TUGAS AKHIR

EVALUASI DAN REKAYASA PENINGKATAN KINERJA SIMPANG EMPAT BERSINYAL JALAN PALAGAN TENTARA PELAJAR KOTA YOGYAKARTA

(EVALUATION AND ENGINEERING OF THE PERFORMANCE IMPROVEMENT OF THE SIGNALIZED INTERSECTION PALAGAN TENTARA PELAJAR STREET YOGYAKARTA CITY)

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



Muhammad Fathur Rahman
18511172

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023

Dipindai dengan CamScanner

TUGAS AKHIR

EVALUASI DAN REKAYASA PENINGKATAN KINERJA SIMPANG EMPAT BERSINYAL KAMDANEN KOTA YOGYAKARTA

(EVALUATION AND ENGINEERING OF THE PERFORMANCE IMPROVEMENT OF THE SIGNALIZED INTERSECTION KAMDANEN YOGYAKARTA CITY)

Disusun Oleh

Muhammad Fathur Rahman
18511172

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil
Diuji pada tanggal 6 Juni 2023
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Aisyah Nur Jannah, S.T., M.Sc.	Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.	Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 205111301	NIK : 955110103	NIK : 215111307

Mengesahkan
Ketua Program Studi Teknik Sipil

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

23/6/2023

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

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat penyelesaian program studi Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau Sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan 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 Juni 2023

Yang membuat pernyataan,

Muhammad Fathur Rahman

18511172

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Evaluasi dan Rekayasa Peningkatan Kinerja Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar Kota Yogyakarta.* Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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 terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Ibu Aisyah Nur Jannah, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, menasehati, dan memberikan tambahan ilmu.
2. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji 1 dalam Sidang Tugas Akhir saya yang telah memberikan banyak masukan, kritik, dan saran.
3. Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc., selaku Dosen Penguji 2 dalam Sidang Tugas Akhir saya yang telah memberikan banyak masukan, kritik, dan saran.
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Diri saya sendiri yang telah melalui banyak hal dan mendapatkan pelajaran dari hal tersebut.
6. Kedua orang tua saya yang tiada hentinya mendoakan serta mendukung saya dalam segala hal, serta kedua adik saya yang telah memberikan dukungannya sehingga terselesaikannya Proposal Tugas Akhir ini.
7. Farrah Sofhi Ananta yang selalu menemani, membantu dan mendoakan saya dalam pembuatan Proposal Tugas Akhir ini.

Dipindai dengan CamScanner

8. Teman-teman Teknik Sipil 2018 Hanif, Dila, Afi, Raul, Hadi, Ratih, Yuko, Bella, Namira yang telah memberikan dukungan serta hiburan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, dan teman Angkatan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan saran saran yang diberikan.

Yogyakarta, 6 Juni 2023

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Fathur Rahman

18511172

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Evaluasi Pada Simpang dan Jalan Menggunakan MKJI 1997	4
2.2 Evaluasi Pada Simpang dan Jalan Menggunakan Perangkat Lunak *Vissim*	5
2.3 Perbandingan Penelitian ini dengan Sebelumnya	7
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Persimpangan Bersinyal	10
3.1.1 Arus Lalu Lintas	11
3.1.2 Kapasitas	17
3.1.3 Derajat Kejenuhan	18

Dipindai dengan CamScanner

3.1.4 Panjang Antrian 18
3.1.5 Tundaan 21
3.1.6 Tingkat Pelayanan 22
3.2 Perangkat Lunak *Vissim* 23
3.2.1 Pemodelan Menggunakan Perangkat Lunak *Vissim* 24
3.2.2 Pemodelan Simpang Bersinyal Dalam *Vissim* 48
3.3 Kalibrasi dan Validasi *Vissim* 50
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 52
4.1 Lokasi Penelitian 52
4.2 Jenis dan Sumber Data 53
4.2.1 Data Primer 53
4.2.2 Data Sekunder 54
4.3 Alat-alat Penelitian 54
4.4 Metode Pengambilan Data 55
4.5 Waktu Pelaksanaan Survei 58
4.6 Metode Analisis 59
4.6.1 Analisis Data Menggunakan MKJI 59
4.6.2 Analisis Menggunakan *Vissim* 60
4.7 Bagan Alir Penelitian 61
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 63
5.1 Data 63
5.1.1 Data Sekunder 63
5.1.2 Data Primer 63
5.2 Analisis Kinerja Simpang Menggunakan MKJI 1997 71
5.2.1 Arus Jenuh 71
5.2.2 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan 74
5.2.3 Perilaku Lalu Lintas 75
5.3 Kalibrasi dan Validasi Pada Hasil Perangkat Lunak Vissim 79
5.4 Alternatif Pemecahan Masalah 87
5.4.1 Alternatif Pemecahan I 87
5.4.2 Alternatif Pemecahan II 91

Dipindai dengan CamScanner

5.4.3 Alternatif Pemecahan III 96
5.4.4 Alternatif Pemecahan IV 103
5.5 Pembahasan 109
5.5.1 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan 109
5.5.2 Panjang Antrian 111
5.5.3 Tundaan Kendaraan 113
5.5.4 Kinerja Lalu Lintas 114
5.5.5 Alternatif Solusi Terbaik Bedasarkan Kinerja Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar 116
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 122
6.1 Kesimpulan 122
6.2 Saran 123
DAFTAR PUSTAKA 124
LAMPIRAN 126

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR TABEL

Tabel	2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang	8
Tabel	3.1	Angka Ekivalen Kendaraan Penumpang (emp)	12
Tabel	3.2	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota	13
Tabel	3.3	Faktor Penyesuaian Hambatan Samping	13
Tabel	3.4	Tingkat Pelayanan	23
Tabel	3.5	Standar Perhitungan Geoffrey E. Havers (GEH)	51
Tabel	5.1	Data Geometri Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar	63
Tabel	5.2	Data Waktu Sinyal Lalu Lintas Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar	65
Tabel	5.3	Data Volume Lalu Lintas Simpang Palagan Tentara Pelajar Pada Hari Kamis	66
Tabel	5.4	Data Volume Lalu Lintas Simpang Palagan Tentara Pelajar Pada Hari Minggu	67
Tabel	5.5	Panjang Antrian Pada Simpang Palagan Tentara Pelajar Jam Puncak	68
Tabel	5.6	Kecepatan Kendaraan Pada Simpang Palagan Tentara Pelajar	69
Tabel	5.7	Data *Driving Behavior* Pada Simpang Palagan Tentara Pelajar	70
Tabel	5.8	Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar	73
Tabel	5.9	Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar	75
Tabel	5.10	Rekapitulasi Perhitungan Panjang Antrian dan Kendaraan Berhenti Pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar	77
Tabel	5.11	Rekapitulasi Perhitungan Tundaan Kendaraan Pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar	79
Tabel	5.12	Hasil *Trial and Error* Kalibrasi	80

Dipindai dengan CamScanner

Tabel	5.13	Hasil Validasi Uji GEH	82
Tabel	5.14	Kesimpulan Hasil Pemodelan dengan Uji GEH	83
Tabel	5.15	Hasil Validasi Panjang Antrean Uji MAPE	83
Tabel	5.16	Kesimpulan Hasil Pemodelan dengan Uji MAPE	84
Tabel	5.17	Panjang Antrean dari Pemodelan Vissim	85
Tabel	5.18	Tundaan dari Pemodelan Vissim	86
Tabel	5.19	Tingkat Pelayanan dari Pemodelan Vissim	86
Tabel	5.20	Waktu Siklus Alternatif 1	88
Tabel	5.21	Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Alternatif 1	89
Tabel	5.22	Panjang Antrian Alternatif 1	90
Tabel	5.23	Tundaan Kendaraan Alternatif 1	90
Tabel	5.24	Tingkat Pelayanan Alternatif 1	91
Tabel	5.25	Rekapitulasi Waktu Hijau Menggunakan MKJI 1997 Alternatif 2	93
Tabel	5.26	Waktu Siklus Alternatif 2	93
Tabel	5.27	kapasitas dan Derajat Kejenuhan Alternatif 2	95
Tabel	5.28	Panjang Antrian Alternatif 2	95
Tabel	5.29	Tundaan Kendaraan Alternatif 2	96
Tabel	5.30	Tingkat Pelayanan Alternatif 2	96
Tabel	5.31	Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar Alternatif 3	98
Tabel	5.32	Rekapitulasi Waktu Hijau Menggunakan MKJI 1997 Alternatif 3	99
Tabel	5.33	Waktu Siklus Alternatif 3	99
Tabel	5.34	kapasitas dan Derajat Kejenuhan Alternatif 3	101
Tabel	5.35	Panjang Antrian Alternatif 3	101
Tabel	5.36	Tundaan Kendaraan Alternatif 3	102
Tabel	5.37	Tingkat Pelayanan Alternatif 3	102
Tabel	5.38	Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar Alternatif 4	104
Tabel	5.39	Rekapitulasi Waktu Hijau Menggunakan MKJI 1997 Alternatif 4	105
Tabel	5.40	Waktu Siklus Alternatif 4	106
Tabel	5.41	kapasitas dan Derajat Kejenuhan Alternatif 4	107

Dipindai dengan CamScanner

Tabel 5.42 Panjang Antrian Alternatif 4 108
Tabel 5.43 Tundaan Kendaraan Alternatif 4 108
Tabel 5.44 Tingkat Pelayanan Alternatif 4 109
Tabel 5.45 Pebandingan Kapasitas Simpang 109
Tabel 5.46 Pebandingan Derajat Kejenuhan 110
Tabel 5.47 Pebandingan Panjang Antrian 111
Tabel 5.48 Pebandingan Tundaan Kendaan 113
Tabel 5.49 Perbadingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Utara 114
Tabel 5.50 Perbadingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Timur 115
Tabel 5.51 Perbadingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Selatan 115
Tabel 5.52 Perbadingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Barat 116
Tabel 5.53 Persentase Perubahan Derajat Kejenuhan Setiap Alternatif 117
Tabel 5.54 Persentase Perubahan Panjang Antrian Setiap Alternatif 118
Tabel 5.55 Persentase Perubahan Tundaan Kendaraan Setiap Alternatif 119

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Macam-macam Bentuk Persimpangan Sebidang 11
Gambar 3.2 Faktor Penyesuain Kelandaian 14
Gambar 3.3 Penetapan Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian 17
Gambar 3.4 Pengaturan *Vehicle Behaviour* pada *Network Setting* 24
Gambar 3.5 Pengaturan Units pada *Network Setting* 25
Gambar 3.6 *Input Background Image* 25
Gambar 3.7 *Set Scale* 26
Gambar 3.8 Pengaturan Link 26
Gambar 3.9 Pengaturan Link Data *(Lanes)* 27
Gambar 3.10 Pengaturan Link Data *(Display)* 27
Gambar 3.11 *Connectors* 28
Gambar 3.12 Pengaturan Pada *Connectors* 28
Gambar 3.13 *Vehicle Inputs* 29
Gambar 3.14 *Vehicle Compositions* 29
Gambar 3.15 *Desired Speed Distribution* 30
Gambar 3.16 Pengeditan *Desired Speed Distribution* 30
Gambar 3.17 Input Nilai Frekuensi Kumulatif Relatif 31
Gambar 3.18 *Vehicle Routes* 31
Gambar 3.19 Jendela *Vehicle Routes* 32
Gambar 3.20 *Conflict Areas* 32
Gambar 3.21 *Conflict Areas* Setelah Diatur 33
Gambar 3.22 *Priority Rules* 33
Gambar 3.23 *Reduced Speed Areas* 34
Gambar 3.24 *Signal Controllers* 34
Gambar 3.25 *Fixed Time Signal Controllers* 35
Gambar 3.26 Penambahan Lengan *Signal Group* 35
Gambar 3.27 *Signal Group* 36
Gambar 3.28 *Signal Controllers* 36

Dipindai dengan CamScanner

Gambar 3.29 *Signal Program* 37
Gambar 3.30 *Signal Head* 37
Gambar 3.31 Data *Collection Point* 38
Gambar 3.32 *Vehicle Travel Times* 38
Gambar 3.33 *Queue Counters* 39
Gambar 3.34 Menu Data *Collection Measurement* 40
Gambar 3.35 Data *Collection Measurement* 40
Gambar 3.36 *Delay Measurement* 40
Gambar 3.37 *Select 3D Models* 41
Gambar 3.38 Tampilan Jendela Select *3D Models* 42
Gambar 3.39 *Delay Measurement* 42
Gambar 3.40 Tampilan Jendela *Display Types* 43
Gambar 3.41 Tampilan Pembuatan *Display Types* Baru 43
Gambar 3.42 Tampilan Jendela *Pavement Marking* 44
Gambar 3.43 Hasil Pemberian *Texture, Pavement Marking,* dan *Status Model* 44
Gambar 3.44 *Result List* 45
Gambar 3.45 Evaluation *Configuration* 46
Gambar 3.46 *Queue Counter* Pada Configuration 46
Gambar 3.47 Tampilan *Camera Position* 46
Gambar 3.48 Tampilan *Storyboards/Keyframes* 46
Gambar 3.49 Tampilan Pembuatan *Keyframes* 47
Gambar 3.50 Tampilan *Record AVIS* 47
Gambar 3.51 Tampilan *Storyboards* Keseluruhan 47
Gambar 3.52 Pengaturan *Add Signal Controller* Eksisting 48
Gambar 3.53 Pengaturan Edit *Signal Controller* Eksisting 48
Gambar 3.54 Pengaturan *Signal Group* Kondisi Eksisting 49
Gambar 3.55 Pengaturan *Cycle Time* Simpang Eksisting 49
Gambar 3.56 Pengaturan *Signal Head* Kondisi Eksisting 50
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian Tampak Atas 52
Gambar 4.2 Lokasi Penelitian Tampak Dari Jalan Utara dan Timur 52
Gambar 4.3 Lokasi Penelitian Tampak Dari Jalan Selatan dan Barat 53

Dipindai dengan CamScanner

Gambar 4.4 Denah Lokasi Penempatan Surveyor 55
Gambar 4.5 Bagan Alir Penelitian 62
Gambar 5.1 Geometri Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar 64
Gambar 5.2 Diagram Siklus Waktu Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar 65
Gambar 5.3 Pengaturan Fase Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar Pada Eksisting 66
Gambar 5.4 Histogram Volume Lalu Lintas Pagi 67
Gambar 5.5 Histogram Volume Lalu Lintas Sore 67
Gambar 5.6 Lengan Utara Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar 72
Gambar 5.7 Pemodelan Sebelum Kalibrasi 81
Gambar 5.8 Pemodelan Setelah Kalibrasi 81
Gambar 5.9 Tampak Simpang Setelah Kalibrasi 82
Gambar 5.10 Diagram Siklus Waktu Alternatif 1 88
Gambar 5.11 Pengaturan Fase Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar Alternatif 1 89
Gambar 5.12 Diagram Siklus Waktu Alternatif 2 93
Gambar 5.13 Pengaturan Fase Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar Alternatif 2 93
Gambar 5.14 Diagram Siklus Waktu Alternatif 3 100
Gambar 5.15 Pengaturan Fase Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar Alternatif 3 100
Gambar 5.16 Diagram Siklus Waktu Alternatif 4 107
Gambar 5.17 Pengaturan Fase Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar Alternatif 4 105
Gambar 5.18 Grafik Perbandingan Kapasitas Simpang 110
Gambar 5.19 Grafik Perbandingan Derajat Kejenuhan 110
Gambar 5.20 Grafik Perbandingan Panjang Antrian 112
Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Tundaan Kendaraan 113

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Volume Lalu Lintas Hari Kamis dan Minggu 127

Lampiran 2 *Driving Behavior* 133

Lampiran 3 Kecepatan Kendaraan 134

Lampiran 4 Panjang Antrian 138

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

MKJI 1997	= Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997
emp	= Ekivalen Kendaraan Penumpang
F	= Faktor Penyesuaian
LTOR	= Belok Kiri Lansung
LT	= Arus Belok Kiri
ST	= Arus Lurus
RT	= Arus Belok Kanan
All Red	= Merah semua
Amber	= Waktu Kuning
LTI	= Waktu Hilang
S_0	= Arus Jenuh Dasar
W_a	= Lebar Pendekat
g	= Waktu Hijau
C	= Kapasitas
DS	= Derajat Kejenuhan
Q	= Arus Lalu Lintas
NQ1	= Jumlah smp Yang Tidak Ikut Fase Hijau Sebelumnya
NQ2	= Jumlah smp Baru Datang di Lampu Merah
GR	= Rasio Hijau
QL	= Panjang Antrian
NQ	= Jumlah Kendaraan Saat Antri
NSV	= Jumlah Kendaraan Saat Berhenti
D	= Tundaan
DT	= Tundaan Lalu-Lintas
DG	= Tundaan Geometri Rata-rata.

Dipindai dengan CamScanner

ABSTRAK

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu provinsi yang ada di Indonesia yang dikenal sebagai kota pelajar dan pariwisata. Banyaknya pendatang di kota Yogyakarta menyebabkan tingginya volume kendaraan yang bertemu di simpang. Berdasarkan Badan Pusat Statistik DIY, data jumlah kendaraan bermotor dari tahun 2018 sampai 2020 terus mengalami peningkatan. Peningkatan jumlah kendaraan tersebut menimbulkan berbagai permasalahan seperti lamanya waktu tundaan dan panjangnya antrean kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja simpang empat Jalan Palagan Tentara Pelajar dan solusi alternatif perbaikannya.

Metode pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah survei lapangan yang dilakukan pada hari Kamis dan Minggu pukul 07.00 – 10.00 WIB dan 15.00 – 18.00 WIB. Data primer yang diperoleh berupa data perhitungan lalu lintas, kebiasaan pengemudi, panjang antrean, serta data geometri simpang. Data tersebut kemudian dianalisis berdasarkan MKJI 1997 dan kemudian dimodelkan dengan perangkat lunak Vissim.

Hasil penelitian diketahui kondisi eksisting Simpang Palagan Tentara Pelajar memiliki derajat kejenuhan (DS) untuk setiap pendekat pada Simpang Jalan Palagan Tentara Pelajar untuk Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara) sebesar 0,88, Jalan Gito Gati (Barat) sebesar 0,70, Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 0,47, dan Jalan Kapten Haryadi (Timur) 0,43. Panjang antrean pada Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara) adalah 161,54 m, Jalan Kapten Haryadi (Timur) adalah 100 m, Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan) adalah 106,67 m, dan Jalan Gito Gati (Barat) adalah 118,22 m. Nilai tundaan untuk Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara) sebesar 80,15 det/smp, Jalan Gito Gati (Barat) sebesar 65,11 det/smp, Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 48,76 det/smp, dan Jalan Kapten Haryadi (Timur) 50,58 det/smp dengan kategori tingkat pelayanan F. Alternatif solusi paling optimal berupa pelebaran jalur sebesar 0,5 meter di semua lengan dan waktu siklus sebesar 129 detik yang menggunakan waktu *allred* selama 2 detik dan *amber* selama 2 detik, sehingga didapatkan nilai LTI sebesar 15 detik. Nilai derajat kejenuhan (DS) pada Simpang Jalan Palagan Tentara Pelajar memiliki nilai sebesar 0,51 untuk seluruh lengan. Panjang antrian untuk lengan Utara adalah 20,58 m, lengan Timur adalah 23,29 m, lengan Selatan adalah 28,60 m, dan lengan Barat adalah 27,63 m. Nilai tundaan Tundaan kendaraan untuk lengan Utara adalah 37,64 detik/kend, lengan Timur adalah 39,04 detik/kend, lengan Selatan adalah 48,85 detik/kend, dan lengan Barat adalah 35,41 detik/kend. Nilai *level of service* untuk lengan Utara adalah D, lengan Timur adalah D, lengan Selatan adalah E, dan lengan Barat adalah D.

Kata kunci: simpang bersinyal, MKJI 1997, Vissim

Dipindai dengan CamScanner

ABSTRACT

Yogyakarta Special Region is one of the provinces in Indonesia which is known as a city of students and tourism. The large number of migrants in the city of Yogyakarta causes a high volume of vehicles that fill the intersections. Based on the DIY Central Bureau of Statistics, the number of motorized vehicles from 2018 to 2020 continues to increase. The increasing number of vehicles creates various problems such as long delays and long queues of vehicles. This study aims to find out how the performance of the intersection of Palagan Tentara Pelajar Street and alternative solutions to improve it.

The data collection method used in this study was a field survey conducted on Thursdays and Sundays at 07.00 - 10.00 WIB and 15.00 - 18.00 WIB. Primary data obtained in the form of traffic counting data, driver behaviors, queue length, and intersection geometry data. The data was then analyzed based on MKJI 1997 and then modeled with the Vissim software.

The results showed that the existing condition of the Palagan Tentara Pelajar Intersection had a degree of saturation (DS) of each arm of the Palagan Tentara Pelajar Street (North) of 0.88, Gito Gati Street (West) of 0.70, Palagan Tentara Pelajar Street (South) 0.47, and Kapten Haryadi Street (East) 0.43. The queue length on Palagan Tentara Pelajar Street (North) is 161.54 m, Gito Gati Street (West) is 118,22 m, Palagan Tentara Pelajar Street (South) is 106,67 m, and Kapten Haryadi Street (East) 100 m.The delay value for Palagan Tentara Pelajar Street (North) is 80.15 sec/pcu, Gito Gati Street (West) is 65.11 sec/pcu, Palagan Tentara Pelajar Street (South) is 48.76 sec/pcu, and Kapten Haryadi Street (East) is 50.58 seconds /pcu with the level of service category F. The most optimal alternative solution is widening the track by 0.5 meters on all arms and a cycle time of 129 seconds using allred for 2 seconds and amber for 2 seconds, so that an LTI value of 15 seconds is obtained. The Degree of Saturation (DS) value at the Palagan Tentara Pelajar Intersection has a value of 0.51 for the entire arm. The queue length for the North arm is 20.58 m, the East arm is 23.29 m, the South arm is 28.60 m, and the West arm is 27.63 m. The vehicle delay value for the North arm is 37.64 seconds/vehicle, the East arm is 39.04 seconds/vehicle, the South arm is 48,85 seconds/vehicle, and the West arm is 35.41 seconds/vehicle. The level of service for the North arm is D, the East arm is D, the South arm is E, and the West arm is D

Keywords: *signalized intersection, MKJI 1997, Vissim*

Dipindai dengan CamScanner

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu provinsi yang ada di Indonesia yang dikenal sebagai kota pelajar dan kota pariwisata. Banyaknya pendatang yang berasal dari luar Yogyakarta untuk menempuh pendidikan ataupun sekedar pergi berlibur membuat kota ini semakin padat. Kepadatan tersebut juga berdampak terhadap arus lalu lintas, yang mana masalah kemacetan akan timbul apabila masyarakat melakukan pergerakan dengan waktu yang bersamaan pada saat jam sibuk perkotaan atau *urban peak hour*. Persimpangan adalah hal yang harus diperhatikan dalam hal memperlancar arus lalu lintas.

Persimpangan adalah daerah pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan baik sebidang maupun tidak sebidang. Persimpangan sebidang menjadi daerah yang berpotensi untuk terjadi konflik dikarenakan berbagai macam pergerakan arus lalu lintas. Simpang empat bersinyal yang terletak pada Jl. Gito Gati - Jl. Palagan Tentara Pelajar - Jl. Kapten Haryadi adalah salah satu persimpangan yang sering terjadi kemacetan karena padatnya arus lalu lintas.

Penyebab kemacetan tersebut dikarenakan simpang empat yang terletak pada Jl. Gito Gati - Jl. Palagan Tentara Pelajar - Jl. Kapten Haryadi ini menghubungkan beberapa arus lalu lintas serta berbagai kendaraan yang melintas seperti motor, mobil, bus, truk, dan sebagainya. Terdapat beberapa tempat makan, perumahan, hotel, dan toko di sepanjang Jalan Palagan Tentara Pelajar yang membuat tingginya mobilitas masyarakat di wilayah tersebut. Jalan Palagan Tentara Pelajar juga jalan yang digunakan untuk menuju *ring road* utara, Tugu Jogja, dan Malioboro. Jalan Kapten Haryadi menghubungkan ke Jalan Kaliurang disebelah timur, sebelah barat terdapat pusat perbelanjaan yaitu Sleman *City Hall* dan menuju Jalan Magelang – Yogyakarta. Banyaknya kegiatan di daerah tersebut membuat semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan mobilititas kendaraan

Dipindai dengan CamScanner

bermotor yang kemudian menyebabkan antrean dan kemacetan jalan. Selain itu kemacetan pada simpang empat tersebut juga disebabkan oleh adanya kendaraan yang di parkir pada badan jalan sehingga membuat lebar jalan berkurang.

Tingginya volume kendaraan yang bertemu pada simpang bersinyal tersebut membuat kinerja persimpangan menjadi tidak optimal, khususnya pada saat jam sibuk. Berdasarkan data jumlah kendaraan bermotor yang terdaftar di Daerah Istimewa Yogyakarta dari tahun 2016 sampai tahun 2020, jumlah kendaraan tahun 2018 mengalami peningkatan jumlah kendaraan setiap tahunnya yaitu pada tahun 2018 sebanyak 1.409.840 kendaraan, tahun 2019 sebanyak 1.575.074 kendaraan, tahun 2020 sebanyak 1.576.153 kendaaraan (Badan Pusat Statistik DIY, 2021). Peningkatan kendaraan tersebut akan membuat berbagai masalah. Permasalahan yang biasanya terjadi adalah lamanya waktu tundaan dan panjangnya antrean. Panjang antrean tersebut membuat kendaraan yg melintas pada persimpangan tersebut membutuhkan hingga empat kali waktu siklus untuk dapat keluar dari persimpangan. Tingginya mobilitas atau pergerakan kendaraan yang tidak diimbangi dengan pertumbuhan jalan membuat kapasitas jalan tidak lagi mampu menampung volume kendaraan yang melintas. Berdasarkan penjelasan diatas, maka peneliti ingin melakukan penelitian dengan judul "Evaluasi dan Rekayasa Peningkatan Kinerja Simpang Empat Bersinyal Jl. Gito Gati - Jl. Palagan Tentara Pelajar - Jl. Kapten Haryadi Kota Yogyakarta".

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja Simpang Empat Bersinyal Palagan Tentara Pelajar sesuai dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997?
2. Bagaimana solusi alternatif peningkatan kinerja Simpang Empat Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan perangkat lunak *Vissim* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Setelah mendapatkan rumusan masalah, maka didapatkan tujuan penelitian sebagai berikut.

Dipindai dengan CamScanner

1. Mengetahui kinerja Simpang Empat Bersinyal Palagan Tentara Pelajar sesuai dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.
2. Mencari solusi alternatif peningkatan kinerja Simpang Empat Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan perangkat lunak *Vissim*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian evaluasi dan rekayasa peningkatan kinerja Simpang Empat Bersinyal Palagan Tentara Pelajar Kota Yogyakarta ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut.

1. Manfaat untuk akademis yaitu dapat dijadikan sebagai referensi tambahan atau memperluas wawasan terkait penelitian terkait evaluasi dan rekayasa peningkatan kinerja simpang empat bersinyal.
2. Manfaat untuk peneliti adalah mengetahui hasil dari analisis yang telah dilakukan sehingga dapat dijadikan ilmu tambahan ketika sudah memasuki dunia kerja.
3. Manfaat dari penelitian ini untuk Pemerintah Daerah atau khususnya Dinas Perhubungan Kabupaten Sleman adalah memberikan solusi dan juga bahan pertimbangan dalam meningkatkan kinerja Simpang Empat Bersinyal Bersinyal Palagan Tentara Pelajar dengan menggunakan MKJI 1997 dan menggunakan Perangkat lunak *Vissim*.

1.5 Batasan Penelitian

Agar terhindar dari terjadinya penyimpangan terkait penelitian yang dilakukan, maka penulis membuat batasan penelitian sebagai berikut.

1. Menggolongkan jenis kendaraan kecil, sedang, dan besar dalam menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia MKJI 1997.
2. Melakukan survei lalu lintas pada saat jam sibuk (*peak hour*).
3. Perangkat lunak yang akan digunakan dalam survei simpang empat bersinyal yaitu perangkat lunak Vissim.
4. Penelitian ini tidak memperhatikan kondisi jaringan jalan di sekitar dan hanya fokus terhadap kendaraan yang melewati Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar.

Dipindai dengan CamScanner

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Evaluasi Pada Simpang dan Jalan Menggunakan MKJI 1997

Penelitian Bimantoro (2016) dilakukan pada simpang bersinyal Pingit. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui kinerja simpang bersinyal Pingit dan alternatif solusi untuk permasalahan yang terjadi. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif, kualitatif dan deskriptif yang kemudian dianalisis menurut metode MKJI 1997. Hasil yang diperoleh dari metode MKJI 1997 yaitu nilai derajat kejenuhan sebesar 0,85, nilai panjang antrian tertinggi sebesar 469,36 m pada lengan timur, dan nilai tundaan tertinggi adalah sebesar 472,27 det/smp pada lengan barat.

Indriawan (2019) melakukan penelitian untuk mengetahui kinerja pada simpang bersinyal Jlagran selama 5 tahun mendatang dengan metode MKJI 1997. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah kapasitas pada simpang Jlagran sebesar 725,45 smp/jam pada lengan utara, nilai derajat kejenuhan tertinggi sebesar 1,44 pada lengan barat, tundaan kendaraan pada lengan barat sebesar 891,8 det/smp, dan kendaraan berhenti terbanyak pada lengan utara sebesar 155 smp/jam.

Isya, dkk. (2020) melakukan penelitian terhadap simpang tidak bersinyal yaitu Simpang Punge Blang Cut dengan tujuan untuk melakukan evaluasi kinerja lalu lintas pada simpang agar mengetahui solusi penanganan dimasa mendatang. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah melalui survei langsung di lapangan di hari Senin, Kamis, dan Minggu mulai pukul 07.00 – 19.00 WIB, sedangkan metode analisis data yang digunakan adalah MKJI 1997. Hasil penelitian diketahui volume lalu lintas tertinggi ada pada hari Minggu sore pukul 18.00 –19.00 WIB yaitu sebesar 4192 smp/jam. Nilai tundaan simpang sebesar 36,49 detik, panjang antrian 57% – 115%, dan tingkat pelayanan (LoS) adalah E.

Ratnaningsih (2020) melakukan penelitian terkait koordinasi sinyal Simpang Pandanaran dengan Simpang Besi Jangkang. Permasalahan pada simpang

Dipindai dengan CamScanner

tersebut adalah terjadi kemacetan pada saat jam sibuk yang disebabkan tidak adanya korrdinasi antar simpang. Metode yang digunakan untuk analisis data adalah MKJI 1997. Hasil penelitian yang diperoleh adalah derajat kejenuhan pada lengan Utara sebesar 1,170 dengan tingkat pelayanan D, lengan Selatan sebesar 1,194 dengan tingkat pelayanan C, lengan Barat sebesar 1,132 dengan tingkat pelayanan B, serta waktu siklus sebesar 107 detik.

Sa'dillah dan Primasworo (2020) melakukan penelitian terkait kinerja di Persimpangan BCA (Jalan Semeru – Basuki Rahmat – Kahuripan) setelah adanya pembangunan *Whiz Prime Hotel*. Pendekatan teknis yang digunakan dalam penelitian adalah deskriptif-evaluatif dengan mengidentifikasi kondisi eksisting dan permasalahan yang terjadi dibandingkan dengan kondisi sebelumnya. Metode analisis data yang digunakan berdasarkan MKJI 1997. Hasil penelitian yang diperoleh adalah *level of service* (*LoS*) persimpangan tahun 2016 adalah F saat pagi dan sore, tundaan simpang 517-520 det/smp. Tahun 2020 data *LoS* adalah F saat pagi dan sore dengan tundaan simpang 563-520 det/smp.

2.2 Evaluasi Pada Simpang dan Jalan Menggunakan Perangkat Lunak *Vissim*

Penelitian yang dilakukan Prayoga (2020) pada ruas Jalan Affandi bertujuan untuk mengetahui kinerja ruas jalan, panjang antrean, tundaan, dan mengusulkan alternatif solusi perbaikan. Metode yang digunakan adalah survei lapangan yang mencakup volume lalu lintas, karakteristik badan jalan, driving behaviour, kecepatan kendaraan, panjang antrian, dan tundaan, kemudian dilakukan analisis dengan perangkat lunak *VISSIM*. Hasil penelitian yang diperoleh adalah kecepatan rata-rata arah utara ke selatan sebesar 30,29 km/jam dan arah selatan ke utara sebesar 28,62 km/jam, panjang antrean rata-rata adalah 22,23 meter, dan tundaan rata-rata sebesar 13,66 detik. Alternatif solusi yang diperoleh yaitu memindah dan menutup bukaan median yang berhadapan dengan gang masing-masing sejauh 60 meter.

Tunggadewi (2018) melakukan penelitian terkait evaluasi kinerja simpang sebidang pada simpang Condongcatur. Penelitian dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *VISSIM*. Data yang dikumpulkan diantaranya volume lalu lintas,

Dipindai dengan CamScanner

kecepatan kendaraan, panjang antrean, dan data geometri. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu solusi alternatif yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada simpang Condongcatur adalah dengan membuat underpass dan melakukan pelebaran pada semua lengan serta menghilangkan median pada lengan sebelah utara dan selatan. Nilai rata-rata kapasitas sebesar 57,69%, penurunan nilai tundaan sebesar 65,87%, panjang antrean sebesar 61,28%, dan derajat kejenuhan sebesar 43,82%.

Penelitian yang dilakukan Irwan (2019) menggunakan perangkat lunak *VISSIM* untuk melakukan analisis panjang antrian, tundaan, kecepatan kendaraan, dan perancangan koordinasi sinyal. Penelitian yang dilakukan pada simpang Gamping dan simpang Pelem Gurih ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja simpang tersebut dan mengetahui rekomendasi alternatif solusi yang dapat dilakukan. Hasil penelitian tersebut adalah dari kedua alternatif yang dibuat, perubahan lengan antar simpang 1 ke simpang 2 adalah yang terbaik. Hal tersebut dikarenakan terjadinya penurunan nilai yang signifikan yaitu panjang antrian menurun 45% dari 402,834 meter menjadi 219,901 meter, tundaan menurun sebesar 67% dari 402,116 detik menjadi 133,329 detik, kecepatan kendaraan meningkat dari 25,169 km/jam menjadi 33,777 km/jam, tingkat pelayanan mengalami perubahan dari F menjadi E, dan tingkat pelayanan ruas antar simpang tidak mengalami perubahan.

Sarwanta dan Abdulgani (2022) melakukan penelitian terhadap simpang tidak bersinyal Pasar Butun Kota Balikpapan dengan tujuan untuk mengetahui kinerja persimpangan tersebut. Analisis kinerja persimpangan dalam penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Vissim. Data yang diperlukan untuk masukkan ke dalam model meliputi data arus lalu lintas di jam sibuk dan data geometri persimpangan. Hasil penelitian dari pemodelan tersebut adalah informasi kinerja simpang yaitu nilai derajat kejenuhan kondisi eksisting sebesar 1,70 dan untuk kondisi 5 tahun mendatang akan menjadi sebesar 2,20. Panjang antrean dan waktu tundaan pada kondisi eksisting adalah 33 m dan 3,65 detik/smp dan untuk 5 tahun mendatang adalah 87 m dan waktu tundaan 189 detik/smp.

Dipindai dengan CamScanner

Fadilla (2023) meneliti simpang tidak bersinyal terminal Condongcatur untuk mengetahui kinerja simpang dan *U-turn*. Hasil penelitian menunjukkan kecepatan pada lengan Selatan sebesar 21,70 km/jam, lengan Barat sebesar 16,00 km/jam, dan lengan Utara sebesar 22,31 km/jam. Nilai tundaan kondisi eksisting dengan putaran balik pada lengan Selatan didapat sebesar 0,20 detik, lengan Barat sebesar 2,56 detik, dan lengan Utara sebesar 0,07 detik. Panjang antrean pada tiap lengan simpang, untuk lengan Selatan sebesar 0,02 m, lengan Barat sebesar 1,55 m, dan lengan Utara sebesar 185,61 m. Panjang antreannya didapat 5,22 m dan waktu tundaannya sebesar 14,30 detik. Hasil analisis kecepatan rata-rata perjalanan lengan Selatan didapat sebesar 21,68 km/jam, nilai tundaan sebesar 0,18 detik, dan panjang antrean sebesar 0,02 m, lengan Barat didapat kecepatan rata-rata perjalanan sebesar 19,60 km/jam, nilai tundaan sebesar 0,15 detik, dan panjang antrean sebesar 0 m, dan lengan Utara hasil analisis kecepatan rata-rata perjalanannya sebesar 20,67 km/jam, nilai tundaan sebesar 0,29 detik, dan panjang antrean sebesar 0 m.

2.3 Perbandingan Penelitiian ini dengan Sebelumnya

Berdasarkan Tabel 2.1 dapat diketahui bahwa perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian sekarang terletak pada lokasi penelitian. Lokasi penelitian sekarang dilakukan pada Simpang Empat Bersinyal di Jalan Palagan Tentara Pelajar, sedangkan persamaan dari penelitian sebelumnya dengan penelitian sekarang adalah metode yang digunakan yaitu MKJI 1997 dan perangkat lunak *Vissim*. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ini adalah penelitian baru.

Perbandingan penelitian sekarang dengan penelitian sebelumnya bisa dilihat pada Tabel 2.1

Dipindai dengan CamScanner

Tabel 2.1 Perbedaan dan Persamaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

No	Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi Yang Digunakan	Metode Penelitian	Perbedaan	Persamaan
1	Bimantoro (2016)	Evaluasi dan rekayasa kinerja simpang bersinyal pingit kota Yogyakarta	Simpat Bersinyal Pingit	Melakukan survei lapangan, MKJI 1997	Lokasi penelitian yang berbeda	Menggunakan metode penelitian yang sama
2	Indriawan (2019)	Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal Jlagran	Simpang Empat Bersinyal Jlagran	Melakukan survei lapangan, MKJI 1997	Lokasi penelitian yang berbeda	Menggunakan metode penelitian yang sama
3	Isya, dkk. (2018)	Kinerja Simpang Punge Blang Cut Kota Banda Aceh Menggunakan Metode MKJI dan Vissim	Simpang Punge Blang Cut	Melakukan survei lapangan, MKJI 1997	Lokasi penelitian yang berbeda	Menggunakan metode penelitian yang sama
4	Ratnaningsih (2020)	Koordinasi Sinyal Simpang Jalan Yang Berdekatan dengan Pemodelan Vissim	Simpang Pandanaran dan Simpang Besi Jangkang	Melakukan survei lapangan, MKJI 1997	Lokasi Penelitian	Menggunakan metode penelitian yang sama
5	Sa'dillah dan Primasworo (2020)	Kinerja Simpang Bersinyal Ruas Jalan Semeru – kahuripan – Basuki Rahmat Setelah Pembangunan Whiz Prime Hotel Malang	Simpang BCA	Melakukan survei lapangan, MKJI 1997	Lokasi Penelitian	Menggunakan metode penelitian yang sama

Sumber: Bimantoro (2016), Indriawan (2019), Isya, dkk. (2018), Ratnaningsih (2020), dan Sa'dillah dan Primasworo (2020)

Dipindai dengan CamScanner

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan dan Persamaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

No	Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi Yang Digunakan	Metode Penelitian	Perbedaan	Persamaan
6	Prayoga (2020)	Dampak *Alley* Pada U-*turn* Terhadap Kinerja Ruas Jalan Perkotaan	Jalan Affandi, Yogyakarta	Melakukan survei lapangan dan perangkat lunak *Vissim*	Lokasi penelitian yang berbeda	Menggunakan metode penelitian yang sama
7	Tunggadewi (2018)	Evaluasi Kinerja Simpang Sebidang dan Simpang Susun Dengan Metode *Vissim* (Studi Kasus : Simpang Condongcatur, Sleman, Yogyakarta	Simpang Condongcatur, Sleman, Yogyakarta	Melakukan survei lapangan dan perangkat lunak *Vissim*	Lokasi penelitian yang berbeda	Menggunakan metode penelitian yang sama
8	Irwan (2019)	Evaluasi dan Koordinasi Antar Simpang Dengan Menggunakan Pendekatan Mikrosimulasi (Vissim)	Simpang Gamping – Simpang Pelem Gurih	Melakukan survei lapangan, dan perangkat lunak *Vissim*	Lokasi penelitian yang berbeda	Menggunakan metode penelitian yang sama
9	Sarwanta dan Abdulgani (2022)	Pemodelan Kinerja Simpang Tidak Bersinyal Menggunakan Perangkat Lunak Vissim	Simpang Tidak Bersinyal Pasar Butun	Melakukan survei lapangan, dan perangkat lunak *Vissim*	Lokasi penelitian yang berbeda	Menggunakan metode penelitian yang sama
10	Fadilla (2023)	Pengaruh Fasilitas Putaran Balik Terhadap Kinerja Simpang Tak Bersinyal	Simpang Tidak Bersinyal Terminal Condongcatur (Jalan Anggajaya)	Melakukan survei lapangan, dan perangkat lunak *Vissim*	Lokasi penelitian yang berbeda	Menggunakan metode penelitian yang sama

Sumber: Prayoga (2020), Tunggadewi (2018), Irwan (2019), Sarwanta dan Abdulgani (2022), dan Fadilla (2023)

Dipindai dengan CamScanner

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan Bersinyal

Persimpangan adalah persimpangan antara dua atau lebih bagian jalan dari jaringan transportasi. Untuk mengendalikan konflik di persimpangan, pertama-tama gunakan persimpangan untuk menegakkan aturan lalu lintas. Pergerakan lalu lintas dapat dikendalikan berbagai cara bergantung pada jenis-jenis persimpangan (Royan, 2015). Menurut Nasmiranti (2019) menjelaskan tentang simpang bersinyal (signalized intersection) adalah persimpangan jalan dimana arus lalu lintas pada setiap pendekat/lengannya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir dan teratur.

Persimpangan terdapat dua jenis, yaitu persimpangan tak sebidang dan persimpangan sebidang. Untuk persimpangan sebidang, terdiri dari empat bentuk persimpangan yaitu sebagai berikut.

1. Persimpangan empat

   Persimpangan empat adalah simpang yang menghubung empat lengan yang saling berhungan dalam satu titik.
2. Persimpangan bergeser

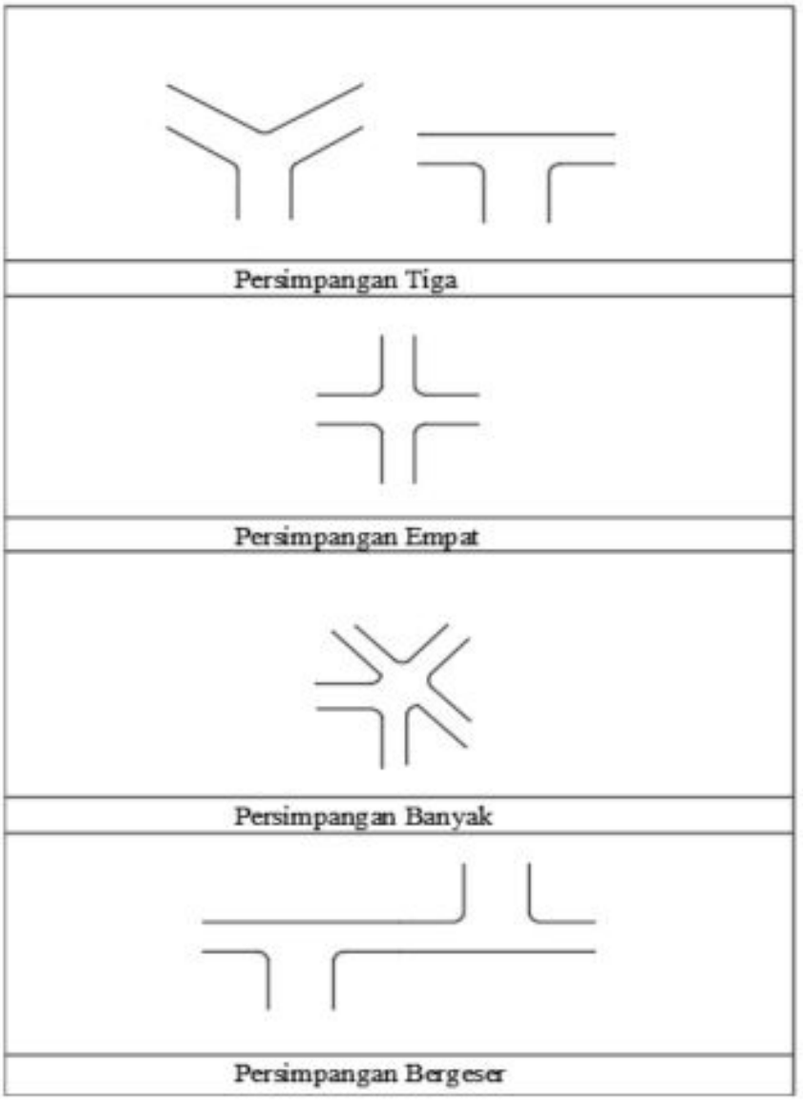
   Persimpangan bergeser adalah simpang yang salah satu lengan jalan tersebut salah satu lengan bergeser ke sebelah.
3. Persimpangan banyak

   Persimpangan banyak adalah simpang yang memiliki lima lengan yang saling berhubung di satu tempat.
4. Persimpangan tiga

   Persimpangan tiga adalah persimpangan yang memiliki 2 jalan yang saling berhubungan.

Adapun macam – macam bentuk persimpangan sebidang yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 3.1 Macam – Macam Bentuk Persimpangan Sebidang

(Sumber: Prasetyanto, D, 2003)

3.1.1 Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas menurut MKJI 1997 adalah jumlah kendaraan bermotor yang melewati waktu suatu ruas jalan dalam waktu yang bersamaan. Dinyatakan dalam ken/jam (Q_{kend}), smp/jam (Q_{smp}) atau lalu-lintas harian rata-rata tahunan (LHRT). Pada arus lalu lintas terdapat tipe-tipe kendaraan yaitu kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV), dan kendaraan sepeda motor (MC).

Kendaraan ringan (LV) adalah kendaraan yang menggunakan roda empat yang memiliki jarak as 2,0-3,0 m seperti mobil penumpang, oplet, *pick-up* dan lain-

Dipindai dengan CamScanner

lain. Kendaraan berat (HV) merupakan kendaraan yang menggunakan roda lebih dari empat seperti bis, truk dua as, truk tiga as dan lain-lain. sedangkan kendaraan sepeda motor (MC) adalah kendaraan menggunakan roda dua atau tiga seperti sepeda motor. Adapun angka ekivalen kendaraan penumpang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Angka Ekivalen Kendaraan Penumpang (emp)

Jenis Kendaraan	Emp Untuk Tipe Pendekat :	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Perhitungan arus jenuh lalu lintas dan waktu siklus tersebut, dapat dilakukan dengan Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997) terdapat sebagai berikut.

1. Arus jenuh dasar

   Arus jenuh dasar dinyatakan dengan rumus Persamaan 3.1 berikut ini (Munawar, dkk., 2003).

   $$So = 780 \times We \text{ (smp/jam hijau)} \quad (3.1)$$

   dengan,

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

   We = lebih efektif (m).

2. Faktor penyesuaian besar kota

   Faktor untuk menyesuaian besar kota ditentukan dengan perkiraan ukuran jumlah penduduk dari seluruh daerah perkotaan dalam jutaan, untuk menentukan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Dipindai dengan CamScanner

Tabel 3.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Ukuran Kota	Jumlah Penduduk (Juta)
Sangat kecil	< 0,1
Kecil	0,1 – 0,5
Sedang	0,5 – 1,0
Besar	1,0 – 3,0
Sangat besar	> 3,0

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

3. Faktor penyesuaian hambatan samping

Faktor penyesuaian hambatan samping digunakan untuk digunakan rasio kendaraan tak bermotor yang digunakan untuk menentukan jenis lingkungan jalan, hambatan sampin, dan tipe fase. Namun jika tidak ada kendaraan tak bermotor melewati jalan tersebut, dapat dianggap sebagai tinggi agar kapasitas tidak terlalu besar. Faktor penyesuaian hambatan samping dapat dilihat pada Tabel 3.3 pada berikut ini.

Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0 93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
	"	Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
	"	Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
	"	Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
	"	Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
	"	Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
	"	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

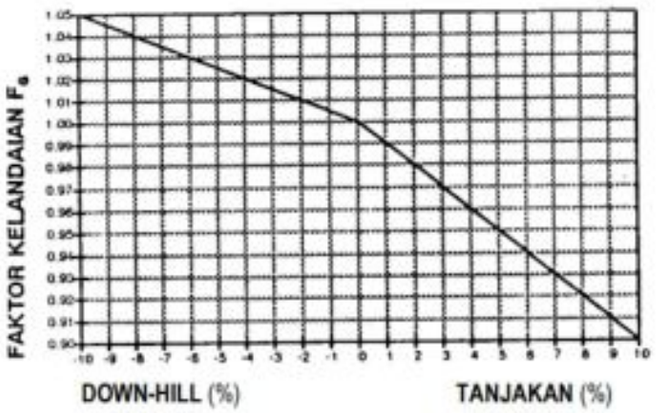
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

4. Faktor penyesuain kelandaian

Faktor penyesuain kelandaian didapatkan dengan cara pada pendekat mengalami tanjakan, maka akan mengalami naik dalam persen, sedangkan

Dipindai dengan CamScanner

jika jalan pada lengan mengalami turun, maka akan mengalami turun dalam persen. Kelandaian ditentukan dengan grafik yang dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Faktor Penyesuain Kelandaian

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

5. Faktor penyesuaian parkir

Faktor penyesuaian parkir ditentukan dengan jarak dari garis henti sampai kendaraan yang parkir dan lebar pendekat, pada faktor penyesuaian parkir dapat ditentukan dengan Persamaan 3.2 berikut.

$$Fp = \left[Lp/3 - (WA - 2)x(Lp/3 - g)/WA\right]/g \quad (3.2)$$

dengan,

L_P = jarak antara garis henti dan kendaraan parkir,

W_A = lebar pendekat, dan

g = waktu hijau.

6. Faktor penyesuaian belok kanan

Faktor penyesuaian belok kanan digunakan sebagai rasio kendaraan berbelok kanan (P_{RT}). Perhitungan faktor penyesuaian belok kanan dapat dihitung dengan Persamaan 3.3 berikut ini.

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

Dipindai dengan CamScanner

dengan,

F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan, dan

P_{RT} = rasio belok kanan.

7. Faktor penyesuaian belok kiri

Faktor penyesuain belok kiri digunakan sebagai rasio kendaraan berbelok kiri (P_{LT}). Faktor penyesuaian belok kiri dihitung dengan Persamaan 3.4 berikut.

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

dengan,

F_{LT} = faktor penyesuain belok kiri, dan

P_{LT} = rasio belok kiri.

8. Rasio arus jenuh

Arus jenuh (S) didapatkan dari hasil arus jenuh dasar (S_0) dan faktor penyesuaian (F) untuk menghitung penyimpangan dari kondisi tersebut, maka digunakan pada Persamaan 3.5 berikut ini.

$$S = s_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_{FG} \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (3.5)$$

dengan,

S = arus jenuh,

S_0 = arus jenuh dasar,

F_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota,

F_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping,

F_{FG} = faktor penyesuaian kelandaian,

F_P = faktor penyesuaian parkir,

F_R = faktor penyesuaian belok kanan, dan

F_{LT} = faktor penyesuaian belok kiri

Perhitungan rasio arus (FR) masing-masing pendekat dapat dihitung menggunakan rumus pada Persamaan 3.6 berikut ini.

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

Dipindai dengan CamScanner

Perhitungan rasio kritis dapat menggunakan rumus pada Persamaan 3.7 berikut ini.

$$IFR = \sum (FRcrit) \quad (3.7)$$

Perhitungan Rasio Fase (PR) masing-masing pada rasio FRcrit dan IFR dapat menggunakan Persamaan 3.8 berikut ini.

$$PR = Fcrit / IFR \quad (3.8)$$

dengan,

FR = rasio arus,

Q = arus lalu lintas,

S = arus jenuh,

PR = rasio fase,

IFR = rasio arus simpang, dan

FR_{crit} = nilai FR tertinggi pada pendekat.

9. Waktu siklus dan waktu hijau

Waktu siklus sebelum penyesuaian digunakan pada Persamaan 3.9 berikut ini.

$$C_{ua} = (1{,}5 \times LTI + 5) / (1\text{-}FR)(detik) \quad (3.9)$$

dengan,

C_{ua} = waktu sikrus sebelum menyesuaikan sinyal,

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

IFR = rasio arus persimpangan.

Pada waktu hijau (gi) untuk masing-masing fase digunakan pada Persamaan 3.10 berikut ini.

$$g1 = (C - LTI) \times FRcrit, / L (FRcrit) \quad (3.10)$$

dengan,

C = waktu siklus sinyal,

Dipindai dengan CamScanner

g1 = waktu siklus hijau pada fase pertama (detik),

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

FRcrit = nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat.

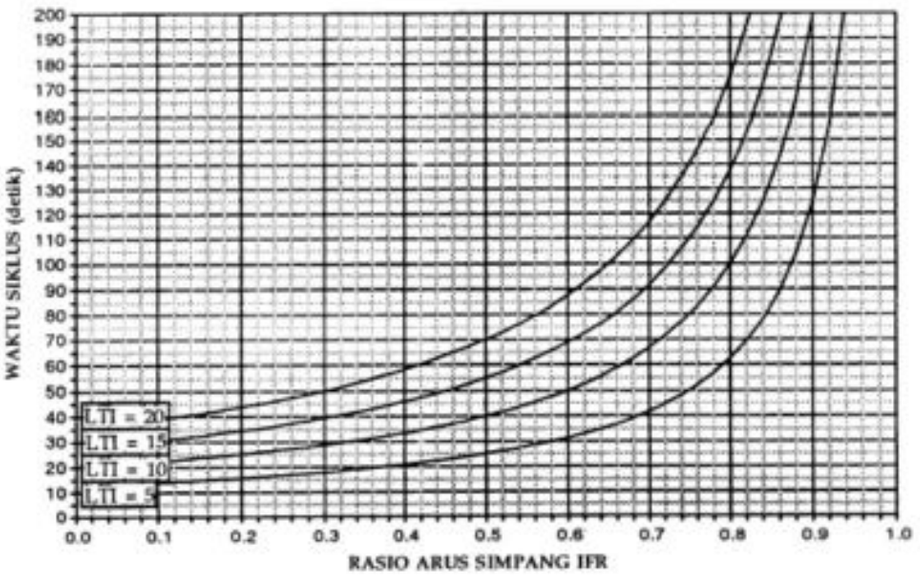
Waktu siklus yang disesuaikan digunakan pada Persamaan 3.11 berikut ini.

$$C = \sum g - LTI \text{ (detik)} \quad (3.11)$$

dengan,

$\sum g$ = jumlah total waktu hijau (detik), dan

LTI = waktu hilang total per siklus (detik).



Gambar 3.3 Penetapan Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

3.1.2 Kapasitas

Kapasitas menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) adalah jumlah kendaraan yang berkumpul dalam satu titik pada suatu ruas jalan dalam kondisi tertentu. Jalan terdiri dari jalan perkotaan, jalan luar kota, dan jalan bebas hambatan. Kapasitas jalan dapat mengalami perubahan yang dipengaruhi oleh lingkungan, komposisi lalulintas, dan sebagainya. Kapasitas jalan dapat ditentukan hanya dalam

Dipindai dengan CamScanner

satu arah saja per lajur. Perhitungan kapasitas jalan dapat dilakukan dengan Persamaan 3.12 berikut ini.

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

dengan,

C = kapasitas,

S = waktu arus jenuh,

g = waktu lampu hijau, dan

c = waktu siklus.

3.1.3 Derajat Kejenuhan

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) menyebutkan bahwa derajat kejenuhan merupakan perbandingan antara rasio arus lalu lintas (smp/jam) dengan kapasitas (smp/jam). Nilai derajat kejenuhan menunjukkan jika suatu segmen jalan memiliki masalah kapasitas atau tidak dan berfungsi sebagai faktor yang menentukan tingkat kinerja suatu jalan. Syarat minimal yang harus dipenuhi adalah nilai derajat kejenuhan harus dibawah 0,75. Nilai derajat kejenuhan dapat dihitung dengan Persamaan 3.13 berikut.

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

dengan,

DS = derajat kejenuhan,

Q = arus lalu lintas, dan

C = kapasitas.

3.1.4 Panjang Antrian

Panjang antrian adalah panjang dari kendaraan yang antri dari lampu merah lalu lintas pada suatu ruas jalan. Jika ada sisa dari antrian lampu hijau dan antri lagi di lampu merah disebut juga sisa emp dari lampu hijau dan ditambah dengan antrian lampu merah lalu lintas yang baru (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997). Maka

Dipindai dengan CamScanner

dari itu didapatkan dengan perhitungan panjang antrian menggunakan Persamaan 3.14 berikut ini.

Jika derajat kejenuhan > 0,5 ; NQ = 0

$$NQ_1 = 0{,}25 \times C \times [\,(DS - 1) + \sqrt{(DS + 1) + \frac{8 \times (DS - 0{,}5)}{C}} \qquad (3.14)$$

Jika derajat kejenuhan ≤ 0,5 ; $NQ_1 = 0$

dengan,

NQ_1 = jumlah smp yang tidak ikut dalam fase lampu hijau sebelumnya,

DS = derajat kejenuhan,

GR = rasio hijau, dan

C = kapasitas.

Jika ingin menghitung antrian pada saat waktu merah (NQ_2) menggunakan Persamaan 3.15 berikut ini.

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \cdot DS} \times \frac{Q}{3600} \qquad (3.15)$$

dengan,

DS = derajat kejenuhan,

NQ_2 = jumlah smp yang baru datang di lampu merah,

GR = rasio hijau,

C = waktu siklus (detik), dan

Q = arus lalu-lintas.

Jika ingin menyesuaikan arus, ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.16 berikut ini.

$$Q_{peny} = \sum (Q_{masuk} - Q_{keluar}) \qquad (3.16)$$

dengan,

Q_{peny} = menyesuaikan arus,

Q_{masuk} = arus yang masuk, dan

Q_{keluar} = arus yang keluar.

Dipindai dengan CamScanner

Perhitungan jumlah kendaraan saat antrean, ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.17 berikut ini.

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

dengan,

NQ_1 = jumlah smp yang tidak ikut dalam fase lampu hijau sebelumnya,

NQ_2 = jumlah smp yang baru datang di lampu merah, dan

NQ = jumlah kendaraan antre.

Panjang antrean, ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.18 berikut ini.

$$QL = (NQ_{maks} \times 20) / W_{masuk} \quad (3.18)$$

dengan,

QL = panjang antrean

NQ_{maks} = jumlah kendaraan antre maks, dan

W_{masuk} = kendaraan masuk.

Angka henti (NS) pada masing-masing pendekat, ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.19 berikut ini.

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

dengan,

NS = angka henti per smp,

NQ = jumlah kendaraan saat antre,

Q = arus lalu lintas, dan

c = siklus kecil.

Jumlah kendaraan berhenti (NSV) pada masing-masing pendekat, ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.20 berikut ini.

Dipindai dengan CamScanner

$$NSV = Q + NS \quad (3.20)$$

dengan,

NSV = jumlah kendaraan saat berhenti,

Q = arus lalu lintas, dan

NS = angka henti per smp.

Besarnya angka henti pada seluruh persimpangan, ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.21 berikut ini.

$$Q_{peny} = \sum (Q_{masuk} - Q_{keluar}) \quad (3.21)$$

Dengan,

Q_{peny} = penyesuaian arus lalu lintas,

Q_{masuk} = arus lalu lintas masuk diluar LTOR, dan

Q_{keluar} = arus lalu lintas keluar diluar LTOR.

3.1.5 Tundaan

Tundaan adalah waktu tambahan pada salah satu ruas jalan pada simpang, dibandingkan pada ruas jalan tanpa simpang. Tundaan terdiri dari tundaan geometri dan tundaan lalu-lintas (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997). Semakin lama tundaan maka semakin tinggi waktu yang ditempuh dalam penjalanan tersebut, karna tundaan dapat mempergaruhi waktu tempuh kendaraan, maka untuk tundaan lalu-lintas didapatkan dengan Persamaan 3.22 sebagai berikut.

$$D = DT + DG \quad (3.22)$$

dengan,

D = tundaan,

DT = tundaan lalu-lintas, dan

DG = tundaan geometri rata-rata.

Tundaan lalu-lintas rata-rata pada suatu pendekat j, digunakan pada Persamaan 3.23 berikut.

Dipindai dengan CamScanner

$$DT_j = c \times \frac{0{,}5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} + \frac{NQ1 \times 3600}{C} \quad (3.23)$$

dengan,

DT_j = tundaan lalu-lintas rata-rata,

GR = rasio hijau,

DS = derajat kejenuhan,

NQ_1 = sisa jumlah emp dari fase hijau sebelumnya, dan

C = kapasitas.

Untuk menghitung tundaan geometri rata- rata (DGj) pada suatu pendekat, dapat digunakan pada Persamaan 3.24 berikut.

$$DGj = (1- Psv) \times Pt \times 6 + (Psv \times 4) \quad (3.24)$$

dengan,

DGj = tundaan geometri rata-rata pada pendekat,

Psv = rasio kendaraan terhenti pada pendekat, dan

Pt = Rasio kendaraan membelok pada saat pendekat.

Untuk menghitung tundaan rata-rata seluruh simpang, dapat digunakan pada Persamaan 3.25 berikut.

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

dengan,

D1 = tundaan rata-rata seluruh simpang,

Q = rasio kendaraan terhenti pada pendekat,

D = tundaan, dan

Q_{TOT} = arus total.

3.1.6 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan adalah mengambarkan kondisi dari suatu operasional lalu lintas. Kualitas pelayanan umumnya digunakan sebagai ukuran dari efek restriktif dari peningkatan jumlah setiap ruas jalan yang dapat dikategorikan

Dipindai dengan CamScanner

ke dalam tingkat tertentu dari A sampai F. Ketika volume meningkat, kualitas layanan memburuk dan arus lalu lintas menurun relatif terhadap karakteristik layanan.

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas bahwa tingkat pelayanan dilihat pada kapasitas dan tundaan pada persimpangan. Tingkat pelayanan dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/smp)	Keterangan
A	< 5	Baik Sekali
B	5,1 - 15	Baik Sekali
C	15,1 - 25	Sedang
D	25,1 - 40	Kurang
E	40,1 - 60	Buruk
F	>60	Buruk Sekali

(Sumber: Menteri Perhubungan, 2015)

3.2 Perangkat Lunak Vissim

Perangkat lunak Vissim merupakan perangkat yang digunakan untuk menganalisa operasi lalu lintas, tempat pemhentian, komposisis lalu lintas dan lain-lain perangkat ini sangat berguna dalam kerayasa transportasi. Vissim tersebut didirikan pada tahun 1992, dikembangkan oleh PTV-*AG* (*Planung Transportasi Verkehr AG)* di Karlsrule, Jerman. Perangakat lunak Vissim memiliki kemapuan dalam menampilan animasi 3 dimensi dan juga menampilkan simulasi semua kendaraan (sepeda motor, mobil penumpang,kendaraan berat). Vissim adalah singkatan dari "*Verkehr Stadtemn – Simulations Modell*" yang diartikan dalam indonesia " Lalu Lintas di Kota – Model Simulasi" (Haryadi, 2017).

Menurut Halim (2019) menjelaskan dalam simulasi mikroskopik menggunakan Vissim diperlukan beberapa parameter yang harus diatur untuk menjalankan model simulasi pada simpang bersinyal, diantaranya yaitu memasukkan *background*, membuat jaringan jalan, menentukan jenis kendaraan, memasukkan kecepatan kendaraan, komposisi kendaraan, menentukan rute

Dipindai dengan CamScanner

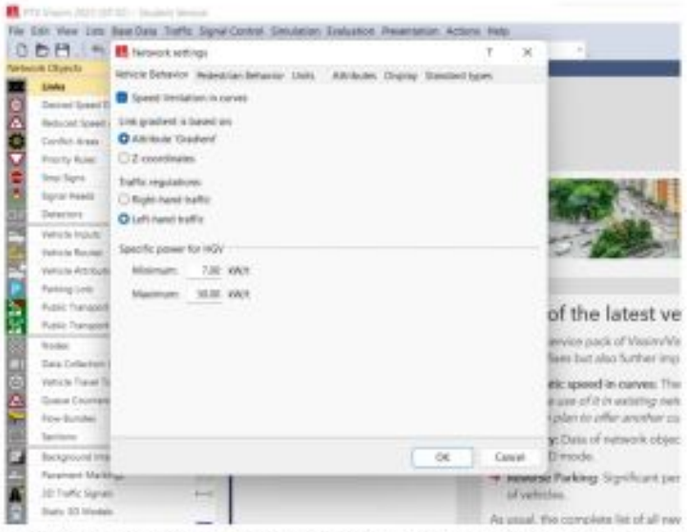
perjalanan, menginput komposisi rute perjalanan, memasukkan jumlah kendaraan; mengatur sinyal lalu lintas; menempatkan sinyal lalu lintas; melakukan kalibrasi dan validasi, menjalankan simulasi. Data dasar yang digunakan dalam Perangkat lunak Vissim tersebut komposisi kendaraan, tanda berhenti, volume lalu lintas, karakteristik kendaraan, kontrol lalu lintas sistem, geometri jaringan, dan tuntutan perjalanan. Perangakat lunak Vissim tersebut berguna dalam mengevaluasi alternatif yang berdasarkan rekayasa transportasi, kegiatan perencanaan tersebut diambil cara efektif dalam pengembangan model.

3.2.1 Pemodelan Menggunakan Perangkat lunak Vissim

1. *Network Setting, Input Background* dan *Set Scalee*

    1. *Network setting*

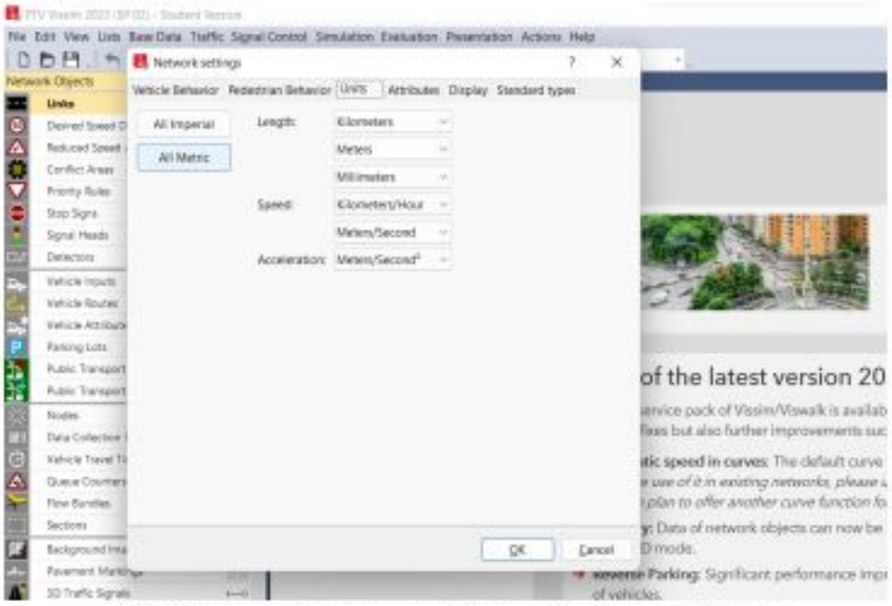
        Pembuatan pemodelan simpang bersinyal, dilakukan pengaturan perilaku pengemudi yang menggunakan jalur kiri dikarenakan menggunakan sesuai standar Indonesia. Pengubahan pengaturan tersebut dapat dilihat tampilan menu pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.4 Pengaturan *Vehicle Behaviour* pada *Network Setting*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner

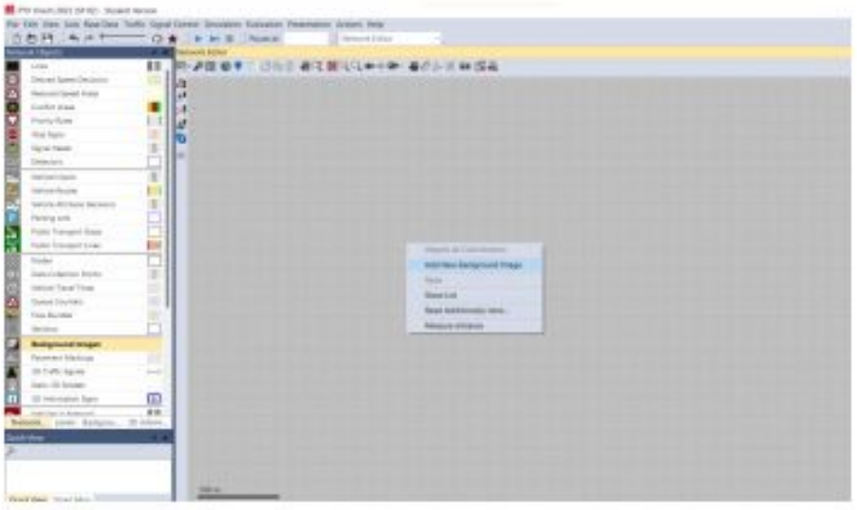


Gambar 3.5 Pengaturan *Units* pada *Network Setting*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

2. *Input background images*

Dalam menentukan lokasi dalam perangkat lunak Vissim, dilakukan *input* lokasi penelititan dengan menggunakan *Google Earth*. *Input background image* dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 *Input Background Image*

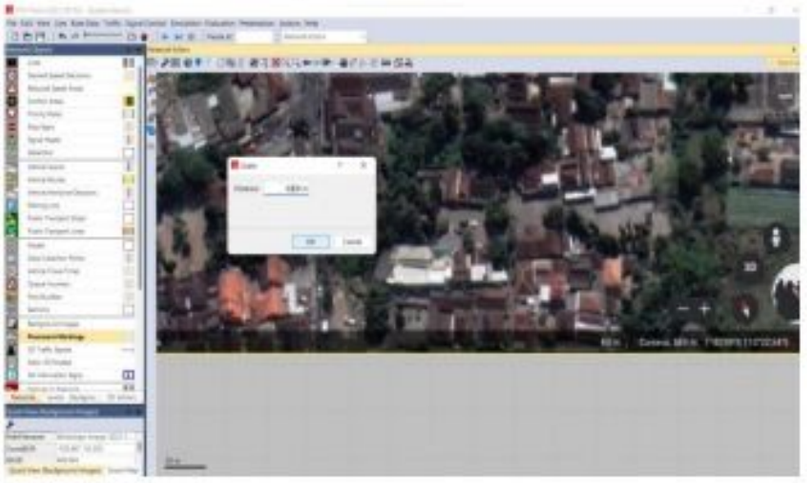
(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner

\\

3. *Set scale*

Setelah *input background images*, dilakukan pengaturan skala perbandingkan antara lebar jalan asli dengan *Google Earth*. Pengaturan tersebut dapat dilihat tampilan menu pada Gambar 3.7 berikut ini.



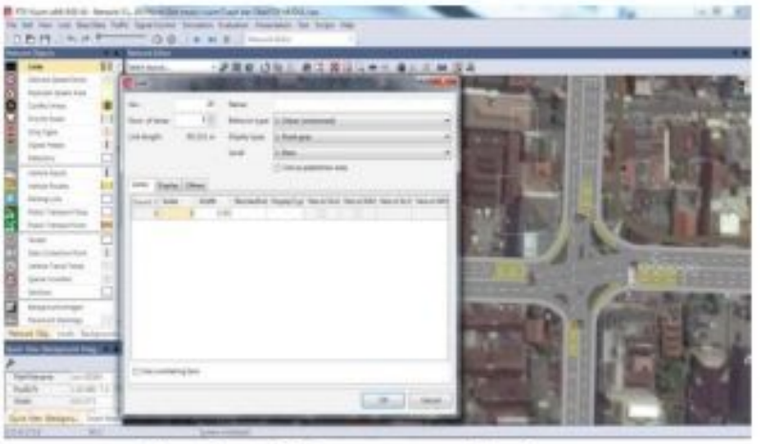
Gambar 3.7 *Set Scale*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

2. Pembuatan Jaringan Jalan (*Link* dan *Connectors*)

1. Pembuatan *link*

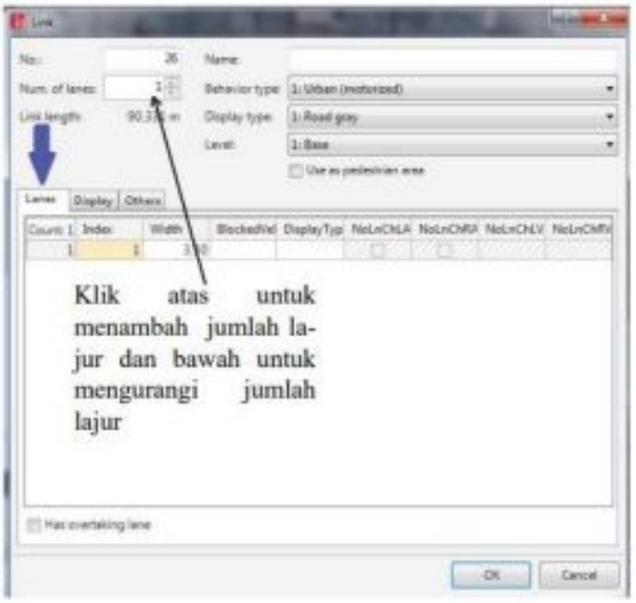
Setelah gambar lokasi sudah dimasukan, maka langkah selanjutnya adalah disamakan lebar jalan dengan lebar *link*. Pengaturan tersebut dapat dilihat tampilan menu pada Gambar 3.8, Gambar 3.9 dan Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.8 Pengaturan *Link*

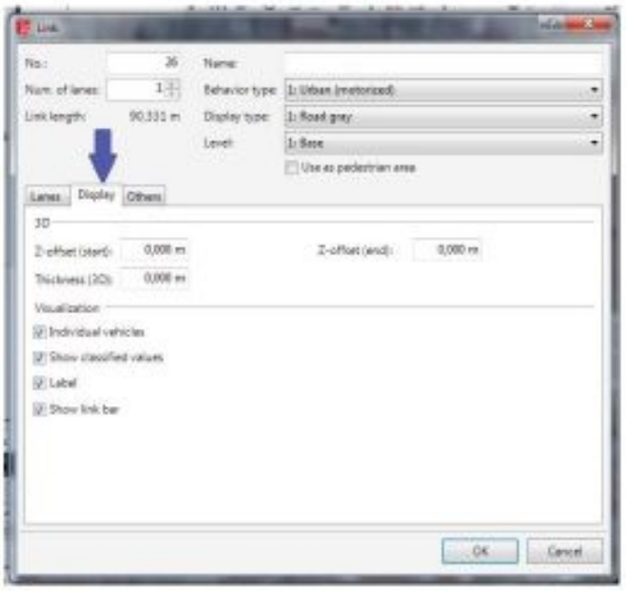
(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 3.9 Pengaturan *Link* Data (*Lanes*)

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



Gambar 3.10 Pengaturan *Link* Data (*Display*)

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

2. Pembuatan *connectors*

Pembuatan *connectors* atau penghubung antar *links*, pada menu tersebut dapat dilakukan pengaturan terhadap beberapa data penting pada

Dipindai dengan CamScanner

connectors, antara lain perilaku pengendara, permukaan *connectors*, lajur-lajur yang dihubungkan, titik pada lajur yang dihubungkan, perubahan lajur, dan lain-lain. Pengaturan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.11 dan Gambar 3.12 berikut ini.



Gambar 3.11 *Connectors*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



Gambar 3.12 Pengaturan pada *Connectors*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

1. Pembuatan dan Pengaturan *Vehicle Inputs*, *Vehicle Compositions*, dan *Vehicle Routes*

Dipindai dengan CamScanner

1. *Vehicle inputs*

   Vehicle input digunakan memasukan jumlah arus lalu-lintas, data tersebut didapatkan dari volume kendaraan pada saat jam puncak. Pengaturan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.13 berikut ini.

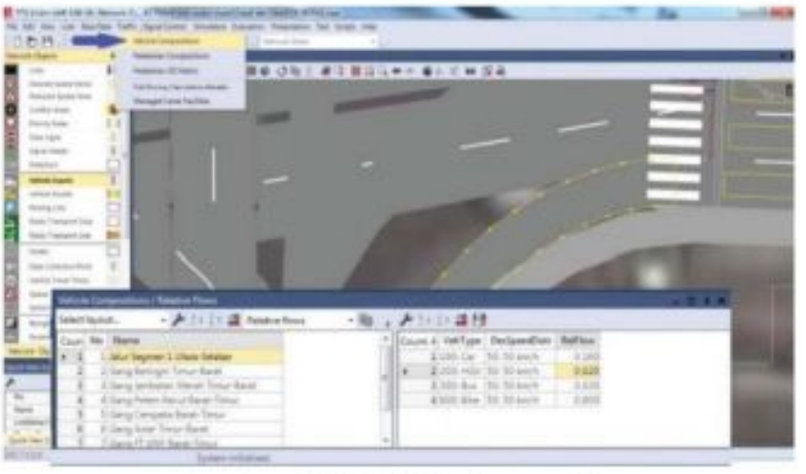


Gambar 3.13 *Vehicle Inputs*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

2. *Vehicle compositions*

   Bagian *vehicle composition*, merupakan bagian untuk mengatur kecepatan dari berbagai jenis kendaraan yang telah dikumpulkan dari hasil survei tersebut. Pengaturan tersebut dapt dilihat pada Gambar 3.14 berikut ini.



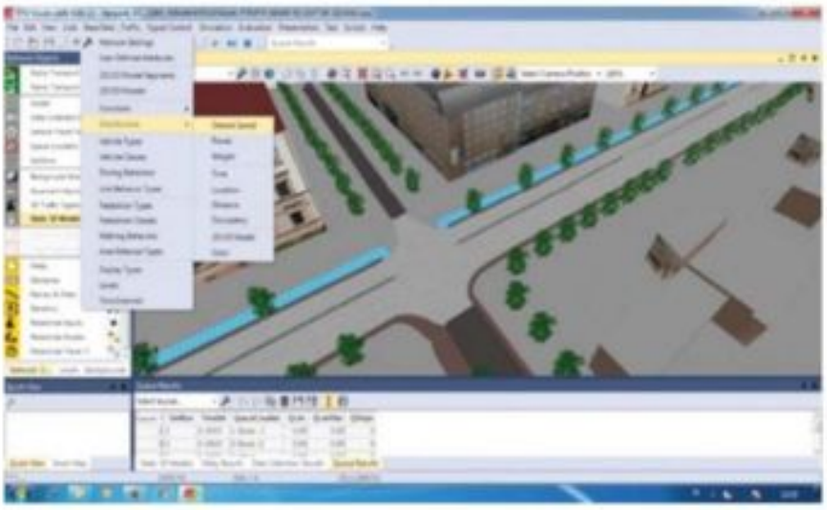
Gambar 3.14 *Vehicle Compositions*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner

3. *Speed distribution*

Pemasukan data *speed distribution*, diperlukan beberapa data seperti data kecepatan, data jumlah dan lebar kelas, data minimum dan maksimum kecepatan, dan rekapitulasi nilai frekuensi kumulatif relatif. Setelah *input* nilai ke perangkat lunak Vissim, pengaturan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.15, Gambar 3.16, dan Gambar 3.17 berikut ini.



Gambar 3.15 ***Desired Speed Distribution***

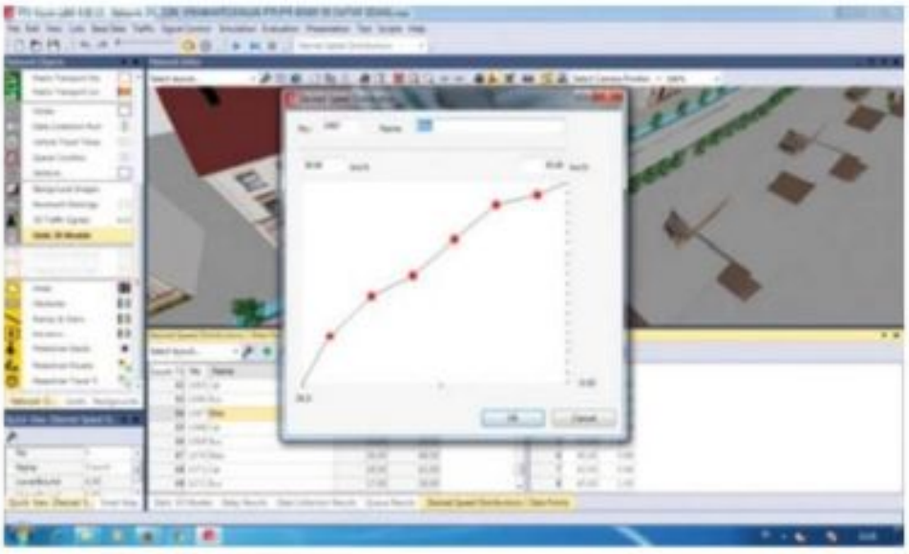
(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



Gambar 3.16 Pengeditan ***Desired Speed Distribution***

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner

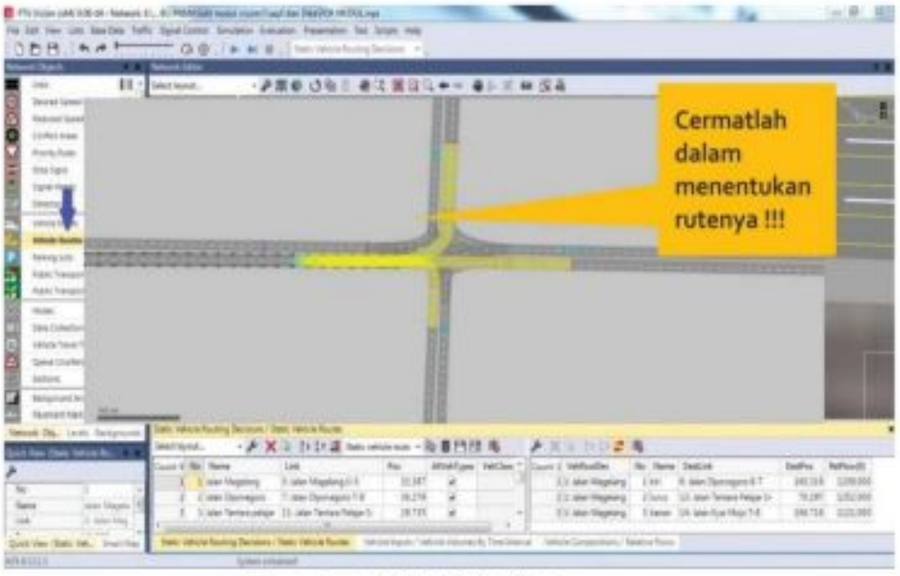


Gambar 3.17 Input Nilai Frekuensi *Kumulatif Relatif*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

4. *Vehicle routes*

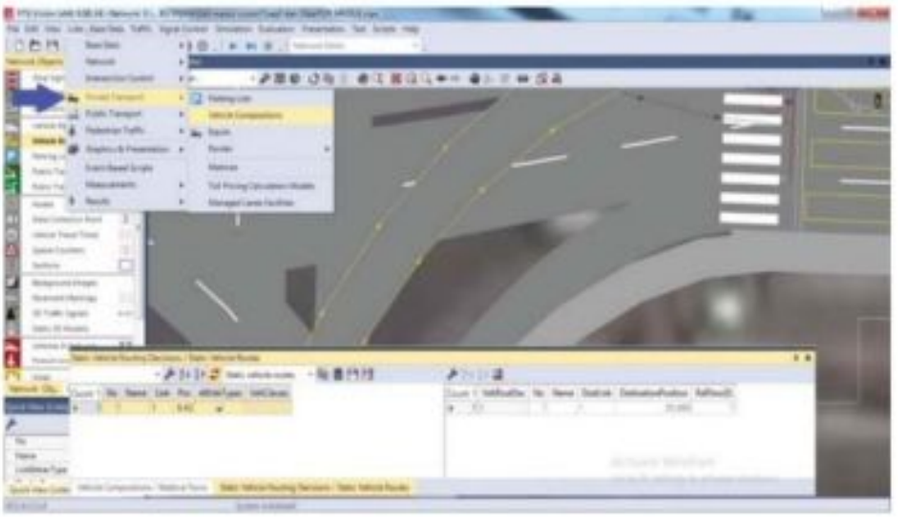
Vehicle routes merupakan proses utuk membuat rute, rute tersebut berfungsi untuk mengerakan kendaraan. Pengaturan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.18 dan Gambar 3.19 berikut ini.



Gambar 3.18 *Vehicle Routes*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner



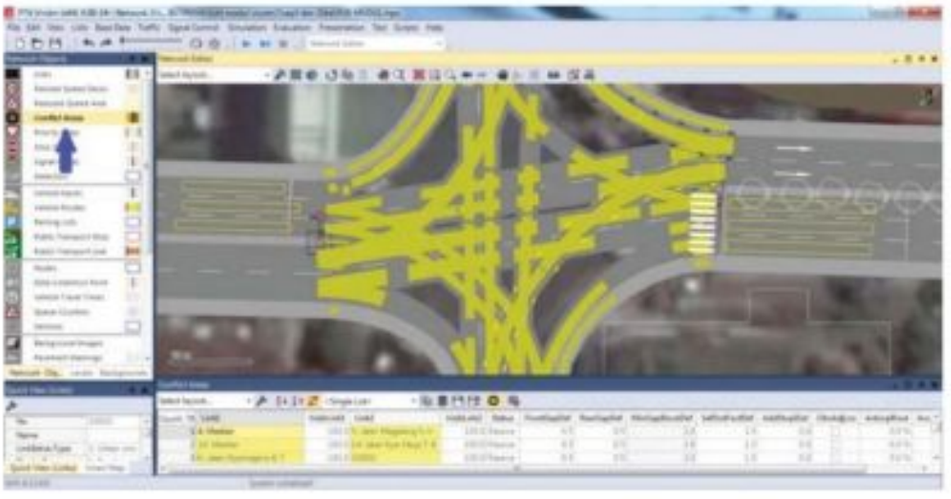
Gambar 3.19 Jendela *Vehicle Routes*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

4. Pembuatan dan Pengaturan *Conflict Areas, Priority Rules dan Reduced Speed Areas*

   1. *Conflict areas*

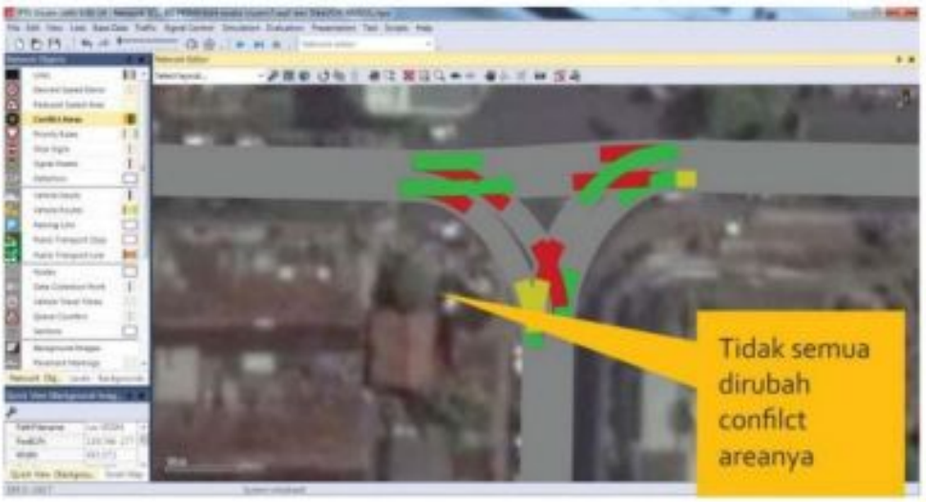
      Kegunaan dari *conflict areas* yaitu untuk mengatur kendaraan tidak saling bertabrakan satu sama lain, dan juga untuk mengatur kendaraan agar berjalan sesuai yang diinginkan. Pengaturan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.20 dan Gambar 3.21 berikut ini.



Gambar 3.20 *Conflict Areas*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner

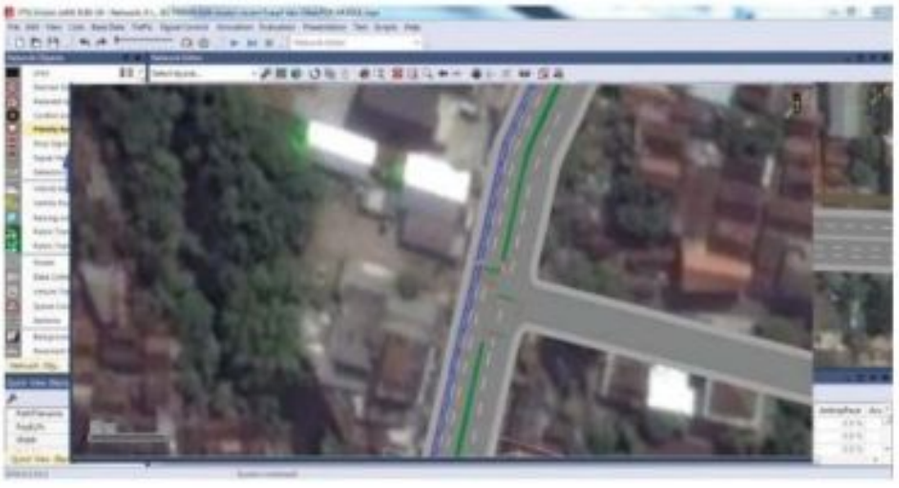


Gambar 3.21 *Conflict Areas* Setelah Diatur

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

2. *Priority rules*

   Priority rules digunakaan untuk mengatur titik dimana kendaraan menunggu hingga pada kendaraan dari arus lain sudah melewati daerah yang sudah didesain, untuk *priority rules* dapat dilihat pada Gambar 3.22 berikut.



Gambar 3.22 *Priority Rules*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

3. *Reduced speed areas*

   Reduced speed adalah pengurangan kecepatan dari suatu kendaraan, yang dimana saat pengemudi akan memperlambatkan kendaraan tersebut

Dipindai dengan CamScanner

memasuki suatu area tersebut. tampilan *Reduced speed* dapat dilihat pada Gambar 3.23 berikut.

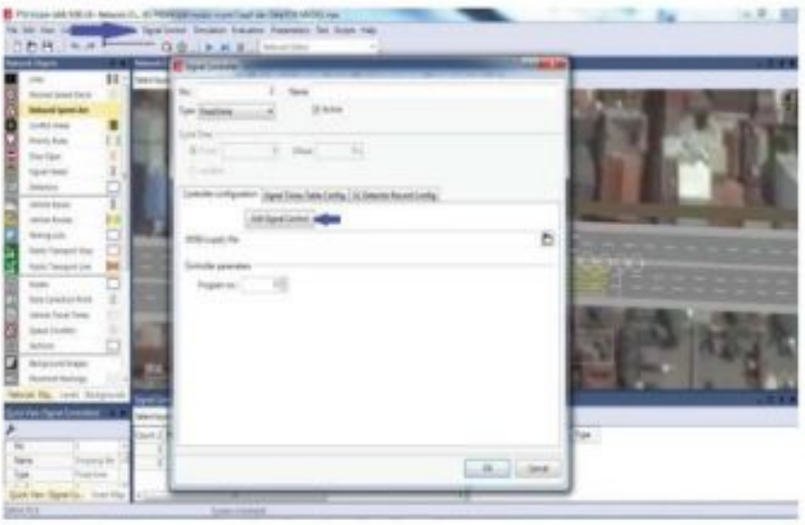


Gambar 3.23 *Reduced Speed Areas*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

5. Pembuatan dan Pengaturan *Signal Controllers*

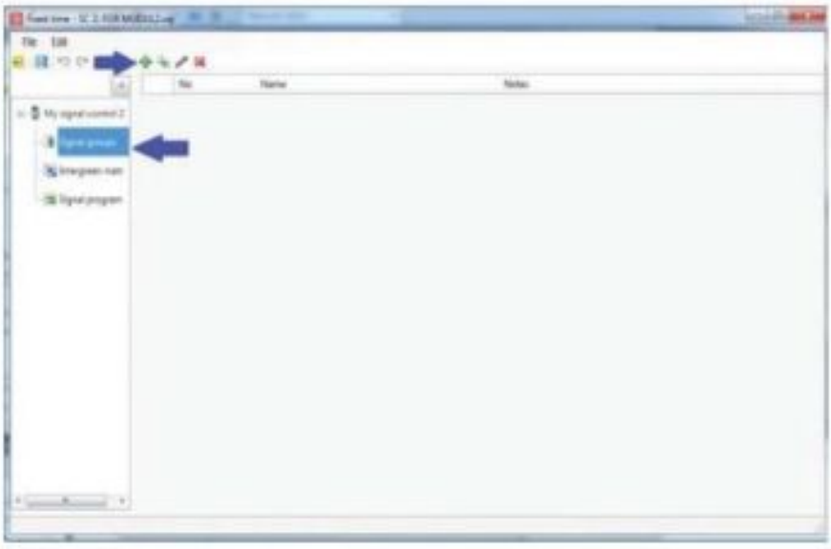
Signal controllers digunakan untuk mengatur *fraffic light* yang terdapat pada jaringan jalan. Langkah pembuatan *signal controlles* dapat dilihat pada Gambar 3.24, Gambar 3.25, Gambar 3.26, Gambar 3.27, Gambar 3.28, Gambar 3.29, dan Gambar 3.30 berikut ini.



Gambar 3.24 *Signal Controllers*

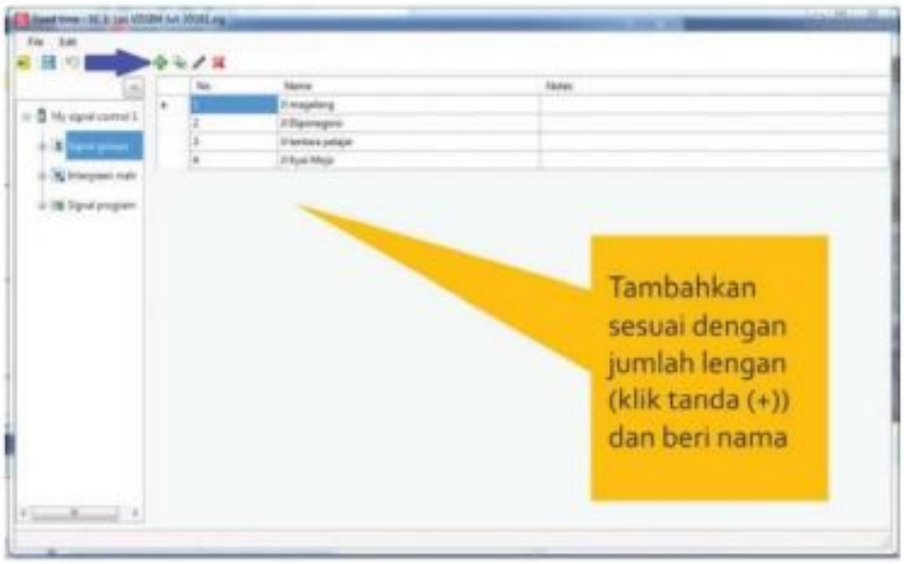
(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 3.25 *Fixed Time Signal Controllers*

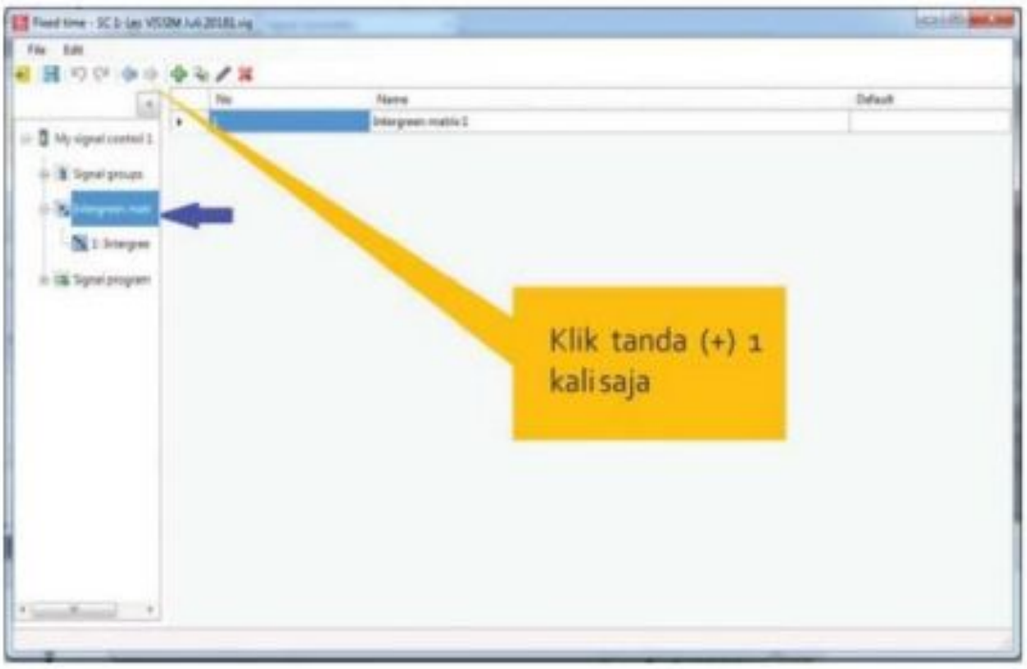
(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



Gambar 3.26 Penambahan Lengan *Signal Group*

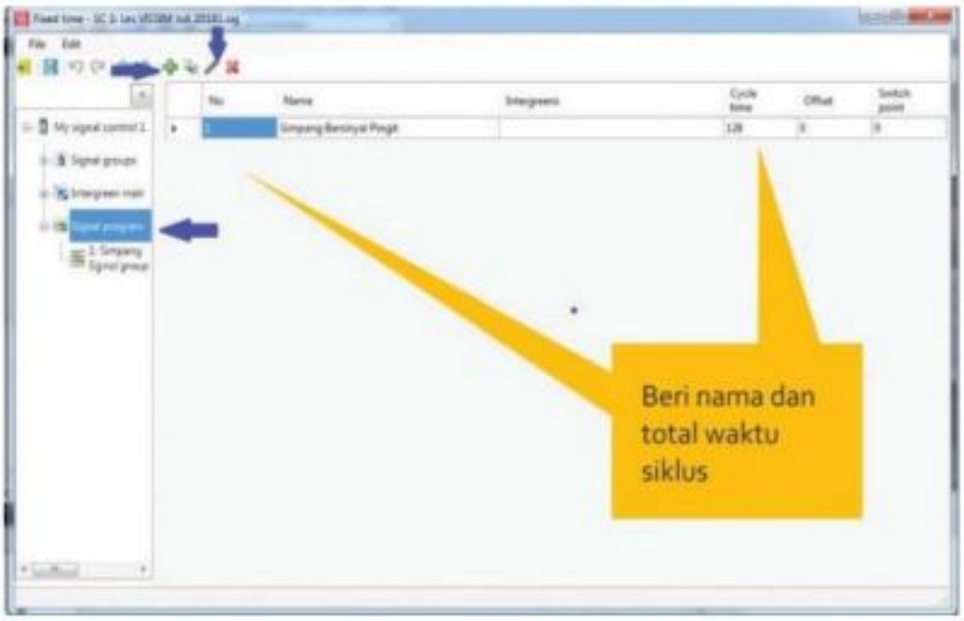
(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 3.27 ***Signal Group***

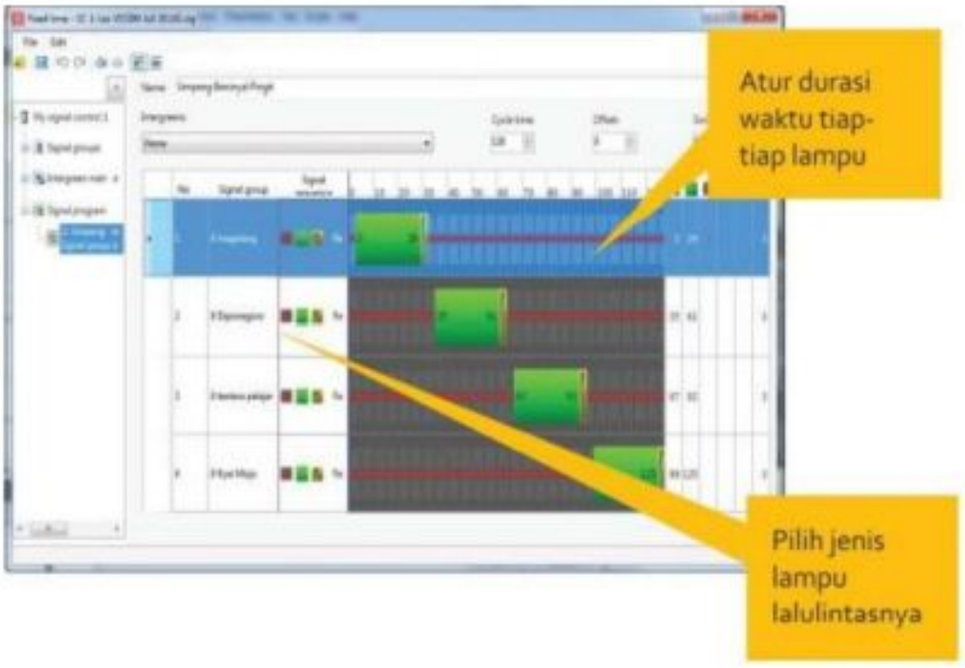
(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



Gambar 3.28 ***Signal Controllers***

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 3.29 ***Signal Program***

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



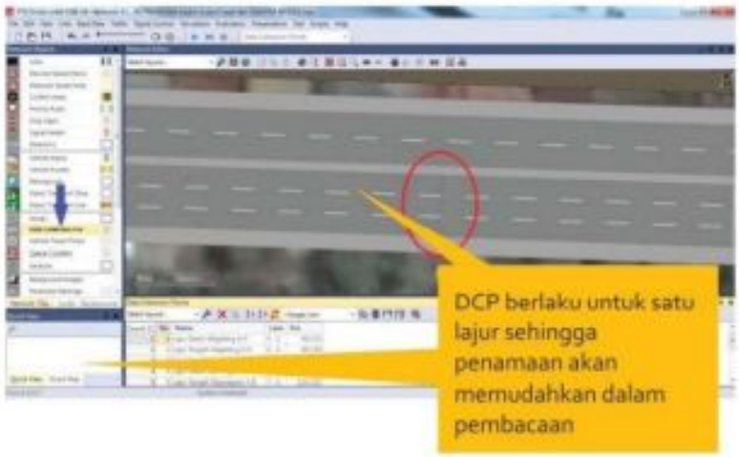
Gambar 3.30 ***Signal Head***

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner

6. Pembuatan dan Pengaturan Data *Collection Points, Vahicle Travel Times,* dan *Queue Counters*

1. *Data collection* point digunakan sebagai membaca hasil volume kendaraan yang melewati *link* pada titik yang sudah ditentukan. Pengaturan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.31 berikut ini.

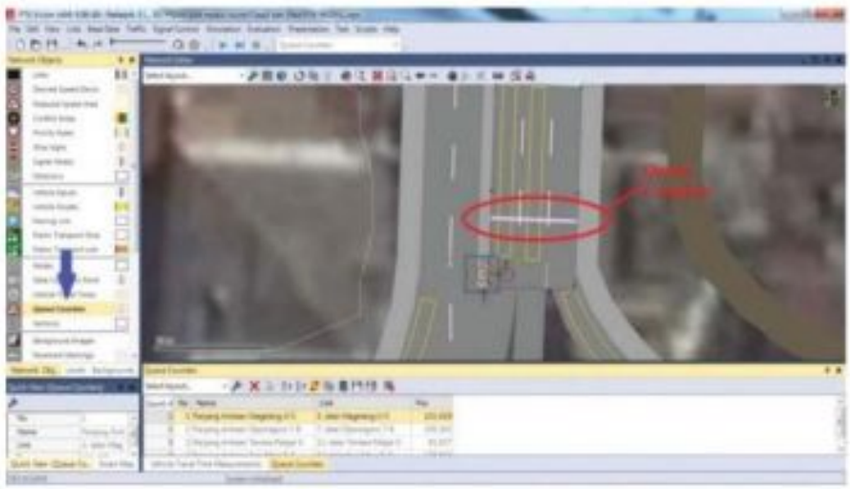


Gambar 3.31 *Data Collection Point*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

2. *Vehicle travel times*

Pada bagian *vehicle travel times*, berfungsi untuk menentukan kecepatan kendaraan dan menghitung tundaan kendaraan. Pengaturan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.32 berikut ini.



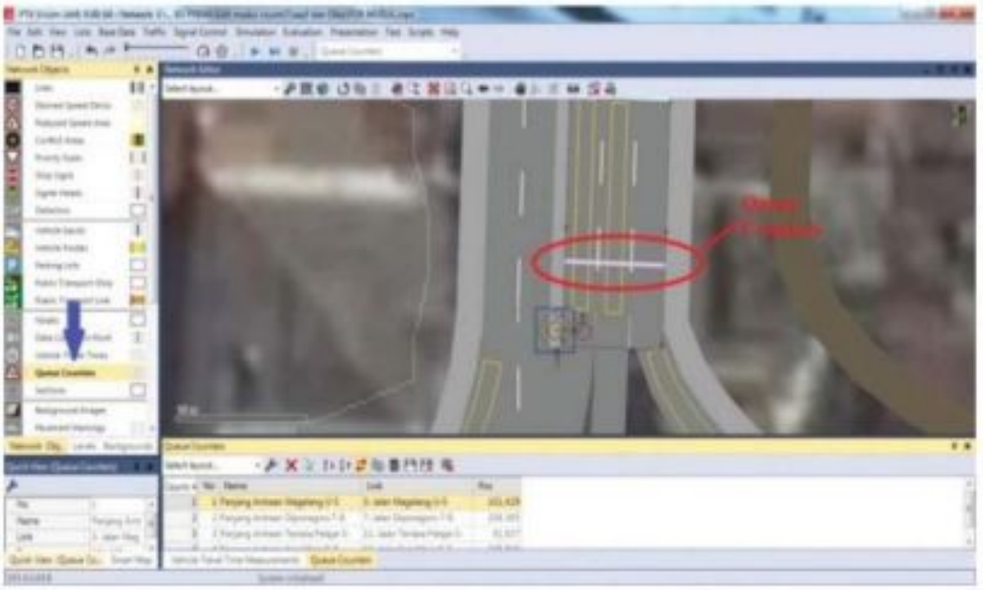
Gambar 3.32 *Vehicle Travel Times*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner

3. *Queue counters*

Bagian *queue counters* berfungsi menghitung panjang antrean kendaraan yang terdapat pada jalan. Pengaturan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.33 berikut ini.



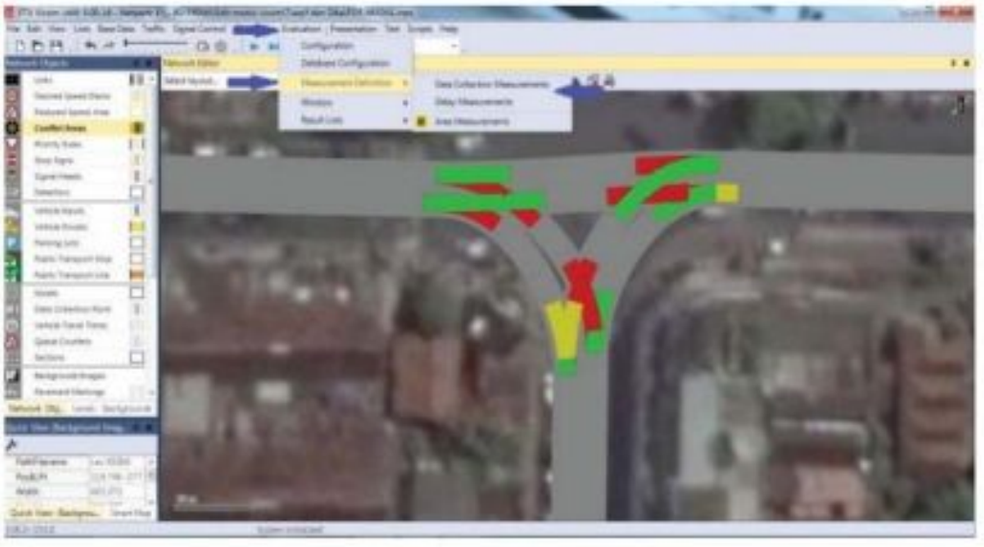
Gambar 3.33 *Queue Counters*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

4. *Measurement definition*

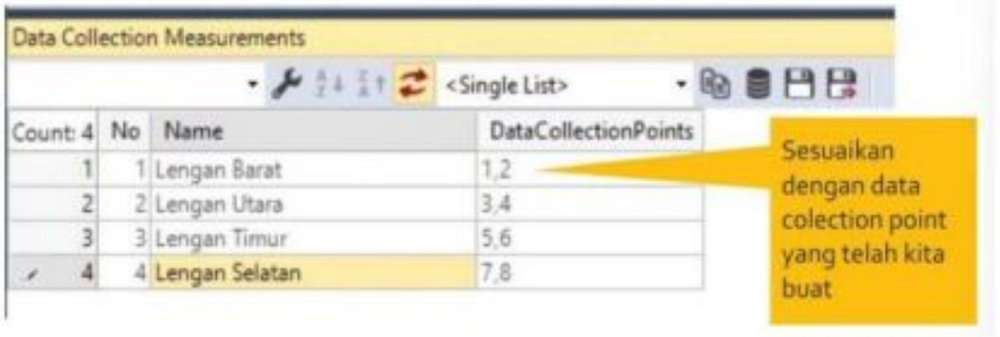
Fungsi pengelompokan data pengukuran, pengumpulan, dan pengukuran keterlambatan sehingga dapat mengatur titik penjemputan dan waktu perjalanan kendaraan pada hasil. Pengaturan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.34, Gambar 3.35, dan Gambar 3.36 berikut ini.

Dipindai dengan CamScanner



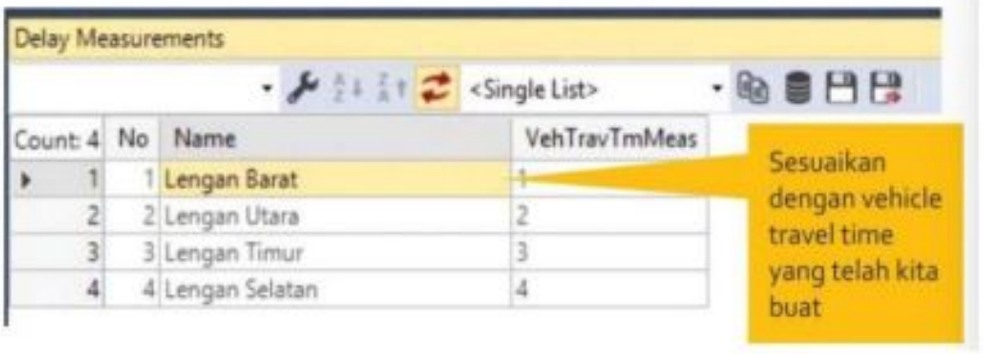
Gambar 3.34 Menu Data *Collection Measurement*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



Gambar 3.35 Data *Collection Measurement*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



Gambar 3.36 *Delay Measurement*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner

7. Pembuatan dan pengaturan 3D *models*

1. Mengubah 3d *model* tipe kendaraan

   Model sepeda 3D ditampilkan dalam pengaturan *default* VISSIM dengan gambar sepeda jadi perlu dirubah pengaturannya menjadi sepeda motor. Tampilan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.37 berikut ini.



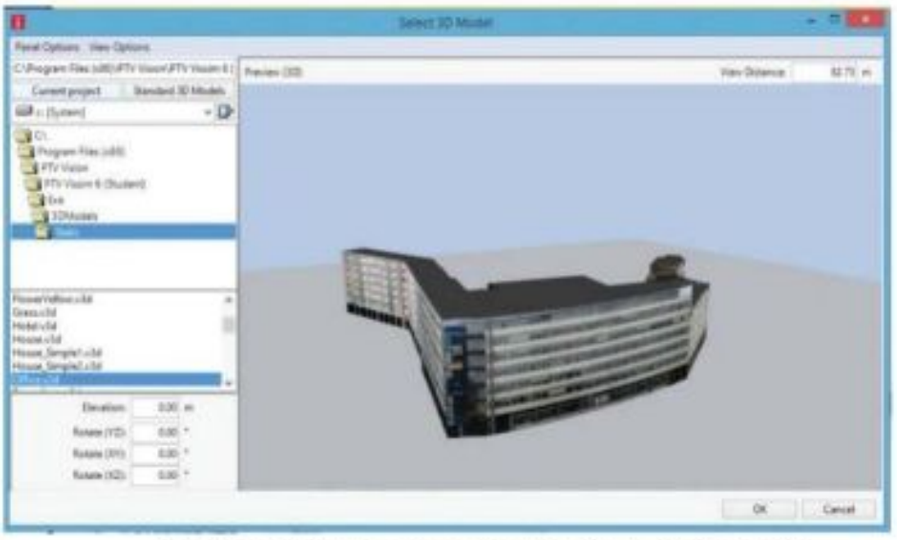
Gambar 3.37 ***Select 3D Models***

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

2. Menambahkan objek bangunan, pohon, dll

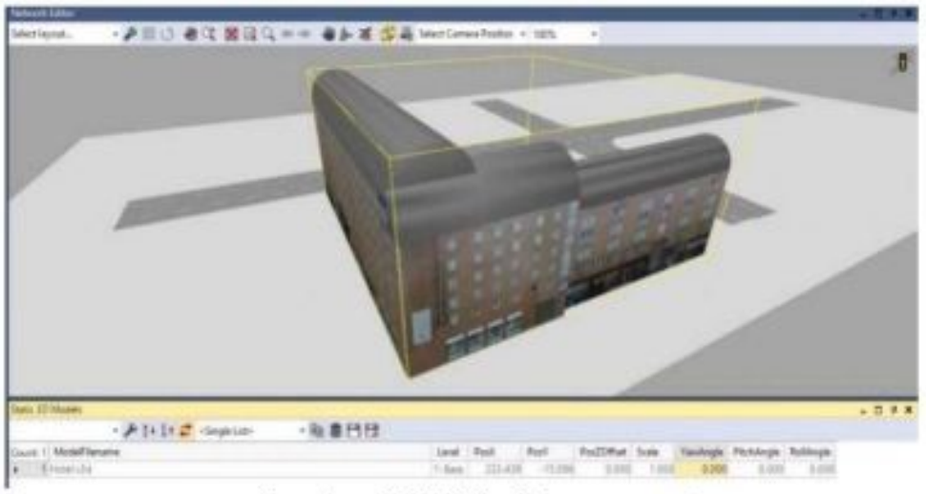
   Menambahkan objek 3D dapat meningkatkan tampilan simulasi VISSIM dan menampilkan gambar yang mendekati kenyataan di lapangan. Langkah-langkah untuk menambahkan objek bangunan, pohon, bangku, dan sebagainya dapat dilihat pada Gambar 3.38 dan Gambar 3.39 berikut ini.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 3.38 Tampilan Jendela *Select 3D Models*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



Gambar 3.39 *Delay Measurement*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

3. Memberikan *texture* pada *link* (median, trotoar, dll)

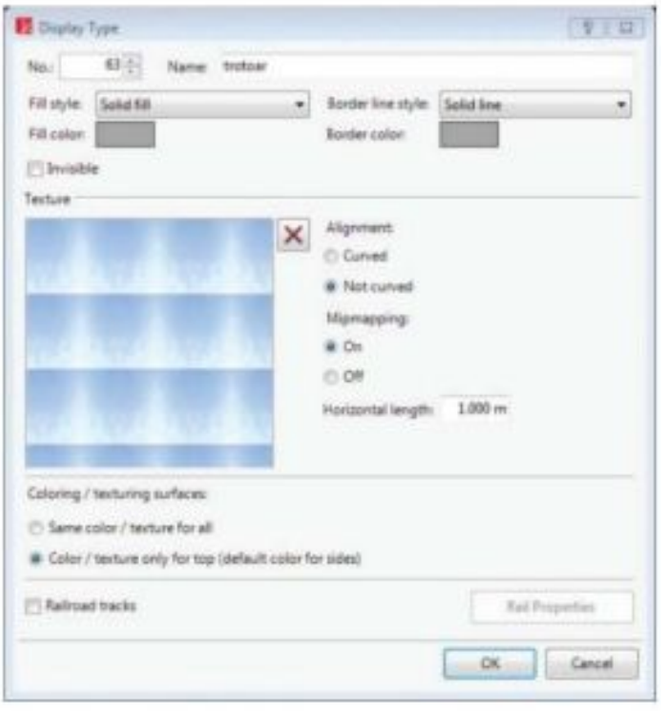
   Langkah untuk mengatur *texture link* dapat dilihat pada Gambar 3.40 dan Gambar 3.41 berikut ini.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 3.40 Tampilan Jendela *Display Types*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



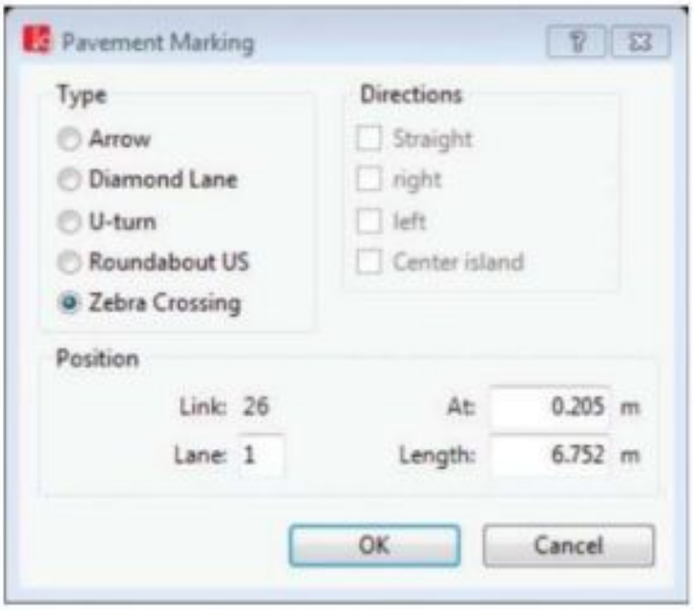
Gambar 3.41 Tampilan Pembuatan *Display Types* Baru

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

4. Menambah marka jalan

   Penambahan marka jalan dapat dilihat Gambar 3.42 dan Gambar 3.43 berikut ini.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 3.42 Tampilan Jendela *Pavement Marking*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



Gambar 3.43 Hasil Pemberian *Texture*, *Pavement Marking*, dan *Status Model*

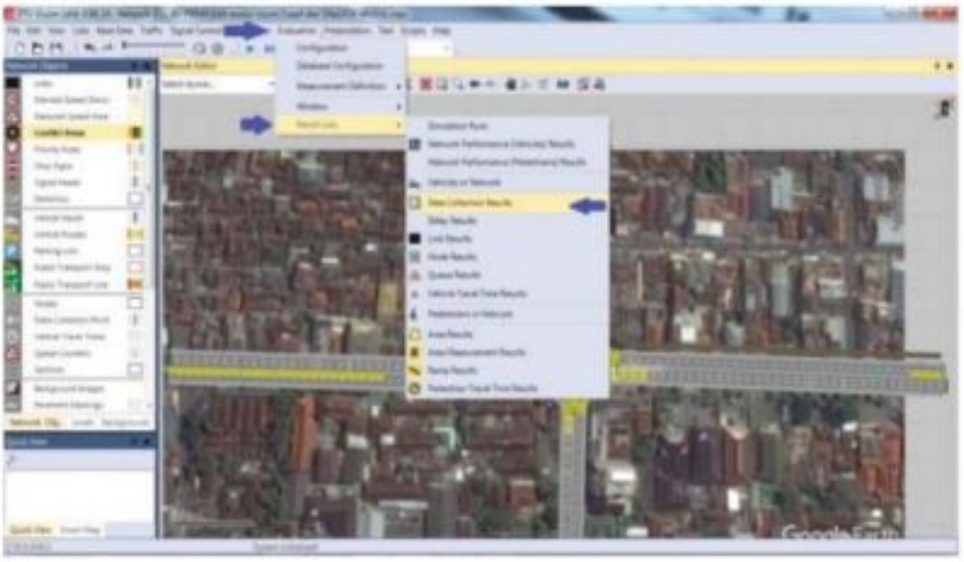
(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

8. *Result List, Configuration, Running* dan Hasil *Running*

1. Network setting *result list* dan *configuration*

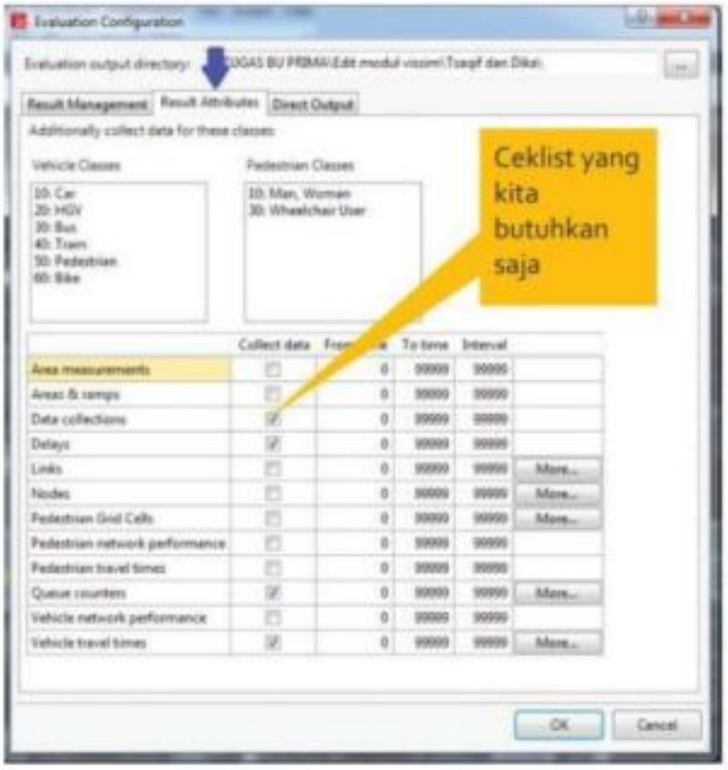
Result List digunakan untuk menampilkan jendela hasil saat ini. Langkah-langkah dapat dilihat pada Gambar 3.44, Gambar 3.45, Gambar 3.46 berikut ini.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 3.44 ***Result List***

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



Gambar 3.45 ***Evaluation Configuration***

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner

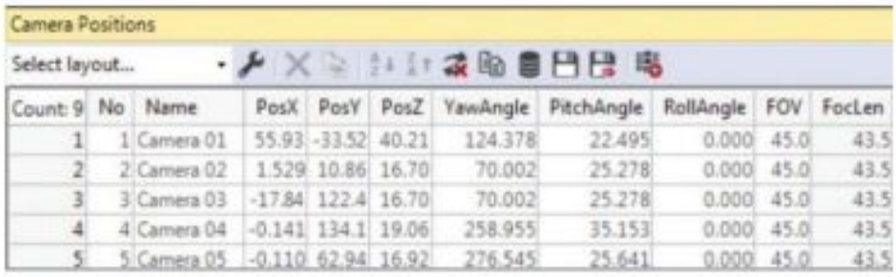


Gambar 3.46 *Queue Counter* Pada *Configuration*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

9. Simulasi Kamera

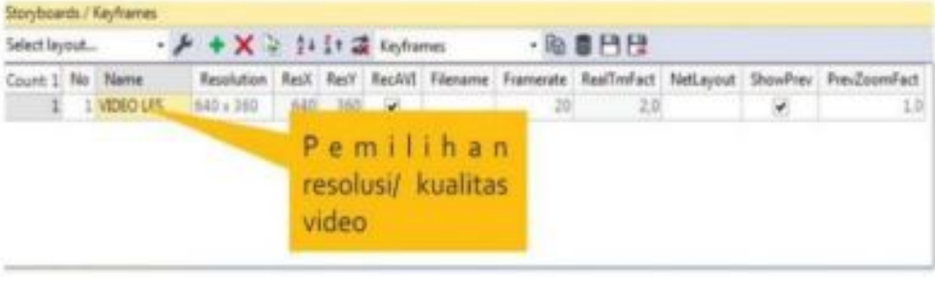
Simulasi perangkat lunak VISSIM dapat di-*render* kedalam video dalam bentuk AVI yang dapat dilihat pada Gambar 3.47, Gambar 3.48, Gambar 3.49, Gambar 3.50, dan Gambar 3.51 berikut ini.



Count: 9	No	Name	PosX	PosY	PosZ	YawAngle	PitchAngle	RollAngle	FOV	FocLen
1	1	Camera 01	55.93	-33.52	40.21	124.378	22.495	0.000	45.0	43.5
2	2	Camera 02	1.529	10.86	16.70	70.002	25.278	0.000	45.0	43.5
3	3	Camera 03	-17.84	122.4	16.70	70.002	25.278	0.000	45.0	43.5
4	4	Camera 04	-0.141	134.1	19.06	258.955	35.153	0.000	45.0	43.5
5	5	Camera 05	-0.110	62.94	16.92	276.545	25.641	0.000	45.0	43.5

Gambar 3.47 Tampilan *Camera Position*

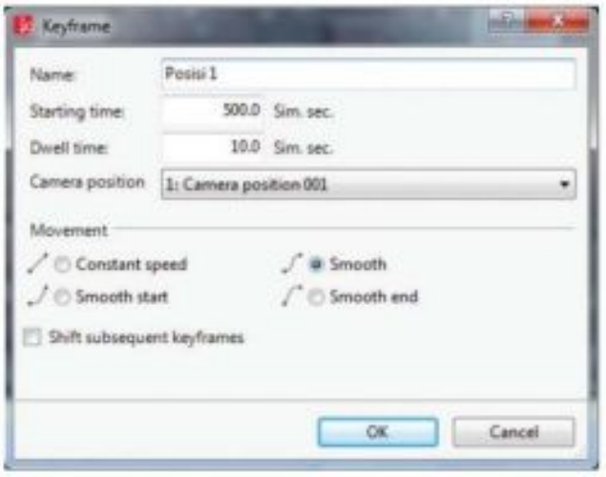
(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



Gambar 3.48 Tampilan *Storyboards/Keyframes*

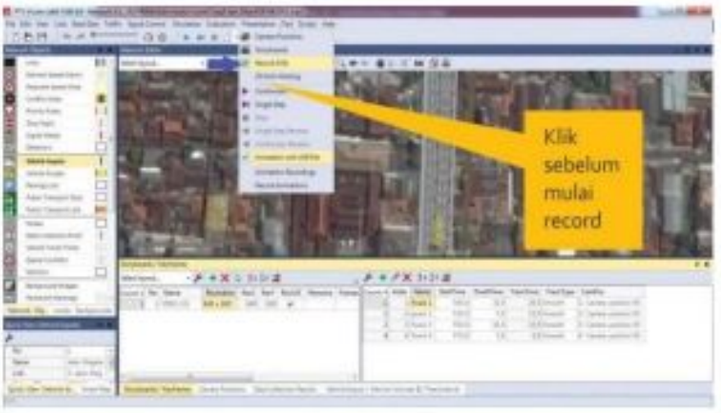
(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 3.49 Tampilan Pembuatan *Keyframes*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



Gambar 3.50 Tampilan *Record AVIS*

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)



Gambar 3.51 Tampilan *Storyboards* Keseluruhan

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner

3.2.2 Pemodelan Simpang Bersinyal Dalam Perangkat *Vissim*

Pemodelan simpang bersinyal memiliki beberapa perbedaan yang diantaranya adalah sebagai berikut.

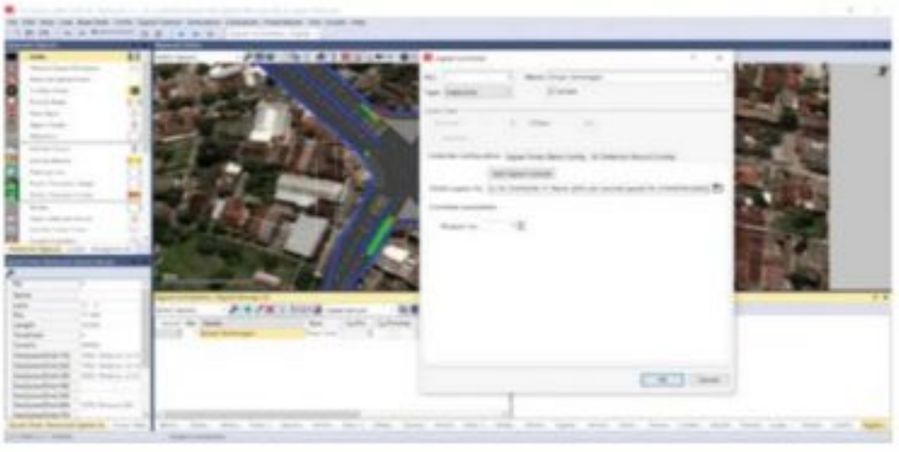
Signal Controller digunakan untuk mengontrol pergerakan lalu lintas di jaringan jalan. Sebelum membangun pengontrol sinyal, studi kontrol sinyal lapangan harus dilakukan. Setelah mendapatkan data pengontrol sinyal, cara membuat pengontrol sinyal di perangkat lunak Vissim. Pengaturan *signal controller* dapat dilihat pada Gambar 3.52 berikut.



Gambar 3.52 Pengaturan *Add Signal Controller* Kondisi Eksisting

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Setelah mengklik *Add* di jendela *Signal Controller/Signal Group*, kemudian beri nama Pengontrol Sinyal seperti pada Gambar 3.53.

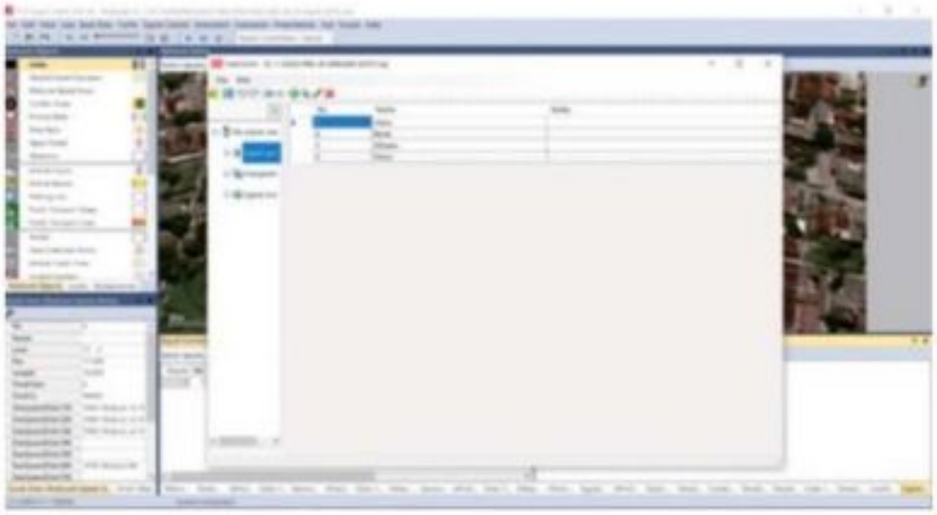


Gambar 3.53 Pengaturan *Edit Signal Controller* Kondisi Eksisting

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner

Setelah mengklik Edit *Signal Control*, klik dan buat *Signal Groups* persinyalan untuk cabang lain dari jaringan jalan seperti pada Gambar 3.54.



Gambar 3.54 Pengaturan *Signal Group* Kondisi Eksisting

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Setelah melakukan sinyal kelompok pada masing-masing lengan dan kemudian pada lengan berikutnya masukkan durasi waktu Siklus di menu grup Sinyal. Durasi waktu siklus penuh dengan data waktu siklus yang diteliti di lapangan. Pengaturan *cycle time* dapat dilihat pada Gambar 3.55.

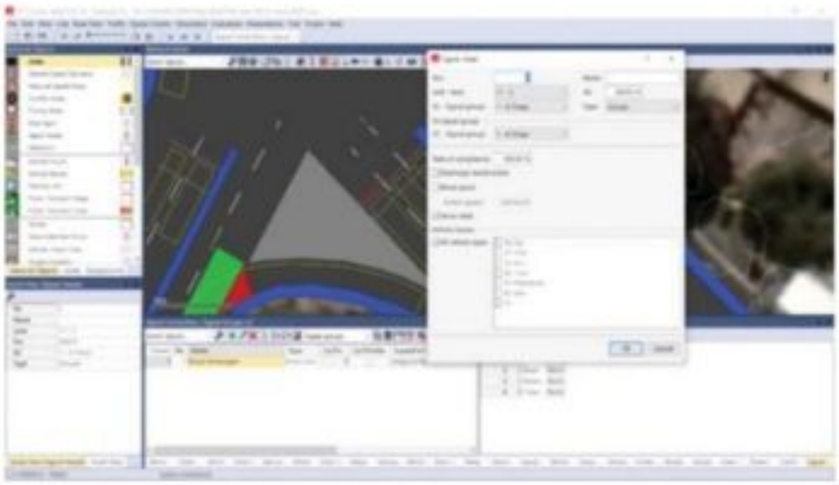


Gambar 3.55 Pengaturan *Cycle Time* Simpang Eksisting

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

Dipindai dengan CamScanner

Masukkan pengontrol sinyal yang telah dibuat pada jaringan jalan, kepala sinyal harus dipasang terletak di pintu masuk ke persimpangan. Pengaturan *signal head* dapat dilihat pada Gambar 3.56 berikut.



Gambar 3.56 Pengaturan *Signal Head* Kondisi Eksisting

(Sumber: Romadhona, dkk., 2019)

3.3 Kalibrasi dan Validasi *Vissim*

Kalibrasi pada perangkat Vissim adalah proses kerja dalam bentuk nilasi-nilai parameter yang dapat mereplikasi lalu lintas semirip mungkin dari bentuk aslinya. Proses kalibrasi bedasarkan perilaku pengemudi kendaraan pada daerah yang diamati. Dengan metode *trial and error* yang mengacu pada penelitian sebelumnya mengenai kalibrasi dan validasi pada perangkat Vissim. Validasi pada perangkat Vissim adalah proses dari hasil dari kalibrasi dengan perbandingan hasil observasi dan hasil simulasi kendaraan, proses tersebut dilakukan dengan berdasarkan jumlah volume arus lalu lintas dan panjang antrian kendaraan.

Terdapat dua metode yang digunakan untuk mengecek validitas data, yaitu menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan GEH. MAPE adalah persentase nilai perbandingan antara data yang sebenarnya dengan data simulasi. Volume arus lalu lintas, kecepatan kendaraan, dan panjang antrian adalah parameter yang digunakan untuk uji validasi tersebut.

Gustavson (2007) menyatakan bahwa ketika melakukan validasi data dengan volume arus lalu lintas, metode statistik terbaik yang dapat digunakan dalam

Dipindai dengan CamScanner

membandingkan data *input* dan *output* simulasi adalah GEH (*Geoffrey E. Havers*). Metode GEH adalah sebuah rumus hasil modifikasi dari Chi-kuadrat yang menggabungkan nilai relatif dan mutlak. Ketentuan atau standar perhitungan GEH dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Standar Perhitungan *Geoffrey E. Havers* (GEH)

Hasil	Keterangan
GEH < 5	Diterima
5 < GEH < 10	Peringatan : kemungkinan model eror
GEH > 10	Ditolak

MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) merupakan suatu ukuran kesalahan relatif. MAPE menyatakan persentase kesalahan hasil dari peramalan atau *forecasting* terhadap permintaan aktual selama periode tertentu yang akan memberikan informasi seberapa besar tingkat kesalahan, apakah terlalu tinggi atau rendah. Secara perhitungan matematis, MAPE dinyatakan dengan rumus sebagai berikut (Nasution dan Prasetyawan, 2008).

$$\text{MAPE} = \left(\frac{100}{n}\right) \sum \left| Ac - \frac{Ft}{At} \right| \qquad (3.23)$$

dengan,

At = permintaan aktual pada periode- t,

Ft = peramalan permintaan *(forecast)* pada periode- t, dan

N = jumlah periode peramalan yang terlibat.

Dipindai dengan CamScanner

BAB IV
METODOLOGI

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Simpang Empat Bersinyal Palagan Tentara Pelajar yang terletak di Palagan Tentara Pelajar No.6, Rejodani 2, Sariharjo, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55581. Berikut ini adalah lokasi Simpang Empat Bersinyal Pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian Tampak Atas

(Sumber : Google Earth, diakses pada 2022)



Gambar 4.2 Lokasi Penelitian Tampak Dari Jalan Utara dan Timur

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 4.2 Lokasi Penelitian Tampak Dari Jalan Selatan dan Barat

4.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang akan diambil dalam penelitian tersebut terbagi dua yaitu data primer dan data sekunder sebagai berikut ini.

4.2.1 Data Primer

1. Data geometri pada simpang

   Dalam pengukuran geometri pada simpang tersebut untuk mengetahui jarak antar simpang lengan, lebar jalur jalan, median (jika ada), dan lebar perkerasan jalan.

2. Waktu sinyal lalu lintas

   Pengukuran pada sinyal lalu lintas dilakuan pada tiap sinyal (hijau, merah, *amber, all red*) dan fase sinyal.

3. Volume lalu lintas

   Volume lalu lintas dilakukan pada saat kendaraan melewati lengan simpang tersebut, hal ini dilakukan pada setiap titik survei oleh petugas survei pada setiap lengan simpang. Hal yang dilakukan yaitu mencatat kendaraan sesuai bedasarkan klasifikasi kendaraan yang melewati pada tiga arus jalan yaitu arus belok kiri (LT), arus lurus (ST), arus belok kanan (RT).

Dipindai dengan CamScanner

4. Panjang antrean kendaraan

   Panjang antrean kendaraan pada masing-masing ruas jalan pada simpang tersebut.

5. Kecepatan kendaraan

   Data kecepatan kendaraan dikumpulkan dengan cara membagi jarak tempuh dengan waktu tempuh kendaraan, menghitung waktu tempuh kendaraan, dan mengamati langsung di lokasi. Pencatatan dilakukan untuk menentukan traffic atau nilai lalu lintas.

6. *Driving behavior*

   Data perilaku berkendara digunakan dengan cara mengukur jarak antar kendaraan.

4.2.2 Data Sekunder

1. Data sekunder MKJI 1997

   Data sekuder merupakan data yang dikumpulkan dari beberapa penelitian tentang ruas jalan yang dan simpang pada penelitian yang sebelumnya yang telah dilakukan. Data-data sekunder yang dikumpulkan dari data geometri ruas jalan dan jumlah dan jarak antar simpang yang akan digunakan sebagai perbandingan hasil survei yang di lakukan di lapangan dan jumlah penduduk kota, data sekunder tersebut akan digunakan untuk mendukung kinerja dari data primer yang dikumpulkan.

2. Data sekunder perangkat lunak Vissim

   Data sekunder diperoleh dari instansi terkait berupa peta jaringan jalan perkotaan yang mensimulasikan lokasi, misalnya untuk menunjukkan letak suatu simpang tembus diantara simpang lainnya. Data ini berfungsi sebagai deskripsi persimpangan yang dipertimbangkan dalam jaringan jalan dengan kelas fungsionalitas pada tingkat tertentu.

4.3 Alat-Alat Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, maka digunakan alat-alat yang diperlukan dalam survei di lapangan berikut ini.

Dipindai dengan CamScanner

1. Alat tulis
2. Formulir
3. *Roll* meter
4. Aplikasi *traffic counter*
5. Stopwatch
6. *Handy Talkie*
7. Laptop

4.4 Metode Pengambilan Data

Hal-hal yang perlu disiapkan sebelum melakukan survei di lapangan adalah berikut ini.

1. Survei awal dan persiapan

   Kegiatan survei yang dilakukan pada tahap ini adalah mengenali lokasi tempat penelitian dan menjelaskan kepada pertugas survei tentang teknis penelitian dalam pengejaan tugas mencatat dan pengisian fomulir.

2. Persiapan alat-alat penelitian

Survei lapangan dilakukan dengan beberapa surveyor yang ditempatkan pada setiap lengan pada simpang. Berikut adalah tugas dari setiap surveyor pada simpang empat bersinyal, beserta penempatan surveyor yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Denah Lokasi penempatan Surveyor

Dipindai dengan CamScanner

Keterangan :

1. Surveyor 1 melakukan pengukuran pada sinyal lalu lintas dan mencatat jumlah kendaraan sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat yang menuju Jalan Palagan Tentara Pelajar arah Utara,
2. Surveyor 2 melakukan pengambilan data geometri dan pengambilan data kecepatan kendaraan pada Jalan Kapten Haryati,
3. Surveyor 3 melakukan mengukur panjang antrian kendaraan dan mengukur jarak antara kendaraan pada Jalan Kapten Haryati,
4. Surveyor 4 melakukan pengukuran pada sinyal lalu lintas dan mencatat jumlah kendaraan sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat yang menuju Jalan Palagan Tentara Pelajar arah Utara,
5. Surveyor 5 melakukan pengambilan data geometri dan pengambilan data kecepatan kendaraan Jalan Palagan Tentara Pelajar arah Utara,
6. Surveyor 6 melakukan mengukur panjang antrian kendaraan dan mengukur jarak antara kendaraan pada Jalan Palagan Tentara Pelajar arah Utara,
7. Surveyor 7 melakukan pengukuran pada sinyal lalu lintas dan mencatat jumlah kendaraan sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat yang menuju Jalan Palagan Tentara Pelajar arah Selatan,
8. Surveyor 8 pengambilan data geometri dan pengambilan kecepatan data kendaraan Jalan Palagan Tentara Pelajar arah Selatan,
9. Surveyor 9 melakukan mengukur panjang antrian kendaraan dan mengukur jarak antara kendaraan pada Jalan Palagan Tentara Pelajar arah Selatan,
10. Surveyor 10 melakukan pengukuran pada sinyal lalu lintas dan mencatat jumlah kendaraan sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat yang menuju Jalan Gito Jati,
11. Surveyor 11 melakukan pengambilan data geometri dan pengambilan kecepatan kendaraan pada Jalan Gito Jati, dan
12. Surveyor 12 melakukan mengukur panjang antrian kendaraan dan mengukur jarak antara kendaraan pada Jalan Gito Jati.

Dipindai dengan CamScanner

Dalam melakukan survei lapangan, berikut data-data yang akan diambil dalam penelitian ini :

1. Survei volume lalu lintas

   Survei yang dilakukan oleh pertugas menghitung kendaraan kendaraan dengan menggunakan aplikasi *traffic counter* selama tiga jam. Dalam survei tersebut, para survei akan menghitung volume kendaraan di setiap posisi pada setiap lengan jalan simpang tersebut. Penyesuaian metode perhitungan, maka kendaraan disusun dapat klasifikasi tipe kendaraan dikelompokan dalam berikut ini.

   a. Kendaraan ringan (*LV/Light Vehicle*)

      Kendaraan ringan adalah kendaraan yang menggunakan roda empat, kendaraan tersebut memiliki ciri-ciri berat kendaraan yang ringan dan fisik yang kecil. Kendaran tersebut juga memilik *as* yang jarak 2.0 m sampai 3.0 m. Contoh kendaraan ringan seperti mobil penumpang, *pick-up*, truk kecil, sedan/*jeep*, dan *mini bus*.

   b. Kendaraan berat (*HV/Heavy Vehicle*)

      Kendaraan berat adalah kendaraan yang memiliki roda yang lebih dari empat, kendaraan tersebut juga memiliki fisik yang besar dan beban yang sangat besar seperti truk fuso, truk troton truk *wingbox*, bus *super high decker*, bus *double decker,* dan lain-lain.

   c. Sepeda Motor (*MC/Motor Cycle*)

      Sepeda motor adalah kendaraan yang menggunakan dua roda dan digunakan di bermacam jenis jalan di darat. seperti motor bebek, skuter, *dual-sport*, *naked-bike, sportbike*, dan lain-lain.

2. Panjang Antrean

   Survei panjang antrian kendaraan, dilakukan pada setiap lengan ruas jalan pada simpang tersebut secara terus-menerus. Petugas survei melakukan pengukuran panjang antrian setiap ruas jalan tersebut agar mempermudah melakukan survei antrean, dan setiap ruas jalan tersebut diukur sepanjang 5 meter antrian kendaraan.

Dipindai dengan CamScanner

3. Geometri Simpang

   Dalam pengukuran geometri pada simpang, pertugas survei melakukan pengukuran dengan menggunakan alat *roll meter*. Para petugas survei melakukan pengukuran pada simpang tersebut pada saat selesai shalat subuh, hal yang dilakukan untuk pengukuran geometri adalah pada jumlah jalur, lebar jalur, dimensi setiap jalur, dan dimensi pada setiap lengan simpang.

4. Waktu sinyal lalu lintas

   Pada pengamatan arus lalu lintas dilakukan pada saat antrian panjang pada simpang jalan pada saat jam sibuk.

5. Kecepatan kendaraan

   Kecepatan kendaraan diperoleh dari kendaraan yang bergerak menuju antrean kendaraan yang berada di simpang saat lampu sedang merah. Kecepatan kendaraan dapat diketahui dengan cara membandingkan antara jarak tempuh kendaraan dengan waktu tempuh yang dibutuhkan kendaraan hingga antrean kendaraan.

6. *Driving behavior*

   Data perilaku mengemudi adalah data perilaku mengemudi yang ditentukan oleh jarak antar kendaraan depan-belakang atau kiri-kanan pada saat kendaraan berhenti atau berjalan. Dengan memasukkan data perilaku mengemudi yang diperoleh dari pengamatan langsung di lokasi ke dalam VISSIM, perilaku mengemudi yang sesuai dengan situasi saat ini di lokasi dapat diperoleh.

Jumlah kendaraan yang akan dijadikan sampel dalam penelitian ini adalah sebanyak 30 kendaraan untuk kecepatan kendaraan dan *driving behavior*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Zaki (2020), sampel yang digunakan adalah sebanyak 30 kendaraan.

4.5 Waktu Pelaksanaan Survei

Penelitian Aminy (2018) pada Jalan Palagan Tentara Pelajar km 6,5 menunjukkan jam puncak pada hari Minggu dengan total volume kendaraan dalam rentang waktu 16.00 – 17.00 tersebut adalah sebesar 2.884 kendaraan dan jam

Dipindai dengan CamScanner

puncak pada hari Kamis dengan total volume kendaraan pada rentang waktu 06.45 – 07.45 tersebut adalah sebesar 4.619 kendaraan. Berdasarkan data penelitian tersebut, maka peneliti memilih hari Kamis dan Minggu untuk melakukan survei pada simpang empat bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar. Penetapan waktu ini didasarkan pada pertimbangan bahwa survei yang dilakukan telah mewakili kondisi padat atau puncak kesibukan pada persimpangan tersebut dalam satu minggu. Pelaksanaan survei dilakukan selama 2 hari, yaitu satu hari kerja (*weekday*) dan satu hari di akhir pekan (*weekend*) dengan pembagian waktu sebagai berikut.

1. Pagi hari, di jam pukul 07.00 WIB sampai dengan 10.00 WIB yang dianggap sebagai waktu mulai melakukan aktivitas.
2. Sore hari, di jam pukul 15.00 WIB sampai dengan 18.00 WIB yang dianggap sebagai waktu selesai melakukan aktivitas.

4.6 Metode Analisis

4.6.1 Analisis Data Menggunakan MKJI

Pendekatan kuantitatif digunakan untuk analisa data dalam penelitian ini yang mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Data yang telah diperoleh dari survei lapangan, kemudian dilakukan rekapitulasi di perangkat lunak Microsoft Excel untuk selanjutnya dilakukan perhitungan dalam menentukan nilai derajat kejenuhan, tundaan kendaraan, dan panjang antrian.

1. Langkah pertama adalah langkah memasukan data berupa :
   a. Geometrik, pengaturan lalu lintas dan kondisi lingkungan, dan
   b. Kondisi arus lalu lintas.
2. Langkah kedua yaitu penggunaan signal, terdiri dari :
   a. Fase awal, dan
   b. Waktu antar hijau dan waktu hilang.
3. Langkah ketiga adalah penentuan waktu signal, yaitu :
   a. Tipe pendekat,
   b. Lebar pendekat efektif,
   c. Arus jenuh dasar,
   d. Faktor-faktor penyesuaian,

Dipindai dengan CamScanner

e. Rasio arus jenuh, dan
f. Waktu siklus dan waktu hijau.

4. Langkah keempat yaitu kapasitas
5. Langkah kelima yaitu perilaku lalu lintas, berupa :
   a. Persiapan,
   b. Panjang antrian,
   c. Kendaraan terhenti, dan
   d. Tundaan.

4.6.2 Pemodelan Menggunakan *Vissim*

Data yang telah diperoleh dari survei di lapangan kemudian diolah untuk mengetahui jam puncak dan derajat kejenuhannya, kemudian dimodelkan dengan menggunakan perangkat lunak Vissim untuk perbaikan kinerja simpang yang kurang optimal tersebut. Adapun langkah-langkah pemodelan menggunakan vissim sebagai berikut.

1. Data yang sudah didapatkan saat di lapangan melalui survei tersebut, dilakukan analisis dengan memasukan datanya ke dalam perangkat Vissim.
2. Masukan data sekunder yaitu data lokasi survei ke dalam perangkat Vissim. Peta lokasi survei digunakan untuk sebagai bavkgroud dan gambaran lapangan survei.
3. Masukan data primer yaitu data jumlah kendaraan dan komposisi kendaraan ke perangkat Vissim.
4. Memilih perilaku mengemudi untuk mewakili kondisi di lapangan.
5. Memilih rute yang dimulai dari titik awal sampai titik tujuan dengan memuat pemodelan jaringan jalan dan mengatur rute yang dipilih.
6. Membuat pemodelan sinyal lalu lintas dan dimasukan ke dalam fase sinyal.
7. Setelah melakukan pemasukan data maka kinerja simpang tersebut, maka tundaan, *level of services*, dan parameter panjang antrean kendaraan dapat diketahui.
8. Melakukan kalibrasi dan validasi data pada perangkat Vissim. Kalibrasi merupakan proses komponen model simulasi yang disesuaikan ulang sehingga

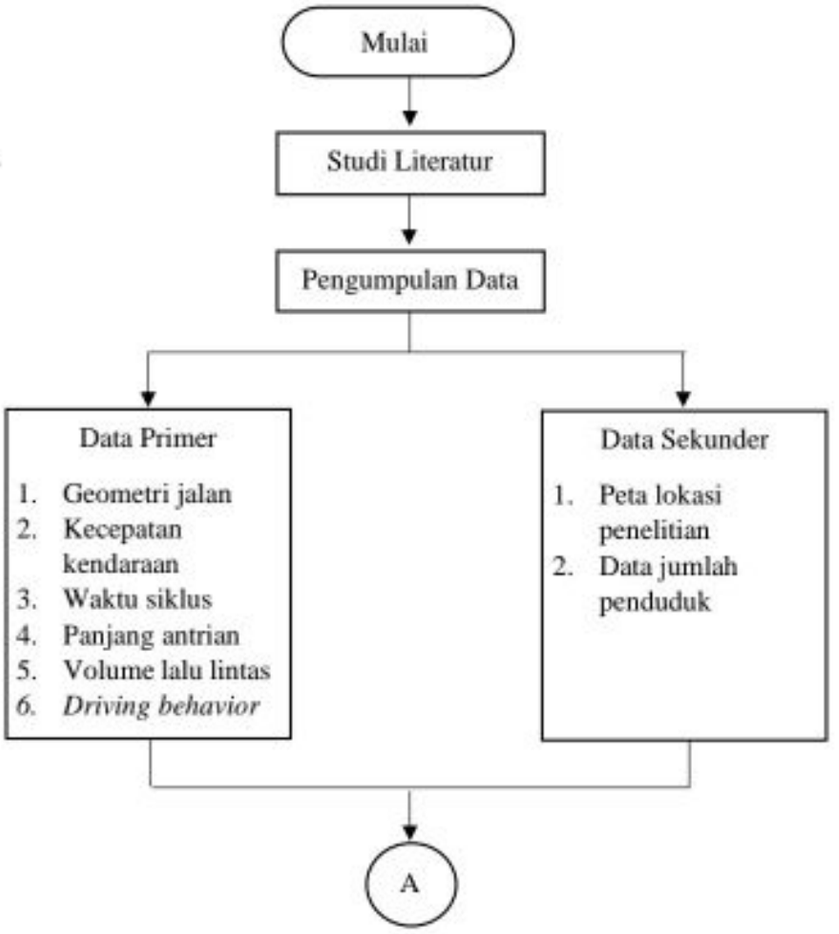
Dipindai dengan CamScanner

model simulasi yang diperoleh akurat dengan kondisi asli di lapangan, sedangkan validasi merupakan parameter ukuran efektifitas yang sudah didapatkan data dari survei dilapangan terhadap hasil yang disimulasi kan dengan perangkat Vissim.

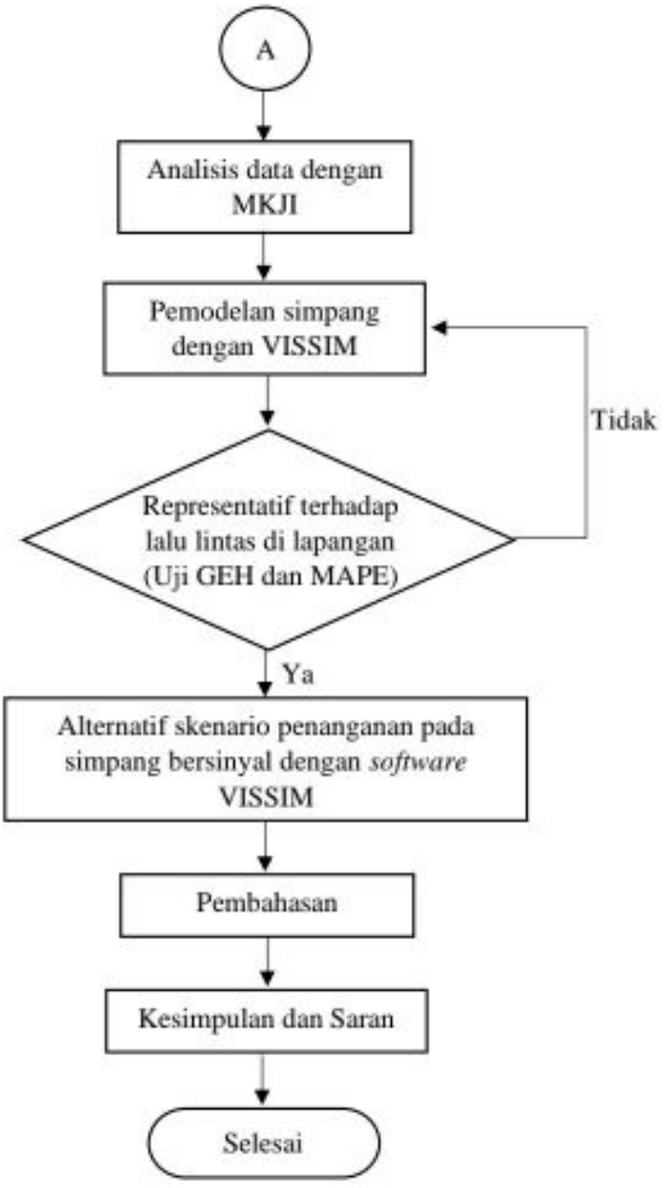
9. Melakukan analisis kinerja pada simpang dengan bedasarkan tundaan, *level of servies*, dan panjang antrian kendaraan.

4.7 Bagan Alir Penelitian

Adapun bagan alir dalam penelitian ini yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini.



Dipindai dengan CamScanner



Gambar 4.5 Bagan Alir Penelitian

Dipindai dengan CamScanner

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Data

5.1.1 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang telah dikumpulkan dari berbagai penelitian sebelumnya yang telah ada, akan digunakan sebagai untuk melengkapi data dalam suatu penelitian tersebut. Berikut data sekunder yang akan digunakan:

1. Peta lokasi penelitian

   Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.

2. Data jumlah penduduk

   Data jumlah penduduk didapatkan pada dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman (BPS) pada tahun 2021. Data penduduk berjumlah 1.136.474 jiwa.

5.1.2 Data Primer

1. Geometri simpang

   Data geometri didapatkan dengan cara magamati langsung di lapangan untuk memperoleh data tersebut, data yang diperoleh tersebut antara lain tipe jalur jalan, median, jalur belok kiri lansung, lebar pendekat masuk dan lebar pendekat keluar. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Gambar geometri dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut.

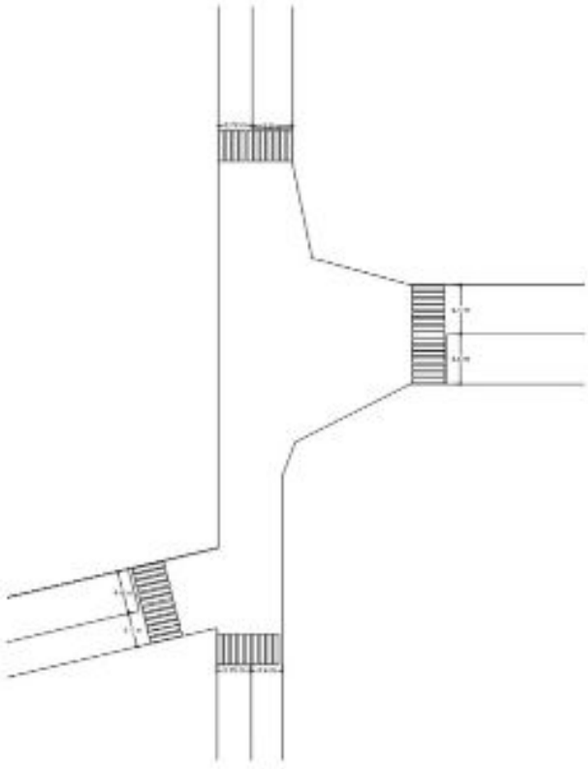
Tabel 5.1 Data Geometri Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar

Pendekat	Tipe Jalur Jalan	Median	Jalur Belok kiri Lansung	Lebar Pendekat (m)	
				Keluar	Masuk
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	2/2 UD	tidak	tidak	3,72	3,9

Dipindai dengan CamScanner

Lanjutan Tabel 5.1 Data Geometri Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar

Jalan Kapten Haryadi (Timur)	2/2 UD	tidak	tidak	4,1	4,4
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	2/2 UD	tidak	tidak	3,4	3,75
Jalan Gito Gati (Barat)	2/2 UD	tidak	tidak	4,1	4,4



Gambar 5.1 Geometri Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar

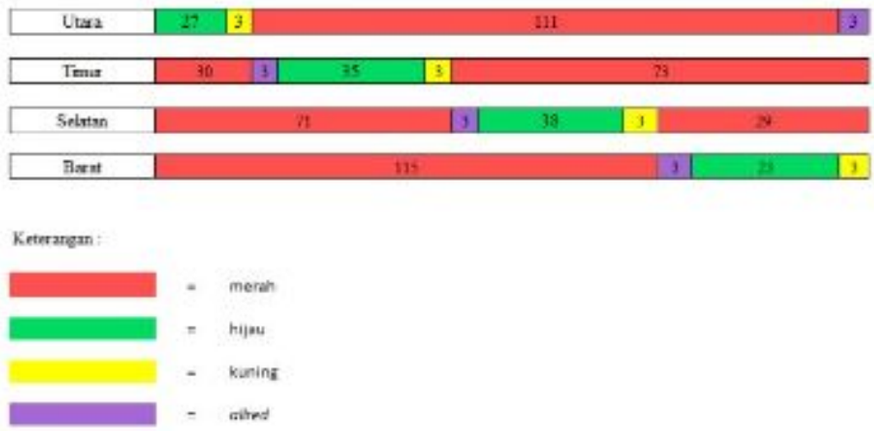
2. Waktu sinyal lalu lintas

Data waktu lalu lintas didapatkan dengan cara pengamatan secara lansung dilapangan pada setiap lengan jalan, data tersebut didapatkan pada saat jam puncak volume kendaraan dengan menggunakan *stopwatch* untuk menghitung waktu lampu merah, kuning, dan hijau. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.3 Sebagai berikut.

Dipindai dengan CamScanner

Data Waktu Sinyal Lalu Lintas Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar

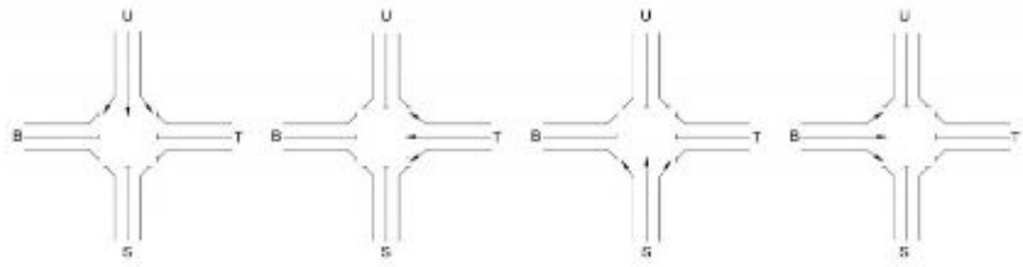
Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus
	Hijau	Kuning	Merah	Allred	
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	27	3	111	3	144
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	35	3	103	3	144
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	38	3	100	3	144
Jalan Gito Gati (Barat)	23	3	115	3	144



Gambar 5.2 Gambar 5.2 Diagram Siklus Waktu Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar

Pada Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar tersebut, terdapat empat fase dengan pembagian seperti pada Gambar 5.3.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 5.3 Pengaturan Fase Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar Pada Eksisting

3. Volume lalu lintas

Data volume lalu lintas didapatkan dari hasil survei yang dilapangan. Survei dilaksanakan pada hari Kamis dan hari Minggu, pelaksanaan survei dilakukan selama 6 jam per hari yang dilakukan pada saat jam 07.00 - 09.00 WIB dan jam 15.00 – 18.00 WIB. Data volume untuk mencari jam puncak pada Simpang Palagan Tentara Pelajar yang akan dijumlahkan dengan satuan mobil penumpang (smp). Data volume lalu lintas pada simpang Simpang Palagan Tentara Pelajar dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 berikut ini.

Data Volume Lalu Lintas Simpang Palagan Tentara Pelajar Pada Hari Kamis

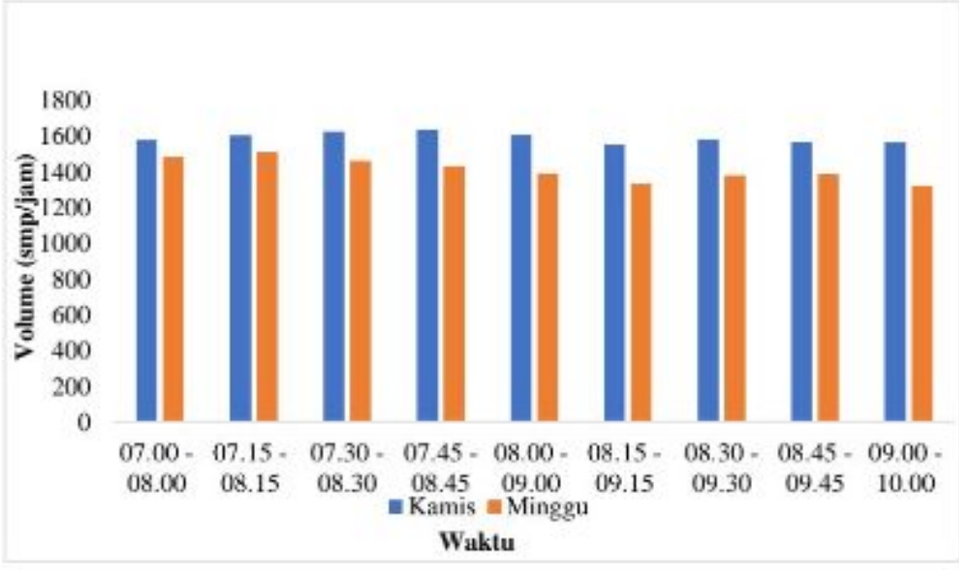
WAKTU	Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)		Jalan Gito Gati (Barat)		Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)		Jalan Kapten Haryadi (Timur)		total	
Hari kamis	Kend/jam	Smp/jam	Kend/jam	Smp/jam	Kend/jam	Smp/jam	Kend/jam	Smp/jam	Kend/jam	Smp/jam
07.00 - 08.00	955	411,8	1067	424,3	1082	403,1	888	336,8	3992	1576
07.15 - 08.15	974	419,9	1060	437,9	1050	404,4	857	339,7	3941	1601,9
07.30 - 08.30	973	423,7	1052	440,1	1037	403,3	853	357,5	3915	1624,8
07.45 - 08.45	977	431,2	1067	463,2	996	404,3	797	337,7	3837	1636,4
08.00 - 09.00	947	406,7	1057	457,9	986	397,7	814	340,9	3804	1603,2
08.15 - 09.15	927	396,6	1086	468,5	1006	377,2	762	310,1	3781	1552,4
08.30 - 09.30	960	402,7	1080	466,9	987	385,1	822	325,8	3849	1580,5
08.45 - 09.45	959	405,5	987	422,4	949	370,2	853	366,4	3748	1564,5
09.00 - 10.00	952	408,3	956	399,7	957	391	804	362,9	3669	1561,9
15.00 - 16.00	925	428,4	839	391	840	367,5	912	390,4	3516	1577,3
15.15 - 16.15	912	425,4	746	357,2	851	372,4	944	389,2	3453	1544,2
15.30 - 16.30	914	411,6	791	369,1	873	381,6	859	367,9	3437	1530,2
15.45 - 16.45	952	408,4	896	409	956	409,1	816	370,6	3620	1597,1
16.00 - 17.00	969	414,6	877	409,4	926	411,7	778	356,5	3550	1592,2
16.15 - 17.15	937	423,6	949	437,4	895	411,8	762	358,3	3543	1631,1
16.30 - 17.30	929	436,9	907	427,7	927	419,6	820	398,7	3583	1682,9
16.45 - 17.45	860	434	900	417,3	816	372,4	841	403,8	3417	1627,5
17.00 - 18.00	832	418,5	911	414,6	833	373,7	941	446,4	3517	1653,2

Dipindai dengan CamScanner

Data Volume Lalu Lintas Simpang Palagan Tentara Pelajar Pada Hari Minggu

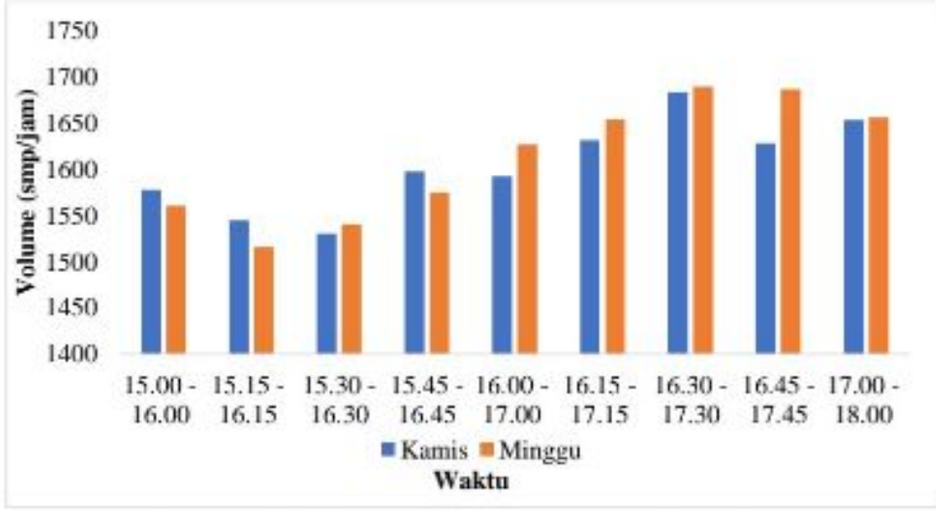
WAKTU	Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)		Jalan Gito Gati (Barat)		Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)		Jalan Kapten Haryadi (Timur)		total	
Hari Minggu	Kend/jam	Smp/jam	Kend/jam	Smp/jam	Kend/jam	Smp/jam	Kend/jam	Smp/jam	Kend/jam	Smp/jam
07.00 - 08.00	798	312,1	818	398,6	912	465,5	732	304,8	3260	1481
07.15 - 08.15	776	310,3	829	400,2	971	460,1	750	316,4	3326	1507
07.30 - 08.30	746	304,3	820	384,3	925	439,5	803	333,3	3294	1461,4
07.45 - 08.45	655	247,2	903	379	969	471,5	832	333,3	3359	1431
08.00 - 09.00	622	213,1	925	362,2	1033	477,1	886	339,1	3466	1391,5
08.15 - 09.15	571	184,9	998	362,2	1008	475,1	846	311,1	3418	1333,3
08.30 - 09.30	563	181,9	1114	394,6	1050	491,2	821	311,8	3588	1379,5
08.45 - 09.45	654	221,4	1120	394,9	1060	491,3	867	307,6	3701	1385,2
09.00 - 10.00	678	233,7	1065	372,6	998	410,7	921	302,4	3662	1319,4
15.00 - 16.00	824	346,1	863	374,5	1047	481,4	778	358,3	3512	1560,3
15.15 - 16.15	758	324,9	945	367,8	1054	473,8	809	349,2	3566	1515,7
15.30 - 16.30	771	325,3	947	363,3	1037	480,2	841	371,6	3596	1540,4
15.45 - 16.45	738	320,7	965	373,6	1028	482,8	935	397,5	3666	1574,6
16.00 - 17.00	838	361,5	1040	381,1	959	466,8	994	417,3	3831	1626,7
16.15 - 17.15	888	403,6	947	351,5	955	444,1	1122	454,6	3912	1653,8
16.30 - 17.30	948	419,7	1074	358,9	1029	456,2	1096	454,2	4147	1689
16.45 - 17.45	1086	445,1	952	336,4	1047	454,5	1023	450,6	4108	1686,6
17.00 - 18.00	1015	429,2	1034	387	977	411	932	428,5	3958	1655,2

Data volume jam puncak kendaraan pada simpang Simpang Palagan Tentara Pelajar didapatkan pada hari Minggu jam 16.30 – 17.30 WIB dengan jumlah volume pada satuan kend/jam sebesar 5251 dan satuan smp/jam sebesar 2236,3. Untuk dapat melihat pembacaaan volume lalu lintas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.4 Histogram Volume Lalu Lintas Pagi

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 5.5 Histogram Volume Lalu Lintas Sore

4. Panjang antrian kendaraan

Data panjang antrian didapatkan bedasarkan hasil pengukuran di lapangan, data panjang antrian didapatkan bedasarkan hasil rata-rata pada saat jam puncak. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Panjang Antrian Pada Simpang Palagan Tentara Pelajar Jam Puncak

Lengan	Panjang Antrian (m)
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	82,103
Kapten Haryadi(Timur)	72,68
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	69,03
Jalan Gito Jati (Barat)	77,965

5. Kecepatan kendaraan

Data kecepatan kendaraan didapatkan dengan cara survei di lapangan pada setiap lengan simpang. Data kecepatan kendaraan dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Dipindai dengan CamScanner

Tabel 5.6 Kecepatan Kendaraan Pada Simpang Palagan Tentara Pelajar

No	Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)			Jalan Kapten Haryadi (Timur)			Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)			Jalan Gito Gati (Barat)		
	Kecepatan (km/jam)			Kecepatan (km/jam)			Kecepatan (km/jam)			Kecepatan (km/jam)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
1	66	60	33	80	49	30	79	39	28	88	40	21
2	76	55	40	16	26	32	79	40	16	32	30	23
3	80	45	28	28	33	65	76	52	42	53	29	42
4	16	53	16	55	25	33	84	40	41	65	40	32
5	28	30	42	51	30	41	82	40	21	54	52	65
6	30	32	41	76	32	18	41	38	16	84	25	62
7	78	40	21	78	32	25	51	52	12	43	62	51
8	39	30	31	77	31	33	63	25	29	66	25	23
9	55	29	30	56	29	20	63	62	40	77	60	42
10	51	40	36	40	60	17	67	25	60	43	60	19
11	35	55	32	48	62	35	63	61	22	60	62	42
12	40	76	29	58	59	21	24	60	51	79	59	22
13	40	55	30	51	53	50	52	68	42	63	53	24
14	65	49	37	52	30	33	61	75	25	67	30	22
15	56	26	30	40	32	32	22	30	62	74	75	20
16	74	33	31	45	40	24	24	45	24	37	30	29
17	56	44	32	42	30	31	54	65	25	34	49	31
18	43	53	34	30	40	51	31	36	22	76	26	12
19	51	35	56	45	59	25	39	20	20	53	33	21
20	44	38	32	65	60	62	56	60	29	78	45	40
21	35	36	16	88	68	25	49	55	19	75	53	23
22	38	37	20	26	75	61	50	45	42	44	51	24
23	65	39	25	36	22	24	50	74	31	68	59	28
24	20	40	61	20	40	51	33	56	38	74	57	30
25	41	22	22	31	51	12	49	43	42	73	39	22
26	42	34	32	33	59	51	69	31	22	62	56	51
27	43	61	24	40	57	66	74	32	31	42	26	51
28	29	41	30	38	49	21	86	55	18	78	36	30
29	30	61	27	52	60	12	40	20	21	79	20	38
30	34	22	30	50	53	31	51	32	23	39	36	36

Dipindai dengan CamScanner

6. *Driving behavior*

Data driving behavior akan digunakan pada pemodelan Vissim. Data driving behavior didapatkan hasil pengukuran pada setiap jenis kendaraan pada setiap lengan. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 *Data Driving* Behavior Pada Simpang Palagan Tentara Pelajar

Lokasi : Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar				
Jumlah Sampel	Saat Diam		Saat Bergerak	
	Depan Belakang Kendaraan (m)	Berdampingan Kendaraan (m)	Depan Belakang Kendaraan (m)	Berdampingan Kendaraan (m)
1	0,4	0,6	0,8	1
2	1	0,4	1	0,4
3	0,3	0,2	0,5	0,5
4	1	0,8	1,4	1
5	1,1	1	1,2	0,7
6	1,3	0,5	1,5	1
7	1	0,6	1,2	0,1
8	1	0,7	1,2	0,1
9	2	1	1,7	1
10	1	0,5	0,8	0,5
11	0,5	0,1	0,6	1
12	1	0,5	1,3	0,5
13	1,7	0,4	1,5	0,3
14	1,5	0,4	1	0,1
15	1,3	1,1	1,3	0,5
16	1,5	1,2	1,3	2
17	1	1	1,5	1,3
18	1	0,5	1	0,6
19	0,5	0,6	0,8	0,1
20	1	0,5	1,2	1
21	1,1	0,4	1	0,6
22	1,5	0,8	1,1	0,8
23	0,1	1	1,4	0,6
24	1,2	0,4	0,5	0,1

Dipindai dengan CamScanner

Lanjutan Tabel 5.7 *Data Driving* Behavior Pada Simpang Palagan Tentara Pelajar

25	1,5	0,4	0,1	0,4
26	1,2	0,6	1,2	0,6
26	1	0,4	1	0,4
27	1,7	0,4	1,5	0,3
28	0,3	0,2	0,5	0,5
29	0,1	1	1,4	0,6
30	1	0,7	1,2	0,1

5.2 Analisis Kinerja Simpang Menggunakan MKJI 1997

5.2.1 Arus Jenuh

Untuk mencari hasil perhitungan arus jenuh, perlu melakukan beberapa tahap yaitu arus jenuh dasar (S_0), penyesuain ukuran kota (Fcs), penyesuain hambatan samping (Fsf), penyesuain kelandaian (Fg), penyesuain pakir (Fp), penyesuain belok kiri (Flt), penyesuain belok kanan (Frt). Berikut adalah contoh dari perhitungan arus jenuh dasar pada lengan utara pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

1. Perhitungan arus jenuh dasar (S_0)

   S_0 = 780 x We

   = 780 x 3,9

   = 3042 smp/jam hijau

2. Faktor penyesuain ukuran kota (Fcs)

   Data jumlah penduduk didapatkan dari Badan Pusat Statistik Kabupate Sleman (BPS) pada tahun 2021, didapatkan data penduduk sebesar 1.136.474 jiwa, maka bedasarkan pada Tabel 3.2, didapatkan untuk Fcs sebesar 1,00.

3. Faktor penyesuain hambatan samping (Fsf)

   Penyesuaian hambatan samping ditentukan dari lingkungan jalan, hambatan samping, tipe fase, dan rasio kendaraan bermotor. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, lingkungan jalan tersebut merupakan daerah komersil

Dipindai dengan CamScanner

dikarenakan terdapat beberapa cafe, toko, ataupun aktivitas ekonomi lainnya. Pengamatan secara kualitatif dikatakan bahwa hambatan samping yang berada pada jalan tersebut adalah sedang dengan tipe fase lengan terlindung. Berdasarkan Tabel 3.2, maka didapatkan nilai Fsf sebesar 0,94. Adapun kondisi lingkungan lengan Utara dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Lengan Utara Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar

4. Faktor penyesuain kelandaian (Fg)

   Penyesuaian kelandaian pada penelitian ini, kemiringan gradien dianggap 0% dan nilai Fg sebesar 1,0.

5. Faktor penyesuain parkir (Fp)

   Bedasarkan pada survei yang sudah dilakukan, pada setiap pendekat pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar, tidak ada kendaraan yang pakir pada setiap lengan. Maka diperoleh nilai Fp adalah 1,0.

6. Faktor penyesuain belok kiri (Flt)

   Lengan utara pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar tidak mempunyai *left turn on right* (LTOR), maka perhitungan penyesuaian belok kiri menggunakan Persamaan 3.4 berikut ini.

Dipindai dengan CamScanner

Flt = 1,0 – (Plt x 0,16)

= 1,0 – (0,30 x 0,16)

= 0,9

7. Faktor penyesuain belok kanan (Frt)

Lengan utara pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar tidak mempunyai median, maka perhitungan penyesuaian belok Kanan menggunakan Persamaan 3.3 berikut ini.

Frt = 1,0 + (Prt x 0,26)

= 1,0 + (0,34 x 0,26)

= 1,1

Setelah didapatkan yaitu arus jenuh dasar (S_0), penyesuain ukuran kota (Fcs), penyesuain hambatan samping (Fsf), penyesuain kelandaian (Fg), penyesuain parkir (Fp), penyesuain belok kiri (Flt), penyesuain belok kanan (Frt). Maka perhitungan arus jenuh (S) menggunakan Persamaan 3.5 pada lengan utara berikut ini.

S = S_0 x Fcs x Fsf x Fg x Fp x Flt x Frt

= 3042 x 1,00 x 0,93 x 1,0 x 1,0 x 1,1 x 0,9

= 2786 smp/jam hijau

Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan arus jenuh pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar dapat dilihat pada Tabel 5.8 ini.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar

Lengan	S_0 (smp/jam)	Faktor Penyesuain						S (smp/jam)
		Fcs	Fsf	Fg	Fp	Flt	Frt	
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	3042	1,00	0,94	1	1	0,9	1,1	2889

Dipindai dengan CamScanner

Lanjutan Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar

Jalan Gito Jati (Barat)	3510	1,00	0,93	1	1	1,1	1,1	3757
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	2925	1,00	0,94	1	1	1,0	1,1	3105
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	3432	1,00	0,93	1	1	1,1	1,1	3677

5.2.2 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Dalam mengetahui perhitungan kepasitas, perlu diperoleh data lapangan seperti waktu siklus (c), waktu hijau (g) dan juga hasil perhitungan nilai arus jenuh (S). Sedangkan perhitungan derajat kejenuhan didapatkan setelah melalui mencari kapasitas (C) dan nilai arus lalu lintas yang didapatkan melalui survei di lapangan. Berikut ini perhitungan kapasitas dan perhitungan derajat kejenuhan dari lengan Utara Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan Persamaan 3.12 dan Persamaan 3.13.

1. Kapasitas

C = S x (g/c)

= 2889 x (27/144)

= 542 smp/jam

2. Derajat Kejenuhan

Ds = Q/C

= 457,7/542

= 0,85

Hasil rekapitulasi perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar dapat dilihat pada Tabel 5.9 dibawah ini.

Dipindai dengan CamScanner

Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar

Lengan	g (detik)	c (detik)	Q (smp/jam)	Q_{TOT} (smp/jam)	C (smp/jam)	DS
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	27	144	457,7	1683,9	522	0,85
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	35	144	394		924	0,44
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	38	144	398,9		841	0,49
Jalan Gito Jati (Barat)	23	144	433,3		618	0,72

Berdasarkan Tabel 5.9, Derajat kejenuhan pada pendekat Utara atau Jalan Palagan Tentara Pelajar sebesar 0,85, pendekat Timur atau Jalan Kapten Haryadi sebesar 0,44, pendekat Selatan atau Jalan Palagan Tentara Pelajar sebesar 0,49, dan pendekat Barat atau Jalan Gito Gati sebesar 0,72.

5.2.3 Perilaku Lalu Lintas

Perhitungan perilaku lalu lintas pada lengan utara Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar dapat dilihat pada perhitungan berikut ini.

1. Panjang antrian
   a. Rasio hijau (GR)

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

$$= \frac{27}{144}$$

$$= 0,19$$

   b. Sisa smp fase hijau sebelumnya (NQ_1)

      Sisa smp fase hijau sebelumnya dicari menggunakan Persamaan 3.14 berikut ini.

Dipindai dengan CamScanner

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

$$= 0{,}25 \times 542 \times [(0{,}85-1) + \sqrt{(0{,}85-1)^2 + \frac{8 \times (0{,}85-1)}{542}}]$$

$$= 2{,}12 \text{ smp}$$

c. Smp yang datang selama fase merah (NQ_2)

Smp yang datang selama fase merah dicari menggunakan Persamaan 3.15 berikut ini.

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

$$= 144 \times \frac{1-0{,}19}{1-0{,}19 \times 0{,}85} \times \frac{457{,}7}{3600}$$

$$= 17{,}68 \text{ smp}$$

d. Jumlah antrian smp awal sinyal hijau (NQ)

Jumlah antrian smp awal sinyal hijau dicari menggunakan Persamaan 3.17 berikut ini.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$= 2{,}12 + 17{,}68$$

$$= 19{,}80 \text{ smp}$$

e. Jumlah antrian maksimum (NQ_{MAX})

$$NQ_{MAX} = 30 \text{ smp}$$

f. Panjang antrian (QL)

Panjang antrian dicari menggunakan Persamaan 3.18 berikut ini.

$$QL = \frac{NQmax \times 20}{Wmasuk}$$

$$= \frac{30 \times 20}{3{,}9}$$

$$= 153{,}54 \text{ m}$$

2. Kendaraan Berhenti

a. Angka henti (NS)

Angka henti dicari menggunakan Persamaan 3.19 berikut ini.

Dipindai dengan CamScanner

$$NS = 90 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

$$= 90 \times \frac{19{,}80}{457{,}7 \times 144} \times 3600$$

$$= 0{,}97 \text{ stop/smp}$$

b. Jumlah kendaraan terhenti (N_{sv})

Jumlah kendaraan terhenti dicari menggunakan Persamaan 3.20 berikut ini.

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

$$= 457{,}7 \times 0{,}97$$

$$= 445{,}402 \text{ smp/jam}$$

Angka henti untuk seluruh simpang bedasarkan dari jumlah kendaraan terhenti (N_{sv}) dari setiap lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar, lalu dibagi dengan total volume kendaraan (Q_{TOT}). Perhitungan angka henti total dapat menggunakan Persamaan 3.21 berikut ini.

$$NS_{TOT} = \frac{\sum Nsv}{QTOT}$$

$$= \frac{445{,}402+388{,}196+304{,}35+303{,}548}{1683{,}9}$$

$$= 0{,}86 \text{ stop/smp}$$

Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan panjang antrian dan kendaraan berhenti pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar dapat dilihat pada Tabel 5.10 dibawah ini.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Perhitungan Panjang Antrian dan Kendaraan Berhenti Pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar

Perilaku Lalu Lintas	Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	Jalan Gito Jati (Barat)	Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	Jalan Kapten Haryadi (Timur)
GR	0,19	0,16	0,26	0,24
NQ1 (smp)	2,12	0,79	0	0
NQ2 (smp)	17,68	16,46	13,48	13,36
NQ (smp)	19,80	17,25	13,48	13,36
NQmax(smp)	30	29,6	20	21

Dipindai dengan CamScanner

Lanjutan Tabel 5.10 Rekapitulasi Perhitungan Panjang Antrian dan Kendaraan Berhenti Pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar

QL (m)	153,85	131,56	106,67	95,46
NS (stop/smp)	0,97	0,90	0,76	0,77
N_{SV} (smp/jam)	445,402	388,196	304,228	303,623
NS_{TOT} (stop/smp)	0,85			

Berdasarkan Tabel 5.10, Panjang antrian pada pendekat Utara atau Jalan Palagan Tentara Pelajar sebesar 153,85 meter, pendekat Timur atau Jalan Kapten Haryadi sebesar 95,46 meter, pendekat Selatan atau Jalan Palagan Tentara Pelajar sebesar 106,67 meter, dan pendekat Barat atau Jalan Gito Gati sebesar 131,56 meter.

3. Tundaan kendaraan

Hitungan tundaan kendaraan rata-rata pada lengan Utara Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar dapat dilihat dibawah ini.

a. Tundaan lalu lintas setiap lengan simpang (DT)

Tundaan lalu lintas setiap lengan simpang dicari menggunakan Persamaan 3.23 berikut ini.

$$DT = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{C}$$

$$= 144 \times \frac{0{,}5 \times (1-0{,}19)^2}{(1-0{,}19 \times 0{,}85)} + \frac{2{,}12 \times 3600}{542}$$

$$= 70{,}57 \text{ det/smp}$$

b. Tundaan geometri setiap lengan simpang (DG)

Tundaan geometri setiap lengan simpang dicari menggunakan Persamaan 3.24 berikut ini.

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

$$= (1 - 0{,}97) \times ((0{,}34+0{,}30) \times 6) + (0{,}97 \times 4)$$

$$= 3{,}996 \text{ det/smp}$$

c. Tundaan rata-rata setiap lengan simpang (D)

Tundaan rata-rata setiap lengan simpang dicari menggunakan Persamaan 3.22 berikut ini.

Dipindai dengan CamScanner

$$D = DT + DG$$
$$= 70{,}57 + 3{,}996$$
$$= 80{,}15 \text{ det/smp}$$

Perhitungan tundaan rata-rata pada seluruh Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan Persamaan 3.25 berikut ini.

$$D_I = \frac{\sum(D \times Q)}{Q_{TOT}}$$
$$= \frac{(74{,}56x457{,}7)+(66{,}19x433{,}3)+(48{,}72x398{,}9)+(50{,}25x394)}{1683{,}9}$$
$$= 60{,}599 \text{ det/smp}$$

Tingkat pelayanan pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar memiliki waktu tundaan rata-rata pada seluruh simpang sebesar 60,599 det/smp yang di mana memiliki tingkat pelayanan nilai F. Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan tundaan kendaraan pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar dapat dilihat pada Tabel 5.11 dibawah ini.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Perhitungan Tundaan Kendaraan Pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar

Lengan	DT (det/smp)	DG (det/smp)	D (det/smp)	D_I (det/smp)	Tingkat Pelayanan
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	70,57	3,996	74,56	60,599	F
Jalan Gito Jati (Barat)	62,21	3,983	66,19		
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	44,98	3,952	48,72		
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	46,73	4,050	50,25		

5.3 Kalibrasi dan Validasi Pada Hasil Perangkat Lunak Vissim

Pemodelan dengan perangkat lunak Vissim dilakukan berdasarkan data hasil pengamatan di lapangan, diantaranya adalah data jumlah kendaraan selama satu jam

Dipindai dengan CamScanner

saat jam puncak, kecepatan kendaraan, geometri simpang, jarak antar kendaraan, dan waktu siklus simpang. Data-data tersebut kemudian di *input* ke dalam Vissim dan di *running* sebanyak 8 kali dengan nilai *Random Seed* yang berbeda. Proses pemodelan masih memerlukan kalibrasi dan validasi dikarenakan data yang terdapat pada Vissim masih belum valid. Hal ini disebabkan adanya perbedaan data antara kondisi di lapangan dengan hasil pemodelan, sehingga kalibrasi dan validasi dilakukan dengan tujuan data yang terdapat pada Vissim dapat merepresentasikan data yang ada di lapangan.

Kalibrasi dilakukan dengan metode *trial and error* hingga diperoleh hasil yang mendekati data pengamatan di lapangan. Nilai *driving behavior* atau kebiasaan pengemudi disesuaikan dengan perkiraan kondisi di lapangan yang berlaku. Berikut adalah parameter yang digunakan dalam proses kalibrasi dan proses *trial and error*.

1. *Desired position at free flow*, merupakan posisi kendaraan pada saat arus bebas.
2. *Overtake on same lane,* merupakan perilaku pengemudi saat menyalip.
3. *Distance standing*, merupakan jarak bersampingan antar pengemudi ketika berhenti.
4. *Distance driving*, merupakan jarak bersampingan antar pengemudi ketika berjalan.
5. *Average standstill distance*, merupakan jarak rata-rata antar kendaraan berhenti.
6. *Additive part of safety distance*, merupakan jarak aman tambahan saat melakukan rem mendadak.
7. *Multiplicative part of safety distance*, merupakan parameter penentu jarak aman.

Berikut adalah hasil dari proses kalibrasi yang dapat dilihat pada Tabel 5.12

Tabel 5.12 Hasil *Trial and Error* Kalibrasi

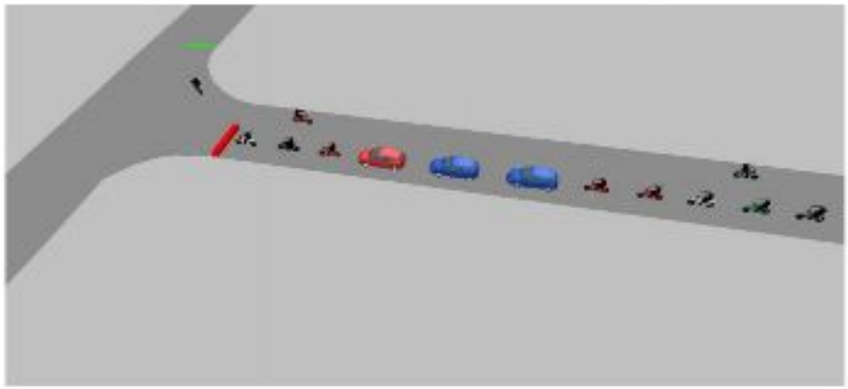
No.	Parameter	Sebelum Kalibrasi	Sesudah Kalibrasi
1.	*Desired position at free flow*	*Middle of lan*	*Any*
2.	*Overtake on same lane*	*off*	*on*
3.	*Distance standing*	1	0,3

Dipindai dengan CamScanner

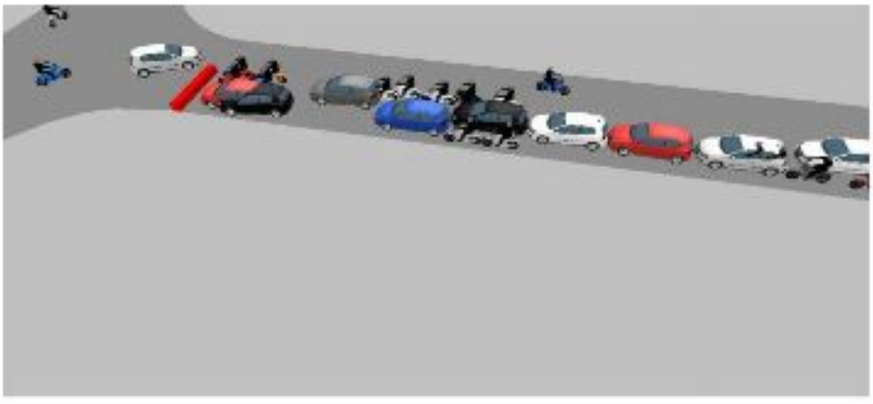
Lanjutan Tabel 5.12 Hasil *Trial and Error* Kalibrasi

4.	*Distance driving*	1	0,2
5.	*Average standstill distance*	2	0,4
6.	*Additive part of safety distance*	2	0,4
7.	*Multiplicative part of safety distance*	3	1

Hasil dari peruhahan kalibrasi berpengaruh terhadap jarak antar kendaraan dan perilaku pengemudi di simpang. Berikut adalah penggambaran secara visual perbedaan sebelum kalibrasi dan setelah kalibrasi yang dapat dilihat pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8.



Pemodelan Sebelum Kalibrasi



Pemodelan Setelah Kalibrasi

Dipindai dengan CamScanner

Berdasarkan Gambar 5.7 dan Gambar 5.8, dapat diketahui perbedaan pemodelan sebelum kalibrasi dan setelah kalibrasi. Perbedaan tersebut adalah jarak antar kendaraan yang menjadi lebih rapat setelah dilakukannya kalibrasi sehingga dapat merepresentasikan kondisi sebenarnya di lapangan. Berikut adalah tampak simpang secara keseluruhan setelah kalibrasi seperti pada Gambar 5.8.



Gambar 5.9 Tampak Simpang Setelah Kalibrasi

Setelah proses kalibrasi selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan validasi. Validasi dilakukan dengan uji GEH dan MAPE yang bertujuan untuk menguji apakah hasil kalibrasi dapat dikatakan valid atau tidak. Parameter yang digunakan dalam uji GEH adalah data volume kendaraan. Adapun hasil validasi dari uji GEH dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5.13 Hasil Validasi Uji GEH

Sebelum Kalibrasi				
NAMA JALAN	JUMLAH	**Output Vissim**	**Selisih**	**Persentase**
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	1102	400	702	25,616
Kapten Haryadi (Timur)	1009	510	499	18,107
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	1035	555	480	17,024
Jalan Gito Jati (Barat)	996	370	626	23,953
Setelah Kalibrasi				
NAMA JALAN	JUMLAH	**Output Vissim**	**Selisih**	**Persentase**
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	1102	998,6	103,4	3,19

Dipindai dengan CamScanner

Lanjuran Tabel 5.13 Hasil Validasi Uji GEH

Kapten Haryadi (Timur)	1009	967,8	41,2	1,31
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	1035	1018	17	0,53
Jalan Gito Jati (Barat)	996	957,8	38	1,22

Berdasarkan Tabel 5.13 diatas, diketahui jika hasil uji GEH setelah dilakukannya kalibrasi dengan nilai GEH pada pendekat Utara memiliki nilai sebesar 3,19, pendekat Timur sebesar 1,31, pendekat Selatan sebesar 0,53, dan Pendekat Barat sebesar 1,22. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan yaitu nilai GEH kurang dari 5, sehingga hasil pemodelan Vissim dapat diterima. Adapun kesimpulan dari uji GEH dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut ini.

Tabel 5.14 Kesimpulan Hasil Pemodelan dengan Uji GEH

Pendekat	Nilai GEH	Keterangan
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	3,19	Pemodelan diterima
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	1,31	Pemodelan diterima
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	0,53	Pemodelan diterima
Jalan Gito Gati (Barat)	1,22	Pemodelan diterima

Setelah dilakukan uji GEH, kemudian dilakukan uji MAPE untuk mengetahui valid tidaknya hasil pemodelan. Parameter dalam uji MAPE ini adalah panjang antrian pada tiap pendekat. Berikut adalah hasil dari uji MAPE yang dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Hasil Validasi Panjang Antrean Uji MAPE

Sebelum Kalibrasi				
Lengan	Observation	Vissim	(y'-y)/y	<50%
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	82,103	284,611	2,467	247%
Kapten Haryadi (Timur)	72,68	215,75	1,968	197%
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	69,03	152,597	1,211	121%
Jalan Gito Jati (Barat)	77,965	327,126	3,196	320%
Setelah Kalibrasi				
Lengan	Observation	Vissim	(y'-y)/y	<50%

Dipindai dengan CamScanner

Lanjutan Tabel 5.15 Hasil Validasi Panjang Antrean Uji MAPE

Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	82,103	99,54	0,212	21%
Kapten Haryadi (Timur)	72,68	76,35	0,05	5%
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	69,03	78,5	0,137	14%
Jalan Gito Jati (Barat)	77,965	79,24	0,016	2%

Berdasarkan Tabel 5.15, nilai hasil uji MAPE telah memenuhi persyaratan yaitu kurang dari 50%. Nilai uji MAPE pada pendekat Utara adalah sebesar 21%, pendekat Timur sebesar 5%, pendekat Selatan sebesar 14%, dan pendekat Barat sebesar 2%. Adapun kesimpulan dari uji MAPE ini yang dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut ini.

Kesimpulan Hasil Pemodelan dengan Uji MAPE

Pendekat	Nilai MAPE	Keterangan
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	21%	Hasil pemodelan layak
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	5%	Hasil pemodelan sangat baik
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	14%,	Hasil pemodelan baik
Jalan Gito Gati (Barat)	2%	Hasil pemodelan sangat baik

Berdasarkan Tabel 5.16, diketahui bahwa hasil pemodelan panjang antrean untuk Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara), Jalan Kapten Haryadi (Timur), dan Jalan Gito Gati (Barat) diperoleh hasil layak. Nilai MAPE untuk Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara) sebesar 21%, Jalan Kapten Haryadi (Timur) sebesar 5%, dan Jalan Gito Gati (Barat) sebesar 2%, sedangkan untuk Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan) diperoleh hasil sangat baik dengan nilai MAPE sebesar 14%.

Pemodelan Vissim yang telah dinyatakan valid berdasarkan uji GEH dan MAPE kemudian dapat dilakukan evaluasi. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja simpang. Hasil evaluasi dari pemodelan Vissim dapat dilihat sebagai berikut.

Dipindai dengan CamScanner

1. *Queue counter*

   Queue counter atau panjang antrean adalah salah satu evaluasi dalam Vissim yang menghitung seberapa panjang antrean kendaraan dari mulut simpang sampai titik ujung antrean kendaraan terakhir. Berikut adalah data panjang antrean pada setiap pendekat berdasarkan pemodelan Vissim yang dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Panjang Antrean dari Pemodelan Vissim

Pendekat	Panjang Antrian (Meter)					
	RS42	RS45	RS48	RS51	RS54	rata-rata
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	93,80	101,14	70,62	140,01	92,12	99,54
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	69,02	74,54	62,18	91,97	84,03	76,35
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	71,57	80,81	74,11	91,63	74,39	78,50
Jalan Gito Gati (Barat)	82,96	83,18	73,44	83,97	72,65	79,24

Berdasarkan Tabel 5.17, panjang antrean pada pendekat Utara atau Jalan Palagan Tentara Pelajar sebesar 99,54 m, pendekat Timur atau Jalan Kapten Haryadi sebesar 76,35 m, pendekat Selatan atau Jalan Palagan Tentara Pelajar sebesar 78,50 m, dan pendekat Barat atau Jalan Gito Gati sebesar 79,24 m.

2. *Delay*

   Delay atau tundaan adalah salah satu evaluasi dalam Vissim. Tundaan adalah rentang waktu rata-rata hambatan yang dialami oleh suatu kendaaran saat melewati persimpangan. Berikut adalah data tundaan pada setiap pendekat berdasarkan pemodelan Vissim yang dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Dipindai dengan CamScanner

Tabel 5.18 Tundaan dari Pemodelan Vissim

Pendekat	Tundaan (det/smp)					
	RS42	RS45	RS48	RS51	RS54	rata-rata
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	101,69	105,94	91,42	91,23	104,12	98,88
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	42,21	45,35	50,73	45,71	46,05	46,01
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	49,42	52,33	48,03	49,10	51,52	50,08
Jalan Gito Gati (Barat)	99,61	98,19	117,38	133,56	118,03	113,35

Berdasarkan Tabel 5.18, tundaan pada pendekat Utara atau Jalan Palagan Tentara Pelajar sebesar 98,88 det/smp, pendekat Timur atau Jalan Kapten Haryadi sebesar 46,01 det/smp, pendekat Selatan atau Jalan Palagan Tentara Pelajar sebesar 50,08 det/smp, dan pendekat Barat atau Jalan Gito Gati sebesar 113,35 det/smp.

3. *Level of Service*

Level of service atau tingkat pelayanan adalah salah satu evaluasi dalam Vissim yang mengukur kualitas pelayanan pada persimpangan dengan cara membandingkan antara volume dan kapasitas yaitu tundaan. Berikut adalah tingkat pelayanan pada setiap pendekat berdasarkan pemodelan Vissim yang dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Tingkat Pelayanan dari Pemodelan Vissim

Pendekat	Volume (Ked/jam)	Panjang Antrian (m)	Tundaan (det/smp)	Tingkat Pelayanan
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	998,6	99,54	98,88	F
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	967,8	76,35	46,01	E

Dipindai dengan CamScanner

Lanjutan Tabel 5.19 Tingkat Pelayanan dari Pemodelan Vissim

Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	1018	78,50	50,08	E
Jalan Gito Gati (Barat)	957,8	79,24	113,35	F

Berdasarkan Tabel 5.19, tingkat pelayanan pada pendekat Utara atau Jalan Palagan Tentara Pelajar adalah F, pendekat Timur atau Jalan Kapten Haryadi adalah E, pendekat Selatan atau Jalan Palagan Tentara Pelajar adalah E, dan pendekat Barat atau Jalan Gito Gati adalah F.

5.4 Alternatif Pemecahan Masalah

Alternatif solusi memiliki tujuan guna meningkatkan kinerja pelayanan simpang menjadi lebih optimal. Berdasarkan analisis MKJI 1997 yang telah dilakukan, kondisi eksisting Simpang Palagan Tentara Pelajar berada dalam kondisi jenuh dan tingkat pelayanan yang buruk untuk lengan Utara dengan nilai derajat kejenuhan lebih dari 0,75 yaitu sebesar 0,85, sedangkan untuk lengan lainnya berada dibawah 0,75. Pemodelan kondisi eksisting simpang diperlukan dalam merencanakan alternatif solusi menggunakan perangkat lunak Vissim agar hasil evaluasi yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi di lapangan.

5.4.1 Alternatif Pemecahan I

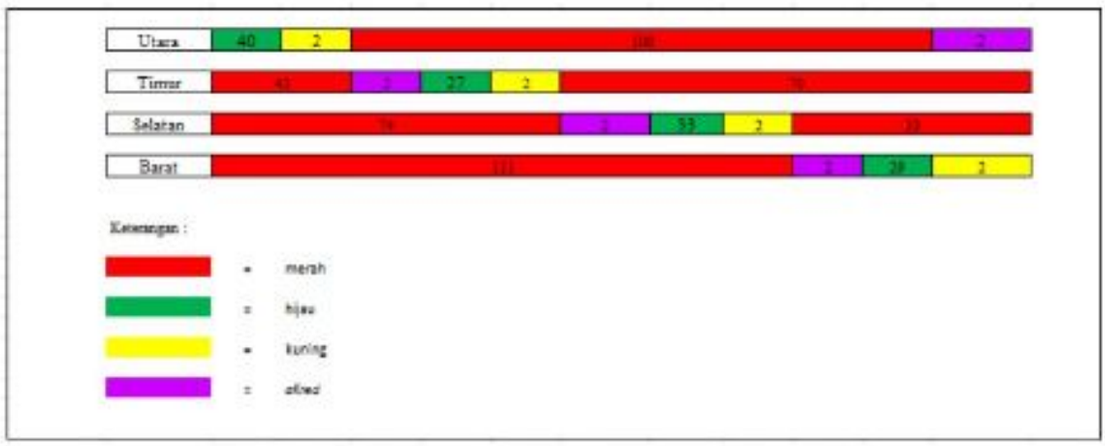
Alternatif solusi pertama yaitu dengan waktu siklus yang didapatkan di lapangan sebesar 144 detik, tetapi dengan perubahan waktu hijau dilakukan dengan cara *trial and error*, penggunaan fase tetap menggunakan dengan kondisi sebelumnya yang di mana tetapi dengan perubahan waktu *all red* sebesar 2 detik dan *amber* sebesar 2 detik dengan mengikuti ukuran simpang sesuai dengan MKJI 1997. Perbedaan kondisi lapangan dan alternatif 1 terdapat pada waktu hijau dan waktu merah yang di mana pada lengan Utara waktu hijau sebesar 40 detik dan lampu merah sebesar 100 detik, lengan Timur waktu hijau sebesar 27 detik dan lampu merah sebesar 113 detik, lengan Selatan waktu hijau sebesar 33 detik dan lampu merah sebesar 107 detik, dan lengan

Dipindai dengan CamScanner

Barat waktu hijau sebesar 29 detik dan lampu merah sebesar 111 detik, pada perubahan waktu siklus dapata dilihat pada Tabel 5.20 dan Gambar 5.10 Berikut.

Waktu Siklus Alternatif 1

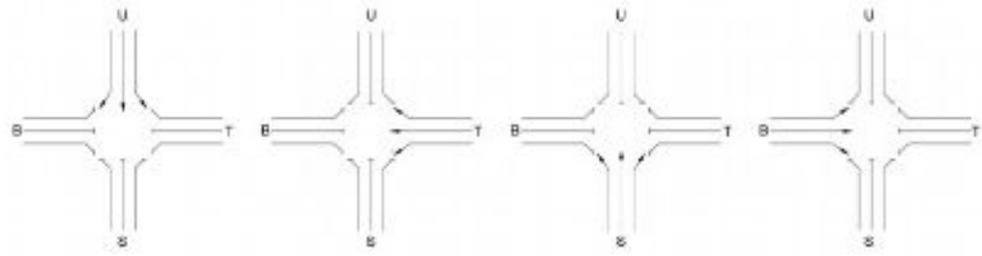
Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus
	Hijau	Kuning	Merah	Allred	
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	40	2	100	2	144
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	27	2	113	2	144
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	33	2	107	2	144
Jalan Gito Gati (Barat)	29	2	111	2	144



Gambar 5.10 Diagram Siklus Waktu Alternatif 1

Pada Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar untuk alternatif 1 tersebut, terdapat empat fase dengan pembagian pada Gambar 5.11.

Dipindai dengan CamScanner



Pengaturan Fase Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar Alternatif 1

Hasil dari perubahan waktu siklus pada MKJI 1997 dapat berubahan pada kapasitas, derajat kejenuhan, dan tundaan kendaraan pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar dapat dilihat dengan menggunakan alternatif 1 pada lengan Utara berikut.

1. Kapasitas

   C = S x (g/c)

   = 2886 x (40/144)

   = 811 smp/jam

2. Derajat Kejenuhan

   Ds = Q/C

   = 457,7/811

   = 0,56

Berikut hasil rekapitulasi kapasitas dan derajat kejenuhan semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar pada Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.21 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Alternatif 1

Lengan	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	811	0,56
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	698	0,56
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	707	0,56
Jalan Gito Gati (Barat)	768	0,56

Dipindai dengan CamScanner

Selanjutnya hasil rekapitulasi panjang antrian, tundaan kendaraan, dan tingkat pelayanan yang didapatkan dari perangkat lunak vissim sebagai berikut.

1. *Queue Counter*

   Hasil rekapitulasi panjang antrian pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan alternatif 1 pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5.22 Panjang Antrian Alternatif 1

Pendekat	panjang Antrian (Meter)					
	RS42	RS45	RS48	RS51	RS54	rata-rata
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	26,08	32,63	26,13	38,58	25,50	29,78
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	26,84	35,58	25,07	24,25	32,71	28,89
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	39,55	25,19	46,50	49,21	48,45	41,78
Jalan Gito Gati (Barat)	42,23	45,18	38,09	49,56	38,71	42,75

Hasil Tabel 5.22 di atas, didapatkan data panjang antrian pada lengan Utara sebesar 29,78 meter, lengan Timur sebesar 28,89 meter, lengan Selatan sebesar 28,89 meter, dan lengan Barat sebesar 42,75 meter.

2. *Delay*

   Hasil rekapitulasi *delay* pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan alternatif 1 pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Tundaan Kendaraan Alternatif 1

Pendekat	Tundaan(Detik/kend)					
	RS42	RS45	RS48	RS51	RS54	rata-rata
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	44,12	48,33	44,05	51,04	41,32	45,77
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	79,83	54,59	75,59	85,18	89,39	76,92

Dipindai dengan CamScanner

Lanjutann Tabel 5.23 Tundaan Kendaraan Alternatif 1

Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	61,82	66,16	57,80	65,56	58,06	61,88
Jalan Gito Gati (Barat)	51,10	67,45	53,45	51,98	62,86	57,37

Hasil Tabel 5.23 di atas, didapatkan data tundaan kendaraan pada lengan Utara sebesar 45,77 detik, lengan Timur sebesar 76,92 detik, lengan Selatan sebesar 61,88 detik, dan lengan Barat sebesar 57,37 detik.

3. Tingkat Pelayanan Simpang

Hasil rekapitulasi tingkat pelayanan pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan alternatif 1 pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5.24 Tingkat Pelayanan Alternatif 1

Pendekat	Tingkat Pelayan	
	Tundaan(Detik/kend)	Level oF Service
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	45,77	E
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	76,92	F
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	61,88	F
Jalan Gito Gati (Barat)	57,37	E

Hasil Tabel 5.24 di atas, didapatkan data tingkat pelayanan pada lengan Utara adalah E, lengan Timur adalah F, lengan Selatan adalah F, dan lengan Barat adalah E. Lengan Timur dan lengan Selatan tingkat pelayanan adalah F yang dimana waktu tundaan kendaraan lebih dari 60 detik.

5.4.2 Alternatif Pemecahan II

Alternatif solusi kedua yaitu menggunakan waktu siklus yang sesuai syarat dengan MKJI 1997 yang di mana sesuai tipe pengaturan fase, untuk pengaturan empat fase yang disyaratkan yaitu 80 – 130 detik, waktu siklus yang digunakan dalam alternatif ini sebesar 129 detik yang menggunakan *all red* sebesar 2 detik dan *amber* sebesar 2 detik. Maka didapatkan LTI sebesar 14 detik

Dipindai dengan CamScanner

Alternatif kedua ini, menentukan waktu hijau dilakukan dengan menggunakan analisis MKJI 1997. Berikut perhitungan contoh lengan Utara untuk menentukan waktu hijau dengan menggunakan analisis MKJI 1997 pada berikut.

1. Rasio Arus (FR)

   FR = Q/S

   = 457,7/2889

   = 0,16

   FR_{crit} = 0,16

Adapun perhitungan rasio arus simpang setelah mendapatkan nilai FR_{crit} yang akan dijumlahkan, berikut perhitungan rasio arus simpang ini.

2. Rasio Arus Simpang (IFR)

   IFR = ΣFR_{crit}

   = 0,16 + 0,12 + 0,13 + 0,11

   = 0,51

3. Rasio Fase (PR)

   PR = FR_{crit}/IFR

   = 0,16/0,51

   = 0,311

4. Waktu Hijau (g)

   g = (c – LTI) x PR

   = (129 – 14) x 0,311

   = 36 detik

Berikut rekapitulasi perhitungan untuk menentukan waktu hijau pada alternatif 2 dengan menggunakan MKJI 1997 pada Tabel 5.25 berikut.

Dipindai dengan CamScanner

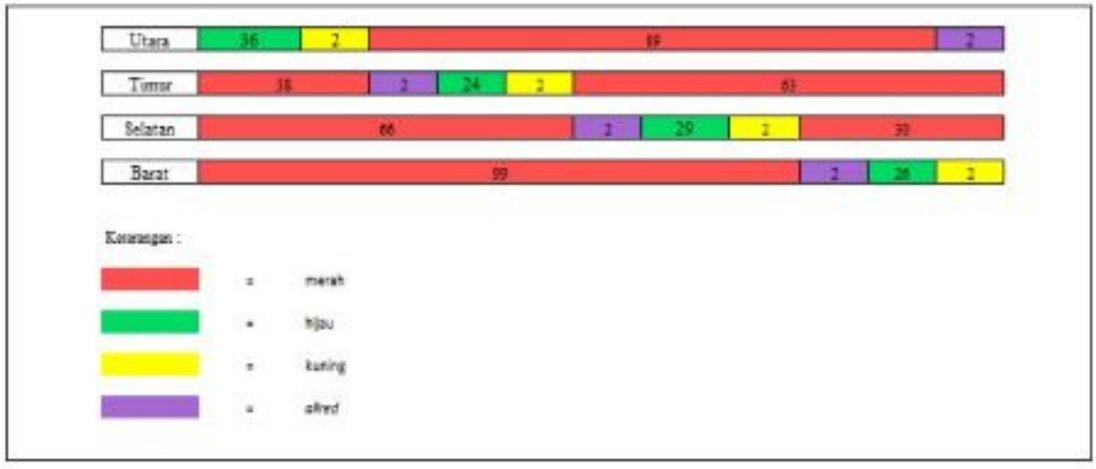
Rekapitulasi Waktu Hijau Menggunakan MKJI 1997 Alternatif 2

Pendekat	Rasio Arus (FR)	FR_{crit}	Rasio Arus Simpang (IFR)	Rasio Fase (PR)	Waktu Hijau (g)
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	0,16	0,16	0,51	0,311	36
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	0,11	0,11		0,210	24
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	0,13	0,13		0,252	29
Jalan Gito Gati (Barat)	0,12	0,12		0, 210	26

Setelah menentukan waktu hijau pada tabel di atas, didapatkan menentukan waktu sinyal pada Tabel 5.26 dan Gambar 5.12 berikut.

Waktu Siklus Alternatif 2

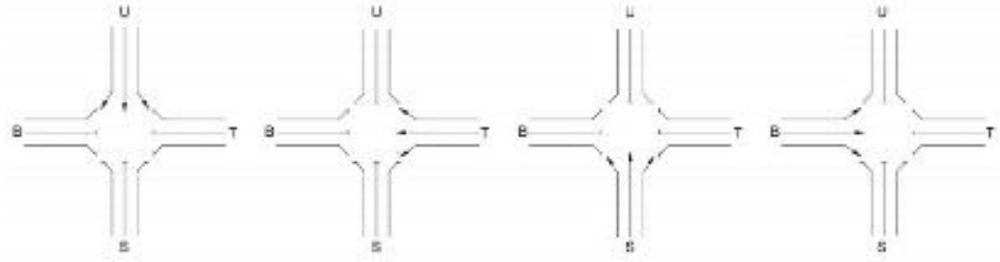
Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus
	Hijau	Kuning	Merah	Allred	
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	36	2	89	2	129
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	24	2	101	2	129
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	29	2	96	2	129
Jalan Gito Gati (Barat)	26	2	99	2	129



Gambar 5.12 Diagram Siklus Waktu Alternatif 2

Dipindai dengan CamScanner

Pada Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar untuk alternatif 2 tersebut, terdapat empat fase dengan pembagian pada Gambar 5.13.



Pengaturan Fase Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar Alternatif 2

Hasil dari perubahan waktu siklus pada MKJI 1997 dapat berubahan pada kapasitas, derajat kejenuhan, dan tundaan kendaraan pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar dapat dilihat dengan menggunakan alternatif 1 pada lengan Utara berikut.

1. Kapasitas

   C = S x (g/c)

   = 2889 x (36/129)

   = 801 smp/jam

2. Derajat Kejenuhan

   Ds = Q/C

   = 457,7/801

   = 0,57

Berikut hasil rekapitulasi kapasitas dan derajat kejenuhan semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar pada Tabel 5.27 berikut.

Dipindai dengan CamScanner

Tabel 5.27 kapasitas dan Derajat Kejenuhan Alternatif 2

Lengan	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	801	0,57
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	690	0,57
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	698	0,57
Jalan Gito Gati (Barat)	758	0,57

Selanjutnya hasil rekapitulasi panjang antrian, tundaan kendaraan, dan tingkat pelayanan yang didapatkan dari perangkat lunak vissim sebagai berikut.

1. *Queue Counter*

   Hasil rekapitulasi panjang antrian pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan alternatif 2 pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5.28 Panjang Antrian Alternatif 2

Pendekat	panjang Antrian (Meter)					
	RS42	RS45	RS48	RS51	RS54	rata-rata
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	28,35	24,33	23,29	25,97	27,31	25,85
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	27,67	23,25	41,12	29,36	35,53	31,39
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	39,78	38,84	40,82	36,44	40,66	39,31
Jalan Gito Gati (Barat)	38,26	36,70	30,69	41,14	35,53	36,47

Hasil Tabel 5.28 di atas, didapatkan data panjang antrian pada lengan Utara sebesar 25,85 meter, lengan Timur sebesar 31,39 meter, lengan Selatan sebesar 39,31 meter, dan lengan Barat sebesar 36,47 meter.

2. *Delay*

   Hasil rekapitulasi *delay* pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan alternatif 2 pada Tabel 5.29 berikut.

Dipindai dengan CamScanner

Tabel 5.29 Tundaan Kendaraan Alternatif 2

Pendekat	Tundaan (det/smp)					
	RS42	RS45	RS48	RS51	RS54	rata-rata
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	42,89	36,57	40,47	36,29	44,70	40,18
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	77,48	73,05	75,05	74,80	71,62	74,40
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	56,96	55,66	48,94	55,48	56,91	54,79
Jalan Gito Gati (Barat)	54,83	45,85	77,31	60,26	68,56	61,36

Hasil Tabel 5.30 di atas, didapatkan data tundaan kendaraan pada lengan Utara sebesar 40,18 detik, lengan Timur sebesar 74,40 detik, lengan Selatan sebesar 54,79 detik, dan lengan Barat sebesar 61,36 detik.

3. Tingkat Pelayanan Simpang

Hasil rekapitulasi tingkat pelayanan pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan alternatif 2 pada Tabel 5.30 berikut.

Tabel 5.30 Tingkat Pelayanan Alternatif 2

Pendekat	Tingkat Pelayan	
	Tundaan (Detik/kend)	Level of Servise
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	40,18	E
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	74,40	F
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	54,79	E
Jalan Gito Gati (Barat)	61,36	F

Hasil Tabel 5.30 di atas, didapatkan data tingkat pelayanan pada lengan Utara adalah E, lengan Timur adalah F, lengan Selatan adalah E, dan lengan Barat adalah F. Lengan. Lengan Timur dan lengan Barat tingkat pelayanan adalah F yang dimana waktu tundaan kendaraan lebih dari 60 detik.

5.4.3 Alternatif Pemecahan III

Alternatif solusi ketiga yaitu pelebaran lebar jalur dan waktu siklus yang sesuai syarat dengan MKJI 1997 yang di mana sesuai tipe pengaturan fase, untuk pengaturan

Dipindai dengan CamScanner

empat fase yang disyaratkan yaitu 80 – 130 detik, waktu siklus yang digunakan dalam alternatif ini sebesar 129 detik yang menggunakan all red sebesar 2 detik dan amber sebesar 2 detik. Maka didapatkan LTI sebesar 14 detik

Alternatif ketiga ini, terdapat pelebaran pada jalan pada lengan Utara dan Lengan Selatan sebesar 0,5 meter dan untuk menentukan waktu hijau dilakukan dengan menggunakan analisis MKJI 1997. Berikut adalah contoh perhitungan arus jenuh pada lengan Utara dengan menggunakan analisis MKJI 1997.

1. Perhitungan arus jenuh dasar (S_0)

   S_0 = 780 x We

   = 780 x 4,4

   = 3432 smp/jam hijau

2. Selanjutnya melakukan perhitungan arus jenuh (S), untuk nilai Fcs, Fsf, Fg, Fp, Flt, dan Frt sama dengan kondisi eksisting. Masing-masing nilai tersebut yaitu, Fcs sebesar 1,00, Fsf sebesar 0,94, Fg sebesar 1,0, Fp sebesar 1,0, Flt sebesar 0,9, dan Frt sebesar 1,1

Setelah didapatkan yaitu arus jenuh dasar (S_0), penyesuain ukuran kota (Fcs), penyesuain hambatan samping (Fsf), penyesuain kelandaian (Fg), penyesuain parkir (Fp), penyesuain belok kiri (Flt), penyesuain belok kanan (Frt). Maka perhitungan arus jenuh (S) menggunakan Persamaan 3.5 pada lengan utara berikut ini.

S = S_0 x Fcs x Fsf x Fg x Fp x Flt x Frt

= 3432 x 1,00 x 0,93 x 1,0 x 1,0 x 1,1 x 0,9

= 3259 smp/jam hijau

Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan arus jenuh pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar Alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 5.31 ini.

Dipindai dengan CamScanner

Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar Alternatif 3

Lengan	S_0 (smp/jam)	Faktor Penyesuain						S (smp/jam)
		Fcs	Fsf	Fg	Fp	Flt	Frt	
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	3432	1,00	0,94	1	1	0,9	1,1	3259
Kapten Haryadi (Timur)	3432	1,00	0,93	1	1	1,1	1,1	3677
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	3315	1,00	0,94	1	1	1,0	1,1	3519
Jalan Gito Jati (Barat)	3510	1,00	0,93	1	1	1,1	1,1	3757

Berikut perhitungan contoh perhitungan pada lengan Utara untuk menentukan waktu hijau dengan menggunakan analisis MKJI 1997.

1. Rasio Arus (FR)

FR = Q/S

= 457,7/3259

= 0,14

FR_{crit} = 0,14

Adapun perhitungan rasio arus simpang setelah mendapatkan nilai FR_{crit} yang akan dijumlahkan, berikut perhitungan rasio arus simpang ini.

2. Rasio Arus Simpang (IFR)

IFR = Σ FR_{crit}

= 0,14 + 0,12 + 0,11 + 0,11

Dipindai dengan CamScanner

= 0,48

3. Rasio Fase (PR)

PR = FR_{crit}/IFR

= 0,48/0,14

= 0,295

4. Waktu Hijau (g)

g = (c – LTI) x PR

= (129 – 14) x 0,295

= 34 detik

Berikut rekapitulasi perhitungan untuk menentukan waktu hijau pada alternatif 3 dengan menggunakan MKJI 1997 pada Tabel 5.32 berikut.

Tabel 5.32 Rekapitulasi Waktu Hijau Menggunakan MKJI 1997 Alternatif 3

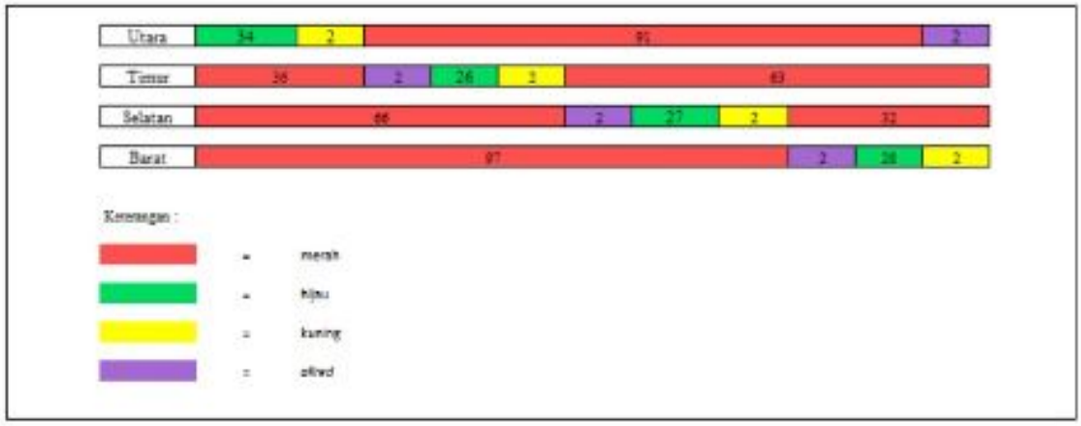
Pendekat	Rasio Arus (FR)	FR_{crit}	Rasio Arus Simpang (IFR)	Rasio Fase (PR)	Waktu Hijau (g)
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	0,14	0,14	0,48	0,295	34
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	0,11	0,11		0,225	26
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	0,11	0,11		0,238	27
Jalan Gito Gati (Barat)	0,12	0,12		0,242	28

Setelah menentukan waktu hijau pada tabel di atas, didapatkan menentukan waktu sinyal pada Tabel 5.33 dan Gambar 5.14 berikut.

Tabel 5.33 Waktu Siklus Alternatif 3

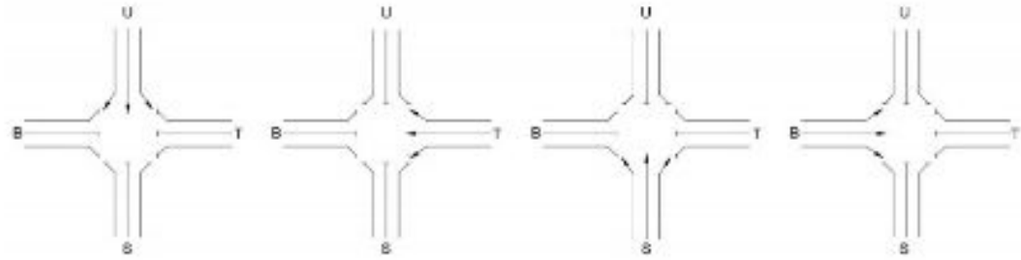
Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus
	Hijau	Kuning	Merah	Allred	
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	34	2	91	2	129
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	26	2	99	2	129
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	27	2	98	2	129
Jalan Gito Gati (Barat)	28	2	97	2	129

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 5.14 Diagram Siklus Waktu Alternatif 3

Pada Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar untuk alternatif 1 tersebut, terdapat empat fase dengan pembagian pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Pengaturan Fase Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar Alternatif 3

Hasil dari peruhahan waktu siklus pada MKJI 1997 dapat berubahan pada kapasitas, derajat kejenuhan, dan tundaan kendaraan pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar dapat dilihat dengan menggunakan alternatif 3 pada lengan Utara berikut.

1. Kapasitas

C = S x (g/c)

= 3259 x (34/129)

= 857 smp/jam

Dipindai dengan CamScanner

2. Derajat Kejenuhan

Ds = Q/C

= 457,7/857

= 0,53

Berikut hasil rekapitulasi kapasitas dan derajat kejenuhan semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar pada Tabel 5.34 berikut.

Tabel 5.34 kapasitas dan Derajat Kejenuhan Alternatif 3

Lengan	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	857	0,53
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	737	0,53
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	747	0,53
Jalan Gito Gati (Barat)	811	0,53

Selanjutnya hasil rekapitulasi panjang antrian, tundaan kendaraan, dan tingkat pelayanan yang didapatkan dari perangkat lunak vissim sebagai berikut.

1. *Queue Counter*

Hasil rekapitulasi panjang antrian pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan alternatif 3 pada Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5.35 Panjang Antrian Alternatif 3

Pendekat	panjang Antrian (Meter)					
	RS42	RS45	RS48	RS51	RS54	rata-rata
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	22,78	21,65	19,30	22,65	21,17	21,51
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	27,24	23,67	22,78	30,59	32,92	27,44
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	43,27	24,17	30,47	27,59	32,16	31,53
Jalan Gito Gati (Barat)	32,65	28,13	25,63	34,71	39,15	32,05

Dipindai dengan CamScanner

Hasil Tabel 5.35 di atas, didapatkan data panjang antrian pada lengan Utara sebesar 21,51 meter, lengan Timur sebesar 27,44 meter, lengan Selatan sebesar 31,53 meter, dan lengan Barat sebesar 32,05 meter.

2. *Delay*

Hasil rekapitulasi *delay* pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan alternatif 3 pada Tabel 5.36 berikut.

Tabel 5.36 Tundaan Kendaraan Alternatif 3

Pendekat	Tundaan (Detik/kend)					
	RS42	RS45	RS48	RS51	RS54	rata-rata
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	41,43	38,27	36,69	35,95	38,68	38,20
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	74,02	49,67	56,25	53,54	58,66	58,43
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	60,27	48,42	46,02	56,90	63,51	55,02
Jalan Gito Gati (Barat)	51,78	47,35	48,62	58,38	67,15	54,66

Hasil Tabel 5.36 di atas, didapatkan data tundaan kendaraan pada lengan Utara sebesar 38,20 detik, lengan Timur sebesar 58,43 detik, lengan Selatan sebesar 55,02 detik, dan lengan Barat sebesar 54,66 detik.

3. Tingkat Pelayanan Simpang

Hasil rekapitulasi tingkat pelayanan pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan alternatif 3 pada Tabel 5.37 berikut.

Tabel 5.37 Tingkat Pelayanan Alternatif 3

Pendekat	Tingkat Pelayan	
	Tundaan (Detik/kend)	*Level of Service*
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	38,20	D
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	58,43	E
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	55,02	E
Jalan Gito Gati (Barat)	54,66	E

Dipindai dengan CamScanner

Hasil Tabel 5.37 di atas, didapatkan data tingkat pelayanan pada lengan Utara adalah D, lengan Timur adalah E, lengan Selatan adalah E, dan lengan Barat adalah E.

5.4.4 Alternatif Pemecahan IV

Alternatif solusi keempat yaitu pelebaran lebar jalur dan waktu siklus yang sesuai syarat dengan MKJI 1997 yang di mana sesuai tipe pengaturan fase, untuk pengaturan empat fase yang disyaratkan yaitu 80 – 130 detik, alternatif waktu siklus yang digunakan dalam alternatif ini sebesar 129 detik yang menggunakan all red sebesar 2 detik dan amber sebesar 2 detik. Maka didapatkan LTI sebesar 14 detik

Alternatif keempat ini, terdapat pelebaran pada jalan pada semua lengan sebesar 0,5 meter dan untuk menentukan waktu hijau dilakukan dengan menggunakan analisis MKJI 1997. Berikut adalah contoh perhitungan arus jenuh pada lengan Utara dengan menggunakan analisis MKJI 1997.

1. Perhitungan arus jenuh dasar (S_0)

   S_0 = 780 x We

   = 780 x 4,4

   = 3432 smp/jam hijau

2. Selanjutnya melakukan perhitungan arus jenuh (S), untuk nilai Fcs, Fsf, Fg, Fp, Flt, dan Frt sama dengan kondisi eksisting. Masing-masing nilai tersebut yaitu, Fcs sebesar 1,00, Fsf sebesar 0,94, Fg sebesar 1,0, Fp sebesar 1,0, Flt sebesar 0,9, dan Frt sebesar 1,1

Setelah didapatkan yaitu arus jenuh dasar (S_0), penyesuain ukuran kota (Fcs), penyesuain hambatan samping (Fsf), penyesuain kelandaian (Fg), penyesuain parkir (Fp), penyesuain belok kiri (Flt), penyesuain belok kanan (Frt). Maka perhitungan arus jenuh (S) menggunakan Persamaan 3.5 pada lengan utara berikut ini.

S = S_0 x Fcs x Fsf x Fg x Fp x Flt x Frt

= 3432 x 1,00 x 0,93 x 1,0 x 1,0 x 1,1 x 0,9

Dipindai dengan CamScanner

= 3259 smp/jam hijau

Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan arus jenuh pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar Alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 5.38 ini.

Tabel 5.38 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh Pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar Alternatif 4

Lengan	S_0 (smp/jam)	Faktor Penyesuain						S (smp/jam)
		Fcs	Fsf	Fg	Fp	Flt	Frt	
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	3432	1,00	0,94	1	1	0,9	1,1	3259
Kapten Haryadi (Timur)	3822	1,00	0,93	1	1	1,1	1,1	4095
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	3315	1,00	0,94	1	1	1,0	1,1	3519
Jalan Gito Jati (Barat)	3900	1,00	0,93	1	1	1,1	1,1	4175

Berikut perhitungan contoh perhitungan pada lengan Utara untuk menentukan waktu hijau dengan menggunakan analisis MKJI 1997.

1. Rasio Arus (FR)

FR = Q/S

= 457,7/3259

= 0,14

FR_{crit} = 0,14

Adapun perhitungan rasio arus simpang setelah mendapatkan nilai FR_{crit} yang akan dijumlahkan, berikut perhitungan rasio arus simpang ini.

Dipindai dengan CamScanner

2. Rasio Arus Simpang (IFR)

IFR = Σ FR_{crit}

= 0,14 + 0,10 + 0,11 + 0,10

= 0,45

3. Rasio Fase (PR)

PR = FR_{crit}/IFR

= 0,45/0,14

= 0,309

4. Waktu Hijau (g)

g = (c – LTI) x PR

= (129 – 14) x 0,309

= 36 detik

Berikut rekapitulasi perhitungan untuk menentukan waktu hijau pada alternatif 2 dengan menggunakan MKJI 1997 pada Tabel 5.39 berikut.

Tabel 5.39 Rekapitulasi Waktu Hijau Menggunakan MKJI 1997 Alternatif 4

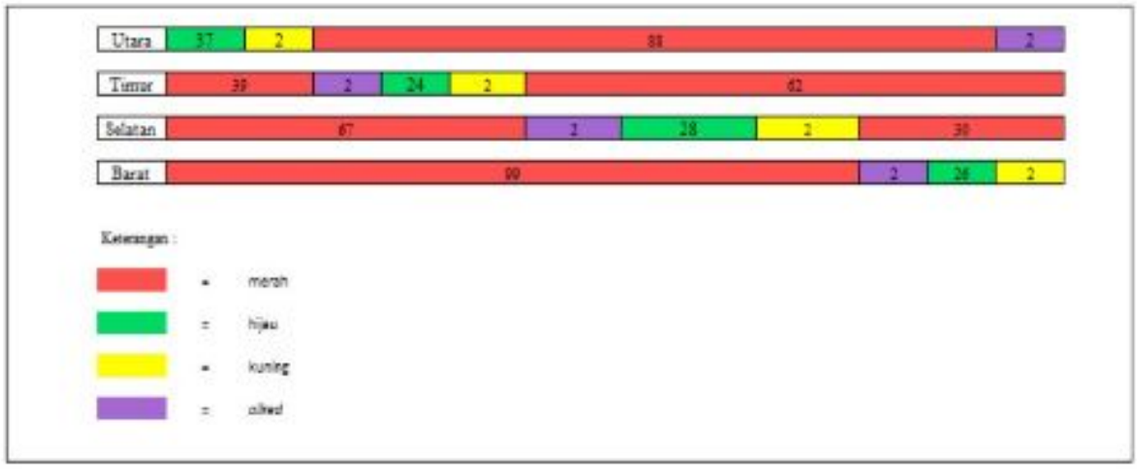
Pendekat	Rasio Arus (FR)	FR_{crit}	Rasio Arus Simpang (IFR)	Rasio Fase (PR)	Waktu Hijau (g)
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	0,14	0,14	0,45	0,309	36
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	0,10	0,10		0,212	24
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	0,11	0,11		0,250	29
Jalan Gito Gati (Barat)	0,10	0,10		0,229	26

Setelah menentukan waktu hijau pada tabel di atas, didapatkan menentukan waktu sinyal pada Tabel 5.40 dan Gambar 5.16 berikut.

Dipindai dengan CamScanner

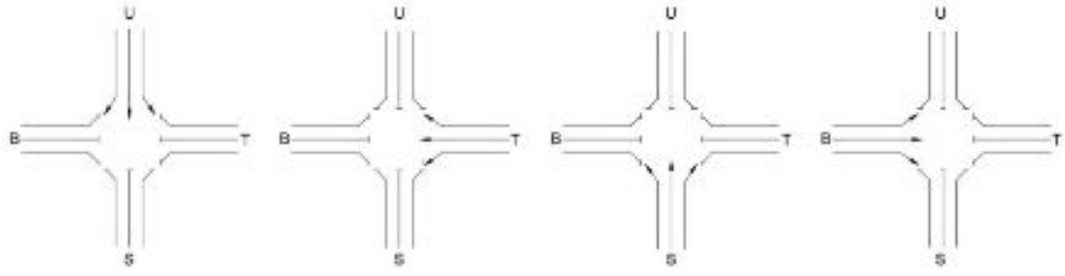
Tabel 5.40 Waktu Siklus Alternatif 4

Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus
	Hijau	Kuning	Merah	Allred	
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	36	2	89	2	129
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	24	2	101	2	129
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	29	2	96	2	129
Jalan Gito Gati (Barat)	26	2	99	2	129



Gambar 5.16 Diagram Siklus Waktu Alternatif 4

Pada Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar untuk alternatif 1 tersebut, terdapat empat fase dengan pembagian pada Gambar 5.17.



Gambar 5.17 Pengaturan Fase Simpang Empat Bersinyal Jalan Palagan Tentara Pelajar Alternatif 4

Dipindai dengan CamScanner

Hasil dari perubahan waktu siklus pada MKJI 1997 dapat berubahan pada kapasitas, derajat kejenuhan, dan tundaan kendaraan pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar dapat dilihat dengan menggunakan alternatif 1 pada lengan Utara berikut.

1. Kapasitas

   C = S x (g/c)

   = 3259 x (36/129)

   = 899 smp/jam

2. Derajat Kejenuhan

   Ds = Q/C

   = 457,7/899

   = 0,51

Berikut hasil rekapitulasi kapasitas dan derajat kejenuhan semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar pada Tabel 5.41 berikut.

Tabel 5.41 kapasitas dan Derajat Kejenuhan Alternatif 4

Lengan	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	899	0,51
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	774	0,51
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	784	0,51
Jalan Gito Gati (Barat)	851	0,51

Selanjutnya hasil rekapitulasi panjang antrian, tundaan kendaraan, dan tingkat pelayanan yang didapatkan dari perangkat lunak vissim sebagai berikut.

1. *Queue Counter*

   Hasil rekapitulasi panjang antrian pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan alternatif 1 pada Tabel 5.42 berikut.

Dipindai dengan CamScanner

Tabel 5.42 Panjang Antrian Alternatif 4

Pendekat	Panjang Antrian (Meter)					
	RS42	RS45	RS48	RS51	RS54	rata-rata
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	21,93	21,64	18,42	20,80	20,09	20,58
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	26,49	23,42	17,83	20,56	28,14	23,29
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	32,01	25,55	34,07	22,24	29,14	28,60
Jalan Gito Gati (Barat)	27,26	29,21	24,12	29,96	27,60	27,63

Hasil Tabel 5.42 di atas, didapatkan data panjang antrian pada lengan Utara sebesar 20,58 meter, lengan Timur sebesar 23,29 meter, lengan Selatan sebesar 28,60 meter, dan lengan Barat sebesar 27,63 meter.

2. *Delay*

Hasil rekapitulasi *delay* pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan alternatif 1 pada Tabel 5.43 berikut.

Tabel 5.43 Tundaan Kendaraan Alternatif 4

Pendekat	Tundaan (Detik/kend)					
	RS42	RS45	RS48	RS51	RS54	rata-rata
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	40,36	40,66	35,10	34,30	37,75	37,64
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	45,66	38,24	34,99	37,39	38,94	39,04
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	51,45	51,11	44,79	49,16	47,75	48,85
Jalan Gito Gati (Barat)	34,02	35,80	36,50	34,49	36,23	35,41

Hasil Tabel 5.43 di atas, didapatkan data tundaan kendaraan pada lengan Utara sebesar 37,64 detik, lengan Timur sebesar 39,04 detik, lengan Selatan sebesar 48,85 detik, dan lengan Barat sebesar 35,41 detik.

Dipindai dengan CamScanner

3. Tingkat Pelayanan Simpang

Hasil rekapitulasi tingkat pelayanan pada semua lengan Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar menggunakan alternatif 1 pada Tabel 5.44 berikut.

Tabel 5.44 Tingkat Pelayanan Alternatif 4

Pendekat	Tingkat Pelayan	
	Tundaan (Detik/kend)	*Level of Service*
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	37,64	D
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	39,04	D
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	48,85	E
Jalan Gito Gati (Barat)	35,41	D

Hasil Tabel 5.44 di atas, didapatkan data tingkat pelayanan pada lengan Utara adalah D, lengan Timur adalah D, lengan Selatan adalah E, dan lengan Barat adalah D.

5.5 Pembahasan

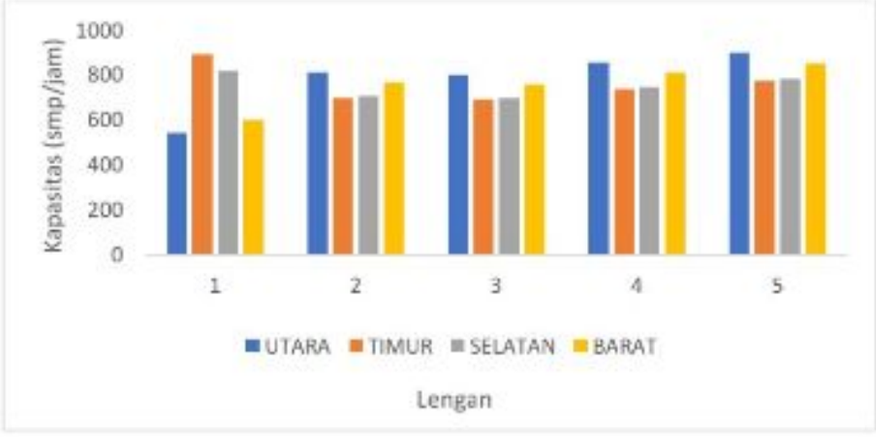
5.5.1 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Dalam perhitungan menggunakan MKJI 1997, didapatkan perbedaan terdapat kapasitas dan derajat kejenuhan terhadap waktu sinyal lalu lintas pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar. Berikut perbandingan kapasitas pada setiap kondisi pada Tabel 5.45 dan Gambar 5.18 berikut ini.

Tabel 5.45 Perbandingan Kapasitas Simpang

Kapaasitas (smp/jam)					
Pendekat	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	542	811	801	857	899
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	894	698	690	737	774
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	819	707	698	747	784
Jalan Gito Gati (Barat)	600	768	758	811	851

Dipindai dengan CamScanner

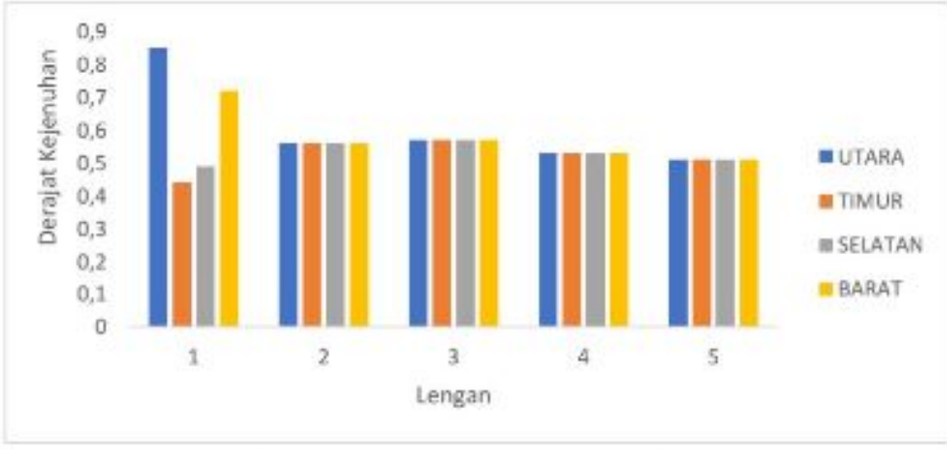


Gambar 5.18 Grafik Perbandingan Kapasitas Simpang

Berikut perbandingan derajat kejenuhan setiap kondisi pada Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar Tabel 5.46 dan Gambar 5.19 berikut ini.

Tabel 5.46 Perbandingan Derajat Kejenuhan

Pendekat	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	0,85	0,56	0,57	0,53	0,51
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	0,44	0,56	0,57	0,53	0,51
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	0,49	0,56	0,57	0,53	0,51
Jalan Gito Gati (Barat)	0,72	0,56	0,57	0,53	0,51



Gambar 5.19 Grafik Perbandingan Derajat Kejenuhan

Dipindai dengan CamScanner

Dari Tabel 5.46 dan Gambar 5.19 di atas, derajat kejenuhan pada setiap lengan mengalami perbedaan antara kondisi eksisting dengan setiap alternatif. Nilai derajat kejenuhan pada alternatif 1 mengalami penurunan untuk lengan Utara dari 0,85 menjadi 0,56 dan lengan Barat dari 0,72 menjadi 0,56, sedangkan pada lengan Timur dan lengan Selatan mengalami peningkatan nilai derajat kejenuhan yaitu dari 0,44 menjadi 0,56 dan 0,49 menjadi 0,56. Alternatif 2 mengalami penurunan untuk lengan Utara dari 0,85 menjadi 0,57 dan lengan Barat dari 0,72 menjadi 0,57, sedangkan pada lengan Timur dan lengan Selatan mengalami peningkatan nilai derajat kejenuhan yaitu dari 0,44 menjadi 0,57 dan 0,49 menjadi 0,57. Alternatif 3 mengalami penurunan untuk lengan Utara dari 0,85 menjadi 0,53 dan lengan Barat dari 0,72 menjadi 0,53, sedangkan pada lengan Timur dan lengan Selatan mengalami peningkatan nilai derajat kejenuhan yaitu dari 0,44 menjadi 0,53 dan 0,49 menjadi 0,53. Alternatif 4 mengalami penurunan untuk lengan Utara dari 0,85 menjadi 0,51 dan lengan Barat dari 0,72 menjadi 0,51, sedangkan pada lengan Timur dan lengan Selatan mengalami peningkatan nilai derajat kejenuhan yaitu dari 0,44 menjadi 0,51 dan 0,49 menjadi 0,51. Nilai derajat kejenuhan setiap alternatif mengalami penurunan untuk lengan Utara dan Barat, sedangkan untuk lengan Timur dan Selatan mengalami peningkatan.

5.5.2 Panjang Antrian

. Berikut perbandingan panjang antrian pada setiap kondisi pada Tabel 5.47 dan Gambar 5.20 berikut ini

Tabel 5.47 Perbandingan Panjang Antrian

Panjang Antrian (Meter)					
Pendekat	**Eksisting**	**Alternatif 1**	**Alternatif 2**	**Alternatif 3**	**Alternatif 4**
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	99,54	29,78	25,85	21,51	20,58
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	76,35	28,89	31,39	27,44	23,29

Dipindai dengan CamScanner

Lanjutan Tabel 5.47 Perbandingan Panjang Antrian

Panjang Antrian (Meter)					
Pendekat	**Eksisting**	**Alternatif 1**	**Alternatif 2**	**Alternatif 3**	**Alternatif 4**
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	78,50	41,78	39,31	31,53	28,60
Jalan Gito Gati (Barat)	79,24	42,7546	36,47	32,05	27,63



Gambar 5.20 Grafik Perbandingan Panjang Antrian

Dari Tabel 5.47 dan Gambar 5.20 di atas, panjang antrian pada setiap lengan mengalami perbedaan setiap kondisi. Lengan Utara pada alternatif 1 sebesar 29,78 meter, alternatif 2 sebesar 25,85 meter, alternatif 3 sebesar 21,51 meter, dan alternatif 4 sebesar 20,58 meter. Lengan Timur pada alternatif 1 sebesar 28,89 meter, alternatif 2 sebesar 31,39 meter, alternatif 3 sebesar 27,44 meter, dan alternatif 4 sebesar 23,29 meter. Lengan Selatan pada alternatif 1 sebesar 41,78 meter, alternatif 2 sebesar 39,31 meter, alternatif 3 sebesar 31,53 meter, dan alternatif 4 sebesar 28,60 meter. Lengan Barat pada alternatif 1 sebesar 42,75 meter, alternatif 2 sebesar 36,47 meter, alternatif 3 sebesar 32,05 meter, dan alternatif 4 sebesar 27,63 meter.

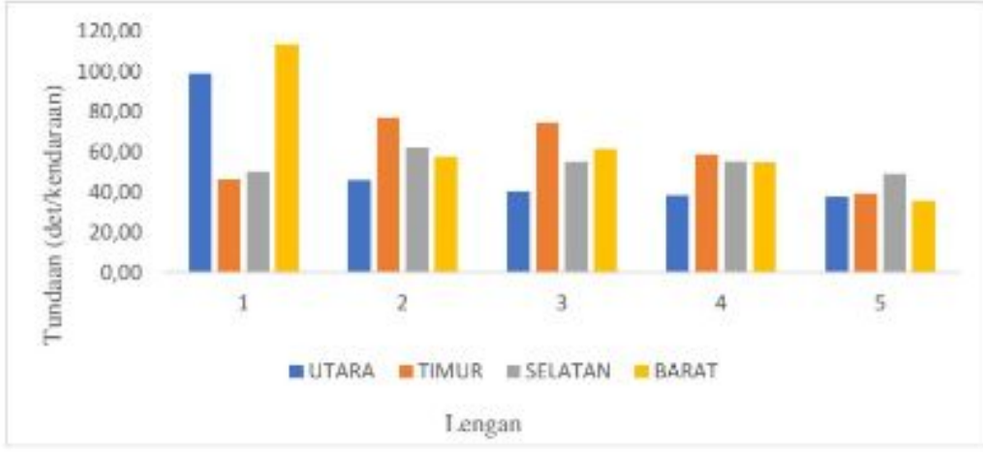
Dipindai dengan CamScanner

5.5.3 Tundaan Kendaraan

. Berikut perbandingan tundaan kendaan pada setiap kondisi pada Tabel 5.48 dan Gambar 5.21 berikut ini

Tabel 5.48 Perbandingan Tundaan Kendaan

Tundaan Kendaraan (dek/kend)					
Pendekat	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	98,88	45,77	40,18	38,20	37,64
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	46,01	76,92	74,40	58,43	39,04
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	50,08	61,88	54,79	55,02	48,85
Jalan Gito Gati (Barat)	113,35	57,37	61,36	54,66	35,41



Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Tundaan Kendaraan

Dari Tabel 5.48 dan Gambar 5.21 diatas, tundaan kendaraan pada setiap lengan mengalami perbedaan setiap kondisi. Lengan Utara pada alternatif 1 sebesar 29,78 detik/kendaraan, alternatif 2 sebesar 25,85 detik/kendaraan, alternatif 3 sebesar 21,51 detik/kendaraan, dan alternatif 4 sebesar 20,58 detik/kendaraan. Lengan Timur pada alternatif 1 sebesar 28,89 detik/kendaraan, alternatif 2 sebesar 31,39 detik/kendaraan, alternatif 3 sebesar 27,44 detik/kendaraan, dan alternatif 4 sebesar 23,29

Dipindai dengan CamScanner

detik/kendaraan. Lengan Selatan pada alternatif 1 sebesar 41,78 detik/kendaraan, alternatif 2 sebesar 39,31 detik/kendaraan, alternatif 3 sebesar 31,53 detik/kendaraan, dan alternatif 4 sebesar 28,60 detik/kendaraan. Lengan Barat pada alternatif 1 sebesar 42,75 detik/kendaraan, alternatif 2 sebesar 36,47 detik/kendaraan, alternatif 3 sebesar 32,05 detik/kendaraan, dan alternatif 4 sebesar 27,63 detik/kendaraan.

5.5.4 Kinerja Lalu Lintas

Perbandingan kinerja lengan Utara pada panjang antrian dan tundaan kendaraan pada setiap kondisi dapat dilihat pada Tabel 5.49 berikut.

Tabel 5.49 Perbandingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Utara

Kondisi	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (Meter)	Tundaan Kendaraan (detik/kendaraan)	*Level Of Service*
Eksisting	0,88	99,54	98,88	F
Alternatif 1	0,56	29,78	45,77	E
Alternatif 2	0,57	25,85	40,18	E
Alternatif 3	0,53	21,51	38,20	D
Alternatif 4	0,51	20,58	37,64	D

Pada Tabel 5.49 di atas, disimpulkan pada lengan Utara kinerja yang paling baik adalah kondisi alternatif 4 yang di mana kenaikan kinerja panjang antrian sebesar 20,58 meter dan kenaikan kinerja tundaan kendaraan sebesar 37,64 detik/kendaraan serta nilai tingkat pelayanan adalah D. Perbandingan kinerja lengan Timur pada panjang antrian dan tundaan kendaraan pada setiap kondisi dapat dilihat pada Tabel 5.50 berikut.

Dipindai dengan CamScanner

Tabel 5.50 Perbandingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Timur

Kondisi	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (Meter)	Tundaan Kendaraan (detik/kendaraan)	Level Of Service
Eksisting	0,43	76,35	46,01	E
Alternatif 1	0,56	28,89	76,92	F
Alternatif 2	0,57	31,39	74,40	F
Alternatif 3	0,53	27,44	58,43	E
Alternatif 4	0,51	23,29	39,04	D

Pada Tabel 5.50 di atas, disimpulkan pada lengan Timur kinerja yang paling baik adalah kondisi alternatif 4 yang di mana kenaikan kinerja panjang antrian sebesar 23,29 meter dan kenaikan kinerja tundaan kendaraan sebesar 39,04 detik/kendaraan serta nilai tingkat pelayanan adalah D. Perbandingan kinerja lengan Selatan pada panjang antrian dan tundaan kendaraan pada setiap kondisi dapat dilihat pada Tabel 5.51 berikut.

Tabel 5.51 Perbandingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Selatan

Kondisi	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (Meter)	Tundaan Kendaraan (detik/kendaraan)	*Level Of Service*
Eksisting	0,47	78,50	50,08	E
Alternatif 1	0,56	41,78	61,88	F
Alternatif 2	0,57	39,31	54,79	E
Alternatif 3	0,53	31,53	55,02	E
Alternatif 4	0,51	28,60	48,85	E

Pada Tabel 5.51 di atas, disimpulkan pada lengan Selatan kinerja yang paling baik adalah kondisi alternatif 4 yang di mana kenaikan kinerja panjang antrian sebesar 28,60 meter dan kenaikan kinerja tundaan kendaraan sebesar 48,85 detik/kendaraan serta nilai tingkat pelayanan adalah E. Perbandingan kinerja lengan Barat pada panjang

Dipindai dengan CamScanner

antrian dan tundaan kendaraan pada setiap kondisi dapat dilihat pada Tabel 5.52 berikut.

Tabel 5.52 Perbadingan Kinerja Lalu Lintas Lengan Barat

Kondisi	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (Meter)	Tundaan Kendaraan (detik/kendaraan)	*Level Of Service*
Eksisting	0,7	79,24	113,35	F
Alternatif 1	0,56	42,75	57,37	E
Alternatif 2	0,57	36,47	61,36	F
Alternatif 3	0,53	32,05	54,66	E
Alternatif 4	0,51	27,63	35,41	D

Pada Tabel 5.52 di atas, disimpulkan pada lengan Barat kinerja yang paling baik adalah kondisi alternatif 4 yang di mana kenaikan kinerja panjang antrian sebesar 27,63 meter dan kenaikan kinerja tundaan kendaraan sebesar 35,41 detik/kendaraan serta nilai tingkat pelayanan adalah D.

5.5.5 Alternatif Solusi Terbaik Bedasarkan Kinerja Simpang Bersinyal Palagan Tentara Pelajar

Nilai derajat kejenuhan, panjang antrean, tundaan, dan tingkat pelayanan (*level of service*) dari alternatif 1 hingga alternatif 4 yang telah diketahui dari ke-4 lengan, kemudian dihitung persentase selisih antara kondisi eksisting dengan alternatif yang telah didapat. Apabila persentase memiliki nilai negatif maka kinerja persimpangan tersebut mengalami penurunan, sebaliknya apabila bernilai positif maka kinerja persimpangan tersebut mengalami peningkatan. Adapun perhitungan persentase derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan sebagai berikut.

Dipindai dengan CamScanner

1. Perhitungan Persentase Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan = ((Eksisting – Alternatif)/ Eksisting) x 100

= ((0,85 – 0,56)/0,85) x100

= 34%

Tabel 5.53 Persentase Perubahan Derajat Kejenuhan Setiap Alternatif

Persentase Perubahan Derajat Kejenuhan Setiap Alternatif (%)				
Pendekat	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	34	33	38	40
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	-27	-30	-20	-16
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	-14	-16	-8	-4
Jalan Gito Gati (Barat)	22	21	26	29
Rata-rata	3,7	2,0	8,9	12,3

Dari Tabel 5.53 di atas, derajat kejenuhan pada setiap lengan mengalami perbedaan setiap kondisi, pada lengan Utara dan lengan Barat mengalami kenaikan kinerja derajat kejenuhan yaitu lengan Utara sebesar 34% pada alternatif 1, sebesar 33% pada alternatif 2, sebesar 38% pada alternatif 3, dan 40% pada alternatif 4, sedangkan pada Lengan Barat sebesar 22% pada alternatif 1, sebesar 21% pada alternatif 2, sebesar 26% pada alternatif 3, dan 29% pada alternatif 4. Pada Lengan Selatan dan Lengan Timur mengalami penurunan kinerja derajat kejenuhan yaitu lengan Selatan sebesar 13% pada alternatif 1, sebesar 16% pada alternatif 2, sebesar 8% pada alternatif 3, dan 4% pada alternatif 4, sedangkan pada Lengan Timur sebesar 27% pada alternatif 1, sebesar 30% pada alternatif 2, sebesar 20% pada alternatif 3, dan 16% pada alternatif 4.

2. Perhitungan Persentase Panjang Antrian

Panjang Antrian = ((Eksisting – Alternatif)/ Eksisting) x 100

Dipindai dengan CamScanner

= ((99,54 – 29,78)/ 99,54) x100

= 70%

Tabel 5.54 Persentase Perubahan Panjang Antrian Setiap Alternatif

Persentase Perubahan Panjang Antrian Setiap Alternatif (%)				
Pendekat	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	70	74	78	79
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	62	59	64	69
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	47	50	60	64
Jalan Gito Gati (Barat)	46	54	60	65
Rata-rata	56,3	59,2	65,5	69,4

Dari Tabel 5.54 di atas, panjang antrian pada setiap lengan mengalami perbedaan setiap kondisi, pada setiap lengan mengalami kenaikan kinerja panjang antrian yaitu lengan Utara sebesar 70% pada alternatif 1, sebesar 72% pada alternatif 2, sebesar 78% pada alternatif 3, dan 79% pada alternatif 4, lengan Timur sebesar 62% pada alternatif 1, sebesar 59% pada alternatif 2, sebesar 64% pada alternatif 3, dan 69% pada alternatif 4, lengan Selatan sebesar 47% pada alternatif 1, sebesar 50% pada alternatif 2, sebesar 60% pada alternatif 3, dan 64% pada alternatif 4, dan lengan Barat sebesar 46% pada alternatif 1, sebesar 54% pada alternatif 2, sebesar 60% pada alternatif 3, dan 65% pada alternatif 4.

3. Perhitungan Persentase Tundaaan Kendaraan

Tundaaan Kendaraan = ((Eksisting – Alternatif)/ Eksisting) x 100

= ((98,88 – 45,77)/ 98,88) x 100

= 54%

Dipindai dengan CamScanner

Tabel 5.55 Persentase Perubahan Tundaan Kendaraan Setiap Alternatif

Persentase Perubahan Tundaan Kendaraan Setiap Alternatif (%)				
Pendekat	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara)	54	59	61	62
Jalan Kapten Haryadi (Timur)	-67	-62	-27	15
Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan)	-24	-9	-10	2
Jalan Gito Gati (Barat)	49	46	52	69
Rata-rata	3,1	8,5	19,1	37,1

Dari Tabel 5.55 di atas, tundaan kendaraan pada setiap lengan mengalami perbedaan setiap kondisi, pada lengan Utara mengalami kenaikan kinerja Tundaan Kendaraan yaitu sebesar 54% pada alternatif 1, sebesar 59% pada alternatif 2, sebesar 61% pada alternatif 3, dan 62% pada alternatif 4, pada Lengan Barat sebesar 49% pada alternatif 1, sebesar 46% pada alternatif 2, sebesar 52% pada alternatif 3, dan 69% pada alternatif 4, lengan Timur sebesar 15% pada alternatif 4, dan Lengan Selatan sebesar 2% pada alternatif 4. Pada Lengan Timur mengalami penurunan kinerja tundaan kendaraan yaitu sebesar 69% pada alternatif 1, sebesar 62% pada alternatif 2, dan sebesar 27% pada alternatif 3, sedangkan pada Lengan Selatan sebesar 24% pada alternatif 1, sebesar 9% pada alternatif 2, dan sebesar 10% pada alternatif 3.

Berdasarkan Tabel 5.53, Tabel 5.54, dan Tabel 5.55, berikut ini adalah tingkatan alternatif yang paling baik.

1. Alternatif 4

   Alternatif 4 adalah alternatif terbaik dimana memiliki perubahan persentase nilai derajat kejenuhan rata-rata sebesar 12,3%. Panjang antrean memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 69,4%. Sedangkan tundaan kendaraan memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 37,1%. Nilai *level of service* untuk lengan Utara adalah D, lengan Timur adalah D, lengan Selatan adalah E, dan lengan Barat adalah D. Alternatif 4 yang memerlukan pelebaran jalan di ke- 4

Dipindai dengan CamScanner

lengannya akan membuat alternatif 4 memiliki konsekuensi berupa biaya yang sangat besar untuk pembebasan lahan dan pelebaran jalan, selain itu juga membutuhkan waktu konstruksi yang mana akan membuat jalan macet di ke-4 lengan simpang tersebut.

2. Alternatif 3

   Alternatif 3 sedikit dibawah alternatif 4 dimana hanya melakukan pelebaran di kedua lengannya saja yaitu lengan Utara dan lengan Selatan. Nilai derajat kejenuhan memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 8,9%. Panjang antrian memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 65,5%. Sedangkan tundaan kendaraan memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 19,1%. Nilai *level of service* untuk lengan Utara adalah D, lengan Timur adalah E, lengan Selatan adalah E, dan lengan Barat adalah E. Alternatif 3 memiliki konsekuensi dimana akan membutuhkan biaya tambahan dan juga waktu untuk konstruksi pelebaran jalan tersebut. Meskipun mungkin biaya yang dibutuhkan tidak lebih besar dari alternatif 4 yang mengalami pelebaran jalan di ke- 4 lengannya, tetap saja konsekuensi yang sama tidak terhindarkan.

3. Alternatif 2

   Nilai derajat kejenuhan alternatif 2 tidak mengalami perubahan persentase rata-rata derajat kejenuhan atau nilainya 2,0%. Panjang antrian memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 59,2%. Sedangkan tundaan kendaraan memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 8,5%. Nilai *level of service* untuk lengan Utara adalah E, lengan Timur adalah F, lengan Selatan adalah E, dan lengan Barat adalah F. Alternatif 2 menjadi alternatif yang paling mungkin untuk diterapkan karena tidak memerlukan perbaikan secara fisik seperti alternatif 3 dan alternatif 4 sehingga tidak memerlukan biaya tambahan dan juga waktu konstruksi, alternatif 2 hanya perlu merubah waktu siklusnya menjadi 129 detik yang menggunakan *all red* sebesar 2 detik dan amber sebesar 2 detik. Alternatif 2 menjadi alternatif yang lebih baik daripada alternatif 1 dikarenakan memiliki nilai

Dipindai dengan CamScanner

panjang antrean dan tundaan yang lebih kecil serta selisih derajat kejenuhan yang hanya 1,7

4. Alternatif 1

   Alternatif 1 memiliki nilai derajat kejenuhan memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 3,7%. Panjang antrian memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 56,3%. Sedangkan tundaan kendaraan memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 3,1%. Nilai *level of service* untuk lengan Utara adalah E, lengan Timur adalah F, lengan Selatan adalah F, dan lengan Barat adalah E. Meskipun alternatif 1 memiliki nilai derajat kejenuhan yang lebih baik daripada alternatif 2, akan tetapi nilai untuk panjang antrean dan tundaan kendaraan pada alternatif 2 lebih baik daripada alternatif 1.

Dipindai dengan CamScanner

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian pada Simpang Empat Jalan Palagan Tentara Pelajar yaitu sebagai berikut.

1. Berdasarkan MKJI 1997, kondisi eksisting Simpang Palagan Tentara Pelajar memiliki kinerja sebagai berikut.
   a. Nilai derajat kejenuhan (DS) untuk setiap pendekat pada Simpang Jalan Palagan Tentara Pelajar untuk Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara) sebesar 0,85, Jalan Gito Gati (Barat) sebesar 0,72, Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 0,49, dan Jalan Kapten Haryadi (Timur) 0,44.
   b. Panjang antrean pada Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara) adalah 153,85 m, Jalan Kapten Haryadi (Timur) adalah 95,46 m, Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan) adalah 106,67 m, dan Jalan Gito Gati (Barat) adalah 131,56 m.
   c. Nilai tundaan untuk Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara) sebesar 74,56 det/smp, Jalan Gito Gati (Barat) sebesar 66,19 det/smp, Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 48,72 det/smp, dan Jalan Kapten Haryadi (Timur) sebesar 50,25 det/smp dengan kategori tingkat pelayanan F.
2. Berdasarkan pemodelan dengan perangkat lunak VISSIM digunakanlah alternatif ke-4 sebagai solusi yang paling optimal untuk penanganan Simpang Empat Jalan Palagan Tentara Pelajar. Alternatif solusi ke-4 berupa pelebaran jalur sebesar 0,5 meter di semua lengan dan waktu siklus sebesar 129 detik yang menggunakan waktu *allred* selama 2 detik dan *amber* selama 2 detik, sehingga didapatkan nilai LTI sebesar 14 detik. Hasil dari alternatif ke-4 adalah sebagai berikut.
   a. Nilai derajat kejenuhan (DS) pada Simpang Jalan Palagan Tentara Pelajar memiliki nilai sebesar 0,51 untuk seluruh lengan yaitu Jalan Palagan

Dipindai dengan CamScanner

Tentara Pelajar (Utara), Jalan Kapten Haryadi (Timur), Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan), dan Jalan Gito Gati (Barat).

b. Panjang antrian untuk lengan Utara adalah 20,58 m, lengan Timur adalah 23,29 m, lengan Selatan adalah 28,60 m, dan lengan Barat adalah 27,63 m.
c. Nilai tundaan Tundaan kendaraan untuk lengan Utara adalah 37,64 detik/kend, lengan Timur adalah 39,04 detik/kend, lengan Selatan adalah 48,85 detik/kend, dan lengan Barat adalah 35,41 detik/kend. Nilai *level of service* untuk lengan Utara adalah D, lengan Timur adalah D, lengan Selatan adalah E, dan lengan Barat adalah D.

6.2 Saran

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dengan MKJI 1997 dan Vissim, maka berikut ini adalah beberapa hal yang disarankan oleh peneliti.

1. Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta diharapkan dapat menerapkan hasil penelitian alternatif ke-4 berupa pelebaran jalur sebesar 0,5 meter di semua lengan dan waktu siklus sebesar 129 detik yang menggunakan waktu *allred* selama 2 detik dan *amber* selama 2 detik sebagai solusi untuk meningkatkan kinerja pelayanan Simpang Empat Jalan Palagan Tentara Pelajar.
2. Penelitian selanjutnya dapat melakukan penelitian terkait koordinasi Simpang Empat Palagan Tentara Pelajar dengan simpang yang ada disekitar agar dapat meningkatkan tingkat pelayanannya.
3. Berdasarkan alternatif 4 yang berkaitan dengan adanya pelebaran jalan, sebaiknya diperhitungan juga anggaran biaya (RAB) untuk pembebasan lahan di sekitar.

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR PUSTAKA

Aminy, A. O. (2018). Analisis Distribusi Headway Kendaraan Pada Jalan Kaliurang dan Jalan Palagan Tentara Pelajar Di Yogyakarta. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Bimantoro, A. T. (2016). Evaluasi Dan Rekayasa Peningkatan Kinerja Simpang Bersinyal Pingit Kota Yogyakarta. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta. (2021). *Transportasi Dalam Angka 2021*. Yogyakarta

Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta

Fadilla, K. M. (2023). Pengaruh Fasilitas Putaran Balik Terhadap Kinerja Simpang Tak Bersinyal. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

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

Halim, H., dkk. (2019). Analisis Kinerja Operasional Ruas Jalan Satu Arah dengan Menggunakan Mikrosimulasi Vissim (Studi Kasus: Jalan Masjid Raya di Kota Makassar). Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas, 3(2), 99 - 107.

Haryadi, D., Tajudin, I., dan Muchlisin. (2017). *Modul Pembelajaran Traffic Micro-Simulation Program PTV. VISSIM 9. 1*. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta

Indriawan. (2019). Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal Jlagran Studi Kasus: Simpang Jalan Letjen Suprapto – Jalan Jlagran – Jalan Pembela Tanah Air, Yogyakarta). *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Isya, M., dkk. (2020). Kinerja Simpang Punge Blang Cut Kota Banda Aceh Menggunakan Metode MKJI dan Vissim. *Jurnal Teknik Sipil*, *6*(2), 60–69.

Irwan, M. (2019). Evaluasi dan Koordinasi Antar Simpang Dengan Menggunakan Pendekatan Mikrosimulasi (Vissim). *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Nasmiranti, R. (2019). Perencanaan Ulang Pengaturan Fase Alat Pengatur Lalu Lintas Pada Persimpangan Bersinyal di Persimpangan Jl. Jend. Sudirman - KIS Mangun Sarkoro. Rang Teknik Journal Vol. 2 No. 1. Sumatera Barat.

Nasution, A. H., & Prasetyawan, Y. (2008). Perencanaan dan Pengendalian Produksi. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Dipindai dengan CamScanner

Prasetyanto, D. (2015). *Buku Ajar Rekayasa Manajemen Lalu Lintas*. Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional. Bandung

Prayoga, R. A. (2020). Dampak Alley Pada U-Turn Terhadap Kinerja Ruas Jalan Perkotaan. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Ratnaningsih, D. (2020). Koordinasi Sinyal Simpang Jalan Yang Berdekatan Dengan Pemodelan Vissim. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Royan, N. (2015). Analisa Perencanaan Traffic Light di Persimpangan Bandara SMB II Palembang. *Jurnal Berkala Teknik*, *5*(2), 837–855. Palembang.

Romadhona, dkk. (2019). Aplikasi Permodelan Lalu Lintas: PTV VISSIM 9.0 (*Modelling Basic Using Microscopic Trafic Flow Simulation*). UII Press. Yogyakarta.

Sa'dillah, M., & Primasworo, R. A. (2020). Kinerja Simpang Bersinyal Ruas Jalan Semeru – Kahuripan – Basuki Rahmat Setelah Pembangunan Whiz Prime Hotel Malang. *Jurnal Fondasi*, *9*(2), 103.

Sarwanta, & Abdulgani, H. (2022). Permodelan Kinerja Simpang Tidak Bersinyal Menggunakan Perangkat Lunak VISSIM. Jurnal Teknik Sipil, Vol. 15 No. 2, 1 - 11.

Tunggadewi. (2018). Evaluasi Kinerja Simpang Sebidang dan Simpang Susun Dengan Metode Vissim (Studi Kasus : Simpang Condongcatur, Sleman, Yogyakarta). *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Zaki, M. (2020). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal UPN Yogyakarta. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Dipindai dengan CamScanner

LAMPIRAN

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 1 Data Volume Lalu Lintas Hari Kamis dan Minggu

Kamis (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
07.00 - 07.15	78	61	61	80	57	56	48	71	77	56	66	91
07.15 - 07.30	66	42	49	59	70	70	62	73	69	44	41	83
07.30 - 07.45	51	53	69	54	78	53	85	96	88	52	39	72
07.45 - 08.00	67	48	81	62	78	28	62	47	42	63	84	64
08.00 - 08.15	75	44	50	74	59	42	61	63	47	61	78	50
08.15 - 08.30	79	30	59	67	69	37	53	50	56	44	74	55
08.30 - 08.45	46	55	67	75	64	28	62	68	56	36	80	40
08.45 - 09.00	82	47	73	45	57	79	32	65	57	67	55	65
09.00 - 09.15	76	28	71	68	81	58	55	71	45	51	56	78
09.15 - 09.30	43	68	53	80	77	59	49	36	50	67	90	52
09.30 - 09.45	42	51	35	65	46	59	32	49	38	49	75	32
09.45 - 10.00	68	35	73	41	78	63	42	59	41	37	48	42

Kamis (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00 - 15.15	27	16	15	18	12	22	11	25	14	10	19	11
15.15 - 15.30	25	10	19	11	19	13	18	31	13	18	20	8
15.30 - 15.45	20	20	12	16	25	21	19	34	12	22	12	9
15.45 - 16.00	14	14	17	13	19	11	46	32	11	17	9	20
16.00 - 16.15	21	21	29	20	27	21	29	25	12	17	17	14
16.15 - 16.30	30	18	22	22	11	25	20	18	18	20	22	17
16.30 - 16.45	21	17	26	30	23	22	23	28	18	11	25	16
16.45 - 17.00	16	14	24	18	19	19	17	20	12	13	11	15
17.00 - 17.15	7	9	30	21	11	22	20	29	7	14	16	12
17.15 - 17.30	25	20	20	15	22	23	28	32	20	22	14	16
17.30 - 17.45	17	32	21	10	18	30	18	22	27	19	23	20
17.45 - 18.00	23	10	16	14	31	14	15	10	20	21	26	20

Dipindai dengan CamScanner

Kamis (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00 - 15.15	1	0	0	2	1	5	3	2	2	3	3	2
15.15 - 15.30	3	1	2	0	0	6	2	0	3	0	6	1
15.30 - 15.45	2	5	0	0	0	4	5	5	0	0	0	5
15.45 - 16.00	6	0	3	2	2	3	1	0	2	0	2	0
16.00 - 16.15	0	3	3	1	3	0	3	2	1	2	1	0
16.15 - 16.30	0	7	2	3	0	3	1	0	2	1	2	1
16.30 - 16.45	2	3	3	1	1	0	2	2	0	0	0	2
16.45 - 17.00	4	0	0	0	2	0	3	2	0	4	0	0
17.00 - 17.15	0	2	2	0	3	3	0	4	0	0	2	1
17.15 - 17.30	2	2	1	0	5	0	4	0	2	5	3	1
17.30 - 17.45	2	2	1	1	0	0	3	3	4	5	1	0
17.45 - 18.00	0	0	0	3	0	0	1	0	2	0	0	6

Kamis (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00 - 15.15	83	57	51	92	73	59	47	142	46	33	72	77
15.15 - 15.30	67	55	135	88	70	82	76	132	68	61	81	67
15.30 - 15.45	91	56	102	106	84	84	63	92	66	71	96	101
15.45 - 16.00	97	90	52	90	86	78	96	84	80	78	95	98
16.00 - 16.15	83	75	38	89	70	89	81	84	122	79	97	88
16.15 - 16.30	86	48	54	92	63	79	94	150	82	74	85	74
16.30 - 16.45	86	73	95	88	94	96	98	98	88	76	102	68
16.45 - 17.00	78	69	68	81	93	95	96	52	89	59	90	70
17.00 - 17.15	68	87	80	84	70	76	51	105	86	83	88	63
17.15 - 17.30	123	85	84	91	60	73	75	81	79	62	83	68
17.30 - 17.45	68	78	141	98	111	71	75	147	96	84	64	87
17.45 - 18.00	83	97	77	110	91	74	94	130	95	99	97	87

Dipindai dengan CamScanner

Kamis (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
07.00 - 07.15	19	27	38	22	16	21	25	28	16	22	19	25
07.15 - 07.30	22	17	29	18	14	16	22	21	19	13	28	27
07.30 - 07.45	17	14	20	10	20	24	23	16	25	19	27	24
07.45 - 08.00	22	16	22	17	19	23	20	16	17	22	26	12
08.00 - 08.15	21	21	19	20	17	11	19	30	27	13	29	24
08.15 - 08.30	29	18	22	22	11	25	10	29	12	15	16	18
08.30 - 08.45	20	26	26	20	23	19	23	25	19	21	13	22
08.45 - 09.00	23	14	24	18	18	29	23	21	18	19	27	20
09.00 - 09.15	27	19	25	21	21	31	20	29	18	22	30	26
09.15 - 09.30	25	26	20	18	21	23	21	32	22	33	27	22
09.30 - 09.45	17	22	21	15	13	24	29	22	23	20	28	12
09.45 - 10.00	23	20	17	24	21	16	25	20	27	24	26	13

Kamis (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
07.00 - 07.15	0	2	0	0	0	0	2	1	1	2	3	3
07.15 - 07.30	0	2	0	0	0	2	1	3	0	3	0	0
07.30 - 07.45	2	0	1	4	0	5	0	0	2	1	1	0
07.45 - 08.00	0	3	2	3	3	1	3	2	6	2	4	2
08.00 - 08.15	3	0	1	0	0	3	4	0	0	1	2	1
08.15 - 08.30	4	2	0	0	3	0	0	2	0	2	1	1
08.30 - 08.45	0	3	2	1	6	2	2	1	3	0	6	3
08.45 - 09.00	3	6	2	0	0	0	0	3	2	0	4	3
09.00 - 09.15	0	4	6	2	0	3	1	1	3	0	3	1
09.15 - 09.30	0	3	3	0	0	0	0	0	1	0	0	2
09.30 - 09.45	0	3	4	2	2	0	0	0	2	4	1	1
09.45 - 10.00	2	7	0	0	5	3	0	2	0	7	0	0

Dipindai dengan CamScanner

Senin (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
07.00 - 07.15	111	120	48	74	38	15	87	83	65	89	56	80
07.15 - 07.30	82	80	31	78	55	28	77	92	58	77	69	98
07.30 - 07.45	95	95	32	69	61	16	90	113	72	65	42	111
07.45 - 08.00	78	77	40	89	55	14	65	82	69	70	62	102
08.00 - 08.15	69	59	29	112	64	25	79	78	45	53	50	78
08.15 - 08.30	82	62	17	132	59	13	66	61	55	67	33	60
08.30 - 08.45	71	56	38	125	56	22	71	61	65	48	18	55
08.45 - 09.00	66	44	45	144	74	38	89	72	67	66	12	68
09.00 - 09.15	45	44	40	115	54	17	77	53	47	51	30	77
09.15 - 09.30	73	56	55	100	68	14	69	61	30	67	22	49
09.30 - 09.45	54	84	68	121	78	59	60	44	74	73	56	51
09.45 - 10.00	69	97	77	110	91	56	52	32	65	89	46	33

Senin (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
07.00 - 07.15	111	120	48	74	38	15	87	83	65	89	56	80
07.15 - 07.30	82	80	31	78	55	28	77	92	58	77	69	98
07.30 - 07.45	95	95	32	69	61	16	90	113	72	65	42	111
07.45 - 08.00	78	77	40	89	55	14	65	82	69	70	62	102
08.00 - 08.15	69	59	29	112	64	25	79	78	45	53	50	78
08.15 - 08.30	82	62	17	132	59	13	66	61	55	67	33	60
08.30 - 08.45	71	56	38	125	56	22	71	61	65	48	18	55
08.45 - 09.00	66	44	45	144	74	38	89	72	67	66	12	68
09.00 - 09.15	45	44	40	115	54	17	77	53	47	51	30	77
09.15 - 09.30	73	56	55	100	68	14	69	61	30	67	22	49
09.30 - 09.45	54	84	68	121	78	59	60	44	74	73	56	51
09.45 - 10.00	69	97	77	110	91	56	52	32	65	89	46	33

Dipindai dengan CamScanner

Senin (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
07.00 - 07.15	0	3	3	0	5	2	0	0	0	0	0	0
07.15 - 07.30	0	2	2	2	6	0	1	0	2	0	2	2
07.30 - 07.45	2	0	1	3	7	0	0	0	0	0	0	1
07.45 - 08.00	3	1	4	1	2	5	2	2	0	0	3	0
08.00 - 08.15	1	2	2	4	8	2	5	3	0	1	1	0
08.15 - 08.30	0	0	5	0	2	1	2	0	0	1	0	0
08.30 - 08.45	2	2	0	2	1	0	1	1	0	0	0	0
08.45 - 09.00	3	2	2	7	2	0	1	2	1	0	0	0
09.00 - 09.15	5	3	1	0	4	2	2	2	0	0	0	0
09.15 - 09.30	2	4	0	1	0	0	0	8	0	0	1	1
09.30 - 09.45	1	0	0	2	2	0	0	6	0	0	0	3
09.45 - 10.00	0	1	2	4	3	0	2	2	0	2	0	0

Senin (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00 - 15.15	36	48	41	45	40	50	56	43	52	37	81	69
15.15 - 15.30	42	39	34	61	45	30	35	30	48	41	36	49
15.30 - 15.45	46	49	68	102	39	65	30	72	31	44	63	62
15.45 - 16.00	77	65	39	42	120	63	44	40	50	30	50	91
16.00 - 16.15	47	79	70	91	54	38	40	80	65	42	53	63
16.15 - 16.30	38	66	40	43	42	39	32	52	39	35	48	32
16.30 - 16.45	44	64	84	112	42	52	42	56	66	78	27	48
16.45 - 17.00	90	59	70	75	71	78	79	60	77	61	77	60
17.00 - 17.15	66	105	54	42	66	31	42	65	102	92	69	55
17.15 - 17.30	69	33	80	88	58	62	70	115	29	46	40	59
17.30 - 17.45	33	57	30	48	57	80	100	50	35	27	84	66
17.45 - 18.00	42	35	77	90	44	36	60	78	44	30	68	39

Dipindai dengan CamScanner

Senin (Periode Sore)												
	LV											
Waktu (WIB)	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00 - 15.15	25	17	30	24	31	9	19	20	28	32	21	35
15.15 - 15.30	30	13	25	20	23	20	18	24	10	18	20	23
15.30 - 15.45	24	11	13	12	16	22	20	14	7	14	13	22
15.45 - 16.00	32	21	12	19	18	19	14	16	18	30	11	28
16.00 - 16.15	20	22	17	10	32	12	11	14	20	20	16	25
16.15 - 16.30	23	18	20	20	23	17	16	16	32	11	14	23
16.30 - 16.45	19	15	17	14	14	24	24	15	10	20	15	29
16.45 - 17.00	40	23	20	12	20	21	20	7	25	20	18	18
17.00 - 17.15	21	21	11	9	13	25	25	10	31	26	25	17
17.15 - 17.30	19	31	18	10	35	13	23	11	10	26	23	24
17.30 - 17.45	20	20	18	14	21	20	18	15	19	28	14	24
17.45 - 18.00	18	30	23	30	20	26	16	26	20	20	19	17

Senin (Periode Sore)												
	HV											
Waktu (WIB)	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00 - 15.15	2	3	0	2	5	2	0	0	0	4	1	0
15.15 - 15.30	0	2	1	1	0	0	0	0	2	2	2	2
15.30 - 15.45	3	0	3	3	4	1	3	1	6	5	3	0
15.45 - 16.00	1	1	0	2	0	1	2	1	0	0	0	2
16.00 - 16.15	1	2	1	2	1	0	3	0	1	1	0	1
16.15 - 16.30	1	3	1	6	5	0	5	1	2	1	3	2
16.30 - 16.45	1	3	0	2	2	0	1	1	2	3	2	0
16.45 - 17.00	4	3	5	3	3	4	2	3	3	3	5	4
17.00 - 17.15	3	1	4	2	2	0	3	0	2	0	3	1
17.15 - 17.30	1	2	2	0	1	3	0	1	3	1	0	1
17.30 - 17.45	2	1	2	4	3	3	4	3	0	1	2	4
17.45 - 18.00	1	2	4	2	5	3	2	2	1	1	3	2

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 2 *Driving Behavior*

Lokasi : Simpang Palagan Tentara Pelajar					
Lengan	Jumlah Sampel	Saat Diam		Saat Bergerak	
		Depan Belakang Kendaraan	Berdampingan Kendaraan	Depan Belakang Kendaraan	Berdampingan Kendaraan
barat	1	0,4	0,6	0,8	1
	2	1	0,4	1	0,4
	3	0,3	0,2	0,5	0,5
	4	1	0,8	1,4	1
	5	1,6	1	1,2	0,7
	6	1,3	0,5	1,5	1
	7	1	0,6	1,2	0,8
	8	1	0,7	1,2	0,7
	9	2	1	1,7	1
timur	10	1	0,5	0,8	0,5
	11	0,5	0,8	0,6	1
	12	1	0,5	1,3	0,5
	13	1,7	0,4	1,5	0,3
	14	1,5	0,4	1	0,4
	15	1,3	1,3	1,3	0,5
	16	1,5	1,2	1,3	2
	17	1	1	1,5	1,3
selatan	18	1	0,5	1	0,6
	19	0,5	0,6	0,8	0,6
	20	1	0,5	1,2	1
	21	1,1	0,4	1	0,6
	22	1,5	0,8	1,1	0,8
	23	0,8	1	1,4	0,6
utara	24	1,2	0,4	0,5	0,4
	25	1,5	0,4	0,7	0,4
	26	1,2	0,6	1,2	0,6
	27	1,1	0,4	1,3	0,5
	28	1,3	0,3	1,4	0,5
	29	1,4	0,4	1,2	0,6
	30	1,2	0,6	1,2	0,6

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 3 Kecepatan Kendaraan

No	Utara Kecepatan (km/jam)			Timur Kecepatan (km/jam)			Selatan Kecepatan (km/jam)			Barat Kecepatan (km/jam)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
1	41	92	31	41	29	28	50	53	32	36	22	32
2	45	34	35	29	24	16	50	30	43	58	41	36
3	43	28	32	48	36	32	33	55	39	58	22	26
4	48	35	27	58	48	41	49	45	56	32	58	29
5	39	30	23	58	53	21	69	53	38	41	29	19
6	45	34	28	42	45	33	53	30	46	22	36	36
7	49	38	30	33	36	36	65	32	32	36	36	48
8	37	38	31	45	49	44	54	40	32	58	41	20
9	45	40	29	56	43	38	84	30	33	58	36	17
10	52	47	34	49	37	21	43	29	45	36	48	61
11	43	37	36	39	44	50	66	40	38	44	36	24
12	54	39	48	68	49	33	79	55	33	36	58	25
13	43	37	33	38	43	32	79	53	30	41	72	25
14	47	38	20	48	44	42	72	35	32	48	17	61
15	40	33	17	42	30	12	63	38	43	58	58	16
16	54	35	61	51	30	51	60	36	39	58	58	12
17	36	31	24	32	28	66	57	37	56	36	96	29
18	42	36	51	30	29	21	50	49	36	58	72	19
19	50	30	36	53	33	34	46	26	45	58	58	42
20	43	42	44	46	39	36	47	33	32	58	29	31
21	51	62	15	58	32	44	35	25	47	72	72	21
22	37	59	19	39	38	24	40	30	51	41	58	50
23	45	53	16	39	42	28	60	38	38	48	58	33
24	44	34	35	51	35	30	60	52	44	36	96	33
25	40	31	32	42	39	27	23	25	35	96	41	20
26	42	37	42	50	38	46	36	62	58	41	48	17
27	66	33	51	49	33	38	45	25	30	58	58	35
28	39	28	32	48	41	42	60	61	32	72	36	21
29	40	34	21	83	35	37	36	54	43	48	48	50
30	51	41	60	74	20	27	50	57	31	96	58	12

Dipindai dengan CamScanner

No	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	Kecepatan (km/jam)			Kecepatan (km/jam)			Kecepatan (km/jam)			Kecepatan (km/jam)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
1	78	31	36	28	30	42	34	83	63	60	71	21
2	28	31	28	55	32	32	22	14	11	60	32	18
3	72	22	17	51	40	65	22	4	12	23	32	24
4	46	28	28	76	30	62	17	15	12	36	28	17
5	72	46	27	78	29	21	18	14	7	45	47	10
6	55	50	47	77	40	40	20	9	12	60	25	11
7	58	29	31	56	55	23	9	9	9	36	27	19
8	76	39	47	54	59	24	16	12	12	23	24	42
9	72	46	36	31	60	28	17	17	10	18	23	22
10	43	20	21	39	68	30	20	14	11	18	24	24
11	61	17	25	56	75	31	23	15	10	36	22	30
12	72	28	15	75	22	30	21	3	11	45	12	22
13	39	34	25	44	40	36	22	14	10	26	24	51
14	55	27	61	68	51	32	21	15	35	23	22	51
15	36	27	22	74	59	20	28	15	21	18	18	30
16	58	20	27	73	57	25	29	16	50	14	18	38
17	82	32	12	38	49	61	20	20	33	23	20	32
18	49	43	15	65	60	22	25	12	32	22	29	16
19	45	37	25	20	22	33	19	15	24	19	22	20
20	39	34	16	41	34	40	11	14	42	52	27	25
21	29	35	20	28	61	28	39	18	25	40	20	61
22	29	26	22	30	41	16	19	16	62	31	24	16
23	28	22	25	78	38	42	20	17	24	21	20	12
24	32	91	16	88	36	41	22	14	25	21	19	29
25	30	25	31	26	37	21	28	16	22	25	17	33
26	29	21	198	65	26	28	25	12	20	27	12	40
27	41	28	19	54	45	16	22	14	29	28	16	28
28	31	25	23	84	53	42	20	18	23	24	21	30
29	43	23	17	33	30	41	4	16	42	28	19	38
30	39	27	15	74	32	21	27	15	32	35	18	36

Dipindai dengan CamScanner

No	Utara			Timur			Selatan			Barat		
	Kecepatan (km/jam)			Kecepatan (km/jam)			Kecepatan (km/jam)			Kecepatan (km/jam)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
1	79	55	48	84	72	41	33	53	38	67	37	29
2	76	49	42	68	60	45	43	37	32	63	35	38
3	84	42	36	78	65	49	60	35	32	60	39	32
4	83	56	35	76	63	48	52	39	38	52	42	32
5	82	46	41	77	54	36	57	50	33	57	40	32
6	81	57	45	56	57	34	67	63	45	35	42	38
7	80	58	49	57	54	37	69	38	50	75	39	33
8	79	53	48	58	45	31	48	78	42	46	60	28
9	79	56	73	50	49	30	32	41	56	45	37	25
10	72	58	78	45	48	39	46	48	36	31	35	23
11	63	63	50	45	73	36	47	56	45	56	39	32
12	60	52	45	44	53	28	48	57	32	63	48	32
13	57	41	39	41	50	38	41	58	38	56	41	37
14	50	46	41	58	81	46	48	53	38	75	48	34
15	63	39	47	43	49	38	57	38	33	60	57	38
16	63	42	51	42	40	38	33	47	30	57	37	33
17	56	71	38	35	38	33	56	56	63	67	35	45
18	75	57	44	33	35	32	48	75	50	79	39	38
19	60	58	35	43	38	41	83	46	46	79	42	33
20	57	53	58	60	56	44	82	45	39	72	38	30
21	67	54	42	52	46	40	81	70	42	63	38	32
22	69	51	38	54	50	41	80	46	40	60	35	43
23	48	48	32	35	50	37	79	55	32	58	38	39
24	37	36	32	75	41	37	79	56	55	68	42	56
25	32	29	38	46	44	35	43	38	42	78	45	38
26	46	38	33	45	40	39	42	46	36	76	46	46
27	47	48	56	31	42	42	35	38	51	77	33	38
28	35	41	48	56	39	38	63	65	72	56	41	38
29	40	48	40	60	60	32	56	65	65	50	45	32
30	40	57	31	58	54	29	60	63	38	36	38	42

Dipindai dengan CamScanner

No	Utara Kecepatan (km/jam)			Timur Kecepatan (km/jam)			Selatan Kecepatan (km/jam)			Barat Kecepatan (km/jam)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
1	66	60	33	80	49	30	79	39	28	88	40	21
2	76	55	40	16	26	32	79	40	16	32	30	23
3	80	45	28	28	33	65	76	52	42	53	29	42
4	16	53	16	55	25	33	84	40	41	65	40	32
5	28	30	42	51	30	41	82	40	21	54	52	65
6	30	32	41	76	32	18	41	38	16	84	25	62
7	78	40	21	78	32	25	51	52	12	43	62	51
8	39	30	31	77	31	33	63	25	29	66	25	23
9	55	29	30	56	29	20	63	62	40	77	60	42
10	51	40	36	40	60	17	67	25	60	43	60	19
11	35	55	32	48	62	35	63	61	22	60	62	42
12	40	76	29	58	59	21	24	60	51	79	59	22
13	40	55	30	51	53	50	52	68	42	63	53	24
14	65	49	37	52	30	33	61	75	25	67	30	22
15	56	26	30	40	32	32	22	30	62	74	75	20
16	74	33	31	45	40	24	24	45	24	37	30	29
17	56	44	32	42	30	31	54	65	25	34	49	31
18	43	53	34	30	40	51	31	36	22	76	26	12
19	51	35	56	45	59	25	39	20	20	53	33	21
20	44	38	32	65	60	62	56	60	29	78	45	40
21	35	36	16	88	68	25	49	55	19	75	53	23
22	38	37	20	26	75	61	50	45	42	44	51	24
23	65	39	25	36	22	24	50	74	31	68	59	28
24	20	40	61	20	40	51	33	56	38	74	57	30
25	41	22	22	31	51	12	49	43	42	73	39	22
26	42	34	32	33	59	51	69	31	22	62	56	51
27	43	61	24	40	57	66	74	32	31	42	26	51
28	29	41	30	38	49	21	86	55	18	78	36	30
29	30	61	27	52	60	12	40	20	21	79	20	38
30	34	22	30	50	53	31	51	32	23	39	36	36

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 4 Panjang Antrian

NO	Utara		Timur		Selatan		Barat	
1	07.00	65	07.03	38	07.00	62	07.04	38
2	07.03	55	07.06	45	07.04	57	07.07	33
3	07.05	62	07.08	50	07.06	45	07.09	68
4	07.07	57	07.11	53	07.08	50	07.11	60
5	07.10	45	07.14	60	07.10	75	07.14	36
6	07.12	50	07.16	50	07.13	38	07.16	30
7	07.14	56	07.19	55	07.15	36	07.19	25
8	07.17	63	07.22	53	07.18	30	07.21	55
9	07.19	47	07.24	57	07.20	25	07.23	62
10	07.22	116	07.26	55	07.22	38	07.26	57
11	07.24	120	07.29	31	07.25	55	07.28	45
12	07.26	109	07.31	58	07.22	18	07.30	50
13	07.29	113	07.33	55	07.29	83	07.33	75
14	07.31	25	07.36	20	07.32	76	07.35	38
15	07.33	100	07.38	78	07.34	40	07.37	36
16	07.36	103	07.90	54	07.36	90	07.40	30
17	07.38	80	07.43	58	07.38	20	07.42	25
18	07.40	140	07.45	59	07.41	60	07.44	38
19	07.43	91	07.47	75	07.43	52	07.47	55
20	07.45	75	07.60	50	07.46	83	07.49	31
21	07.47	38	07.52	38	07.48	76	07.51	58
22	07·50	43	07.59	70	07.50	40	07.53	55
23	07.52	9	07.57	60	07.52	66	07.56	36
24	07.54	53	07.59	38	07.55	62	07.58	30
25	07.56	60	08.01	43	07.57	72	08.01	25
26	07.59	50	08.04	9	08.00	80	08.03	50
27	08.01	61	08.06	53	08.02	42	08.05	38
28	08.04	68	08.08	60	08.04	36	08.08	38
29	08.06	70	08.11	50	08.06	40	08.10	43
30	08.60	65	08.13	83	08.09	55	08.12	9
31	08.10	38	08.16	51	08.11	30	08.15	53
32	08.13	62	08.18	53	08.14	68	08.17	66
33	08.15	70	08.20	183	08.16	70	08.19	72
34	08.17	80	08.23	68	08.19	65	08.22	68
35	08.19	42	08.25	65	08.21	38	08.24	60
36	08.21	36	08.27	66	08.23	62	08.26	76
37	08.23	40	08.30	145	08.26	70	08.29	44
38	08.25	55	08.32	182	08.28	80	08.31	38

Dipindai dengan CamScanner

39	08.27	30	08.34	160	08.30	42	08.33	43
40	08.29	72	08.36.	151	08.32	36	08.36	36
41	08.31	66	08.39	196	08.35	40	08.38	30
42	08.33	72	08.41	85	08.37	83	08.40	25
43	08.35	68	08.44	69	08.39	76	08.43	76
44	08.38	60	08.46	45	08.42	40	08.45	94
45	08.40	76	08.48	50	08.44	98	08.48	36
46	08.42	44	08.51	42	08.47	39	08.50	30
47	08.44	86	08.53	60	08.49	83	08.52	25
48	08.46	206	08.55	83	08.51	79	08.54	45
49	08.48	121	08.58	80	08.53	43	08.57	65
50	08.50	139	09.00	98	08.56	9	08.59	100
51	08.52	110	09.02	48	08.58	53	09.02	103
52	08.54	101	09.05	96	09.03	80	09.04	135
53	08.56	78	09.07	98	09.05	42	09.06	84
54	08.58	75	09.10	48	09.07	36	09.09	76
55	09.00	84	09.12	96	09.10	40	09.01	94
56	09.02	84	09.14	20	09.12	55	09.03	38
57	09.05	76	09.16	39	09.14	30	09.14	43
58	09.07	94	09.19	43	09.17	70	09.01	75
59	09.09	80	09.21	30	09.19	72	09.25	76
60	09.11	68	09.23	43	09.22	30	09.27	94
61	09.13	100	09.26	38	09.24	25	09.30	80
62	09.15	103	09.28	43	09.26	55	09.32	40
63	09.17	135	09.30	190	09.29	62	09.34	42
64	09.19	140	09.33	168	09.31	57	09.36	68
65	09.21	91	09.35	60	09.33	45	09.39	38
66	09.23	84	09.38	50	09.36	50	09.41	43
67	09.25	74	09.90	145	09.38	38	09.44	56
68	09.27	84	09.92	150	09.41	33	09.46	63
69	09.29	212	09.94	44	09.43	68	09.48	47
70	09.31	160	09.47	50	09.45	38	09.51	42
71	09.33	146	09.49	42	09.47	43	09.53	70
72	09.35	145	09.51	60	09.50	43	09.55	45
73	09.37	150	09.59	83	09.52	56	09.58	65
74	09.39	44	09.56	45	09.54	63	10.00	38
75	09.41	48	09.56	50	09.57	47		
76	09.43	146	10.01	47	10.01	42		
77	09.45	145						
78	09.47	150						
79	09.50	42						

Dipindai dengan CamScanner

80	09.52	160						
81	09.54	83						
82	09.56	76						
83	09.58	40						
84	10.00	147						
85								

NO	Utara		Timur		Selatan		Barat	
1	15.01	60	15.00	41	15.01	62	14.07	80
2	15.03	90	15.02	30	15.03	100	15.00	60
3	15.05	45	15.04	38	15.05	70	15.02	50
4	15.08	20	15.07	42	15.08	100	15.04	81
5	15.10	25	15.09	90	15.10	60	15.07	65
6	15.12	35	15.11	95	15.12	70	15.09	70
7	15.15	30	15.14	110	15.15	65	15.10	40
8	15.17	31	15.16	120	15.17	80	15.13	65
9	15.19	72	15.18	113	15.19	65	15.15	70
10	15.22	83	15.21	91	15.22	90	15.17	60
11	15.24	85	15.22	100	15.24	58	15.19	70
12	15.26	77	15.25	118	15.26	100	15.21	70
13	15.28	87	15.26	810	15.28	72	15.23	100
14	15.31	100	15.30	131	15.31	90	15.25	90
15	15.34	112	15.33	119	15.34	60	15.27	100
16	15.36	121	15.35	122	15.36	60	15.29	60
17	15.38	92	15.37	126	15.38	68	15.31	85
18	15.40	86	15.39	135	15.40	56	15.33	100
19	15.43	113	15.42	131	15.43	90	15.35	80
20	15.45	152	15.44	182	15.45	116	15.37	95
21	15.47	167	15.46	182	15.47	105	15.39	100
22	15.50	96	15.48	175	15.50	105	15.41	120
23	15.52	85	15.51	190	15.52	80	15.43	95
24	15.55	72	15.54	185	15.55	120	15.45	80
25	15.57	80	15.56	152	15.57	90	15.47	80
26	15.59	101	15.58	140	15.59	125	15.49	75
27	16.02	87	16.01	130	16.02	120	15.51	80
28	16.04	95	16.03	112	16.04	122	15.53	60
29	16.05	120	16.04	121	16.05	90	15.55	100
30	16.09	134	16.08	98	16.09	80	15.57	75
31	16.11	105	16.10	100	16.11	50	15.59	5
32	16.13	147	16.12	82	16.13	80	16.01	80

Dipindai dengan CamScanner

33	16.15	162	16.14	510	16.15	80	16.03	80
34	16.17	186	16.16	93	16.17	45	16.05	100
35	16.19	157	16.18	100	16.19	65	16.07	85
36	16.23	163	16.22	85	16.23	45	16.09	120
37	16.25	185	16.24	92	16.25	52	16.11	100
38	16.27	156	16.26	81	16.27	70	16.13	80
39	16.29	160	16.28	103	16.29	92	16.15	75
40	16.32	144	16.31	50	16.32	51	16.17	60
41	16.35	157	16.34	45	16.35	33	16.19	70
42	16.37	166	16.36	70	16.37	56	16.21	75
43	16.39	187	16.38	62	16.39	86	16.23	60
44	16.41	192	16.40	38	16.41	90	16.25	60
45	16.43	172	16.42	52	16.43	60	16.27	55
46	16.46	180	16.45	62	16.46	80	16.29	50
47	16.49	160	16.48	59	16.49	106	16.31	60
48	16.51	141	16.50	78	16.51	120	16.33	75
49	16.53	107	16.52	30	16.53	110	16.35	40
50	16.56	160	16.55	60	16.56	145	16.37	35
51	16.59	185	16.58	44	16.59	176	16.39	70
52	17.01	170	17.00	55	17.01	184	16.41	80
53	17.03	120	17.02	58	17.03	190	16.43	30
54	17.06	80	17.05	62	17.06	220	16.45	40
55	17.08	75	17.07	65	17.08	150	16.47	55
56	17.11	67	17.10	53	17.11	159	16.49	60
57	17.12	75	17.12	53	17.12	180	16.51	90
58	17.15	60	17.15	39	17.15	65	16.53	40
59	17.17	83	17.17	45	17.17	80	16.55	60
60	17.19	66	17.19	50	17.19	65	16.57	80
61	17.21	60	17.21	81	17.21	90	16.59	50
62	17.23	52	17.23	92	17.23	58	17.01	65
63	17.25	0	17.25	60	17.25	55	17.03	60
64	17.27	90	17.27	58	17.27	30	17.05	70
65	17.29	20	17.29	38	17.29	70	17.07	65
66	17.31	12	17.31	40	17.31	72	17.09	40
67	17.33	32	17.33	95	17.33	30	17.11	35
68	17.35	45	17.35	40	17.35	25	17.13	45
69	17.37	47	17.37	40	17.37	55	17.15	50
70	17.39	46	17.39	70	17.39	68	17.17	60
71	17.41	75	17.41	93	17.41	38	17.19	45
72	17.43	90	17.43	25	17.43	43	17.21	55
73	17.45	68	17.45	45	17.45	43	17.23	51

Dipindai dengan CamScanner

74	17.47	78	17.47	35	17.47	56	17.25	65
75	17.49	46	17.49	65	17.49	66	17.27	70
76	17.51	35	17.51	70	17.51	72	17.29	60
77	17.53	30	17.53	50	17.53	68	17.31	30
78	17.55	67	17.55	48	17.55	60	17.33	45
79	17.57	70	17.57	65	17.57	76	17.35	55
80	17.59	80	17.59	67	17.59	44	17.37	45
81	18.01	65	18.02	90	18.01	86	17.39	30
82	18.03	70					17.41	50
83							17.43	-9
84							17.45	75
85							17.47	60
86							17.49	55
87							17.51	50
88							17.53	60
89							17.55	55
90							17.57	40
91							17.59	30
92							18.01	45

No	Utara		Timur		Selatan		Barat	
1	7:00	125	7:03	150	7:00	75	7:04	80
2	7:02	100	7:05	208	7:04	90	7:07	83
3	7:04	112	7:07	203	7:06	67	7:09	82
4	7:06	88	7:09	195	7:08	73	7:11	84
5	7:08	78	7:11	231	7:10	83	7:13	77
6	7:10	89	7:13	222	7:12	82	7:15	80
7	7:13	116	7:15	212	7:14	84	7:17	122
8	7:15	121	7:18	200	7:17	77	7:19	128
9	7:17	100	7:20	182	7:19	74	7:22	100
10	7:19	74	7:22	188	7:21	72	7:24	138
11	7:21	50	7:24	190	7:23	58	7:26	116
12	7:23	78	7:26	178	7:25	50	7:28	121
13	7:25	61	7:28	188	7:27	68	7:30	100
14	7:28	80	7:30	225	7:29	85	7:32	100
15	7:30	83	7:33	200	7:32	100	7:34	98
16	7:32	66	7:35	211	7:34	87	7:37	88
17	7:34	91	7:37	80	7:36	78	7:39	80
18	7:36	54	7:39	55	7:38	80	7:41	77
19	7:38	60	7:41	88	7:40	77	7:43	72

Dipindai dengan CamScanner

20	7:40	70	7:43	60	7:42	72	7:45	80
21	7:43	92	7:45	80	7:44	80	7:47	85
22	7:45	65	7:48	68	7:47	85	7:49	100
23	7:47	74	7:50	100	7:49	92	7:52	125
24	7:49	80	7:52	120	7:51	102	7:54	120
25	7:51	68	7:54	110	7:53	111	7:56	138
26	7:53	55	7:56	150	7:55	125	7:58	160
27	7:55	75	7:58	123	7:57	110	8:00	164
28	7:58	64	8:01	140	7:59	112	8:02	180
29	8:00	82	8:03	145	8:02	84	8:04	188
30	8:02	100	8:05	160	8:04	90	8:07	111
31	8:04	120	8:07	190	8:06	81	8:09	150
32	8:06	112	8:09	168	8:08	74	8:11	122
33	8:08	100	8:11	178	8:10	80	8:13	125
34	8:10	135	8:13	150	8:12	90	8:15	133
35	8:13	125	8:16	122	8:14	82	8:17	128
36	8:15	130	8:18	125	8:17	68	8:19	100
37	8:17	147	8:20	133	8:19	78	8:22	138
38	8:19	144	8:22	138	8:21	87	8:24	160
39	8:21	128	8:24	140	8:23	90	8:26	144
40	8:23	150	8:26	200	8:25	68	8:28	142
41	8:25	145	8:28	168	8:27	80	8:30	155
42	8:28	133	8:31	170	8:29	55	8:32	167
43	8:30	140	8:33	180	8:32	88	8:34	150
44	8:32	121	8:35	167	8:34	75	8:37	122
45	8:34	132	8:37	146	8:36	75	8:39	125
46	8:36	140	8:39	162	8:38	55	8:41	145
47	8:38	122	8:41	192	8:40	60	8:43	133
48	8:40	140	8:43	155	8:42	34	8:45	140
49	8:43	100	8:46	128	8:44	44	8:47	132
50	8:45	120	8:48	100	8:47	50	8:49	140
51	8:47	110	8:50	138	8:49	78	8:52	122
52	8:49	154	8:52	160	8:51	66	8:54	100
53	8:51	160	8:54	164	8:53	72	8:56	87
54	8:53	162	8:56	144	8:55	80	8:58	73
55	8:55	140	8:58	142	8:57	75	9:00	90
56	8:58	158	9:01	155	8:59	84	9:02	82
57	9:00	176	9:03	167	9:02	61	9:04	68
58	9:02	146	9:05	171	9:04	75	9:07	84
59	9:04	143	9:07	180	9:06	80	9:09	90
60	9:06	111	9:09	166	9:08	66	9:11	81

Dipindai dengan CamScanner

61	9:08	100	9:11	172	9:10	72	9:13	75
62	9:10	132	9:13	185	9:12	85	9:15	80
63	9:13	136	9:16	210	9:14	94	9:17	90
64	9:15	120	9:18	237	9:17	62	9:19	78
65	9:17	80	9:20	180	9:19	44	9:22	90
66	9:19	87	9:22	100	9:21	66	9:24	70
67	9:21	101	9:24	66	9:23	50	9:26	100
68	9:23	91	9:26	78	9:25	48	9:28	78
69	9:25	75	9:28	90	9:27	60	9:30	87
70	9:28	84	9:31	70	9:29	53	9:32	90
71	9:30	61	9:33	100	9:32	70	9:34	68
72	9:32	90	9:35	75	9:34	72	9:37	80
73	9:34	111	9:37	80	9:36	68	9:39	85
74	9:36	98	9:39	90	9:38	59	9:41	94
75	9:38	120	9:41	82	9:40	72	9:43	80
76	9:40	124	9:43	68	9:42	75	9:45	83
77	9:43	128	9:46	98	9:44	80	9:47	66
78	9:45	133	9:48	120	9:47	82	9:49	91
79	9:47	157	9:50	160	9:49	87	9:52	80
80	9:49	140	9:52	150	9:51	67	9:54	90
81	9:51	115	9:54	210	9:53	64	9:56	82
82	9:53	90	9:56	215	9:55	70	9:58	102
83	9:55	68	9:58	200	9:57	72	10:00	212
84	9:58	60	10:01	180	9:59	75		
85	10:00	78			10:02	120		

No	Utara		Timur		Selatan		Barat	
1	15:00	80	15:02	111	14.07	60	07.00	80
2	15:02	82	15:04	98	15.00	72	07.03	90
3	15:04	80	15:06	100	15.02	80	07.05	82
4	15:06	90	15:08	80	15.04	75	07.07	90
5	15:08	78	15:10	90	15.07	84	07.10	70
6	15:10	112	15:12	82	15.09	61	07.12	120
7	15:13	89	15:15	90	15.10	75	07.14	57
8	15:15	78	15:17	70	15.13	80	07.17	91
9	15:17	90	15:19	85	15.15	120	07.19	80
10	15:19	95	15:21	92	15.17	57	07.22	90
11	15:21	114	15:23	60	15.19	88	07.24	82

Dipindai dengan CamScanner

12	15:23	63	15:25	50	15.21	70	07.26	102
13	15:25	112	15:27	110	15.23	65	07.29	120
14	15:28	116	15:30	115	15.25	60	07.31	60
15	15:30	95	15:32	100	15.27	120	07.33	50
16	15:32	114	15:34	75	15.29	80	07.36	68
17	15:34	129	15:36	80	15.31	100	07.38	71
18	15:36	128	15:38	79	15.33	80	07.40	80
19	15:38	122	15:40	78	15.35	60	07.43	66
20	15:40	150	15:42	129	15.37	84	07.45	72
21	15:43	165	15:45	128	15.39	90	07.47	85
22	15:45	75	15:47	90	15.41	50	07·50	120
23	15:47	80	15:49	85	15.43	90	07.52	80
24	15:49	80	15:51	97	15.45	70	07.54	100
25	15:51	54	15:53	50	15.47	100	07.56	80
26	15:53	80	15:55	50	15.49	98	07.59	50
27	15:55	110	15:57	85	15.51	75	08.01	128
28	15:58	100	16:00	93	15.53	84	08.04	90
29	16:00	80	16:02	60	15.55	135	08.06	110
30	16:02	86	16:04	66	15.57	80	08.60	50
31	16:04	89	16:06	50	15.59	100	08.10	60
32	16:06	75	16:08	60	16.01	89	08.13	110
33	16:08	80	16:10	71	16.03	78	08.15	1110
34	16:10	100	16:12	95	16.05	90	08.17	60
35	16:13	135	16:15	65	16.07	120	08.19	122
36	16:15	65	16:17	70	16.09	82	08.21	56
37	16:17	100	16:19	50	16.11	80	08.23	99
38	16:19	64	16:21	74	16.13	90	08.25	50
39	16:21	50	16:23	112	16.15	100	08.27	50
40	16:23	85	16:25	75	16.17	120	08.29	60
41	16:25	90	16:27	52	16.19	70	08.31	87
42	16:28	110	16:30	50	16.21	80	08.33	52
43	16:30	80	16:32	60	16.23	68	08.35	50
44	16:32	90	16:34	65	16.25	66	08.38	60
45	16:34	60	16:36	50	16.27	40	08.40	121
46	16:36	71	16:38	82	16.29	54	08.42	100
47	16:38	50	16:40	74	16.31	69	08.44	50

Dipindai dengan CamScanner

48	16:40	60	16:42	99	16.33	80	08.46	67
49	16:43	66	16:45	90	16.35	60	08.48	80
50	16:45	50	16:47	81	16.37	80	08.50	60
51	16:47	60	16:49	70	16.39	60	08.52	141
52	16:49	71	16:51	80	16.41	85	08.54	122
53	16:51	90	16:53	79	16.43	67	08.56	110
54	16:53	97	16:55	60	16.45	54	08.58	90
55	16:55	116	16:57	67	16.47	66	09.00	54
56	16:58	82	17:00	50	16.49	76	09.02	69
57	17:00	85	17:02	43	16.51	73	09.05	80
58	17:02	65	17:04	112	16.53	76	09.07	85
59	17:04	80	17:06	74	16.55	89	09.09	67
60	17:06	93	17:08	69	16.57	67	09.11	75
61	17:08	128	17:10	80	16.59	67	09.13	50
62	17:10	71	17:12	85	17.01	67	09.15	60
63	17:13	81	17:15	67	17.03	85	09.17	65
64	17:15	89	17:17	75	17.05	70	09.19	50
65	17:17	70	17:19	50	17.07	70	09.21	82
66	17:19	80	17:21	90	17.09	65	09.23	90
67	17:21	85	17:23	76	17.11	75	09.25	81
68	17:23	115	17:25	80	17.13	80	09.27	70
69	17:25	77	17:27	85	17.15	68	09.29	80
70	17:28	130	17:30	65	17.17	75	09.31	100
71	17:30	89	17:32	80	17.19	50	09.33	60
72	17:32	100	17:34	70	17.21	116	09.35	84
73	17:34	75	17:36	65	17.23	65	09.37	50
74	17:36	69	17:38	66	17.25	66	09.39	65
75	17:38	80	17:40	62	17.27	62	09.41	75
76	17:40	165	17:42	80	17.29	120	09.43	60
77	17:43	90	17:45	90	17.31	60	09.45	90
78	17:45	97	17:47	84	17.33	50	09.47	80
79	17:47	80	17:49	67	17.35	50	09.50	80
80	17:49	65	17:51	90	17.37	65	09.52	85
81	17:51	68	17:53	80	17.39	75	09.54	70
82	17:53	138	17:55	80	17.41	60	09.56	60
83	17:55	100	17:57	85	17.43	90	09.58	50

Dipindai dengan CamScanner

84	17:58	117	18:00	90	17.45	100	10.00	80
85	18:00	125			17.47	80		
					17.49	62		
					17.51	80		
					17.53	90		
					17.55	65		
					17.57	66		
					17.59	50		
					18.01	60		

Dipindai dengan CamScanner