\text{tot}}}$

$= \frac{1066+1471+1471+1471}{4171}$

$= \frac{5479}{4171}$

= 1,314

10. Tundaan

Tundaan paada simpang terdapat dua perhitungan tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DG). Berikut merupakan perhitungan tundaan pada tiap lengan.

a. Lengan utara

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

A $= \frac{0,5 \times (1-0,191)^2}{1-0,191 \times 0,897}$

A = 0,395

DT_j $= c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$

DT_j $= 152 \times 0,395 + \frac{7,000 \times 3600}{779}$

DT_j = 92,395 det/smp

DG_j $= (1 - p_{sv}) \times P_T \times 6 + (p_{sv} \times 4)$

DG_j $= (1 - 1,525) \times 0,48 \times 6 + (1,525 \times 4)$

DG_j = 4,586 det/smp

D_j $= DT_j + DG_j$

D_j = 92,395 + 4,586

D_j = 96,981 det/smp

b. Lengan timur

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

A $= \frac{0,5 \times (1-0,158)^2}{1-0,158 \times 0,910}$

A = 0,414

DT_j $= c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$

DT_j $= 152 \times 0,414 + \frac{9,000 \times 3600}{1200}$

DT_j = 89,938 det/smp

DG_j = (1 - p_{sv}) × P_T × 6 + (p_{sv} × 4)

DG_j = (1 -1,347) × 0,31 × 6 + (1,347× 4)

DG_j = 4,747 det/smp

D_j = DT_j + DG_j

D_j = 89,938 + 4,747

D_j = 94,685 det/smp

c. Lengan barat

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

A = $\frac{0,5 \times (1-0,191)^2}{1-0,191 \times 0,910}$

A = 0,396

DT_j = c × A + $\frac{NQ_1 \times 3600}{C}$

DT_j = 152 × 0,396 + $\frac{9,000 \times 3600}{1405}$

DT_j = 83,277 det/smp

DG_j = (1 - p_{sv}) × P_T × 6 + (p_{sv} × 4)

DG_j = (1 -1,151) × 0,44 × 6 + (1,151× 4)

DG_j = 4,200 det/smp

D_j = DT_j + DG_j

D_j = 83,277 + 4,200

D_j = 87,478 det/smp

d. Lengan selatan

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

A = $\frac{0,5 \times (1-0,276)^2}{1-0,276 \times 0,897}$

A = 0,348

DT_j = c × A + $\frac{NQ_1 \times 3600}{C}$

DT_j = 152 × 0,348 + $\frac{8,000 \times 3600}{1229}$

DT_j = 76,346 det/smp

DG_j = (1 - p_{sv}) × P_T × 6 + (p_{sv} × 4)

DG_j = (1 -1,335) × 0,47 × 6 + (1,335× 4)

DG_j = 4,398 det/smp

D_j = DT_j+ DG_j

D_j = 76,346 + 4,398

D_j = 80,744 det/smp

Perhitungan tundaan rata-rata seluruh simpang (D_I) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.33. Berikut merupakan perhitungan tundaan rata-rata pada Simpang Dongkelan.

$$D_I = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{tot}}$$

$$= \frac{(699 \times 96{,}981)+(1092 \times 94{,}685)+(1278 \times 87{,}478)+(1102 \times 80{,}744)}{4171}$$

= 89,178 det/smp

Hasil analisis kinerja Simpang Dongkelan dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Analisis Kinerja Simpang Dongkelan Eksisting MKJI 1997

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	DS	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
Jalan Bantul (Utara)	779	0,897	181,818	96,981	F	89,178	F
Jalan Nasional III (Timur)	1200	0,910	125,455	94,685	F		
Jalan Nasional III (Barat)	1405	0,910	125,455	87,478	F		
Jalan Bantul (Selatan)	1229	0,897	240,000	80,744	F		

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh panjang antrean pada pendekat Jalan Bantul (utara) sepanjang 181,818 m dan tundaan sebesar 96,981 detik/smp dengan

tingkat pelayanan F. Pendekat Jalan Nasional III (timur) memiliki panjang antrean sepanjang 125,455 m dan tundaan sebesar 94,685 detik/smp dengan tingkat pelayanan F. Pendekat Jalan Nasional III (barat) memiliki panjang antrean sepanjang 125,455 m dan tundaan sebesar 87,478 detik/smp dengan tingkat pelayanan F. Pada pendekat Jalan Bantul (selatan) memiliki panjang antrean sepanjang 240,000 dan tundaan sebesar 80,744 detik/smp. Tundaan simpang yaitu sebesar 89,178 detik/smp dengan tingkat pelayanan F.

5.4 Pemodelan Simpang Menggunakan *Software* VISSIM

Software VISSIM digunakan untuk membantu pemodelan Simpang Dongkelan. *Output* dari pemodelan menggunakan *software* VISSIM yang diambil yaitu berupa volume kendaraan, panjang antrean, dan tundaan simpang. Pada kondsisi eksisting, dilakukan uji validasi untuk volume kendaraan serta panjang antrean.

5.4.1 Hasil Pemodelan sebelum Kalibrasi

Output dari pemodelan menggunakan perangkat lunak VISSIM berupa volume kendaraan dan panjang antrean. Parameter volume kendaraan digunakan untuk uji GEH, sedangkan parameter panjang antrean digunakan untuk uji MAPE. Berikut merupakan data volume kendaraan dan panjang antrean hasil pemodelan menggunakan *software* VISSIM yang dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8.

Tabel 5.7 Volume Kendaraan pada Simpang Pemodelan Menggunakan VISSIM sebelum Kalibrasi

Pendekat	Kendaraan Hasil Observasi (kend/jam)	Kendaraan Pemodelan VISSIM (kend/jam)	GEH
Jalan Bantul (Utara)	2325	811	38,234
Jalan Nasional III (Timur)	2983	1256	237,512
Jalan Nasional III (Barat)	3522	1319	44,778
Jalan Bantul (Selatan)	3500	1357	43,486

Nilai GEH untuk parameter volume kendaraan hasil pemodelan pada VISSIM sebelum kalibrasi masih menunjukan nilai di atas 5 sehingga pemodelan yang dilakukan belum valid dan belum memenuhi persyaratan uji GEH.

Tabel 5.8 Panjang Antrean pada Pemodelan Menggunakan VISSIM sebelum Kalibrasi

Pendekat	Panjang Antrean Hasil Observasi (m)	Panjang Antrean Pemodelan VISSIM (m)	MAPE (%)
Jalan Bantul (Utara)	65	473,49	628
Jalan Nasional III (Timur)	50	464,05	828
Jalan Nasional III (Barat)	115	467,69	307
Jalan Bantul (Selatan)	120	467,43	290

Hasil pemodelan parameter panjang antrean menunjukan nilai MAPE lebih dari 50% sehingga pemodelan yang dilakukan belum valid dan belum memenuhi persyaratan UJI MAPE <50%.

5.4.2 Hasil Pemodelan setelah Kalibrasi

Berdasarkan hasil pemodelan pada kondisi sebelum kalibrasi, didapatkan hasil pemodelan yang belum valid. Hal ini dikarenakan terdapat perbedaan antara hasil pengamatan kondisi di Lokasi penelitian dengan hasil pemodelan. Oleh karena itu, diperlukan kalibrasi agar pemodelan yang dilakukan valid dan dapat mempresentasikan kondisi di Lokasi penelitian. Proses kalibrasi dapat dilakukan dengan mengubah parameter *driving behavior* atau perilaku pengemudi. Perubahan parameter *driving behavior* dapat dilihat pada Tabel 5.9.

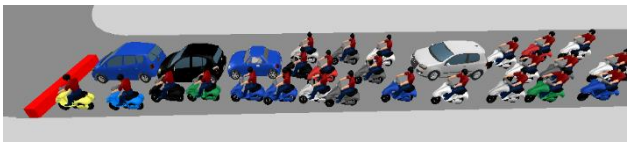
Tabel 5.9 Perubahan Parameter pada *Driving Behavior*

Parameter yang Diubah	**Komponen yang Diubah**		***Default***	**Kalibrasi**
			Nilai	
Car Following	*Average Standstill Distance (m)*		2,00	0,3
	Additive Part of Safety Distance		2,00	0,3
	Multiplicative Part of Safety Distance		3,00	0,8
	Look ahead distance (m)	*minimun*	0	0
		maximum	250	150
		Observed vehicles	4	3
	Look back distance (m)	*minimun*	0	0
		maximum	150	150
Lane Change	*Waiting time before diffusion (s)*		60	40
	Min. Headway (front/rear) (m)		0,5	0,4
Lateral	*Desired Position at Free Flow*		*Middle of Lane*	*Any*
	Minimum Distance Standing (m)		0,20	0,2
	Minimum Distance Driving (m)		1,00	0,4
	Overtake on Same Lane		*None*	*On Left*
				On Right
Signal Controller	*Behaviour at Red/Amber Signal*		*Stop (Same as Red)*	*Go (Same as Green)*

Perbandingan secara visual pemodelan pada VISSIM sebelum dilakukan kalibrasi dan setelah dilakukan kalibrasi dilihat pada Gambar 5.11 dan Gambar 5.12.

Gambar 5.11 Sebelum Kalibrasi

Kondisi sebelum kalibrasi, model model VISSIM mungkin menunjukkan jumlah kendaraan yang lebih sedikit karena parameter lalu lintas awal seperti volume kendaraan, kecepatan, dan pola pergerakan belum disesuaikan untuk mencerminkan kondisi nyata. Kalibrasi diperlukan untuk mengatur parameter ini agar model sesuai dengan data lalu lintas sebenarnya.



Gambar 5.12 Sesudah Kalibrasi

Setelah melakukan proses kalibrasi, maka dilakukan proses validasi supaya hasil dari kalibrasi telah valid. Hasil pemodelan parameter volume lalu lintas dan hasil pemodelan parameter panjang antrean dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan 5.11.

Tabel 5.10 Volume Kendaraan pada Pemodelan Menggunakan VISSIM setelah Kalibrasi

Pendekat	Kendaraan Hasil Observasi (kend/jam)	Kendaraan Pemodelan VISSIM (kend/jam)	GEH
Jalan Bantul (Utara)	2325	2192	2,799
Jalan Nasional III (Timur)	2983	2855	2,369
Jalan Nasional III (Barat)	3522	3236	4,920
Jalan Bantul (Selatan)	3500	3211	4,989

Berdasarkan Tabel 5.10, nilai GEH untuk parameter volume kendaraan setelah kalibrasi menunjukkan nilai dibawah 5. Dengan demikian pemodelan sudah valid dan telah memenuhi persyaratan Uji GEH.

Tabel 5.11 Panjang Antrean pada Pemodelan Menggunakan VISSIM setelah Kalibrasi

Pendekat	Panjang Antrean Hasil Observasi (m)	Panjang Antrean Pemodelan VISSIM (m)	MAPE (%)
Jalan Bantul (Utara)	65	54,98	15
Jalan Nasional III (Timur)	50	25,37	49
Jalan Nasional III (Barat)	115	82,16	29
Jalan Bantul (Selatan)	120	99,55	17

Berdasarkan Tabel 5.11, nilai MAPE untuk parameter panjang antrean setelah kalibrasi menunjukkan nilai dibawah 50%. Dengan demikian pemodelan sudah valid dan telah memenuhi persyaratan Uji MAPE.

Hasil analisis kinerja Simpang Dongkelan ekisting menggunakan *software* VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Hasil Analisis Kinerja Simpang Dongkelan Eksisting

Pendekat	Panjang Antrean (m)	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
Jalan Bantul (Utara)	54,98	90,65	F	70,299	F
Jalan Nasional III (Timur)	25,37	41,52	E		
Jalan Nasional III (Barat)	82,16	82,36	F		
Jalan Bantul (Selatan)	99,55	69,84	F		

Berdasarkan Tabel 5.12, diperoleh panjang antrean pada pendekat Jalan Bantul (utara) sepanjang 54,98 m dan tundaan sebesar 90,65 detik/smp dengan Tingkat pelayanan F. Pendekat Jalan Nasional III (timur) memiliki panjang antrean sepanjang 23,37 dan tundaan sebesar 41,52 detik/smp dengan tingkat pelayanan E. Pendekat Jalan Nasional III (barat) memiliki panjang antrean sepanjang 82,16 dan tundaan sebesar 82,36 detik/smp dengan Tingkat pelayanan F. Pada pendekat Jalan Bantul (selatan) didapatkan nilai panjang antrean sepanjang 99,55 dan tundaan sebesar 69,84 detik/smp dengan Tingkat pelayanan F. Tundaan simpang pada kondisi eksisting adalah sebesar 70,299 detik/smp dengan Tingkat pelayanan F.

5.5 Alternatif Solusi dengan Pemodelan VISSIM

Terdapat 3 alternatif solusi untuk memperbaiki kondisi eksisting pada Simpang Dongkelan. Alternatif 1 adalah mentrial waktu hijau pada Lengan Utara (Jalan Bantul) dan Lengan Timur (Jalan Nasional III). Alternatif 2 adalah menyesuaikan waktu siklus sinyal berdasarkan MKJI 1997 dan pelebaran 1 meter

dibagian lengan utara dan selatan. Alternatif 3 adalah menyesuaikan waktu siklus sinyal berdasarkan MKJI 1997.

5.5.1 Analisis Kinerja Simpang untuk Alternatif 1

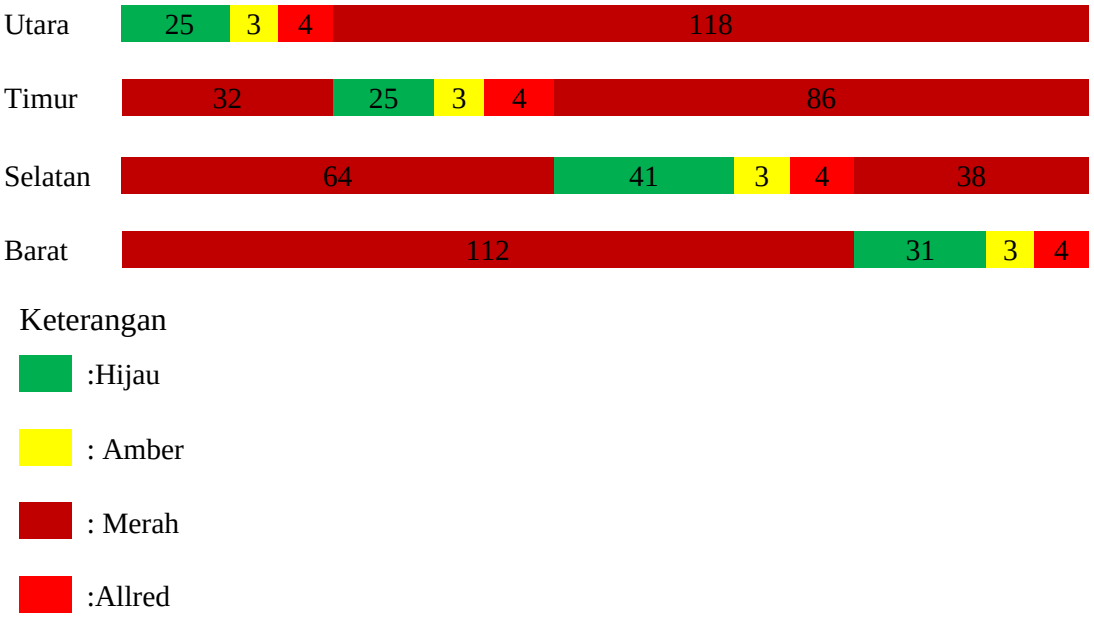
Alternatif yang pertama yaitu waktu siklus tetap menggunakan waktu siklus sebesar 150 detik. Akan tetapi dilakukan penyesuaian terhadap waktu hijau dengan mempertimbangkan nilai derajat kejenuhan tiap pendekat. Penentuan waktu hijau pada alternatif 1 tersebut dilakukan dengan cara *trial and error* sehingga diperoleh waktu hijau yang optimal. Penganturan fase 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 pertama dengan kondisi eksisting yaitu pada alternatif tersebut memiliki waktu hijau yang berbeda pada tiap pendekat. Pendekat utara kenaikan 2 detik menjadi 25 detik, pendekat timur mengalami penurunan 2 detik sebesar 2 detik menjadi 25 detik, pendekat selatan tetap sebesar 41 dan pendekat barat sebesar 31. Berikut merupakan tabel pewaktu sinyal alternatif pertama yang dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Pewaktu Sinyal pada Alternatif 1

Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hiaju	Kuning	*All red*	Merah	
Jalan Bantul (utara)	25	3	4	118	150
Jalan Nasional III (timur)	25	3	4	118	
Jalan Bantul (selatan)	41	3	4	102	
Jalan Naional III (barat)	31	3	4	112	

Berdasarkan Tabel 5.13, waktu hijau Jalan Bantul (utara) sebesar 25 detik, waktu hijau Jalan Naional III (timur) sebesar 25 detik, waktu hijau Jalan Bantul (selatan) sebesar 41 detik, dan waktu hijau Jalan Nasinal III (barat) sebesar 31 detik. Waktu siklus yang digunakan sebesar 150 detik. Berikut pembagian waktu siklus berupa diagram waktu siklus Simpang Dongkelan pada alternatif 1 dapat dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Diagram Waktu Siklus Alternatif 1

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

1. Lengan utara

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

$= 4100 \times \frac{25}{150}$

$= 684$ smp/jam

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

$= \frac{662}{683}$

$= 0{,}968$

2. Lengan timur

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

$= 7608 \times \frac{25}{150}$

$= 1268$ smp/jam

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

$= \frac{1073}{1268}$

= 0,846

3. Lengan selatan

C = S × $\frac{g}{c}$

= 4434 × $\frac{41}{150}$

= 1212 smp/jam

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

= $\frac{1014}{1212}$

= 0,837

4. Lengan barat

C = S × $\frac{g}{c}$

= 7265 × $\frac{31}{150}$

= 1502 smp/jam

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

= $\frac{1231}{1502}$

= 0,820

Rekapitulasi nilai kapasitas dan derajat kejenuhan pada alternatif 1 dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif 1

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Bantul (utara)	684	0,968
Jalan Nasional III (timur)	1268	0,846
Jalan Bantul (selatan)	1212	0,837
Jalan Nasional III (barat)	1502	0,820

Berdasarkan Tabel 5.14, nilai kapasitas pada Jalan Bantul (utara) sebesar 684 smp/jam, Jalan Nasional III (timur) sebesar 1268 smp/jam, Jalan Bantul (selatan) sebesar 1212 smp/jam, Jalan Nasional III (barat) sebesar 1502 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Bantul (utara) sebesar 0,968, Jalan Nasional III (timur)

sebesar 0,846, Jalan Bantul (selatan) sebesar 0,837, Jalan Nasional III (barat) sebesar 0,820.

Berdasarkan perubahan waktu siklus tersebut, dilakukan pemodelan kinerja Simpang Dongkelan menggunakan *software* VISSIM. Hasil pemodelannya adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

   Panjang antrean tiap pendekat pada alternatif 1 dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Panjang Antrean pada Alternatif 1

Pendekat	Rata-rata (m)
Jalan Bantul (utara)	42,11
Jalan Nasional III (timur)	25,27
Jalan Bantul (selatan)	93,59
Jalan Nasional III (barat)	82,32

   Berdasarkan Tabel 5.15, panjang antrean untuk Jalan Bantul (utara) sebesar 42,11 m, Jalan Nasional III (timur) sebesar 25,27, Jalan Bantul (selatan) sebesar 93,59 m, Jalan Nasional III (barat) sebesar 82,32 m.

2. Tundaan

   Tundaan tiap pendekat Simpang Dongkelan pada alternatif 1 dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Tundaan pada Alternatif 1

Pendekat	Rata-rata (detik/kendaraan)
Jalan Bantul (utara)	71,08
Jalan Nasional III (timur)	41,33
Jalan Bantul (selatan)	71,7
Jalan Nasional III (barat)	85,88

   Berdasarkan Tabel 5.16, diperoleh nilai tundaan untuk Jalan Bantul (utara) sebesar 71,08 detik/kendaraan, Jalan Nasional III (timur) sebesar 41,33

detik/kendaraan, Jalan Bantul (selatan) sebesar 71,7 detik/kendaraan, Jalan Nasional III (barat) sebesar 85,88 detik/kendaraan.

3. Tingkat Pelayanan

   Tingkat pelayanan Simpang Dongkelan pada alternatif 1 dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif 1

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Pendekat (detik)	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Bantul (utara)	2192	71,08	68,030	F
Jalan Nasional III (timur)	2855	41,33		
Jalan Bantul (selatan)	3211	71,7		
Jalan Nasional III (barat)	3236	85,88		

Berdasarkan Tabel 5.17 diperoleh nilai tudaan simpang sebesar 68,030 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 1 ini berdasarkan waktu siklus pada kondisi eksisting sebesar 150 detik. Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, keempat pendekat mengalami perbaikan jenuh dikarenakan nilai derajart kejenuhan > 0,85. Meskipun mengalami perbaikan waktu siklus, pada alternatif solusi pertama masih memiliki Tingkat pelayanan F berdasarkan PM 96 2015.

5.5.2 Analisis Kinerja Simpang untuk Alternatif 2

Alternatif 2 yaitu dengan mengganti waktu siklus berdasarkan perhitungan MKJI 1997. Waktu siklus yang digunakan berupa waktu siklus penyesuaian. Penganturan 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. Dan melakukan pelebaran pada pendekat utara dari 5,5 meter menjadi 6,5 dan untuk pendekat selatan dari 5,75 menjadi 6,75 meter. Berikut merupakan analisis MKJI 1997 dan pelebaran pada lengan utara dan lengan selatan dalam menentukan alternatif 2.

1. Arus kendaraan
   a. Lengan utara = 662 smp/jam
   b. Lengan timur = 1073 smp/jam
   c. Lengan selatan = 1014 smp/jam
   d. Lengan barat = 1231 smp/jam
2. Lebar efektif
   a. Lengan utara = 6,50 meter
   b. Lengan timur = 11 meter
   c. Lengan selatan = 6,75 meter
   d. Lengan barat = 11 meter
3. Perhitungan arus jenuh dasar
   a. Lengan utara

      S_0 = 850 × W_e

      = 850 × 6,50

      = 5032 smp/jam hijau

   b. Lengan timur

      S_0 = 850 × W_e

      = 850 × 11

      = 8294 smp/jam hijau

   c. Lengan selatan

      S_0 = 850 × W_e

      = 850 × 6,75

      = 5216 smp/jam hijau

   d. Lengan barat

      S_0 = 850 × W_e

      = 850 × 11

      = 8294

4. Penentu faktor koreksi
   a. Faktor kotersi ukuran kota

      Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta (2023) mencatat penduduk Kota Yogyakarta pada tahun 2023 terdapat sebanyak 1.078.404 jiwa sehingga nilai faktro koreksi ukuran kota (F_{CS}) Kab. Bantul adalah 1.

   b. Faktor koreksi hambatan samping
      1) Lengan utara = 0,93
      2) Lengan timur = 0,93
      3) Lengan selatan = 0,93
      4) Lengan barat = 0,93

   c. Faktor koreksi gradien

      Faktor kelandaian pada penelitian ini diabaikan sehingga kemiringan dianggap 0%. Nilai faktor kelandaian Simpang Dongkelan pada setiap lengannya adalah 1.

   d. Faktor koreksi

      Berdasarkan pengamatan secara langsung dilapangan tidak terdapat kendaraan yang terparkir di sepanjang lengan. Nilai faktor koreksi parkir Simpang Dongkelan pada setiap lengan adalah 1.

   e. Faktor koreksi belok kanan
      1) Lengan utara

         $F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26$

         $= 1,0 + 0,26 \times 0,26$

         $= 1,068$

      2) Lengan timur

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

      3) Lengan selatan

         $F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26$

         $= 1,0 + 0,31 \times 0,26$

         $= 1,082$

4) Lengan barat

Pendekat barat pada Simpang Dongkelan memiliki median sehingga faktor penyesuaian belok kanan pada Pendekat timur sebesar 1.

5. Faktor koreksi belok kiri

a. Lengan utara

F_{LT} = 1,0 – P_{LT} × 0,16

= 1,0 - 0,24 × 0,16

= 0,962

b. Lengan timur

F_{LT} = 1,0 – P_{LT} × 0,16

= 1,0 - 0,09 × 0,16

= 0,986

c. Lengan selatan

F_{LT} = 1,0 – P_{LT} × 0,16

= 1,0 - 0,10 × 0,16

= 0,984

d. Lengan barat

F_{LT} = 1,0 – P_{LT} × 0,16

= 1,0 - 0,36 × 0,16

= 0,942

6. Perhitungan penilaian arus jenuh

a. Lengan utara

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

= 5032 × 1 × 0,93 × 1 × 1 × 1 × 0,962

= 4804 smp/jam hijau

b. Lengan timur

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

= 8294 × 1 × 0,93 × 1 × 1 × 1 × 0,986

= 7608 smp/jam hijau

c. Lengan selatan

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

$= 5216 \times 1 \times 0{,}93 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0{,}984$

$= 5163$ smp/jam hijau

d. Lengan barat

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

$= 8294 \times 1 \times 0{,}93 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0{,}942$

$= 7265$ smp/jam hijau

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

a. Lengan utara

FR $= \frac{Q}{S}$

$= \frac{662}{4804}$

$= 0{,}138$

$FR_{crit} = 0{,}138$

b. Lengan timur

FR $= \frac{Q}{S}$

$= \frac{1073}{7608}$

$= 0{,}141$

$FR_{crit} = 0{,}141$

c. Lengan selatan

FR $= \frac{Q}{S}$

$= \frac{1014}{5163}$

$= 0{,}196$

$FR_{crit} = 0{,}196$

d. Lengan barat

FR $= \frac{Q}{S}$

$= \frac{1231}{7265}$

$= 0{,}169$

$FR_{crit} = 0{,}169$

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

IFR $= \sum FR_{crit}$

$= 0{,}138 + 0{,}141 + 0{,}196 + 0{,}169$

$= 0{,}645$

8. Rasio Fase (PR)
   a. Lengan utara

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

      $= \frac{0{,}138}{0{,}645}$

      $= 0{,}214$

   b. Lengan timur

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

      $= \frac{0{,}141}{0{,}645}$

      $= 0{,}219$

   c. Lengan selatan

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

      $= \frac{0{,}196}{0{,}645}$

      $= 0{,}305$

   d. Lengan barat

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

      $= \frac{0{,}169}{0{,}645}$

      $= 0{,}263$

9. Waktu siklus penyesuaian

   c $= \sum g + LTI$

   $= 102 + 28$

   $= 130$ detik

10. Waktu hijau (g)

a. Lengan utara

g = (c – LTI) × PR

= (127 – 28) × 0,214

= 22 detik

b. Lengan timur

g = (c – LTI) × PR

= (127 – 28) × 0,219

= 22 detik

c. Lengan selatan

g = (c – LTI) × PR

= (127 – 28) × 0,305

= 31 detik

d. Lengan barat

g = (c – LTI) × PR

= (127 – 28) × 0,263

= 27 detik

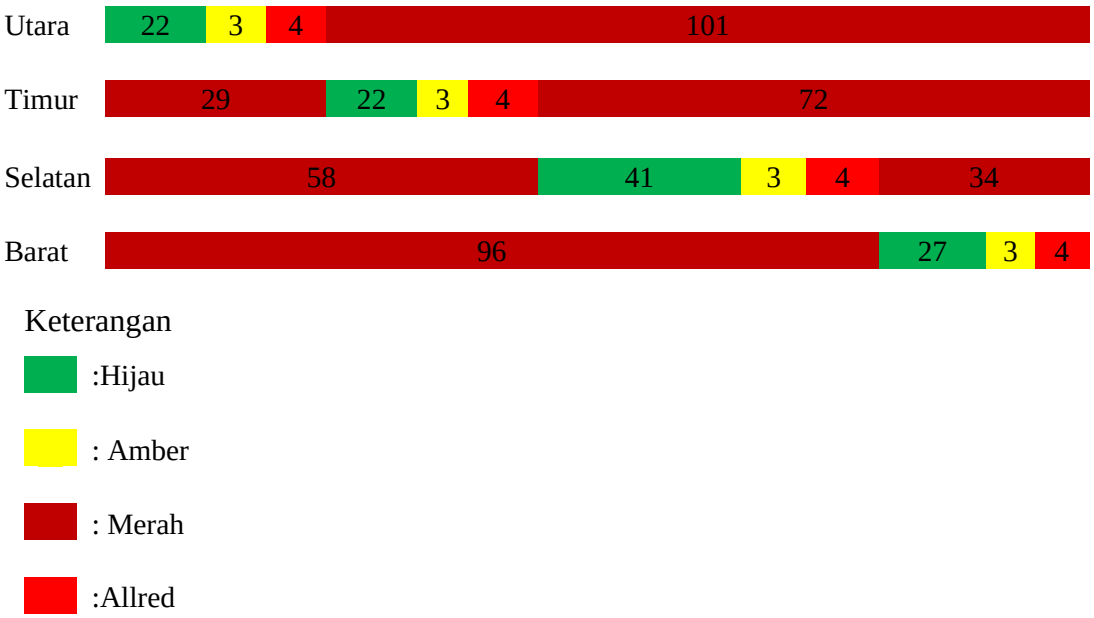
Berdasarkan perhitungan diatas, diperoleh pewaktuan sinyal yang terdapat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18 Pewaktuan Sinyal Alternatif 2

Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	All redd	Merah	
Jalan Bantul (utara)	22	3	4	101	130
Jalan Nasional III (timur)	22	3	4	101	
Jalan Bantul (selatan)	31	3	4	92	
Jalan Nasional III (barat)	27	3	4	96	

Berdasarkan Tabel 5.18, waktu hijau Jalan Bantul (utara) sebesar 22 detik, waktu hijau Jalan Nasional III (timur) sebesar 22 detik, waktu hijau Jalan Bantul (selatan) sebesar 31 detik, waktu hijau Jalan Nasional III (barat) sebesar 27 detik.

waktu siklus yang digunakan sebesar 130 deik. Adapun pembagian waktu siklus berupa diagram waktu siklus Simpang Dongkelan pada alternatif 2 dapat dilihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Diagram Waktu Siklus Alternatif 2

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

1. Lengan utara

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

$= 4804 \times \frac{22}{130}$

$= 813$ smp/jam

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

$= \frac{622}{813}$

$= 0{,}814$

2. Lengan timur

C = S × $\frac{g}{c}$

= 7608 × $\frac{22}{130}$

= 1288 smp/jam

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

= $\frac{1073}{1288}$

= 0,833

3. Lengan selatan

C = S × $\frac{g}{c}$

= 5163 × $\frac{31}{130}$

= 1232 smp/jam

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

= $\frac{1014}{1232}$

= 0,823

4. Lengan barat

C = S × $\frac{g}{c}$

= 7265 × $\frac{27}{130}$

= 1509 smp/jam

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

= $\frac{1231}{1509}$

= 0,816

Rekapitulasi nilai kapasitas dan derajat kejenuhan pada alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif 2

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat kejenuhan
Jalan Bantul (utara)	813	0,814
Jalan Nasional III (timur)	1288	0,833
Jalan Bantul (selatan)	1232	0,823
Jalan Nasional III (barat)	1509	0,816

Berdasarkan Tabel 5.19, nilai kapasitas pada Jalan Bantul (utara) sebesar 813 smp/jam, Jalan Nasional III (timur) sebesar 1288 smp/jam, Jalan Bantul (selatan) sebesar 1232 smp/jam, Jalan Nasional III (barat) sebesar 1509. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Bantul (utara) sebesar 0,814, Jalan Nasional III (timur) sebesar 0,833, Jalan Bantul (selatan) sebesar 0,823, Jalan Nasional III (barat) sebesar 0,816.

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

1. Panjang Antrean

   Panjang antrean tiap pendekat pada alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Panjang Antrean pada Alternatif 2

Pendekat	Rata-Rata (m)
Jalan Bantul (utara)	23,91
Jalan nasional III (timur)	26,56
Jalan Bantul (selatan)	61,87
Jalan nasional III (barat)	93,36

   Berdasarkan Tabel 5.20, panjang antrean untuk Jalan Bantul (utara) sebesar 23,91 m, Jalan nasional III (timur) sebesar 26,56 m, Jalan Bantul (selatan) sebesar 61,87 m, Jalan Nasional III (barat) sebesar 93,36 m.

2. Tundaan

   Tundaan tiap pendekat Simpang Dongkelan pada alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Tundaan pada Alternatif 2

Pendekat	Rata-rata
Jalan Bantul (utara)	46,62
Jalan nasional III (timur)	43,26
Jalan Bantul (selatan)	78,97
Jalan nasional III (barat)	92,44

Berdasarkan Tabel 5.21, diperoleh nilai tundan untuk Jalan Bantul (utara) sebesar 46,62 detik/kendaraan, Jalan Naional III (timur) sebesar 43,26 detik.kendaraan, Jalan Bantul (selatan) sebesar 78,97 detik/kendaraan, Jalan Nasional III (barat) sebesar 92,44 detik/kendaraan.

3. Tingkat Pelayanan

   Tingkat pelayanan Simpang Dongkelan pada alternatif 2 dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif 2

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Pendekat (detik)	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Bantul (utara)	2192	46,62	67,723	F
Jalan Nasional III (timur)	2855	43,26		
Jalan Bantul (selatan)	3211	78,97		
Jalan Nasional III (barat)	3236	92,44		

Berdasarkan Tabel 5.22, diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 67,723 detik/kendaraan sehingga Tingkat pelayanan F.

Waktu siklus yang digunakan dalam alternatif solusi ini berdasarkan analisis MKJI 1997 dengan menggunakan waktu siklus penyesuaian dan dengan pelebaran 1 meter pada lengan utara dan lengan selatan. Waktu siklus tersebut menurun

menjadi 130 detik dibandingkan dengan kondisi eksisting. Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, keempat pendekat mengalami kondisi jenuh dikarenakan nilai kejenuhan > 0,75. Meskipun mengalami perbaikan waktu dan pelebaran jalan 1 meter pada lengan utara dan lengan selatan, pada alternatif solusi 2 masih memiliki tingkat pelayanan F berdasarkan PM 96 2015.

5.5.3 Analisis Kinerja Simpang untuk Alternatif 3

Alternatif yang ketiga yaitu menggubah waktu siklus berdasarkan dengan perhitungan MKJI 1997. Waktu siklus yang digunakan berupa waktu siklus penyesuaian. Waktu *all red* yang digunakan sebesar 4 detik dan waktu kuning sebesar 3 detik sehingga diperoleh nilai LTI sebesar 28 detik.

Perbedaan alternatif 3 dengan kondisi eksisting ialah pada alternatif tersebut penentuan waktu hijau dan waktu siklus didasarkan pada analisis MKJI 1997. Berikut merupakan analisis MKJI 1997 dalam menentukan alternatif 3.

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

      FR $= \frac{Q}{S}$

      $= \frac{622}{4100}$

      = 0,161

      FR_{crit} = 0,161

   b. Lengan timur

      FR $= \frac{Q}{S}$

      $= \frac{1073}{7608}$

      = 0,141

      FR_{crit} = 0,141

   c. Lengan selatan

      FR $= \frac{Q}{S}$

      $= \frac{1014}{4434}$

      = 0,229

FR_{crit} = 0,229

d. Lengan barat

FR $= \frac{Q}{S}$

$= \frac{1231}{7265}$

= 0,169

FR_{crit} = 0,169

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

IFR $= \sum FR_{crit}$

= 0,161 + 0,141 + 0,229 + 0,169

= 0,701

2. Rasio Fase (PR)

a. Lengan utara

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

$= \frac{0,161}{0,701}$

= 0,230

b. Lengan timur

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

$= \frac{0,141}{0,701}$

= 0,201

c. Lengan selatan

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

$= \frac{0,229}{0,701}$

= 0,326

d. Lengan barat

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

$= \frac{0,169}{0,701}$

= 0,242

3. Waktu siklus penyesuaian

c = ∑g + LTI

= 100 + 28

= 128 detik

4. Waktu hijau (g)

a. Lengan utara

g = (c_{ua} – LTI) × PR

= (127 – 28) × 0,230

= 23 detik

b. Lengan timur

g = (c_{ua} – LTI) × PR

= (127 – 28) × 0,201

= 20 detik

c. Lengan selatan

g = (c_{ua} – LTI) × PR

= (127 – 28) × 0,326

= 33 detik

d. Lengan barat

g = (c_{ua} – LTI) × PR

= (127 – 28) × 0,242

= 24 detik

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh pewaktu sinyal yang terdapat pada Tabel 5.23.

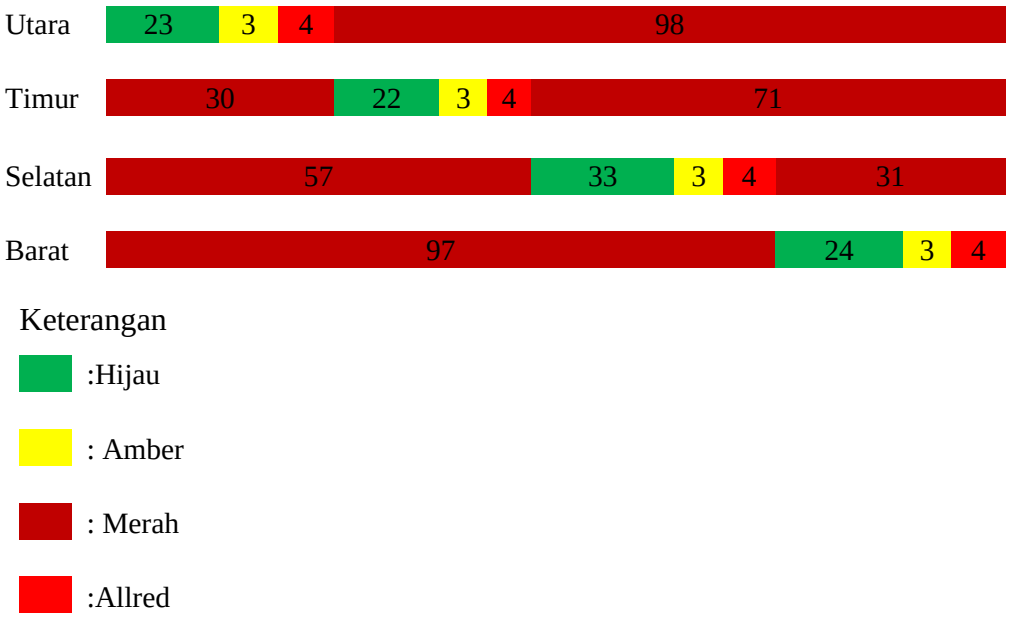
Tabel 5.23 Pewaktu Sinyal pada Alternatif 3

Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	All red	Merah	
Jalan Bantul (utara)	23	3	4	98	128

Lanjutan Tabel 5.23 Pewaktu Sinyal pada Alternatif 3

Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	All red	Merah	
Jalan Nasional III (timur)	20	3	4	101	
Jalan Bantul (selatan)	33	3	4	88	
Jalan Nasional III (barat)	24	3	4	97	

Berdasarkan Tabel 5.23, waktu hijau Jalan Bantul (utara) sebesar 23 detik, waktu hijau Jalan Nasional III (timur) sebesar 20 detik, waktu hijau Jalan Bantul (selatan) sebesar 33 detik, waktu hijau Jalan Nasional III (barat) sebesar 24 detik. Adapun pembagian waktu siklus berupa diagram waktu siklus Simpang Dongkelan pada alternatif 3 dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Diagram Waktu Siklus Alternatif 3

Perubahan waktu siklus berpengaruh terhadap kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat. Berikut merupakan perhitungan nilai kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat pada alternatif 3.

1. Lengan utara

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

$= 4100 \times \frac{23}{128}$

$= 737$ smp/jam

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

$= \frac{662}{737}$

$= 0{,}898$

2. Pendekat timur

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

$= 7608 \times \frac{20}{128}$

$= 1189$ smp/jam

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

$= \frac{1073}{1189}$

$= 0{,}902$

3. Pendekat selatan

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

$= 4434 \times \frac{33}{128}$

$= 1144$ smp/jam

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

$= \frac{1014}{1144}$

$= 0{,}886$

4. Pendekat barat

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

$= 7265 \times \frac{24}{128}$

$= 1363$ smp/jam

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

$= \frac{1231}{1363}$

$= 0{,}903$

Rekapitulasi nilai kapasitas dan derajat kejenuhan pada alternatif 3 dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif 3

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat kejenuhan
Jalan Bantul (utara)	737	0,898
Jalan Nasional III (timur)	1189	0,902
Jalan Bantul (selatan)	1144	0,886
Jalan Nasional III (barat)	1363	0,903

Berdasarkan Tabel 5.22 , nilai kapasitas pada Jalan Bantul (utara) sebesar 737 smp/jam, Jalan Nasional III (timur) sebesar 1189 smp/jam, Jalan Batul (selatan) sebesar 1144 smp/jam, Jalan Nasional III (barat) sebesar 1363 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Bantul (utara) sebesar 0,898, Jalan Nasional III (timur) sebesar 0,902, Jalan Bantul (selatan) sebesar 0,886, Jalan Nasional III (barat) sebesar 0,903.

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

1. Panjang Antrean

   Panjang antrean tiap pendekat pada alternatif 3 dapat dilihat pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25 Panjang Antrean pada Alternatif 3

Pendekat	Rata-rata
Jalan Bantul (utara)	39,1
Jalan nasional III (timur)	24,09
Jalan Bantul (selatan)	66,95
Jalan nasional III (barat)	86,93

Berdasarkan Tabel 5.25, panjang antrean untuk Jalan Bantul (utara) sebesar 39,1 m, Jalan Nasional III (timur) sebesar 24,09 m, Jalan Bantul (selatan) sebesar 66,95 m, Jalan Nasional III (barat) sebesar 86,93 m.

2. Tundaan

   Tundaan tiap pendekat Simpang Dongkelan pada alternatif 3 dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5.26 Tundaan pada Alternatif 3

Pendekat	Rata-rata
Jalan Bantul (utara)	48,62
Jalan nasional III (timur)	49,54
Jalan Bantul (selatan)	62,9
Jalan nasional III (barat)	100,32

Berdasarkan Tabel 5.26, diperoleh nilai tundaan untuk Jalan Bantul (utara) sebesar 48,62 detik/kendaraan, Jalan Nasional III (timur) sebesar 49,54 detik/kendaraan, Jalan Bantul (selatan) sebesar 62,9 detik/kendaraan, Jalan Nasional III (barat) sebesar 100,32 detik/kendaraan.

3. Tingkat pelayanan

   Tingkat pelayanan Simpang Dongkelan pada alternatif 3 dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Tingkat Pelayanan Simpang pada Altenatif 3

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Pendekat (detik)	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Bantul (utara)	2192	48,62	67,393	F
Jalan Nasional III (timur)	2855	49,54		
Jalan Bantul (selatan)	3211	62,9		
Jalan Nasional III (barat)	3236	100,32		

Berdasarkan Tabel 5.27, diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 67,393 detik/kendaraan sehingga Tingkat pelayanan F.

Waktu siklus yang digunakan dalam alternatif solusi ini berdasarkan analisis MKJI 1997 dengan menggunakan waktu siklus penyesuaian. Waktu siklus tersebut menurun menjadi 128 detik dibandingkan dengan kondisi eksisting. Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, keempat pendekat mengalami kondisi jenuh dikarenakan nilai derajat kejenuhan > 0,75. Meskipun mengalami perbaikain waktu siklus, pada alternatif 3 masih memiliki Tingkat pelayanan F berdasarkam PM 96 2015.

5.6 Pembahasan

5.6.1 Kondisi Eksisting

Kondisi eksisting perlu dievaluasi secara holistik untuk mengidentifikasi area di mana perbaikan atau peningkatan dapat diterapkan guna meningkatkan efisien dan keselamatan lalu lintas.

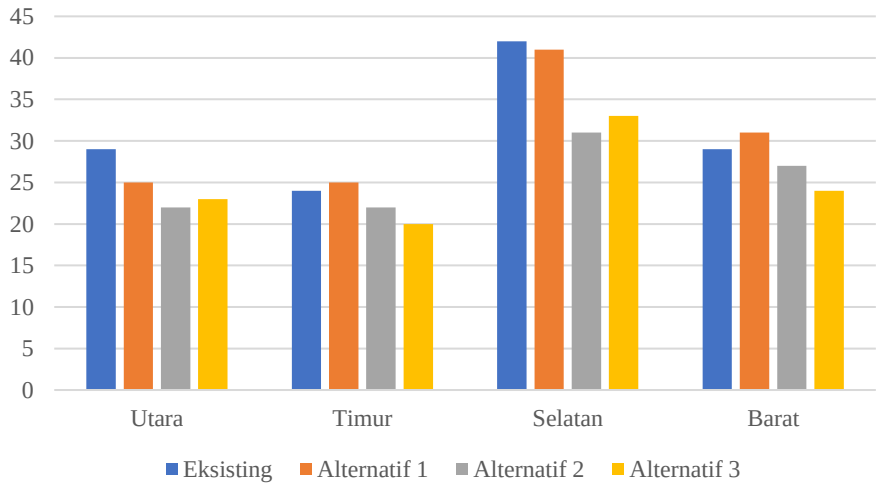
5.6.2 Kondisi Alternatif

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. Perbandingan waktu hijau tiap pendekat dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28 Perbandingan Waktu Hijau

pendekat	Waktu Hijau (detik)			
	Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3
Jalan Bantul (utara)	29	25	22	23
Jalan Nasional III (timur)	24	25	22	20
Jalan Bantul (selatan)	42	41	31	33
Jalan Nasional III (barat)	29	31	27	24

Perbandingan waktu hijau tiap pendekat secara lebih jelas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Perbandingan Waktu Hijau

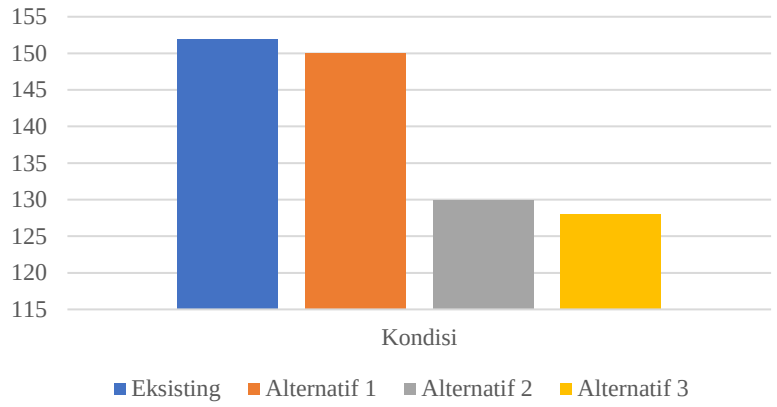
Berdasarkan Tabel 5.26 dan Gambar 5.10, waktu hijau tertinggi pada Jalan Bantul (utara) terjadi pada kondisi eksisting sebesar 29 detik, Jalan Nasional III (timur) terjadi pada alternatif 1 sebesar 25 detik, Jalan Bantul (selatan) terjadi pada kondisi eksisting sebesar 42 detik, Jalan Nasional III (barat) terjadi pada alternatif 1 sebesar 31 detik.

Perbandingan waktu siklus pada kondisi eksisting dan alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29 Perbandingan Waktu Siklus

Waktu Siklus (detik)			
Eksisting	**Alternatif Solusi 1**	**Alternatif Solusi 2**	**Alternatif Solusi 3**
152	150	130	128

Perbandingan waktu siklus tiap pendekat pada kondisi eksisting dan alternatif solusi secara lebih jelas dapat dilihat pada Diagram Gambar 5.17.



Gambar 5.17 Perbandingan Waktu Sikus

Berdasarkan Tabel 5.29 dan Gambar 5.17, waktu siklus pada kondisi eksisting sebesar 152 detik, alternatif solusi 1 sebesar 150 detik, alternatif solusi 2 sebesar 130 detik, alternatif solusi 3 sebesar 128 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.

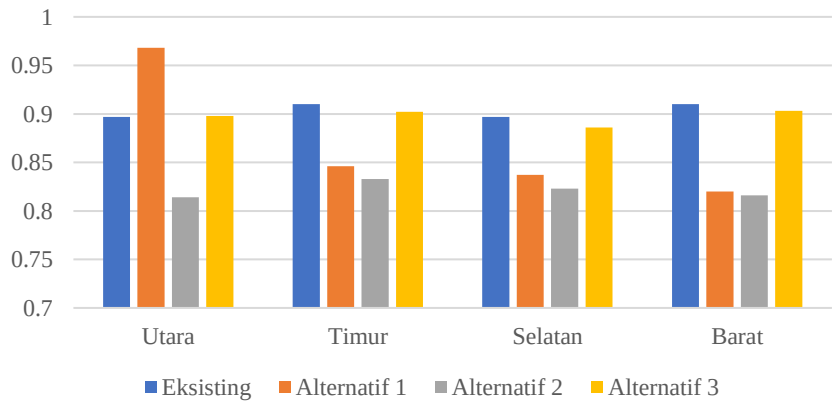
1. Derajat Kejenuhan

   Hasil analisis simpang pada kondisi eksisting dengan alternatif solusi terdapat perbedaan. Perbedaan tersebut saah satunya nilai derajat kejenuhan (DS). Hal tersebut dikarenakan perbedaan waktu siklus dan waktu hijau sehingga menyebabkan nilai kapasitas tiap pendekat berubah. Pengaruh dari nilai kapasitas yang berubah mengakibatkan nilai derajat kejenuhan berubah. Adapun perbandingan derajat kejenuhan tiap pendekat pada kondisi eksisting dengan alternatif solusi terdapat pada Tabel 5.30.

Tabel 5.30 Perbandingan Derajat Kejenuhan

Pendekat	Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3
Jalan Bantul (utara)	0,897	0,968	0,814	0,898
Jalan Nasional III (timur)	0,910	0,846	0,833	0,902
Jalan Bantul (selatan)	0,897	0,837	0,823	0,886
Jalan Nasional III (barat)	0,910	0,820	0,816	0,903

Perbandingan nilai derajat kejenuhan tiap pendekat secara lebih jelas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Histogram Perbandingan Derajat Kejenuhan

Peda pendekat utara hanya pada alternatif solusi 1 yang mengalami kenaikan nilai derajat kejenuhan. Hal tersebut dikarenakan oleh waktu siklus yang mengalami penurunan signifikan jika dibandingkan dengan kondisi eksisting dan alternatif solusi yang lain.

Berdasarkan hasil diatas, diperoleh alternatif solusi terbaik berdasarkan derajat kejenuhan yaitu pada alternatif solusi 2. Hal tersebut dikarenakan nilai derajat kejenuhannya masih > 0,75 tetapi lebih rendah dari pada pendekat yang lain.

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

2. Panjang Antrean

Panjang antrean memiliki perbedaan pada kondisi eksisting dan beberpa alternatif solusi. Adapun perbandingan nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.31.

Tabel 5.31 Perbandingan Panjang Antrean

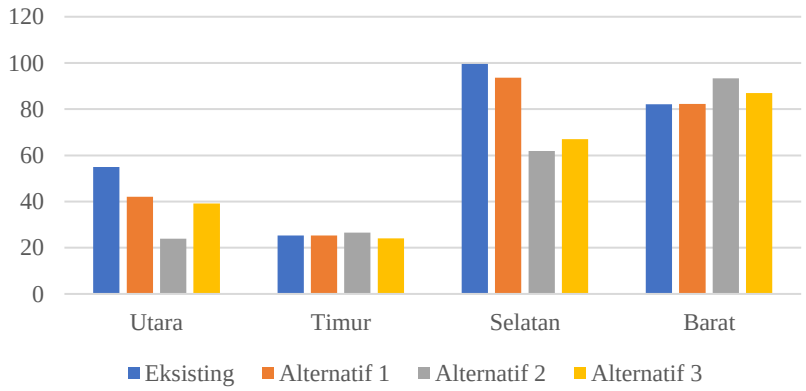
pendekat	Panjang Antrean (m)			
	Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3
Jalan Bantul (utara)	54,98	42,11	23,91	39,1
Jalan Nasional III (timur)	25,37	25,27	26,56	24,09
Jalan Bantul (selatan)	99,55	93,59	61,87	66,95
Jalan Nasional III (barat)	82,16	82,32	93,36	86,93

Persentase selisih antara kondisi eksisting dengan tiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.32.

Tabel 5.32 Persentase Perbandingan Panjang Antrean

Pendekat	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3
Jalan Bantul (utara)	-23%	-57%	-29%
Jalan Nasional III (timur)	0%	5%	-5%
Jalan Bantul (selatan)	-6%	-38%	-33%
Jalan Nasional III (barat)	0%	14%	6%

Perbedaan nilai panjang antrean tiap pendekat secara lebih jelas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.19.



Gambar 5.19 Histogram Perbandingan Panjang Antrean

Berdasarkan Tabel 5.32, diperoleh nilai panjang antrean tiap pendekat mengalami kenaikan atau penurunan dibandingkan dengan eksisting. Pada alternatif solusi 1, pendekat utara mengalami penurunan 23%, pendekat timur tidak jauh berubah dari eksisting, pendekat selatan mengalami penurunan 6% , pendekat barat tidak jauh berubah dari eksisting. Pada alternatif solusi 2, pendekat utara mengalami penurunan 57%, pendekat timur mengalami kenaikan 5%, pendekat selatan mengalami penurunan 38%, pendekat barat mengalami kenaikan 14%. Pada alternatif solusi 3, pendekat utara mengalami penurunan 29%, pendekat timur mengalami penurunan 5%, pendekat selatan mengalami penurunan 33%, dan pendekat barat mengalami kenaikan 6%.

Berdasarkan hasil tersebut, nilai waktu siklus berpengaruh terhadap kenaikan atau penurunan panjang antrean. Semakin rendah waktu siklus, maka panjang antrean akan semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh waktu tunggu hijau yang semakin cepat sehingga kendaraan dapat segera melewati simpang. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh alternatif solusi terbaik berdasarkan panjang antrean yaitu pada alternatif solusi 3. Hal tersebut dikarenakan panjang antrean pada alternatif solusi 3 mengalami penurunan persentase pada semua pendekat.

3. Tundaan

Tundaan memiliki perbedaan pada kondisi eksisting dan beberapa alternatif solusi. Perbandingan nilai tundaan dapat dilihat pada Tabel 5.33.

Tabel 5.33 Perbandingan Nilai Tundaan Simpang

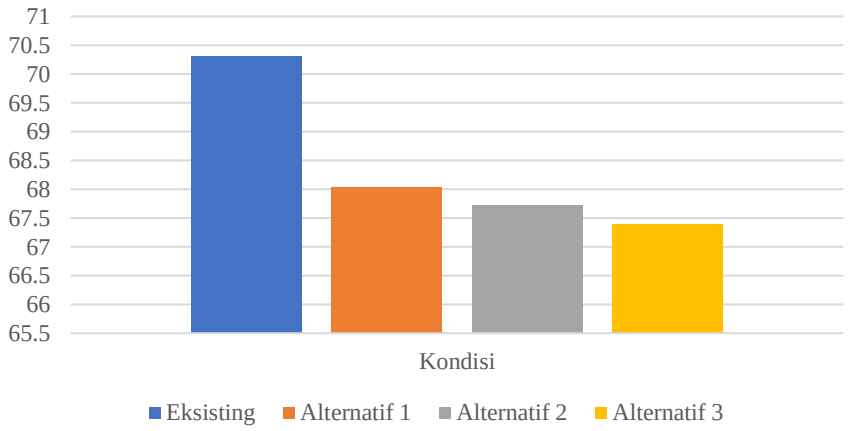
Tundaan Simpang (detik/kendaraan)			
Eksisting	**Alternatif Solusi 1**	**Alternatif Solusi 2**	**Alternatif Solusi 3**
70,299	68,030	67,723	67,393

Persentase selisih antara kondisi eksisting dengan tiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.34.

Tabel 5.34 Persentase Perbandingan Tundaan Simpang

Tundaan Simpang		
Alternatif Solusi 1	**Alternatif Solusi 2**	**Alternatif Solusi 3**
-3%	-4%	-4%

Perbandingan nilai tundaan simpang secara lebih jelas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.20.



Gambar 5.20 Histogram Perbandingan Tundaan Simpang

Berdasarkan Tabel 5.34, diperoleh nilai tundaan simpang pada tiap alternatif solusi mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting. Pada alternatif 1 mengalami penurunan sebesar 3%, alternatif solusi 2 mengalami penurunan sebesar 4%, dan alternatif solusi 3 mengalami penurunan sebesar 4%.

Alternatif solusi 3 memiliki nilai tundaan simpang paling kecil ialah sebesar 67,393 detik/kendaraan. Hal ini disebabkan penyesuaian waktu hijau sehingga waktu siklus menjadi lebih sedikit. Waktu tundaan lebih kecil juga dipengaruhi oleh panjang antrean. Panjang antrean yang lebih kecil mengakibatkan waktu tundaan simpang menjadi berkurang.

4. Tingkat Pelayanan

   Tingkat pelayanan Simpang Dongkelan pada kondisi eksisitng 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 5.35.

Tabel 5.35 Perbandingan Tingkat Pelayanan

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

Berdasarkan Tabel 5.35, Tingkat pelayanan pada alternatif solusi 1 F, alternatif solusi 2 F, alternatif solusi 3 F. Alternatif solusi 3 merupakan alternatif solusi terbaik berdasarkan Tingkat pelayanan meskipun memiliki tingkat pelayanan yang sama dengan semua alternatif tetapi memiliki nilai tundaan yang lebih rendah.

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

Alternatif solusi yang diusulkan berupa menyesuaikan waktu siklus berdasarkan MKJI 1997 menjadi 128 detik memiliki 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 dair 0,75 mengakibatkan pendekat mengalami kondisi jenuh. Hal tersebut menjadikan derajat kejenuhan sebagai dasar dalam menentukan analisis prediksi tahun mendatang.

Dari hasil penelitian Bachrul (2022) tentang peningkatan kinerja Simpang Bersinyal Denggung Sleman dengan alternatif solusi 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 alternatif solusi tersebut dapat menurunkan nilai derajat kejenuhan untuk pendekat utara sebesar 0,67, pendekat barat sebesar 0,68, pendekat selatan sebesar 0,73, dan pendekat timur sebesar 0,69. Dan untuk Panjang Antrean pendekat utara sebesar 53,32 m, pendekat barat sebesar 48,12 m, pendekat selatan sebesar 69,61, dan pendekat timur sebesar 51,09 m. berdasarkan penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa alternatif solusi 3 yaitu dengan menyesuaikan waktu siklus pada simpang dapat menaikkan kinerja simpang. Pada penelitian ini penulisan pada alternatif yang mengalami perbaikan optimal pada kinerja pelayanan simpang, berupa menyesuaikan waktu siklus dengan 128 detik. Hal tersebut berdasarkan nilai derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan simpang yang mengalami penurunan paling efektif. Hasil nilai derajat kejenuhan pada pendekat utara sebesar 0,898, pendekat timur sebesar 0,902, pendekat selatan sebesar 0,886, dan pendekat barat sebesar 0,903. Untuk panjang Antran pendekat utara sebesar 39,1 m , timur sebesar 24,09 m, selatan sebesar 66,95 m, dan barat sebesar 86,93 m. Dan nilai tundaan simpang berdasarkan pemodelan sebesar 67,393 dengan tingkat pelayanan F. oleh

karena itu, alternatif solusi ini merupakan solusi yang baik untuk meningkatkan kinerja Simpang Bersinyal Dongkelan.

Dari penelitian Adi (2017) dilakukan untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja simpang APILL pada Jl Bantul menggunakan metode survei *traffic counting*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa volume arus lalu lintas jam puncak berada pada pukul 07.00-08.00 dengan jumlah 12831 kend/jam. Arus lalu lintas yang terjadi pada lengan Utara (Jalan Bantul) sebesar 509 skr/jam, dari lengan Timur (Jalan Nasional) sebesar 1388 skr/jam, dari lengan Selatan (Jalan Bantul) sebesar 1225 skr/jam, lengan Barat (Jalan Nasional) sebesar 777 skr/jam. Kapasitas yang terjadi pada lengan Utara sebesar 577 skr/jam, dari lengan Timur sebesar 1306 skr/jam, dari lengan Selatan sebesar 799 skr/jam, lengan Barat sebesar 1214 skr/jam. Derajat kejenuhan pada lengan Utara sebesar 0,88, dari lengan Timur sebesar 1,06, dari lengan Selatan sebesar 1,53, lengan Barat sebesar 0,64. Panjang antrian yang terjadi pada lengan Utara sebesar 112 meter, dari lengan Timur sebesar 113 meter, dari lengan Selatan sebesar 221 meter, lengan Barat sebesar 77 meter. Nilai tundaan yang dihasilkan simpang Wirobrajan adalah 407 detik/skr, sehingga tingkat pelayanan simpang pada kondisi jam sibuk tergolong pada golongan F karena >60 detik/smp. Simpang tersebut perlu dilakukan perbaikan, dengan alternatif terbaik yaitu dengan mengubah waktu siklus, membuat arus belok kiri jalan terus pada lengan timur dan selatan, serta melakukan pelebaran jalan sebesar 0,5 meter pada tiap lengan. Alternatif skenario ini dianggap sebagai suatu pilihan terbaik dari alternatif yang lainnya, karena menghasilkan nilai DJ yang lebih rendah dari alternative lain yaitu sebesar 0,88 dengan nilai tundaan sebesar 55 det/skr dengan tingkat pelayanan E.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis berdasarkan MKJI 1997 serta pemodelan dengan *software* VISSIM diperoleh kesimpulan seperti berikut.

1. Berdasarkan MKJI 1997, Simpang Dongkelan pada kondisi eksisting memiliki kinerja diperoleh Derajat kejenuhan (DS) untuk Jalan Bantul (utara) sebesar 0,897, Jalan Nasional III (timur) sebesar 0,910, Jalan Bantul (selatan) sebesar 0,897, dan Jalan Nasional III (barat) sebesar 0,910. Panjang antrean untuk Jalan Bantul (utara) sebesar 181,818 m, Jalan Nasional III (timur) sebesar 125,455 m, Jalan Bantul (selatan) sebesar 240,00 m, Jalan Nasional III (barat) sebesar 125,455 m. Tundaan Simpang sebesar 89,178 det/smp dengan tingkat pelayanan F.
2. Berdasarkan pemodelan VISSIM, alternatif solusi penanganan Simpang Dongkelan yang paling efektif yaitu alternatif solusi 3. Alternatif tersebut berupa menyesuaikan waktu siklus berdasarkan MKJI 1997, waktu yang digunakan sebesar 128 detik. Hasil dari alternatif tersebut diperoleh Derajat kejenuhan (DS) untuk Jalan Bantul (utara) sebesar 0,898, Jalan Nasional III (timur) sebesar 0,902, Jalan Bantul (selatan) sebesar 0,886, Jalan Nasional III (barat) sebesar 0,903. Panjang antrean untuk Jalan Bantul (utara) sebesar 39,1 m, Jalan Nasional III (timur) sebesar 24,09 m, Jalan Bantul (selatan) 66,95 m, Jalan Nasional III (barat) sebesar 86,93 m. Tundaan simpang sebesar 67,393 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan F.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pemodelan dengan *software* VISSIM, dapat beberapa masukan dan saran terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis dan untuk menjadi pertimbangan yang lebih optimal agar dapat mengahsilkan yang lebih baik. Beberapa saran adalah sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya dapat mencoba penerapan fase terlawan pada Simpang Dongkelan.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mencoba penerapan perbaikan geometrik pada Simpang 3 Dongkelan sehingga pada setiap lengan diharapkan dapat diterapkan belok kiri jalan terus (LTOR).

DAFTAR PUSTAKA

Arief dan Nahdalina. 2014. Analisis Penerapan Transit Signal Prioty (TSP) pada Sistem Trans Jakarta Busway Volume 13. *Jurnal Ilmiah Desain Konstruksi*, Nomor 2. Jakarta.

Aryandi, R.D. dan Munawar, A. 2014. Penggunaan Software Vissim Untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta). *The 17th FSTPT International Symposium*. Vol. 2 No. 1:338-347. Jember.

Bachrul, A. P. 2023. Evaluasi dan Peningkatan Kinerja Simpang Bersinyal Denggung Sleman Vol. 2, No.2. Yogyakarta.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman. 2023. Kabupaten Sleman Dalam Angka 2023. BPS Kabupaten Sleman. Sleman.

Daulay, M. R. H. 2017. Estimasi Kinerja Ruas Jalan Dengan Metode Satu Arah Pada Kawasan Jetis Yogyakarta. Yogyakarta.

Direkturat Jendral Bina Marga. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Penerbit Bina Marga. Jakarta.

Hidayati, R., & Widodo, S. 2018. Penggunaan *Software* VISSIM untuk Analisa Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Jl.Sultan Hamid–Jl. Tanjung Raya I–Jl. Perintis Kemerdekaan-Jl. Tanjung Raya II Pontianak). *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, *5*(3). Pontianak.

Irawan, M. Z., & Putri, N. H. 2017. Kalibrasi Vissim Untuk Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas Tercampur Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta). *Jurnal Transportasi Multimoda*, *13*(3), 97-106. Yogyakarta.

Ismanto, A. 2021. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Untuk Peningkatan Pelayanan Lalu Lintas: Studi Kasus Simpang Patangpuluhan, Yogyakarta.

Lerstari, M. D. 2016. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang Empat Ring Road Jalan Kaliurang. S1 thesis, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Munawar, A. 2009. Manajemen Lalulintas Perkotaan. Beta Offset. Yogyakarta

Prakoso, F. A. 2020. Evaluasi Kinerja Pelayanan Angkutan Umum Di Kabupaten Tegal. Universitas Pancasakti Tegal. Tegal.

Prasetyo, H. E., Setiawan, A., & Pradana, A. (2022). Kinerja Simpang Empat Tak Bersinyal Berdasarkan Derajat Kejenuhan pada Jalan Raya Mabes Hankam-Jalan Raya Setu, Jakarta Utara. *Konstruksia*, *13*(2), 135-145. Jakarta.

PTV Group. (2011). *PTV Vissim 9 User Manual*, Kartsruhe.

Rahadiyan, A. P. 2018. *Analisis Antrian Dan Tundaan Kendaraan Pada Simpang Tiga Bersinyal Jl. Raya Pekayon* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA). Jakarta.

Rahman, A. 2016. Perencanaan Simpang Empat Bersinyal Pasar Lemabang Kota Palembang dengan Program Simulasi VISSIM. *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, *5*(2). Palembang.

Romadhona, P. J. 2020. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal UPN Yogyakarta. Yogyakarta.

Rofida, I. 2018. Perbandingan Kinerja Ruas Jalan Sebelum dan Sesudah Penerapan Sistem Jalan Satu Arah di Jalan Prawirokuat. *Tugas Akhir*. Sleman: Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Umum, D. P. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia. *Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta*. Jakarta.

Windarto, Pipit Candra. 2016. Analisis Simpang Bersinyal Menggunakan Software Vissim (Studi Kasus : Simpang Bersinyal Pelemgurih Yogyakarta). Laporan Tugas Akhir. Teknik Sipil UMY. Yogyakarta.

S, A. W. 2022. Kajian Simpang Empat Tak Bersinyal Menjadi Simpang Bersinyal Menggunakan Aplikasi PTV VISSIM Student Version 9.0 Pada Persimpangan Jalan Williem Iskandar (Doctoral dissertation). Medan.

Fitrianingsih, Y. 2016. Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal pada Jembatan Baru UGM, Sleman, Yogyakarta. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.

Pangestu, S. 2018. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Magelang KM 5 dengan metode MKJI 1997. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Volume Lalu Lintas

Minggu 26 – 11 – 2023 (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06:00-06:15	31	27	35	37	10	73	60	22	174	52	83	87
06:15-06:30	49	33	56	38	2	78	62	22	230	35	112	71
06:30-06:45	57	37	98	39	5	91	34	38	220	40	103	87
06:45-07:00	117	62	89	36	7	109	53	33	194	47	93	107
07:00-07:15	90	57	97	52	8	105	86	36	220	43	150	111
07:15-07:30	107	67	190	57	2	120	64	30	249	48	130	123
07:30-07:45	102	68	187	50	2	113	60	39	281	69	109	107
07:45-08:00	110	54	201	52	6	115	62	36	204	62	123	105
08:00-08:15	101	58	190	47	11	127	70	22	229	68	122	115
08:15-08:30	101	54	213	66	10	126	83	53	237	55	120	157
08:30-08:45	88	64	194	58	12	132	94	48	249	63	131	146
08:45-09:00	97	76	201	63	15	141	89	46	251	65	128	133

Minggu 26 – 11 – 2023 (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06:00-06:15	8	9	13	7	5	38	16	10	38	16	12	75
06:15-06:30	5	11	18	5	3	35	8	12	15	20	11	56
06:30-06:45	5	20	19	10	6	45	22	10	20	13	10	44
06:45-07:00	25	16	31	9	5	75	9	10	25	15	16	56
07:00-07:15	18	19	40	9	6	71	16	25	26	15	16	66
07:15-07:30	19	23	48	12	4	58	18	9	31	22	19	74
07:30-07:45	37	24	59	11	6	59	12	17	30	22	16	94
07:45-08:00	24	25	56	14	7	62	19	14	31	46	16	74
08:00-08:15	26	21	43	13	13	89	26	12	44	23	19	105
08:15-08:30	21	23	45	19	9	68	32	24	37	21	25	122
08:30-08:45	26	24	37	16	9	76	37	23	38	27	24	137
08:45-09:00	49	21	44	18	12	67	33	21	35	21	22	121

Minggu 26 – 11 – 2023 (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06:00-06:15	0	0	3	2	3	18	2	2	2	1	1	22
06:15-06:30	0	3	0	1	0	18	1	1	2	0	0	22
06:30-06:45	2	3	1	1	1	15	10	0	3	2	0	15
06:45-07:00	2	2	4	4	2	25	3	1	2	2	0	22
07:00-07:15	2	1	3	0	3	5	2	0	1	0	1	21
07:15-07:30	1	2	6	2	1	15	1	2	2	2	1	13
07:30-07:45	3	3	4	0	0	17	1	1	5	3	1	22
07:45-08:00	3	2	3	2	2	15	0	2	1	7	0	25
08:00-08:15	2	2	4	3	2	16	0	1	9	4	1	28
08:15-08:30	2	3	3	2	2	20	4	1	4	5	0	23
08:30-08:45	2	2	5	2	2	25	2	1	3	7	1	31
08:45-09:00	1	3	2	1	1	22	3	2	7	6	0	34

Minggu 26 – 11 – 2023 (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11:00-11:15	103	64	192	72	8	127	56	45	185	53	98	116
11:15-11:30	118	64	180	55	11	144	42	35	145	53	91	124
11:30-11:45	102	77	205	47	5	129	47	34	172	46	105	136
11:45-12:00	120	66	250	71	12	143	46	28	144	78	121	117
12:00-12:15	115	89	194	52	6	146	55	44	232	63	105	156
12:15-12:30	121	67	188	53	4	143	68	34	220	62	115	189
12:30-12:45	96	54	182	57	6	132	80	39	208	67	142	164
12:45-13:00	118	62	201	91	21	255	55	11	149	71	105	184
13:00-13:15	100	53	196	42	2	140	127	37	230	60	101	154
13:15-13:30	104	49	177	49	6	144	149	29	233	46	105	172
13:30-13:45	107	54	212	56	6	112	50	36	207	42	115	127
13:45-14:00	105	51	187	57	2	146	55	31	162	66	95	118

Minggu 26 – 11 – 2023 (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11:00-11:15	21	34	54	22	11	131	31	19	50	20	24	80
11:15-11:30	25	29	48	24	9	130	29	25	53	35	24	103
11:30-11:45	40	32	45	20	14	113	37	25	55	33	18	94
11:45-12:00	33	39	39	32	16	118	22	19	35	32	32	125
12:00-12:15	24	36	44	26	8	135	35	30	62	27	22	106
12:15-12:30	18	25	60	29	13	152	27	30	51	33	30	132
12:30-12:45	18	28	49	27	8	91	50	34	63	43	31	145
12:45-13:00	25	36	78	36	27	151	33	22	36	36	26	142
13:00-13:15	14	21	58	23	18	145	41	26	55	30	29	121
13:15-13:30	15	22	59	30	9	140	37	30	58	35	21	133
13:30-13:45	21	24	69	22	8	143	42	25	42	32	20	108
13:45-14:00	17	23	60	22	11	114	33	39	35	40	28	94

Minggu 26 – 11 – 2023 (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11:00-11:15	0	0	1	2	2	16	0	0	1	3	0	17
11:15-11:30	0	3	3	3	0	21	1	0	2	5	0	17
11:30-11:45	1	2	3	1	1	16	3	2	2	2	1	14
11:45-12:00	0	4	1	1	1	18	1	0	2	0	0	11
12:00-12:15	0	8	3	0	1	27	3	1	1	0	0	16
12:15-12:30	1	6	2	1	0	28	1	1	2	4	0	15
12:30-12:45	0	2	1	2	4	16	2	0	3	1	0	17
12:45-13:00	2	1	2	2	3	19	4	0	1	0	1	24
13:00-13:15	0	6	4	0	4	23	4	0	3	1	1	24
13:15-13:30	1	0	2	3	3	17	6	1	2	6	1	26
13:30-13:45	2	1	2	0	3	27	1	2	2	0	1	26
13:45-14:00	3	3	3	1	1	20	1	0	3	1	0	15

Minggu 26 – 11 – 2023 (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
16:00-16:15	125	81	293	68	16	201	77	52	216	59	148	178
16:15-16:30	161	66	222	72	8	156	50	44	218	58	117	177
16:30-16:45	102	58	254	57	7	176	63	46	253	78	142	205
16:45-17:00	142	84	284	83	6	163	82	58	250	68	162	196
17:00-17:15	119	63	212	57	6	147	77	49	249	62	144	174
17:15-17:30	118	54	233	52	9	162	71	55	257	67	127	191
17:30-17:45	129	60	221	71	4	139	81	51	213	58	123	147
17:45-18:00	103	57	230	64	12	130	61	42	201	65	123	160
18:00-18:15	123	75	185	62	6	139	54	42	197	63	140	159
18:15-18:30	87	46	225	71	7	141	63	48	216	67	144	162
18:30-18:45	109	61	190	65	11	133	57	41	211	61	151	155
18:45-19:00	112	57	205	55	9	145	60	47	202	64	164	149

Minggu 26 – 11 – 2023 (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
16:00-16:15	20	26	54	27	18	140	30	27	42	30	27	110
16:15-16:30	19	19	44	18	12	91	43	23	48	43	16	115
16:30-16:45	18	24	45	22	2	77	36	29	56	25	23	110
16:45-17:00	27	22	47	16	11	90	27	26	58	25	22	98
17:00-17:15	17	19	52	16	9	94	33	32	53	30	33	109
17:15-17:30	18	20	40	24	11	107	38	20	61	23	27	107
17:30-17:45	22	17	46	18	6	86	44	24	56	21	27	83
17:45-18:00	16	20	43	20	7	78	45	41	51	29	19	91
18:00-18:15	26	29	36	21	10	105	27	31	56	25	18	76
18:15-18:30	15	18	40	18	8	98	28	39	61	28	17	86
18:30-18:45	24	29	34	16	7	87	31	29	55	21	19	98
18:45-19:00	31	25	47	20	10	94	25	31	53	23	20	101

Minggu 26 – 11 – 2023 (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
16:00-16:15	0	6	2	2	0	18	4	1	2	1	2	19
16:15-16:30	0	2	1	0	0	15	1	0	2	2	0	18
16:30-16:45	0	7	1	1	1	20	1	1	1	0	0	14
16:45-17:00	0	7	3	0	2	15	4	0	1	1	2	21
17:00-17:15	1	6	4	1	1	16	5	0	3	0	1	17
17:15-17:30	0	9	1	0	1	17	2	2	2	1	0	19
17:30-17:45	0	8	1	1	1	20	3	4	1	1	2	17
17:45-18:00	0	9	1	2	0	11	1	2	1	1	1	11
18:00-18:15	0	3	1	1	0	12	1	1	1	0	0	19
18:15-18:30	0	9	0	1	0	19	1	1	2	0	1	21
18:30-18:45	0	3	1	2	0	18	1	1	1	1	1	22
18:45-19:00	1	5	1	1	1	20	2	2	2	1	0	19

Rabu 29 – 11 – 2023 (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06:00-06:15	114	49	213	52	12	97	59	14	238	27	163	128
06:15-06:30	92	58	149	81	25	132	153	45	412	60	305	190
06:30-06:45	153	106	207	132	34	220	238	30	455	71	310	270
06:45-07:00	203	110	239	139	41	295	234	53	457	82	312	267
07:00-07:15	179	91	277	137	46	236	205	49	442	111	259	274
07:15-07:30	141	108	271	179	62	417	213	64	463	115	312	255
07:30-07:45	98	131	216	164	42	446	245	73	468	98	288	335
07:45-08:00	129	159	245	179	59	435	242	76	476	130	341	325
08:00-08:15	113	87	149	155	28	345	151	59	428	110	221	281
08:15-08:30	127	73	186	89	26	262	118	58	357	88	214	204
08:30-08:45	89	87	177	98	27	210	196	54	298	79	192	207
08:45-09:00	112	72	170	77	19	193	119	51	323	80	187	216

Rabu 29 – 11 – 2023 (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06:00-06:15	5	4	9	10	2	25	18	6	26	5	16	39
06:15-06:30	4	8	18	10	6	49	25	3	54	6	38	63
06:30-06:45	11	24	15	13	8	63	30	15	50	75	29	79
06:45-07:00	15	21	23	8	9	76	24	12	44	23	26	73
07:00-07:15	9	11	45	21	12	55	44	15	57	27	26	87
07:15-07:30	17	13	37	24	14	87	41	22	55	27	27	106
07:30-07:45	12	20	29	27	10	103	53	23	32	25	29	93
07:45-08:00	14	17	31	15	19	97	33	15	53	19	34	83
08:00-08:15	6	19	24	19	8	84	25	13	36	20	23	98
08:15-08:30	15	15	27	7	9	107	25	14	45	23	22	78
08:30-08:45	10	19	28	20	9	117	37	19	29	28	19	79
08:45-09:00	10	16	30	19	7	94	41	13	29	23	19	87

Rabu 29 – 11 – 2023 (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06:00-06:15	0	3	2	4	1	24	2	0	2	0	0	20
06:15-06:30	1	4	3	0	1	24	3	1	2	1	0	21
06:30-06:45	0	0	2	2	0	12	1	0	3	0	0	14
06:45-07:00	1	2	2	1	0	23	4	2	1	0	1	10
07:00-07:15	1	0	4	0	0	13	2	1	4	3	2	14
07:15-07:30	1	4	3	1	2	17	4	1	2	4	0	14
07:30-07:45	1	1	5	2	3	26	6	4	5	2	0	20
07:45-08:00	2	1	2	6	1	26	7	2	3	4	3	30
08:00-08:15	1	3	3	3	0	16	3	2	2	3	1	41
08:15-08:30	1	4	4	3	3	32	9	0	3	2	4	28
08:30-08:45	1	5	2	4	1	37	3	1	5	0	2	37
08:45-09:00	0	4	1	2	0	26	5	4	5	5	1	37

Rabu 29 – 11 – 2023 (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	**MC**											
	Utara			**Timur**			**Selatan**			**Barat**		
	ST	**LT**	**RT**	**ST**	**LT**	**RT**	**ST**	**LT**	**RT**	**ST**	**LT**	**RT**
11:00-11:15	158	63	190	64	11	135	76	53	211	97	140	159
11:15-11:30	143	74	211	69	11	141	82	46	185	80	137	169
11:30-11:45	143	77	225	71	15	128	57	35	212	86	145	176
11:45-12:00	135	75	219	60	1	153	77	42	177	71	110	155
12:00-12:15	148	110	233	82	7	123	63	32	185	79	175	159
12:15-12:30	145	80	205	59	10	186	78	41	243	85	134	178
12:30-12:45	132	65	222	76	6	162	78	50	221	98	144	158
12:45-13:00	157	57	215	56	8	172	70	42	211	81	138	193
13:00-13:15	146	74	253	69	5	161	95	45	234	78	123	195
13:15-13:30	133	65	206	67	6	156	112	46	246	76	120	223
13:30-13:45	106	68	225	67	10	116	202	48	283	66	131	187
13:45-14:00	157	82	266	57	6	159	114	41	210	78	117	203

Rabu 29 – 11 – 2023 (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	**LV**											
	Utara			**Timur**			**Selatan**			**Barat**		
	ST	**LT**	**RT**	**ST**	**LT**	**RT**	**ST**	**LT**	**RT**	**ST**	**LT**	**RT**
11:00-11:15	19	23	35	23	13	95	35	31	53	31	25	103
11:15-11:30	15	22	46	18	16	82	24	13	46	29	20	82
11:30-11:45	23	22	37	24	18	85	28	16	47	29	28	102
11:45-12:00	37	19	43	15	10	103	29	15	45	25	21	99
12:00-12:15	22	16	34	12	9	96	28	12	33	24	17	93
12:15-12:30	26	23	42	17	11	91	28	14	32	24	18	113
12:30-12:45	16	16	43	14	16	81	18	22	49	33	22	97
12:45-13:00	17	27	57	14	9	88	35	16	29	33	28	107
13:00-13:15	24	32	58	19	11	81	32	17	37	29	20	119
13:15-13:30	26	24	38	22	9	99	36	15	45	24	24	97
13:30-13:45	28	22	41	15	7	86	33	21	47	26	23	104
13:45-14:00	24	29	57	28	10	84	46	32	47	25	22	111

Rabu 29 – 11 – 2023 (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11:00-11:15	7	4	5	3	2	32	1	4	3	4	0	32
11:15-11:30	2	5	3	3	2	24	7	4	4	6	2	37
11:30-11:45	0	7	3	4	0	55	5	6	3	2	3	34
11:45-12:00	0	5	4	1	2	38	4	3	2	5	1	27
12:00-12:15	1	9	8	5	5	33	4	3	5	1	0	40
12:15-12:30	0	6	1	0	1	29	7	5	5	4	0	28
12:30-12:45	2	3	3	5	1	39	3	2	1	2	1	29
12:45-13:00	0	2	4	0	3	39	4	6	3	1	1	30
13:00-13:15	1	7	4	1	4	35	9	1	2	3	1	17
13:15-13:30	1	1	4	3	0	42	8	1	2	2	1	23
13:30-13:45	3	2	3	2	0	33	7	4	6	3	0	34
13:45-14:00	1	2	4	1	2	33	2	3	4	5	3	33

Rabu 29 – 11 – 2023 (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
16:00-16:15	299	121	580	59	8	234	74	46	148	153	161	457
16:15-16:30	215	119	476	70	9	288	62	30	159	133	141	332
16:30-16:45	176	120	443	71	7	197	110	58	212	145	151	359
16:45-17:00	241	117	580	69	9	264	74	39	149	103	120	296
17:00-17:15	194	90	395	65	6	189	70	37	167	101	143	272
17:15-17:30	167	78	339	63	6	163	66	46	144	92	109	234
17:30-17:45	149	80	305	51	6	135	53	27	128	87	131	192
17:45-18:00	131	83	314	60	6	158	67	36	170	84	133	189
18:00-18:15	121	88	256	63	8	145	64	48	168	105	135	184
18:15-18:30	128	62	284	50	12	143	55	27	152	75	127	173
18:30-18:45	105	60	244	61	3	143	52	34	150	62	105	179
18:45-19:00	144	65	208	50	1	124	48	37	162	82	96	156

Rabu 29 – 11 – 2023 (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
16:00-16:15	38	31	68	37	8	83	36	25	46	31	34	148
16:15-16:30	26	15	43	25	7	120	32	25	45	25	23	100
16:30-16:45	31	27	47	13	9	112	28	21	43	34	34	123
16:45-17:00	39	16	61	22	6	81	28	23	25	34	26	110
17:00-17:15	15	16	45	14	7	80	40	14	31	34	26	100
17:15-17:30	14	23	63	18	5	85	23	17	30	26	16	89
17:30-17:45	30	31	46	13	6	81	28	14	29	28	12	58
17:45-18:00	20	23	45	12	11	77	27	21	32	22	20	93
18:00-18:15	13	21	42	30	7	87	35	22	37	33	23	75
18:15-18:30	16	27	37	20	6	89	32	17	41	21	22	89
18:30-18:45	17	17	36	15	7	84	21	27	31	20	14	80
18:45-19:00	14	24	43	17	9	78	17	15	35	25	25	80

Rabu 29 – 11 – 2023 (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
16:00-16:15	3	5	2	2	2	37	6	0	1	0	1	35
16:15-16:30	0	1	1	2	4	28	3	0	2	0	1	32
16:30-16:45	0	3	2	1	1	26	2	3	1	3	0	37
16:45-17:00	1	2	2	0	0	34	4	2	2	2	0	22
17:00-17:15	1	1	1	1	3	27	4	2	2	2	0	22
17:15-17:30	0	2	2	2	2	40	7	2	1	1	1	18
17:30-17:45	0	3	4	0	1	34	2	0	1	1	0	29
17:45-18:00	0	2	0	1	1	18	2	2	1	5	0	29
18:00-18:15	0	2	1	2	0	27	3	2	3	0	0	18
18:15-18:30	0	5	1	1	0	22	4	0	2	1	2	18
18:30-18:45	0	2	1	0	0	24	2	1	2	0	2	11
18:45-19:00	0	1	0	2	5	18	3	2	2	1	1	15

Lampiran 2 Data Panjang Antrean

Minggu 26 – 11 - 2023 (Periode Pagi)							
Jalan Bantul (Utara)		**Jalan Nasional III (Timur)**		**Jalan Bantul (Selatan)**		**Jalan Nasional III (Barat)**	
Jam	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**
06.02	20	06.00	30	06.02	40	06.01	55
06.05	35	06.03	35	06.04	40	06.05	50
06.10	25	06.06	40	06.07	20	06.07	50
06.12	35	06.08	30	06.09	25	06.10	55
06.15	30	06.11	35	06.12	50	06.12	60
06.18	40	06.13	20	06.14	65	06.15	60
06.20	60	06.16	40	06.17	25	06.17	50
06.23	50	06.16	45	06.19	30	06.20	30
06.25	35	06.18	45	06.22	35	06.22	50
06.28	40	06.21	35	06.24	40	06.25	40
06.30	30	06.23	35	06.27	25	06.27	30
06.33	25	06.26	20	06.29	50	06.30	40
06.35	25	06.28	15	06.32	30	06.32	70
06.38	30	06.31	15	06.34	20	06.35	65
06.40	35	06.33	20	06.37	35	06.37	60
06.43	35	06.36	25	06.39	30	06.40	75
06.45	20	06.38	30	06.42	35	06.42	50
06.48	30	06.41	40	06.44	25	06.45	60
06.50	35	06.43	25	06.47	20	06.47	35
06.53	30	06.46	10	06.49	55	06.50	30
06.55	40	06.48	10	06.52	45	06.52	40
06.58	40	06.51	25	06.54	75	06.55	40
07.00	25	06.53	10	06.57	40	06.57	40
07.02	35	06.56	25	06.59	50	07.00	50
07.04	35	06.58	35	07.01	20	07.02	40
07.06	20	07.01	15	07.04	35	07.05	35
07.08	55	07.03	35	07.06	20	07.07	80
07.10	35	07.06	65	07.09	45	07.10	45
07.12	60	07.08	40	07.12	20	07.12	50
07.14	30	07.11	60	07.14	50	07.15	40
07.16	40	07.13	50	07.17	30	07.17	30
07.18	50	07.16	30	07.19	20	07.20	35
07.20	40	07.18	60	07.22	30	07.22	45
07.22	40	07.21	30	07.24	55	07.25	40
07.24	35	07.23	30	07.27	40	07.27	45
07.26	60	07.26	30	07.29	30	07.30	65
07.28	50	07.28	15	07.32	35	07.32	80
07.30	40	07.31	25	07.34	35	07.35	70
07.32	45	07.33	35	07.36	40	07.37	60
07.34	35	07.36	35	07.39	80	07.40	55
07.36	35	07.38	20	07.42	40	07.42	50
07.38	30	07.41	35	07.44	55	07.45	50

Minggu 26 – 11 - 2023 (Periode Pagi)							
Jalan Bantul (Utara)		**Jalan Nasional III (Timur)**		**Jalan Bantul (Selatan)**		**Jalan Nasional III (Barat)**	
Jam	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**
07.40	40	07.43	40	07.46	25	07.47	55
07.42	40	07.46	40	07.49	25	07.50	55
07.44	40	07.48	30	07.52	30	07.52	80
07.46	55	07.51	30	07.54	35	07.55	90
07.48	65	07.53	45	07.56	40	07.57	70
07.50	25	07.56	55	07.59	40	08.00	70
07.52	30	07.58	55	08.02	30	08.02	75
07.54	40	08.00	50	08.04	25	08.05	45
07.56	50	08.03	55	08.07	75	08.07	65
07.58	30	08.06	15	08.09	45	08.10	85
08.00	35	08.08	25	08.12	30	08.12	100
08.02	50	08.11	30	08.14	50	08.15	95
08.04	65	08.13	40	08.17	35	08.17	80
08.06	35	08.16	30	08.19	50	08.20	60
08.08	25	08.18	25	08.22	35	08.22	105
08.10	30	08.21	30	08.24	90	08.25	60
08.12	55	08.23	55	08.27	45	08.27	100
08.14	50	08.26	45	08.29	70	08.30	80
08.16	30	08.28	50	08.32	35	08.32	105
08.18	55	08.30	60	08.34	45	08.35	50
08.20	45	08.33	50	08.37	85	08.37	85
08.22	45	08.36	50	08.39	55	08.40	80
08.24	40	08.38	50	08.42	70	08.42	75
08.26	85	08.41	60	08.44	55	08.45	80
08.28	60	08.43	45	08.47	45	08.47	85
08.30	50	08.46	55	08.49	45	08.50	80
08.32	55	08.48	55	08.52	60	08.52	110
08.34	30	08.51	30	08.54	40	08.55	70
08.36	45	08.53	50	08.56	45	08.57	80
08.38	50	08.56	30	08.59	40	09.00	85
08.40	40	08.58	30				
08.42	50	09.00	20				
08.44	45						
08.46	50						
08.48	65						
08.50	30						
08.52	45						
08.54	60						
08.56	55						
08.58	45						
09.00	20						

Minggu 26 – 11 - 2023 (Periode Siang)							
Jalan Bantul (Utara)		**Jalan Nasional III (Timur)**		**Jalan Bantul (Selatan)**		**Jalan Nasional III (Barat)**	
Jam	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**
11.00	70	11.01	35	11.01	45	11.02	60
11.03	80	11.03	40	11.04	40	11.04	70
11.05	65	11.06	40	11.06	45	11.07	40
11.08	70	11.08	55	11.09	60	11.09	40
11.10	60	11.11	60	11.11	60	11.12	35
11.13	35	11.13	65	11.14	70	11.15	95
11.15	50	11.16	55	11.16	80	11.17	80
11.18	60	11.18	60	11.19	45	11.20	85
11.20	70	11.21	60	11.21	60	11.22	75
11.23	80	11.23	65	11.24	75	11.24	70
11.25	80	11.26	50	11.26	40	11.27	75
11.28	95	11.28	55	11.29	55	11.29	65
11.30	85	11.30	55	11.31	80	11.32	70
11.33	90	11.33	40	11.34	45	11.34	50
11.35	80	11.36	65	11.36	55	11.37	80
11.38	55	11.38	40	11.39	70	11.39	50
11.40	70	11.41	55	11.41	75	11.42	75
11.43	75	11.43	50	11.44	70	11.44	80
11.45	70	11.46	40	11.46	55	11.47	75
11.48	85	11.48	50	11.49	55	11.49	50
11.50	80	11.51	60	11.51	60	11.52	100
11.53	95	11.53	55	11.54	45	11.54	95
11.55	90	11.56	50	11.56	50	11.57	80
11.58	100	11.58	80	11.59	45	11.59	85
12.00	95	12.01	60	12.01	60	12.02	85
12.03	95	12.03	50	12.04	60	12.04	70
12.05	85	12.06	55	12.06	60	12.07	45
12.08	55	12.08	30	12.09	70	12.09	80
12.10	55	12.11	40	12.11	75	12.12	70
12.13	40	12.13	70	12.14	70	12.14	85
12.15	80	12.15	65	12.16	70	12.17	70
12.18	80	12.18	70	12.19	55	12.19	80
12.20	55	12.20	65	12.21	60	12.22	90
12.22	60	12.23	60	12.24	55	12.24	95
12.25	95	12.26	75	12.26	60	12.27	95
12.28	90	12.28	70	12.29	70	12.29	95
12.30	100	12.30	75	12.31	80	12.32	105
12.33	90	12.33	60	12.34	80	12.34	105
12.35	75	12.36	55	12.36	85	12.37	100
12.38	95	12.38	30	12.39	65	12.39	95
12.40	85	12.41	50	12.41	70	12.42	95

Minggu 26 – 11 - 2023 (Periode Siang)							
Jalan Bantul (Utara)		**Jalan Nasional III (Timur)**		**Jalan Bantul (Selatan)**		**Jalan Nasional III (Barat)**	
Jam	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**
12.43	75	12.43	50	12.44	65	12.44	95
12.45	95	12.45	45	12.46	70	12.47	85
12.48	70	12.48	55	12.49	90	12.49	85
12.50	40	12.50	55	12.51	80	12.52	80
12.53	95	12.53	65	12.54	50	12.54	45
12.55	50	12.56	60	12.56	50	12.57	75
12.58	90	12.58	65	12.59	55	12,59	100
13.00	35	13.00	70	13.01	50	13.02	95
13.03	85	13.03	70	13.04	60	13.04	90
13.05	90	13.06	70	13.06	75	13.07	100
13.08	80	13.08	60	13.09	70	13.09	95
13.10	105	13.11	45	13.11	70	13.12	95
13.12	95	13.13	50	13.14	80	13.14	95
13.15	95	13.16	60	13.16	80	13.17	100
13.18	100	13.18	70	13.19	55	13.19	90
13.20	95	13.20	80	13.21	80	13.22	55
13.22	80	13.23	55	13.23	55	13.24	95
13.24	50	13.25	80	13.25	60	13.26	100
13.27	70	13.28	35	13.28	50	13.28	95
13.29	40	13.30	50	13.30	50	13.31	50
13.32	75	13.32	35	13.33	55	13.33	60
13.34	95	13.34	80	13.35	80	13.35	85
13.36	100	13.37	80	13.37	55	13.38	85
13.38	50	13.39	85	13.40	55	13.40	70
13.41	55	13.41	70	13.42	55	13.43	105
13.43	50	13.44	60	13.44	80	13.45	100
13.46	50	13.46	70	13.47	45	13.47	85
13.48	65	13.48	60	13.49	60	13.50	75
13.50	65	13.51	45	13.51	50	13.52	75
13.52	95	13.53	76	13.54	45	13.54	70
13.55	85	13.55	55	13.56	60	13.57	75
13.57	65	13.58	60	13.58	75	13.59	95
14.00	50	14.00	71	14.00	60		

Minggu 26 – 11 - 2023 (Periode Sore)							
Jalan Bantul (Utara)		**Jalan Nasional III (Timur)**		**Jalan Bantul (Selatan)**		**Jalan Nasional III (Barat)**	
Jam	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**
16.01	80	16.00	70	16.00	40	16.01	40
16.04	50	16.02	50	16.02	65	16.03	70
16.06	45	16.04	70	16.04	75	16.06	70
16.08	35	16.07	60	16.07	50	16.08	95
16.11	55	16.09	60	16.10	70	16.10	85
16.13	55	16.11	50	16.12	55	16.13	60
16.15	60	16.14	60	16.15	60	16.15	95
16.17	35	16.16	60	16.18	70	16.17	95
16.20	50	16.18	70	16.21	75	16.20	80
16.22	55	16.21	75	16.24	60	16.22	95
16.25	60	16.23	55	16.26	70	16.24	90
16.27	60	16.25	50	16.28	45	16.27	40
16.30	55	16.28	60	16.31	55	16.29	75
16.32	55	16.30	50	16.33	50	16.31	70
16.34	40	16.32	60	16.35	65	16.34	80
16.37	40	16.35	50	16.38	60	16.36	95
16.39	50	16.37	70	16.42	70	16.39	60
16.42	50	16.40	50	16.43	80	16.41	60
16.44	60	16.42	70	16.46	90	16.44	60
16.47	65	16.45	80	16.48	90	16.46	100
16.49	55	16.47	55	16.51	80	16.49	95
16.52	70	16.50	50	16.53	45	16.51	70
16.54	50	16.52	45	16.56	80	16.54	60
16.57	50	16.55	55	16.58	80	16.57	65
16.59	75	16.57	10	17.01	75	16.59	60
17.02	60	17.00	60	17.03	55	17.01	95
17.04	70	17.02	20	17.06	70	17.06	60
17.07	60	17.05	35	17.08	50	17.09	50
17.09	55	17.07	40	17.11	70	17.11	35
17.12	40	17.10	50	17.13	20	17.14	80
17.14	65	17.12	45	17.16	50	17.16	60
17.17	60	17.15	50	17.18	55	17.19	65
17.19	60	17.17	50	17.21	50	17.21	70
17.22	60	17.20	50	17.23	90	17.24	75
17.24	55	17.22	55	17.26	65	17.26	70
17.27	60	17.25	70	17.28	55	17.28	95
17.29	50	17.27	50	17.31	75	17.30	95
17.32	50	17.30	40	17.33	105	17.33	65
17.34	55	17.32	30	17.36	95	17.35	70
17.37	60	17.35	20	17.38	95	17.39	75
17.39	65	17.37	20	17.40	85	17.41	105

Minggu 26 – 11 - 2023 (Periode Sore)							
Jalan Bantul (Utara)		**Jalan Nasional III (Timur)**		**Jalan Bantul (Selatan)**		**Jalan Nasional III (Barat)**	
Jam	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**
17.42	70	17.40	50	17.43	60	17.44	80
17.44	80	17.42	55	17.45	50	17.46	80
17.47	70	17.45	60	17.48	45	17.49	70
17.49	55	17.47	55	17.51	50	17.51	50
17.52	55	17.50	65	17.53	70	17.54	95
17.54	55	17.52	65	17.55	95	17.56	70
17.57	60	17.55	50	17.57	35	17.59	100
17.59	55	17.57	60	17.59	40	18.01	80
18.02	50	18.00	55	18.02	95	18.04	55
18.04	45	18.02	60	18.05	55	18.06	30
18.07	50	18.05	30	18.08	65	18.09	50
18.09	50	18.07	40	18.11	70	18.11	70
18.12	60	18.12	50	18.13	90	18.14	60
18.14	60	18.15	45	18.15	100	18.16	95
18.19	40	18.17	40	18,18	70	18,19	60
18.22	70	18.20	60	18.20	55	18.21	50
18.24	60	18.22	40	18.23	45	18.24	50
18.27	50	18.25	40	18.26	90	18.26	50
18.29	55	18.27	65	18.28	95	18.29	70
18.32	50	18.30	65	18.30	95	18.31	80
18.34	60	18.32	40	18.33	90	18.34	70
18.37	50	18.35	35	18.36	75	18.36	70
18.39	60	18.37	50	18.38	65	18.39	60
18.42	45	18.40	30	18.41	50	18.41	75
18.44	65	18.42	45	18.43	90	18.44	60
18.47	70	18.45	40	18.46	80	18.46	55
18.49	55	18.47	40	18.48	65	18.49	40
18.52	355	18.50	30	18.50	60	18.51	50
18.54	80	18.52	65	18.53	70	18.54	55
18.57	80	18.55	50	18.56	65	18.56	65
18.59	95	18.57	60	18.58	65	18.59	60
		19.00	45	19.00	55		

Rabu 29 – 11 - 2023 (Periode Pagi)							
Jalan Bantul (Utara)		**Jalan Nasional III (Timur)**		**Jalan Bantul (Selatan)**		**Jalan Nasional III (Barat)**	
Jam	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**
06.01	15	06.01	20	06.02	40	06.00	35
06.03	35	06.03	15	06.04	50	06.03	30
06.05	40	06.06	30	06.07	50	06.05	51
06.08	36	06.08	35	06.09	20	06.08	32
06.11	30	06.11	35	06.12	45	06.10	31
06.13	30	06.13	40	06.14	30	06.12	45
06.15	30	06.16	30	06.17	60	06.15	30
06.18	40	06.18	30	06.19	56	06.18	28
06.21	45	06.21	30	06.22	50	06.20	40
06.23	30	06.23	50	06.24	52	06.22	44
06.26	25	06.26	50	06.27	66	06.25	70
06.28	50	06.28	40	06.29	50	06.27	60
06.31	40	06.31	30	06.32	56	06.30	58
06.33	30	06.33	30	06.34	61	06.33	37
06.35	40	06.36	30	06.37	70	06.35	50
06.38	50	06.38	50	06.39	55	06.38	53
06.41	43	06.41	35	06.42	70	06.40	64
06.43	30	06.43	50	06.44	63	06.42	45
06.45	45	06.46	45	06.47	55	06.45	62
06.48	30	06.48	50	06.49	51	06.48	65
06.51	45	06.51	30	06.52	80	06.50	51
06.53	30	06.53	35	06.54	50	06.52	55
06.55	56	06.56	50	06.57	45	06.55	53
06.58	30	06.58	50	06.59	65	06.58	44
07.01	40	07.01	30	07.02	51	07.00	80
07.03	60	07.03	40	07.04	65	07.02	59
07.05	55	07.06	30	07.07	70	07.05	67
07.08	50	07.08	50	07.09	61	07.07	55
07.11	45	07.11	50	07.12	56	07.10	53
07.13	65	07.13	40	07.14	60	07.13	80
07.15	65	07.16	50	07.17	61	07.15	107
07.18	55	07.18	45	07.19	60	07.17	105
07.21	45	07.21	20	07.22	65	07.20	90
07.23	65	07.23	50	07.24	65	07.23	67
07.26	62	07.26	50	07.26	66	07.25	96
07.28	60	07.28	50	07.29	50	07.27	110
07.30	51	07.31	50	07.32	60	07.30	98
07.33	45	07.33	50	07.34	63	07.32	70
07.35	55	07.36	50	07.37	70	07.35	52
07.38	53	07.39	50	07.39	65	07.38	66
07.41	41	07.41	50	07.42	75	07.40	78
07.43	50	07.43	50	07.44	70	07.43	97

Rabu 29 – 11 - 2023 (Periode Pagi)							
Jalan Bantul (Utara)		**Jalan Nasional III (Timur)**		**Jalan Bantul (Selatan)**		**Jalan Nasional III (Barat)**	
Jam	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**
07.46	50	07.46	45	07.47	65	07.45	70
07.48	45	07.49	50	07.49	60	07.48	64
07.51	45	07.51	40	07.52	75	07.50	82
07.53	50	07.53	45	07.54	65	07.52	78
07.56	40	07.56	35	07.57	50	07.55	65
07.58	40	07.58	45	07.59	45	07.58	57
08.01	35	08.01	45	08.02	90	08.00	115
08.03	50	08.03	40	08.04	55	08.02	80
08.06	75	08.06	50	08.07	60	08.05	63
08.08	65	08.08	40	08.09	80	08.08	79
08.11	55	08.11	50	08.12	55	08.10	67
08.13	20	08.13	50	08.14	70	08.13	70
08.16	35	08.16	40	08.17	100	08.15	55
08.18	35	08.18	50	08.19	90	08.17	98
08.20	70	08.21	35	08.22	60	08.20	57
08.23	40	08.23	50	08.24	70	08.23	70
08.26	45	08.26	30	08.27	65	08.25	42
08.28	30	08.28	30	08.29	65	08.27	63
08.30	40	08.31	40	08.32	120	08.30	80
08.33	35	08.34	40	08.34	60	08.33	53
08.36	30	08.36	50	08.37	54	08.35	98
08.38	45	08.38	50	08.39	60	08.37	85
08.41	55	08.41	45	08.42	70	08.40	62
08.43	40	08.43	50	08.44	65	08.42	95
08.45	45	08.46	50	08.47	55	08.45	76
08.48	55	08.49	50	08.49	50	08.47	65
08.50	40	08.51	50	08.52	90	08.50	83
08.53	45	08.53	50	08.54	80	08.52	80
08.56	40	08.56	50	08.57	65	08.55	69
08.58	40	08.59	50	08.59	70	08.58	75
						09.00	60

Rabu 29 – 11 - 2023 (Periode Siang)							
Jalan Bantul (Utara)		**Jalan Nasional III (Timur)**		**Jalan Bantul (Selatan)**		**Jalan Nasional III (Barat)**	
Jam	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**
11.01	65	11.01	40	11.02	95	11.00	95
11.03	55	11.03	40	11.04	65	11.02	100
11.05	55	11.06	60	11.07	80	11.05	105
11.08	75	11.09	30	11.10	70	11.07	95
11.11	75	11.11	55	11.12	50	11.10	95
11.13	45	11.13	60	11.14	55	11.12	100
11.15	50	11.16	65	11.17	70	11.15	100
11.18	50	11.19	60	11.19	80	11.17	95
11.20	60	11.21	60	11.22	70	11.20	75
11.23	50	11.24	50	11.24	45	11.22	75
11.26	55	11.26	55	11.27	75	11.25	85
11.28	65	11.28	40	11.29	70	11.27	65
11.30	55	11.31	70	11.32	50	11.30	85
11.33	50	11.33	80	11.34	65	11.32	80
11.35	55	11.36	65	11.37	45	11.35	65
11.38	60	11.38	50	11.39	70	11.37	85
11.40	50	11.41	50	11.42	75	11.40	85
11.43	50	11.43	45	11.44	60	11.42	90
11.46	55	11.46	45	11.47	75	11.45	85
11.48	80	11.49	55	11.49	55	11.47	70
11.51	85	11.51	50	11.52	65	11.50	60
11.53	90	11.53	70	11.54	70	11.52	60
11.55	85	11.56	65	11.57	30	11.55	80
11.58	70	11.58	70	11.59	40	11.57	70
12.01	70	12.01	40	12.02	35	12.00	80
12.03	50	12.03	50	12.04	80	12.02	60
12.05	70	12.06	60	12.07	20	12.05	65
12.08	70	12.08	75	12.09	50	12.07	55
12.10	65	12.11	45	12.12	60	12.10	95
12.13	70	12.13	65	12.14	70	12.12	70
12.15	50	12.16	20	12.17	70	12.15	75
12.18	55	12.18	70	12.19	40	12.17	70
12.21	55	12.21	55	12.22	45	12.20	80
12.23	70	12.23	45	12.24	95	12.22	65
12.25	70	12.26	55	12.27	50	12.25	65
12.28	65	12.28	55	12.29	55	12.27	75
12.31	65	12.31	80	12.32	95	12.30	60
12.33	55	12.33	50	12.34	70	12.32	75
12.35	60	12.36	50	12.37	60	12.35	55
12.38	60	12.38	60	12.39	60	12.37	65
12.40	45	12.41	55	12.42	75	12.40	85
12.43	50	12.43	65	12.44	195	12.42	60

Rabu 29 – 11 - 2023 (Periode Siang)							
Jalan Bantul (Utara)		**Jalan Nasional III (Timur)**		**Jalan Bantul (Selatan)**		**Jalan Nasional III (Barat)**	
Jam	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**
12.45	60	12.46	50	12.47	40	12.45	75
12.48	80	12.48	45	12.49	65	12.47	70
12.50	85	12.51	55	12.52	70	12.50	75
12.53	80	12.53	50	12.54	50	12.52	80
12.55	60	12.56	50	12.57	85	12.55	95
12.58	55	12.58	65	12,59	70	12.57	100
13.00	85	13.01	50	13.02	60	13.00	65
13.03	85	13.03	65	13.04	85	13.02	70
13.05	80	13.06	70	13.07	75	13.05	80
13.08	80	13.08	85	13.09	75	13.07	80
13.11	65	13.11	60	13.12	55	13.10	65
13.13	60	13.13	60	13.14	80	13.12	75
13.15	70	13.16	60	13.17	60	13.15	80
13.18	60	13.18	70	13.19	55	13.17	75
13.20	75	13.21	50	13.22	60	13.20	80
13.23	70	13.24	50	13.24	95	13.22	60
13.25	70	13.26	45	13.27	90	13.25	70
13.28	40	13.28	45	13.30	75	13.27	85
13.30	75	13.31	60	13.32	60	13.30	85
13.33	70	13.34	60	13.34	90	13.32	95
13.35	55	13.36	80	13.37	95	13.35	90
13.38	60	13.38	55	13.39	50	13.37	100
13.40	60	13.41	80	13.41	40	13.40	60
13.42	65	13.43	80	13.44	85	13.42	65
13.45	70	13.45	75	13.46	90	13.44	60
13.47	60	13.48	75	13.48	75	13.47	75
13.49	50	13.50	65	13.51	50	13.49	55
13.52	55	13.52	65	13.53	70	13.51	50
13.54	55	13.55	60	13.55	90	13.53	50
13.56	45	13.57	50	13.58	75	13.56	95
13.59	30	13.59	80	14.00	95	13.58	75

Rabu 29 – 11 - 2023 (Periode Sore)							
Jalan Bantul (Utara)		**Jalan Nasional III (Timur)**		**Jalan Bantul (Selatan)**		**Jalan Nasional III (Barat)**	
Jam	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**
16.00	60	16.02	65	16.00	70	16.01	95
16.03	85	16.04	70	16.02	80	16.03	90
16.06	90	16.07	65	16.05	65	16.06	95
16.08	90	16.09	65	16.07	50	16.08	90
16.11	100	16.11	65	16.09	65	16.10	100
16.13	105	16.14	65	16.12	50	16.12	95
16.15	100	16.16	80	16.14	50	16.15	85
16.18	95	16.18	70	16.16	100	16.17	75
16.20	75	16.21	86	16.19	65	16.19	60
16.22	50	16.23	60	16.21	50	16.22	70
16.25	80	16.25	75	16.23	40	16.24	85
16.27	50	16.28	35	16.26	35	16.27	95
16.29	60	16.30	70	16.28	95	16.29	80
16.32	80	16.32	70	16.31	35	16.31	75
16.34	55	16.35	60	16.35	80	16.34	105
16.36	50	16.37	65	16.38	45	16.36	95
16.39	50	16.40	70	16.40	45	16.38	80
16.41	80	16.42	65	16.42	60	16.40	100
16.43	90	16.44	60	16.45	55	16.43	85
16.46	90	16.47	70	16.47	60	16.45	60
16.48	100	16.49	60	16.49	55	16.48	70
16.51	70	16.51	70	16.52	55	16.50	80
16.53	60	16.54	65	16.54	50	16.52	80
16.55	75	16.56	70	16.56	55	16.55	85
16.57	45	16.58	85	16.59	40	16.57	80
17.00	50	17.01	65	17.01	50	17.59	85
17.02	60	17.03	60	17.03	90	17.02	95
17.05	65	17.05	60	17.06	55	17.04	80
17.07	80	17.08	50	17.08	65	17.06	65
17.10	80	17.10	50	17.11	90	17.09	75
17.12	70	17.13	50	17.13	40	17.12	85
17.15	75	17.15	70	17.16	50	17.14	70
17.17	80	17.18	45	17.18	60	17.17	75
17.20	85	17.20	30	17.21	50	17.19	65
17.22	75	17.23	50	17.23	35	17.22	65
17.25	90	17.25	35	17.26	40	17.24	55
17.27	85	17.28	65	17.28	55	17.26	65
17.30	90	17.30	40	17.31	70	17.29	30
17.33	80	17.33	50	17.33	40	17.31	50
17.35	75	17.35	60	17.36	40	17.34	55
17.37	90	17.38	75	17.38	45	17.36	50
17.40	70	17.40	50	17.41	35	17.39	60

Rabu 29 – 11 - 2023 (Periode Sore)							
Jalan Bantul (Utara)		**Jalan Nasional III (Timur)**		**Jalan Bantul (Selatan)**		**Jalan Nasional III (Barat)**	
Jam	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**	**Jam**	**Panjang Antrean (m)**
17.42	75	17.43	70	17.43	50	17.42	65
17.45	80	17.45	30	17.46	55	17.44	65
17.48	85	17.48	45	17.48	30	17.46	60
17.50	75	17.50	35	17.51	40	17.49	95
17.52	55	17.53	30	17.53	50	17.51	85
17.55	80	17.55	40	17.56	50	17.54	75
17.59	60	17.58	65	17.58	50	17.56	70
18.02	70	18.00	50	18.01	40	17.59	60
18.05	55	18.03	45	18.03	55	18.01	65
18.07	45	18.05	65	18.06	30	18.04	60
18.10	55	18.08	70	18.09	40	18.07	80
18.12	70	18.11	55	18.11	50	18.09	60
18.15	65	18.13	60	18.13	60	18.12	65
18,17	80	18.15	60	18.16	30	18.14	75
18.19	55	18,18	55	18,18	60	18.16	70
18.21	60	18.20	60	18.21	55	18.19	50
18.23	60	18.23	30	18.23	50	18.22	75
18.25	50	18.25	45	18.26	60	18.24	55
18.27	50	18.28	35	18.28	45	18.26	50
18.29	55	18.30	45	18.31	55	18.29	65
18.32	60	18.33	65	18.33	35	18.31	55
18.35	40	18.35	35	18.36	45	18.34	60
18.37	45	18.38	60	18.38	35	18.37	60
18.40	40	18.40	70	18.41	45	18.39	60
18.42	50	18.43	45	18.43	70	18.41	40
18.45	65	18.45	60	18.46	60	18.44	40
18.47	65	18.48	55	18.48	30	18.47	65
18.50	85	18.50	25	18.51	40	18.49	65
18.52	70	18.53	50	18.53	30	18.51	55
18.55	55	18.55	25	18.56	50	18.54	40
18.57	45	18.58	30	18.58	30	18.56	50
19.00	30	19.00	50			18.59	55

Lampiran 3 Data *Driving Behavior*

Sampel	Depan – Belakang Kendaraan Berjalan (m)	Depan – Belakang Kendaraan Berhenti (m)	Berdampingan Kendaraan Berjalan (m)	Berdampingan Kendaraan Berhenti (m)
1	2	0,49	0,6	0,97
2	1,45	0,51	0,7	0,36
3	0,5	0,47	0,8	0,47
4	1,1	0,53	0,6	0,37
5	0,5	0,68	1,65	0,45
6	0,5	0,55	1,75	0,39
7	1	0,57	1,55	0,69
8	0,5	0,53	1,1	0,44
9	0,5	0,48	0,67	0,55
10	1,5	0,57	1	0,5
Rata – Rata	0,955	0,538	1,042	0,519

Lampiran 4 Data Kecepatan Kendaraan Minggu 26 – 11 – 2023

No.	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
	km/jam			km/jam			km/jam			km/jam		
1	13	25	20	34	12	16	24	18	35	15	26	16
2	8	22	24	22	16	10	21	25	24	19	22	17
3	31	21	14	21	21	24	21	20	22	17	36	22
4	31	15	27	19	16	17	21	14	21	17	19	27
5	22	21	22	27	28	25	19	12	19	19	18	19
6	20	22	25	15	19	12	22	11	16	14	20	24
7	23	20	24	17	19	29	18	16	17	11	19	25
8	20	20	18	33	21	18	20	16	20	16	21	16
9	17	17	21	24	33	18	22	19	17	19	17	42
10	22	22	21	20	23	22	18	23	46	17	17	14
11	17	31	20	25	21	12	30	20	21	24	23	21
12	26	21	24	25	23	13	22	25	34	27	29	29
13	15	31	26	19	18	16	32	22	17	34	22	31
14	15	24	32	23	27	20	32	25	49	34	34	26
15	20	19	16	23	20	15	22	23	23	24	22	42
16	12	22	23	16	21	19	22	24	16	0	28	24
17	18	22	42	23	14	23	24	20	25	22	25	41
18	15	14	12	22	24	26	23	27	25	20	25	16
19	18	38	21	20	17	17	22	22	28	33	20	24
20	22	15	12	20	22	16	24	16	17	27	27	22
21	19	35	43	23	17	18	19	18	15	23	31	12
22	18	16	21	21	23	22	39	16	15	30	20	47
23	21	24	24	23	21	15	19	16	23	29	19	27
24	22	24	17	16	25	16	19	15	13	29	18	9
25	19	24	19	18	25	13	21	17	14	16	25	20
26	15	26	18	25	21	20	15	19	18	19	22	17
27	22	53	56	22	21	20	13	15	10	22	16	16
28	22	22	40	27	24	11	23	24	14	15	19	24
29	22	15	35	21	21	18	10	18	15	16	21	15
30	19	18	39	21	22	16	15	17	41	18	22	11

Lampiran 5 Data Kecepatan Kendaraan Rabu 29 – 11 – 2023

No.	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
	km/jam			km/jam			km/jam			km/jam		
1	18	26	20	36	22	22	17	26	38	16	25	19
2	21	20	18	33	16	21	21	19	27	19	23	19
3	16	18	25	29	21	24	32	18	47	17	24	15
4	16	21	21	22	26	26	32	13	16	17	22	16
5	21	20	42	22	25	24	24	27	37	17	23	21
6	19	15	17	26	28	16	25	14	17	21	19	21
7	21	21	17	23	23	19	24	21	31	18	13	17
8	43	18	56	24	22	16	20	38	24	20	18	14
9	24	22	18	20	21	22	25	20	18	29	17	25
10	21	21	19	18	36	20	22	26	21	19	20	17
11	39	23	38	23	29	19	25	18	19	21	24	25
12	21	27	23	25	15	20	26	23	18	21	18	15
13	19	23	37	26	19	17	16	24	19	25	19	17
14	19	33	24	20	34	26	16	20	24	25	30	18
15	24	23	21	17	18	33	19	20	21	25	21	21
16	37	22	43	22	27	25	36	18	36	19	18	23
17	30	30	25	24	19	19	18	24	27	23	27	27
18	24	21	26	20	23	19	22	30	27	23	21	29
19	36	27	23	19	20	17	19	17	13	21	20	22
20	34	46	22	21	21	20	26	20	16	22	21	21
21	17	23	22	21	17	28	18	21	18	17	38	21
22	11	23	15	39	18	25	16	20	23	14	37	32
23	22	19	21	22	24	20	38	21	25	33	23	19
24	16	18	14	20	25	21	38	28	23	33	26	18
25	10	23	10	23	17	19	24	22	13	17	31	20
26	9	16	17	14	18	42	33	21	20	17	22	18
27	15	26	33	21	14	16	19	22	17	27	20	17
28	16	17	24	18	21	20	25	20	14	21	22	21
29	17	22	19	25	21	12	27	18	14	25	19	17
30	13	24	29	18	20	11	20	21	32	25	24	16