



TUGAS AKHIR - RC18-4803

PERENCANAAN LOKASI DAN KONFIGURASI GERBANG TOL YOGYAKARTA SOLO

MIFTAH IRIANSYAH ISNANDA
NRP. 03111540000136

Dosen Pembimbing :
Ir. Wahyu Herijanto MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya



TUGAS AKHIR - RC18-4803

PERENCANAAN LOKASI DAN KONFIGURASI GERBANG TOL YOGYAKARTA SOLO

MIFTAH IRIANSYAH ISNANDA
NRP. 03111540000136

Dosen Pembimbing :
Ir. Wahyu Herijanto MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - RC18-4803

**LOCATION PLANNING AND CONFIGURATION
OF YOGYAKARTA SOLO TOLL GATES**

MIFTAH IRIANSYAH ISNANDA
NRP. 03111540000136

Supervisor :
Ir. Wahyu Herijanto MT

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERENCANAAN LOKASI DAN KONFIGURASI
GERBANG TOL YOGYAKARTA SOLO**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi S-1 Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MIFTAH IRIANSYAH ISNANDA
NRP. 03111540000136

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :



1. Ir. Wahyu Herjanto M.T. (Pembimbing 1)

**SURABAYA
JULI, 2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERENCANAAN LOKASI DAN KONFIGURASI GERBANG TOL YOGYAKARTA SOLO

Nama Mahasiswa : Miftah Iriansyah Isnanda
NRP : 0311154000136
Departemen : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Wahyu Herijanto MT

ABSTRAK

Jalan tol merupakan jalan yang dikhususkan kendaraan dengan minimal 2 gandar dan sebelum memasuki jalan tol terdapat gerbang tol untuk membayar biaya masuk ke jalan tol tersebut dengan biaya yang berbeda-beda tiap golongan. Di dalam pelaksanaannya jalan tol yang seharusnya jalan bebas hambatan tetapi sering kali terjadi kemacetan salah satu faktor dari kemacetan itu sendiri adalah panjangnya antrian di gerbang tol dan kurang seimbangnya antara gerbang tol yang dioperasikan dengan jumlah kendaraan yang masuk jalan tol. Sehingga dibutuhkan jumlah gerbang tol yang optimum agar jalan tol dapat memaksimalkan fungsinya sebagai jalan bebas hambatan.

Tahap pertama dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah melakukan survey, menentukan lokasi yang akan di tinjau, dan studi literature yang bertujuan untuk mengetahui metode apa yang di gunakan dalam perencanaan gerbang tol Yogyakarta Solo yang paling optimum. Dilanjutkan dengan pengumpulan data pelayanan gerbang tol jika di rencanakan dengan sistem Gerbang Tol Otomatis (GTO), dan On Board serta data jumlah kendaraan untuk menentukan matriks asal tujuan. Untuk data lama waktu pelayanan gerbang tol dilakukan dengan cara survey menggunakan stopwatch. Untuk data jumlah kendaraan dapat di lakukan survey pada pihak pihak yang bersangkutan dalam menentukan jumlah kendaraan yang lewat. Setelah semua data sudah ada dilakukan matriks asal tujuan dan dimen

yang di butuhkan dalam gerbang tol. Kemudian setelah mendapatkan matriks alas tujuan akan di lakukan perhitungan perencanaan gerbang tol yang paling optimum dengan kombinasi atau satu sitem saja yang di gunakan dalam gerbang tol tersebut yaitu dengan sistem Gerbang Tol Otomatis (GTO), dan On Board. Harapannya perencanaan ini didapati jumlah gerbang tol yang optimum dalam segi panjang antrian, dan tingkat pelayanan.

Hasil dari perencanaan gerbang tol Yogyakarta Solo tahun 2019. Gerbang tol Surakarta, Delanggu, Klaten, Prambanan, Yogyakarta untuk arah masuk keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus golongan I, gardu tol otomatis, dan gardu On Board Unit. Pada tahun 2024 gerbang tol Surakarta, Delanggu Klaten arah masuk keluar 1 gardu tol otomatis khusus golongan I, 2 masuk keluar untuk gardu tol otomatis dan 1 masuk keluar On Board Unit. Prambanan arah masuk keluar 1 gardu tol otomatis khusus golongan I, 1 masuk 2 keluar untuk gardu tol otomatis 1 masuk keluar On Board Unit. Yogyakarta arah masuk 2 keluar 1 gardu tol otomatis khusus golongan I, 1 masuk keluar untuk gardu tol otomatis dan 1 masuk keluar On Board Unit

Kata Kunci : Perencanaan Gerbang Tol, Gerbang Tol Yogyakarta Solo, Gerbang Tol yang Optimum.

LOCATION PLANNING AND CONFIGURATION OF YOGYAKARTA SOLO TOLL GATES

Student Name : Miftah Iriansyah Isnanda
NRP : 03111540000136
Department : Civil Engineering FTSLK-ITS
Supervisor : Ir. Wahyu Herijanto MT

Abstract

A toll road is a private road mainly for any vehicle with a minimum of two axis, which money must be paid for passage through a toll gate. The cost may vary based on the location and what category your vehicle is classified in. in the reality where toll roads are supposed to be traffic-free, many occurrences have happened the opposite. One of the main factors of this issue is the disproportion between the provided toll gates with the amount of the vehicles entered the toll road, which leads to the long queue in the toll gates. Build upon this, there is a need for additional toll gates in toll road to be fully functioned and optimized as a traffic-free road.

The first step for this final thesis is to conduct a survey and review in the chosen location. Then from literature study, this research will find out what method is the most suitable for the case of Yogyakarta Solo toll gates. This research will collect data from the application of Automatic Toll-Gate and On Board Unit, as well as the number of vehicles passing, which the data of vehicles will be gotten from the concerded person handling the data, to discover the matrix from origin destination. Further research about the service time of the toll gates will be determined by a stopwatch survey. All the data and the optimize the service time, by using one kind of toll gate or using the combination between Automatic Toll Gate and On Board Unit.

The result of the planning of the Yogyakarta Solo toll gate 2019 Surakarta, Delanggu, Klaten, Prambanan, Yogyakarta

toll gate for the incoming outgoing directions there is 1 class I-type automatic toll booths, 1 automatic toll booths and 1 On Board Unit. In 2024, Surakarta, Delanggu, Klaten toll gate for incoming and outgoing directions there are 1 class I type automatic toll booths, 2 incoming outgoing automatic toll booths 1 incoming outgoing On Board Unit. Prambanan toll gate for incoming outgoing 1 directions class I-type automatic toll booth, 1 incoming ,2 outgoing automatic toll booth, 1 On Board Unit. Yogyakarta toll gate for incoming 2 ,1 outgoing directions class I-type automatic toll booth, 1 incoming outgoing automatic toll booth, 1 incoming outgoing On Board Unit

Key Words: Planning of toll gates, Yogyakarta Solo toll gate optimized toll gate

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah menganugerahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Perencanaan Lokasi Dan Konfigurasi Gerbang Tol Yogyakarta Solo” dengan baik.

Pada kesempatan ini pula penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu mendukung dan membantu, baik secara moral maupun material.
2. Kakak yang selalu memberikan dukungan secara moral.
3. Ir. Wahyu Herijanto MT selaku dosen konsultasi, yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis sehingga dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini dengan lancar.
4. Teman-teman Sipil ITS angkatan 2015 (Kopassus), kontrakan dian regency (KDR) dan semua pihak yang telah membantu penuls dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Gracia Adeliska, Latif, KDR yang telah membantu dalam proses revisi.

Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Kritik dan saran sangat diharapkan, agar penulis dapat belajar lebih baik lagi demi kemajuan kita bersama

Surabaya, Juli 2019

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xx
BAB I PENDAHULUAN	xxii
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penulisan.....	4
1.6 Lokasi Studi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum	7
2.2 Studi Terdahulu.....	7
2.3 Pengertian, Tujuan, dan Manfaat Jalan Tol	10
2.3.1 Persyaratan Jalan Tol.....	12
2.3 Jenis Kendaraan pada Jalan Tol	13
2.4 Perencanaan Titik dan Lokasi Gerbang Tol.....	14
2.5 Perencanaan Gerbang Tol	14
2.5.1 Kriteria Umum.....	14
2.5.2 Jumlah Kebutuhan Gerbang Tol.....	15
2.6 Perencanaan Taper	17
2.7 Teori Antrian.....	17

2.7.1	Sistem Antrian	18
2.8	Sistem Antrian Gerbang Tol	28
2.9	Trip Distribution.....	30
2.10	Model Sebaran Pergerakan.....	31
2.11	Trip Assignment.....	33
2.12	Sistem Pembayaran Pada Gerbang Tol	33
2.12.1	Sistem Pembayaran (GTO).....	33
2.12.2	Sistem Pembayaran On Board (OBU)	34
2.13	Kebijakan yang dapat di lakukan	35
BAB III	METODOLOGI.....	39
3.1	Umum.....	39
3.2	Langkah Penulisan Tugas Akhir	39
3.3	Identifikasi Permasalahan	39
3.4	Studi Literatur	40
3.5	Perencanaan Titik dan Lokasi Gerbang Tol	40
3.6	Survei dan Pengumpulan Data	41
3.7	Analisis Data	44
3.8	Pembahasan.....	47
3.9	Kesimpulan dan Saran.....	47
3.10	Bagan Alir (<i>Flow Chart</i>).....	47
BAB IV	PENGUMPULAN DATA.....	49
4.1	Umum.....	49
4.2	Data Sekunder	49
4.2.1	Volume Lalu Lintas Jalan Eksisting	49
4.2.1	Pertumbuhan Penduduk Jawa Tengah	60

4.2.2	Pertumbuhan Penduduk DIY	61
4.3	Data Primer	61
4.3.1	Waktu Pelayanan	61
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	77
5.1	Perencanaan Titik dan Lokasi Gerbang Tol.....	77
5.2	Matriks Asal Tujuan.....	77
5.3	Analisis Tingkat Kedatangan (λ)	84
5.3.1	Analisis Distribusi Kendaraan	86
5.3.2	Analisis Jumlah Masuk dan Keluar Gerbang	88
5.4	Analisis Waktu Pelayan	89
5.5	Analisis Tingkat Pelayanan (μ).....	99
5.6	Analisis Perbandingan Tingkat Pelayanan.....	101
5.6.1.	Analisis Perbandingan Pelayanan Gerbang	103
5.7	Analisis Antrian pada Gerbang Tol	109
5.8	Perencanaan Gerbang Tol tahun 2023	115
5.8.1	Analisis Tingkat Kedatangan.....	119
5.7.2	Analisis Distribusi Kendaraan	121
5.7.3	Analisis Jumlah Masuk dan Keluar Gerbang	122
5.7.4	Analisis Tingkat Pelayanan Tahun 2023	123
5.7.5	Analisis Perbandingan Tingkat Pelayanan	125
5.7.6	Analisis Antrian Gerbang Tol Tahun 2023.....	131
BAB VI	KESIMPULAN	139
6.1	Kesimpulan	139
6.2	Saran	142
DAFTAR PUSTAKA		143

LAMPIRAN	145
-----------------------	------------

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Golongan Jenis Kendaraan Bermotor.....	13
Tabel 2.3. Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Jalan Tol yang Sudah Beroperasi.	44
Tabel 3. 1 Formulir Survey Waktu Pelayanan Kendaraan untuk Masing-masing Gerbang	43
Tabel 4. 2 Volume Lalu Lintas Ruas Jln. Perintis Kemerdekaan (Klaten)	52
Tabel 4. 3 Volume Lalu Lintas Ruas Jln. Diponegoro (Klaten)..	54
Tabel 4. 4 Volume Lalu Lintas Ruas Jln. Kartini (Klaten)	56
Tabel 4. 5 Volume Lalu Lintas Ruas Bts Kota Klaten – Prambanan (Bts Prov DIY)	58
Tabel 4. 6 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I....	62
Tabel 4. 7 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II ..	64
Tabel 4. 8 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis	66
Tabel 4. 9 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis	68
Tabel 4. 10 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V	70
Tabel 4. 11 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	72
Tabel 4. 12 Waktu Pelayanan <i>On Board Unit</i> (OBU).....	74
Tabel 5. 1 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan I (Metode Furness)	80
Tabel 5. 2 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan II (Metode Furness)	80
Tabel 5. 3 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan III (Metode Furness)	81
Tabel 5. 4 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan IV (Metode Furness)	81
Tabel 5. 5 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan V (Metode Furness)	81
Tabel 5. 6 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan I (Metode JICA1)	82
Tabel 5. 7 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan II (Metode JICA1)	82

Tabel 5. 8 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan III (Metode JICA1)	83
Tabel 5. 9 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan IV (Metode JICA1)	83
Tabel 5. 10 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan V (Metode JICA1)	83
Tabel 5. 11 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak	84
Tabel 5. 12 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak	85
Tabel 5. 13 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak	85
Tabel 5. 14 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak	85
Tabel 5. 15 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak	86
Tabel 5. 16 Distribusi Kendaraan ke Gerbang Tol	87
Tabel 5. 17 Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang Tol	88
Tabel 5. 18 Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang Tol	89
Tabel 5. 19 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I	89
Tabel 5. 20 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II	91
Tabel 5. 21 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III	92
Tabel 5. 22 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV	94
Tabel 5. 23 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V	95
Tabel 5. 24 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	97
Tabel 5. 25 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol OBU	98
Tabel 5. 26 Tingkat Pelayanan Gerbang Tol 2019	101
Tabel 5. 27 Jumlah Rencana Gardu Tol Tiap Gerbang	102
Tabel 5. 28 Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan Gerbang Tol Tahun 2019	108
Tabel 5. 29 Hasil Analisis Gerbang Tol Tahun 2019	114
Tabel 5. 30	115
Tabel 5. 31 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan II (Metode Furness)	116

Tabel 5. 32 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan III (Metode Furness).....	116
Tabel 5. 33 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan IV (Metode Furness).....	116
Tabel 5. 34 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan V (Metode Furness).....	117
Tabel 5. 35 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan I (Metode JICA1).....	117
Tabel 5. 36 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan II (Metode JICA1).....	118
Tabel 5. 37 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan III (Metode JICA1).....	118
Tabel 5. 38 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan IV (Metode JICA1).....	118
Tabel 5. 39 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan V (Metode JICA1).....	119
Tabel 5. 40 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak.....	119
Tabel 5. 41 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak.....	120
Tabel 5. 42 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak.....	120
Tabel 5. 43 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak.....	120
Tabel 5. 44 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak.....	121
Tabel 5. 45 Distribusi Kendaraan ke Gerbang Tol.....	122
Tabel 5. 46 Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang Tahun 2023 ...	123
Tabel 5. 47 Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang Tahun 2023 ...	123
Tabel 5. 48 Tingkat Pelayanan Gerbang Tol 2023.....	124
Tabel 5. 49 Jumlah Rencana Gardu Tol Tiap Gerbang.....	125
Tabel 5. 50 Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan Gerbang Tol Tahun 2023.....	130
Tabel 5. 51 Hasil Analisis Antrian Gerbang Tol Tahun 2023...	137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Jalan Tol Yogyakarta-Solo.	5
Gambar 2. 1 Peraturan Panjang Taper.....	22
Gambar 2. 2 Disiplin Antrian First In First Out	22
Gambar 2. 3 Disiplin Antrian Last In First Out.....	24
Gambar 2. 4 Struktur Antrian Single Channel – Single Phase	25
Gambar 2. 5 Struktur Antrian Single Channel – Multi Phase	26
Gambar 2. 6 Struktur Antrian Multi Channel – Single Phase	27
Gambar 2. 7 Struktur Antrian Multi Channel – Multi Phase.....	28
Gambar 2. 8 Skematik Pengertian Trip Distribution	30
Gambar 2. 9 Metode untuk Mendapatkan Matriks AsalTujuan (MAT)	32
Gambar 2. 10 Sistem Pembayaran Gardu Tol Otomatis (GTO)..	34
Gambar 2. 11 Perangkat On Board (OBU) dan sistem pembayaran OBU.....	35
Gambar 2. 12 Ilustrasi Sistem Tandem	36
Tabel 3. 1 Formulir Survey Waktu Pelayanan Kendaraan untuk Masing-masing Gerbang	43
Gambar 4. 1 Proyeksi Penduduk Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah 2010-2025.....	60
Gambar 4. 2 Jumlah Penduduk menurut Kabupaten/Kota di D.I.Yogyakarta	61
Gambar 5. 1 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I	90
Gambar 5. 2 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II.....	91
Gambar 5. 3 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III	93
Gambar 5. 4 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV	94
Gambar 5. 5 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V.....	96
Gambar 5. 6 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	97

Gambar 5. 7 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I.....	98
Gambar 5. 8 Ilustrasi Gardu Tol arah Masuk.....	105
Gambar 5. 9 Ilustrasi Gardu Tol arah Keluar.....	107
Gambar 5. 10 Ilustrasi antrian pada gerbang tol arah masuk	111
Gambar 5. 11 Ilustrasi antrian pada gerbang tol arah keluar.....	113
Gambar 5. 12 Ilustrasi gardu tol arah masuk.....	131
Gambar 5. 13 Ilustrasi gardu tol arah keluar	134
Gambar 5. 14 Ilustrasi gardu tol arah masuk.....	133
Gambar 5. 15 Ilustrasi gardu tol arah keluar	136

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi sangat berpengaruh terhadap perpindahan barang dan jasa sehingga berpengaruh pada peningkatan ekonomi. Pembangunan transportasi di Indonesia saat ini terfokus pada pembangunan di darat. Pertumbuhan kendaraan di Indonesia mengalami peningkatan pada setiap tahunnya sehingga dibutuhkan fasilitas transportasi seperti jalan tol untuk mengurangi tingkat kemacetan. Pada kota-kota besar sekarang sering terjadi kemacetan sehingga terdapat solusi yang ditawarkan yaitu dengan membangun jalan tol untuk mengurangi kemacetan.

Kota Yogyakarta dan Kota Solo merupakan dua kota yang memberi kontribusi cukup besar dalam pertumbuhan dan pergerakan industri di Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) serta sebagai wilayah yang mendukung fungsi Kota Yogyakarta dan Kota Solo sebagai hubungan bagi aktivitas ekonomi dan sosial wilayah Indonesia. Menurut BPS Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) tahun 2016, Kota Yogyakarta memiliki kenaikan jumlah penduduk sebesar 1,33%, sedangkan Kota Solo memiliki kenaikan sebesar 0,38%. Dengan makin meningkatnya angka jumlah penduduk tiap tahunnya, maka proyeksi penambahan mobilitas atau pergerakan orang dan barang dari maupun ke Yogyakarta atau Solo akan semakin meningkat. Pergerakan lalu lintas angkutan jalan merupakan pergerakan yang dominan di kawasan Yogyakarta dan Solo. Hal ini sangat terlihat dengan tingginya lalu lintas pada jalan Nasional Yogyakarta-Solo yang mengalami kemacetan. Daerah Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) untuk membangun jaringan jalan bebas hambatan atau jalan tol Yogyakarta-Solo. “Jalan tol ini dibangun untuk mengurangi kemacetan di jalan nasional Yogyakarta menuju Solo” Menteri PUPR

<http://news.harianjogja.com/read/2018/10/26/500/948528/konstr>

[uksi-tol-kulonprogo-solo-dibangun-medio-2019](#)). Serta “Pembuatan jalan baru dengan tujuan Yogyakarta-Solo menjadi sebuah kebutuhan karena jalan tol dianggap lebih efisien dari segi pembiayaan” Menteri Perhubungan (<https://www.merdeka.com/peristiwa/pembangunan-tol-yogya-solo-menhub-bilang-demi-efisiensi-waktu-tempuh.html>). Hal ini juga masuk program kerja Presiden Jokowi dalam upaya meningkatkan infrastruktur di Indonesia khususnya di bidang jalan tol Trans Jawa untuk menyambung semua wilayah yang ada di Jawa dan salah satu jalan tol tersebut adalah dengan adanya pembangunan jalan tol Yogyakarta-Solo (<https://www.suaramerdeka.com/smcetak/baca/99530/tol-pantai-selatan-jalur-baru-transportasi-jawa>). Jalan tol Yogyakarta-Solo direncanakan akan memiliki total panjang 54 km, dengan belum adanya rencana pembagian seksi jalan tol Yogyakarta-Solo terdapat dasar yang mengatur pembagian seksi yang disebutkan “jarak antarsimpang susun, paling rendah 5 (lima) kilometer untuk jalan tol luar perkotaan dan paling rendah 2 (dua) kilometer untuk jalan tol dalam perkotaan” pada PP no 15/2005 pasal 6 ayat 1c.

Jalan tol merupakan jalan yang di khususkan kendaraan dengan minimum 2 gandar (mobil, bis, truk, dll) dan sebelum kendaraan memasuki jalan tol akan melewati gerbang tol untuk membayar biaya masuk ke jalan tol tersebut dengan biaya yang berbeda-beda setiap golongannya. Di dalam pelaksanaan jalan tol yang seharusnya jalan bebas hambatan tetapi sering kali terjadi kemacetan dikarenakan panjang antrian di gerbang tol dan kurang seimbangnya antara gerbang tol yang di oprasikan dengan jumlah kendaraan yang akan membayar pada gerbang tol tersebut. Seharusnya jalan tol dapat mengoptimalkan sebagai jalan bebas hambatan dengan cara mengoptimalkan fungsi gerbang tol. Agar perpindahan barang dan jasa tidak terhambat sehingga dapat meningkatkan tingkat perekonomian.

Dengan melihat semua itu maka perlu adanya perencanaan gerbang tol yang sesuai atau yang optimum dengan jumlah

kendaraan yang lewat pada gerbang tol tersebut. Dengan perencanaan gerbang tol yang matang dan sesuai membuat tidak adanya kemacetan di gerbang tol. Sehingga semua perjalanan barang dan jasa tidak akan terhambat.

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Menentukan letak titik gerbang tol Yogyakarta Solo?
2. Berapa volume kendaraan yang keluar masuk gerbang tol?
3. Bagaimana layout dan berapa jumlah gardu tol yang dibutuhkan dan panjang antrian berdasarkan tingkat kedatangan kendaraan apabila semua gerbang tol direncanakan menggunakan system Gardu Tol Otomatis (GTO) dan On Board Unit (OBU)?
4. Bagaimana layout dan berapa jumlah gardu tol yang dibutuhkan dan panjang antrian berdasarkan tingkat kedatangan kendaraan apabila semua gerbang tol direncanakan menggunakan system Gardu Tol Otomatis (GTO) dan On Board Unit (OBU) pada tahun 2024?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui titik gerbang tol Yogyakarta-Solo.
2. Mengetahui volume kendaraan yang keluar masuk gerbang tol.
3. Mengetahui layout dan jumlah gardu tol yang dibutuhkan dan panjang antrian berdasarkan tingkat kedatangan kendaraan apabila menggunakan system Gardu Tol Otomatis (GTO) dan On Board Unit (OBU).
4. Mengetahui layout dan jumlah gardu tol yang dibutuhkan dan panjang antrian berdasarkan tingkat kedatangan kendaraan apabila menggunakan system Gardu Tol

Otomatis (GTO) dan On Board Unit (OBU) pada tahun 2024.

1.4 Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini tidak terjadi penyimpangan dalam pembahasan masalah, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

1. Kendaraan yang ditinjau hanya kendaraan roda 4 atau lebih.
2. Tidak memperhitungkan dari segi ekonomi dan finansial.
3. Tidak memperhitungkan geometrik jalan tol.
4. Tidak memperhitungkan perilaku pengendara.

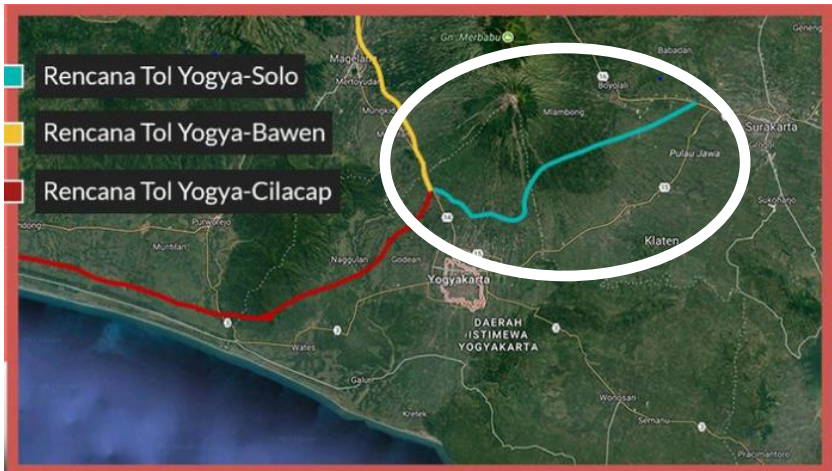
1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Memberikan gambaran dalam menentukan jumlah gerbang tol yang optimal sesuai dengan tingkat kedatangan kendaraan.
2. Sebagai referensi untuk mahasiswa, PT. Adhi Karya, dan pihak lain yang berencana melakukan perencanaan gerbang tol di kemudian hari.

1.6 Lokasi Studi

Jalan tol yang ditinjau merupakan jalan tol yang menghubungkan Kota Yogyakarta dan Kota Solo yaitu jalan tol Yogyakarta-Solo. Peta jalan tol Yogyakarta-Solo dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 . Lokasi Jalan Tol Yogyakarta-Solo.
(Sumber: <URL: <https://tirto.id/untung-rugi-tiga-jalan-tol-yang-mengiris-wilayah-yogyakarta-cws6>> (10 November 2018))

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka di dalamnya meliputi uraian sistematis tentang informasi hal-hal penelitian yang pernah di lakukan oleh peneliti sebelumnya yang relevan untuk membantu dalam penulisan tugas akhir ini. Tinjauan pustaka bertujuan untuk merangkum pengetahuan yang berkaitan dengan penelitian.

2.2 Studi Terdahulu

Pada Tugas Akhir ini, mengambil beberapa referensi dari tugas akhir sebelumnya yang ditulis oleh mahasiswa teknik sipil FTSP ITS. Berikut referensi yang ambil :

- 1) • Judul tugas akhir : “Perencanaan Gerbang Tol Pandaan Malang”.

 - Penulis : Magistra Zuhair Wasistha
 - Dosen pembimbing : Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD
 - Tahun : 2017

Tugas Akhir tersebut melakukan studi yang bertujuan untuk merencanakan kebutuhan gerbang tol untuk menampung volume kendaraan yang masuk ke gerbang tol. Tugas akhir tersebut disusun dengan ruang lingkup gerbang tol yang ditinjau, yaitu :

- Gerbang tol Purwodad
- Gerbang tol Lawang
- Gerbang tol Pakis 1
- Gerbang tol Pakis 2
- Gerbang tol Malang

Tugas Akhir tersebut dilakukan dengan cara mengumpulkan data primer dan data sekunder untuk kemudian dianalisis. Data primer diambil melalui survey yang dilakukan di tiap-tiap gerbang tol yang akan dianalisis. Data yang diambil pada saat survey adalah tingkat kedatangan kendaraan, panjang antrian, dan waktu pelayanan. Data sekunder merupakan data pendukung atau penunjang, yang diambil melalui lembaga pengelola jalan tol yaitu PT Jasa Marga. Setelah data primer didapat dilakukan analisa. Analisa tingkat kedatangan kendaraan yang dianalisa adalah tingkat kedatangan dengan jumlah kendaraan asli, yaitu jumlah kendaraan hasil survey pada gerbang tol yang ditinjau. Analisa waktu pelayanan, data waktu pelayanan yang telah didapat dari hasil survey diolah sehingga didapatkan grafik frekuensi kumulatif dari gerbang tol yang ditinjau. Analisa antrian pada gerbang tol dilakukan menurut disiplin antrian *First In First Out* (FIFO). Analisa antrian dilakukan agar dapat melihat seberapa panjang antrian secara hitungan dan dapat melihat jumlah gardu yang dibutuhkan pada tabel hasil analisa.

Hasil dari penelitian perencanaan gerbang tol Pandaan-Malang pada tahun 2016 gerbang Purwodadi, Lawang, Pakis 1, Pakis 2, dan Malang untuk arah masuk dan keluar terdapat 1 gardu tol konvensional, 1 gardu tol otomatis dan on board unit digabung menjadi 1 gardu. Pada tahun 2030 diasumsikan semua gerbang tol menggunakan gardu tol otomatis dan on board unit digabung menjadi 1 gardu seperti pada tahun 2016. Gerbang Purwodadi untuk arah masuk 1 gardu, keluar 2 gardu. Gerbang Lawang arah masuk 1 gardu, keluar 2 gardu. Gerbang Pakis 1 arah masuk 2 gardu, keluar 2 gardu. Gerbang Pakis 2 arah masuk 1 gardu, keluar 1 gardu. Gerbang Malang arah masuk 2 gardu, keluar 3 gardu. Pada tahun 2045 diasumsikan 2 jenis gardu yaitu gardu tol otomatis dan gardu tol on board unit. Gerbang Purwodadi, Lawang, dan Pakis 1 untuk arah masuk dan keluar terdapat 2 gardu tol otomatis dan 1

gardu tol on board unit. Untuk gerbang tol Pakis 2 arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, sedangkan arah keluar terdapat 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit. Untuk gerbang tol Malang arah masuk terdapat 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, sedangkan arah keluar terdapat 4 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.

2) ● Judul tugas akhir : “Perencanaan Gerbang Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar”.

- Penulis : Arnold Yosua Dondokambey
- Dosen pembimbing : Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD
A. Agung Gde Kartika, ST.
Msc
- Tahun : 2018

Tugas Akhir tersebut melakukan studi yang bertujuan untuk merencanakan kebutuhan gerbang tol untuk menampung volume kendaraan yang masuk ke gerbang tol. Tugas akhir tersebut disusun dengan ruang lingkup gerbang tol yang ditinjau, yaitu :

- Gerbang tol Wringin Anom
- Gerbang tol Kedamen
- Gerbang tol Cerme
- Gerbang tol Bunder
- Gerbang tol Manyar

Tugas Akhir tersebut dilakukan dengan cara mengumpulkan data primer dan data sekunder untuk kemudian dianalisis. Data primer diambil melalui survey yang dilakukan di tiap-tiap gerbang tol yang akan dianalisis. Data yang diambil pada saat survey adalah tingkat kedatangan kendaraan, panjang antrian, dan waktu pelayanan. Data sekunder merupakan data pendukung

atau penunjang, yang diambil melalui lembaga pengelola jalan tol yaitu PT Jasa Marga. Setelah data primer didapat dilakukan analisa. Analisa tingkat kedatangan kendaraan yang dianalisa adalah tingkat kedatangan dengan jumlah kendaraan asli, yaitu jumlah kendaraan hasil survey pada gerbang tol yang ditinjau. Analisa waktu pelayanan, data waktu pelayanan yang telah didapat dari hasil survey diolah sehingga didapatkan grafik frekuensi kumulatif dari gerbang tol yang ditinjau. Analisa antrian pada gerbang tol dilakukan menurut disiplin antrian *First In First Out* (FIFO). Analisa antrian dilakukan agar dapat melihat seberapa panjang antrian secara hitungan dan dapat melihat jumlah gardu yang dibutuhkan pada tabel hasil analisa.

Hasil dari penelitian perencanaan gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar pada tahun 2019 gerbang Wringin Anom terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit. Dan untuk gerbang Kedamen, Cerme, Bunder, Manyar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit. Pada tahun 2030 gerbang Wringin Anom terdapat 2 gardu tol otomatis khusus gol. I, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit, dan untuk arah keluar terdapat 2 gardu tol otomatis khusus gol. I, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit. Dan untuk gerbang Kedamen, Cerme, Bunder, Manyar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit.

2.3 Pengertian, Tujuan, dan Manfaat Jalan Tol

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia nomor 38 tahun 2004 Pasal 1 ayat 7, pengertian dari jalan tol adalah “jalan

umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol". Pada Pasal 1 poin 8, Tol adalah sejumlah uang tertentu yang dibayarkan untuk penggunaan jalan tol.

Tujuan jalan tol menurut Badan Pengatur Jalan Tol Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (BPJT) adalah :

1. Memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang.
2. Meningkatkan pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang pertumbuhan ekonomi.
3. Meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan.
4. Meringankan beban dan Pemerintah melalui partisipasi pengguna jalan.

Manfaat jalan tol menurut Badan Pengatur Jalan Tol Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (BPJT) adalah :

1. Pembangunan jalan tol akan berpengaruh pada perkembangan wilayah dan peningkatan ekonomi.
2. Meningkatkan mobilitas dan aksesibilitas orang dan barang.
3. Pengguna jalan tol akan mendapatkan keuntungan berupa penghematan biaya operasi kendaraan (BOK) dan waktu dibanding apabila melewati jalan non tol.
4. Badan usaha mendapatkan pengembalian investasi melalui pendapatan tol yang tergantung kepastian tarif tol.

2.3.1 Persyaratan Jalan Tol

Dalam perencanaan sudah semestinya dibutuhkan persyaratan yang dapat mendukung kebermanfaatan dan pelaksanaannya. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia nomor 15 tahun 2005 tentang jalan tol pada pasal 6 jalan tol harus mempunyai spesifikasi :

1. Tidak ada persimpangan sebidang dengan ruas jalan lain atau dengan prasarana transportasi lainnya;
2. Jumlah jalan masuk dan jalan keluar ke dan dari jalan tol dibatasi secara efisien dan semua jalan masuk dan jalan keluar harus terkendali secara penuh;
3. Jarak antarsimpang susun, paling rendah 5 (lima) kilometer untuk jalan tol luar perkotaan dan paling rendah 2 (dua) kilometer untuk jalan tol dalam perkotaan;
4. Jumlah lajur sekurang-kurangnya dua lajur per arah;
5. Menggunakan pemisah tengah atau median; dan
6. Lebar bahu jalan sebelah luar harus dapat dipergunakan sebagai jalur lalu-lintas sementara dalam keadaan darurat.

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia nomor 15 tahun 2005 tentang jalan tol pasal 5 jalan tol mempunyai syarat teknis seperti berikut :

1. Jalan tol mempunyai tingkat pelayanan keamanan dan kenyamanan yang lebih tinggi dari jalan umum yang ada dan dapat melayani arus lalu lintas jarak jauh dengan mobilitas tinggi.
2. Jalan tol yang digunakan untuk lalu lintas antar kota didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 80 (delapan puluh) kilometer per jam, dan untuk jalan tol di wilayah perkotaan didesain dengan kecepatan rencana paling rendah 60 (enam puluh) kilometer per jam.

3. Jalan tol didesain untuk mampu menahan muatan sumbu terberat (MST) paling rendah 8 (delapan) ton.
4. Setiap ruas jalan tol harus dilakukan pemagararan, dan dilengkapi dengan fasilitas penyebrangan jalan dalam bentuk jembatan atau terowongan.
5. Pada tempat-tempat yang dapat membahayakan pengguna jalan tol, harus diberi bangunan pengaman yang mempunyai kekuatan dan struktur yang dapat menyerap energi benturan kendaraan.
6. Setiap jalan tol wajib dilengkapi dengan aturan perintah dan larangan yang dinyatakan dengan rambu lalu lintas, marka jalan, dan/atau alat pemberi isyarat lalu lintas.
7. Ketentuan sebagaimana dimaksud pada ayat (6) dilaksanakan berdasarkan ketentuan peraturan lalu lintas dan angkutan jalan.
8. Ketentuan persyaratan teknik sebagaimana dimaksud pada ayat (1), ayat (2), ayat (3), ayat (4), dan ayat (5) diatur lebih lanjut peraturan Menteri

2.3 Jenis Kendaraan pada Jalan Tol

Beberapa jenis kendaraan yang diperbolehkan memasuki jalan tol terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Jalan Tol yang Sudah Beroperasi:

GOLONGAN	Jenis Kendaraan
Golongan I	Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil, dan Bus
Golongan II	Truk dengan 2 (dua) gandar
Golongan III	Truk dengan 3 (tiga) gandar
Golongan IV	Truk dengan 4 (empat) gandar
Golongan V	Truk dengan 5 (lima) gandar atau lebih

(Sumber : Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No 370/KPTS/M/2007)

2.4 Perencanaan Titik dan Lokasi Gerbang Tol

Menurut Peraturan Pemerintah no 15 tahun 2005 pasal 6 ayat 1c tentang spesifikasi Jalan Tol sebagai berikut:

“Jalan tol harus mempunyai spesifikasi: Jarak antar simpang susun, paling rendah 5 (lima) kilometer untuk jalan tol luar perkotaan dan paling rendah 2 (dua) kilometer untuk jalan tol dalam perkotaan.”

Pada tahap ini langkah yang dilakukan adalah:

- Memasukan peta sketsa rencana dan peta jalan eksisting Yogyakarta Solo ke dalam Civil 3D.
- Menentukan letak titik gerbang tol dengan jarak berdasarkan Peraturan Pemerintah no 15 tahun 2005 pasal 6 ayat 1c.
- Dalam penentuan titik gerbang tol berdasarkan jalan eksisting yang berhubungan dengan kota kabupaten/ kota kecamatan yang ramai dan dapat dilewati menuju jalan tol Yogyakarta Solo.

2.5 Perencanaan Gerbang Tol

2.5.1 Kriteria Umum

Menurut Standar Konstruksi dan Bangunan Nomor 007/BM/2009 tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga poin 8.3.1 mengenai kriteria umum gerbang tol yang harus direncanakan sebagai berikut:

1. Bentuk konstruksi atap dan tinggi minimum gerbang tol dibuat sedemikian rupa sehingga mempunyai ruang bebas pada lajur lalu lintas dengan tinggi minimum 5,10 m.
2. Lebar atap gerbang tol minimum 13 m dan bentuk listplanknya dibuat sedemikian sehingga memungkinkan pemasangan lampu lalu lintas ataupun *lane indicator*. Penempatan kolom gerbang harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu pandangan bebas pengumpul tol ke arah datangnya kendaraan dan kebutuhan akan ruang gerak memadai bagi karyawan gerbang dalam melaksanakan tugasnya di gerbang tol.
3. Untuk gerbang tol dengan jumlah lajur lebih dari 10 lajur (9 pulau tol) diharuskan dilengkapi dengan terowongan penghubung antar gardu dan ke kantor gerbang untuk keselamatan dan keamanan pengumpul tol yang sekaligus menampung utilitas.
4. Penempatan lampu pada atap gerbang agar dibuat sedemikian hingga tidak menyilaukan pengumpul tol untuk melihat kendaraan yang datang serta tidak mengganggu fungsi *lane indicator*.

2.5.2 Jumlah Kebutuhan Gerbang Tol

Dalam menentukan faktor jumlah kebutuhan gardu tol terdapat pada Standar Konstruksi dan Bangunan No 007/BM/2009 tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga poin 8.3.4 sebagai berikut:

1. Volume lalu lintas
2. Waktu pelayanan di gardu tol
3. Standar pelayanan (jumlah antrian kendaraan yang diperkenankan)

Volume lalu lintas diukur berdasarkan jumlah kendaraan yang melewati titik tertentu selama selang waktu tertentu. Dalam beberapa hal, lalu-lintas dinyatakan dengan “Lalu-lintas Harian Rata-rata per Tahun” yang disebut AADT (*average annual daily traffic*) atau Lalu-lintas Harian Rata-rata per Tahun (LHR) bila periode pengamatannya kurang dari satu tahun. (Teknik Jalan Raya Jilid I, Erlangga, Jakarta, 1990). “Volume lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dihitung dari jumlah arus lalu lintas dalam setahun dibagi jumlah hari dalam tahun tersebut (365 hari, kendaraan/hari)” (PKJI, 2014).

Waktu pelayanan adalah waktu yang diberikan dalam melayani jasa dengan waktu yang cepat dan tepat agar penerima jasa merasa puas. Waktu pelayanan dipengaruhi oleh kemampuan peralatan tol maupun keterampilan dan kesiapan petugas tol dan pemakai jalan. Besarnya waktu pelayanan tersebut sebagai berikut :

1. Gerbang tol sistem terbuka : maksimal 6 detik setiap kendaraan
2. Gerbang tol sistem tertutup
 - a. Gardu masuk : maksimal 5 detik setiap kendaraan
 - b. Gardu keluar : maksimal 9 detik setiap kendaraan
3. Gardu tol otomatis
 - a. Gardu tol ambil kartu : maksimal 4 detik setiap kendaraan
 - b. Gardu tol transaksi : maksimal 5 detik setiap kendaraan

(Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol).

Standar pelayanan minimum (jumlah antrian kendaraan yang diperkenankan) menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol maksimal 10 kendaraan per Gardu dalam kondisi normal. Menurut BPJT kapasitas gardu tol < 450 kendaraan per jam per Gardu (bpjt.pu.go.id,2016). Kapasitas gerbang tol adalah nilai maksimum dari jumlah kendaraan yang memasuki suatu gerbang tol dalam waktu tertentu.

2.6 Perencanaan Taper

Menurut Peraturan Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol (Taper) sebagai berikut:

Panjang taper minimum untuk pergerakan memisah dan menggabung dapat dilihat pada table berikut:

Kecepatan rencana (km/jam)	Panjang taper minimum (m)	
	Memisah	Menggabung
120	135	270
100	113	225
80	90	180
60	42	84

Gambar 2. 1 Peraturan Panjang Taper

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga> (26 Juli 2019))

2.7 Teori Antrian

Menurut Siagian (1987), antrian adalah suatu garis tunggu dari nasabah (satuan) yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayan (fasilitas layanan). Timbulnya antrian dikarenakan tingkat permintaan yang tinggi dan melebihi kapasitas pelayanan. Lamanya waktu menunggu (*waiting time*) bergantung pada tingkat pelayanan (*rate of services*). Contoh antrian yang terjadi disekitar kita seperti panjangnya antrian yang mengantri untuk mendapatkan

tiket bioskop, tiket kereta api. Tujuan teori antrian ialah merencanakan fasilitas pelayanan untuk mengatasi permintaan pelayanan yang berbeda beda setiap waktu.

2.7.1 Sistem Antrian

Pengertian dari sistem antrian adalah suatu himpunan pelanggan, pelayanan (loket) serta suatu aturan yang mengatur kedatangan pelanggan dan pemrosesan masalah pelayanan antrian dimana dicirikan oleh 5 buah komponen, yaitu pola kedatangan para pelanggan, pola pelayanan, jumlah pelayanan, kapasitas fasilitas untuk menampung para pelanggan dan aturan dalam mana para pelanggan dilayani (Pangestu,dkk, 2000).

Tiga komponen dalam sistem antrian yaitu :

1. Populasi dan cara kedatangan pelanggan datang ke dalam sistem
2. Sistem pelayanan antrian
3. Kondisi pelanggan saat keluar system

2.7.1.1 Populasi dan Cara Kedatangan Pelanggan

Populasi yang dimaksud dalam sistem antrian dapat dilihat menurut ukurannya, pola kedatangan, serta perilaku dari populasi yang akan dilayani seperti mobil, orang, dan lain-lain. Populasi yang akan dilayani mempunyai perilaku yang berbeda, ada 3 (tiga) jenis perilaku : *Reneging*, *Balking*, dan *Jockeying*. *Reneging* seseorang masuk dalam antrian, *Balking* seseorang yang tidak masuk dalam antrian dan langsung meninggalkan tempat antrian, *Jockeying* orang yang pindah-pindah antrian.

Distribusi kedatangan bisa teratur tetap dalam satu periode artinya kedatangan pelanggan dalam antrian dengan pelanggan memiliki waktu yang sama. Kedatangan yang teratur disekitar kita dikendalikan oleh mesin. Pola kedatangan yang sifatnya acak dapat

digambarkan dengan distribusi statistik dan dapat ditentukan dengan distribusi poisson. Distribusi poisson adalah distribusi peluang acak poisson X , yang menyatakan banyaknya sukses yang terjadi dalam suatu selang waktu atau daerah tertentu (Walpole,1995). Ciri-ciri distribusi poisson menurut (Walpole,1995) seperti berikut:

1. Banyaknya hasil percobaan yang terjadi dalam suatu interval waktu atau suatu daerah tertentu tidak bergantung pada banyaknya hasil percobaan yang terjadi pada interval waktu atau daerah lain yang terpisah.
2. Probabilitas terjadinya hasil percobaan selama suatu interval waktu yang singkat atau dalam suatu daerah yang kecil, sebanding dengan panjang interval waktu atau besarnya daerah tersebut dan tidak bergantung pada banyaknya hasil percobaan yang terjadi di luar interval waktu atau daerah tersebut.
3. Probabilitas lebih dari satu hasil percobaan yang terjadi dalam interval waktu yang singkat atau dalam daerah yang kecil dapat diabaikan.
4. Probabilitas n kedatangan dalam waktu T ditentukan dengan rumus:

$$P(n, T) = \frac{e^{-\lambda T} (\lambda T)^n}{n!} \quad \text{Dimana } n = 0, 1, 2, \dots \quad (2.1)$$

Dimana:

- $P(n, T)$ = Probabilitas n kedatangan dalam waktu T
 λ = Rata-rata kedatangan per satuan waktu T
 T = Periode waktu
 e = bilangan natural ($e = 2,718$)
 n = jumlah kendaraan dalam waktu t ; ($n = 0, 1, 2, \dots$)

Jika kedatangan mengikuti Distribusi Poisson dapat ditunjukkan secara matematis bahwa antar kedatangan akan terdistribusi sesuai dengan distribusi eksponensial.

$$P(T \leq t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad 0 \leq t \leq \infty \quad (2.2)$$

Dimana:

$P(T \leq t)$ = Probabilitas di mana waktu antar kedatangan $T \leq$ persatuan waktu.

λ = Rata-rata kedatangan persatuan waktu.

t = Suatu waktu tertentu.

Kedatangan pelanggan dalam sistem antrian untuk beberapa kasus dapat dikendalikan misalnya kedatangan dikendalikan dengan cara memberikan potongan pada hari-hari tertentu yang sepi dengan maksud menggiring pelanggan untuk datang pada jam sepi, memberikan harga tinggi pada sesi-sesi padat agar pelanggan tergiring datang pada hari lain yang lebih murah.

Tingkat kesabaran pelanggan dalam antrian dikelompokkan menjadi dua tipe yaitu :

1. Kedatangan yang sabar, seseorang yang bersedia menunggu hingga dilayani terlepas apakah mereka menunjukkan perilaku tidak sabar seperti menggerutu atau mengomel tetapi tetap menunggu dalam antrian.
2. Kedatangan yang tidak sabar, kedatangan yang tidak sabar dikelompokkan menjadi 2 (dua) kategori. Kategori yang pertama adalah orang yang datang melihat-lihat fasilitas layanan dan panjang antrian lalu memutuskan meninggalkan sistem. Kategori yang kedua adalah orang yang datang, melihat fasilitas layanan, bergabung dalam antrian dan untuk beberapa lama kemudian meninggalkan sistem.

2.7.1.2 Sistem Pelayanan Antrian

Garis antrian atau baris tunggu, terdapat faktor-faktor yang terkait dengan garis antrian yaitu panjang antrian, jumlah antrian, dan disiplin antrian.

1. Panjang antrian

Panjang antrian dapat dikelompokkan menjadi dua, pertama panjang kapasitas antrian yang potensial tak terbatas contoh : panjang antrian membeli tiket kereta api di loket. Kedua panjang kapasitas antrian yang terbatas baik karena ketentuan peraturan contoh : tempat parkir.

2. Jumlah antrian

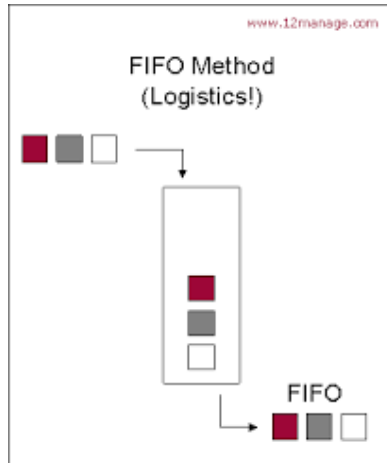
Jumlah antrian dapat dikelompokkan menjadi dua. Pertama antrian tunggal, hanya ada satu fasilitas layanan untuk melayani antrian. Kedua antrian berganda, beberapa fasilitas layanan di depan antrian.

3. Disiplin antrian

Disiplin antrian adalah aturan keputusan yang menjelaskan cara melayani pengantri, menurut (Siagian,1987) terdapat 5 bentuk disiplin antrian yang dapat digunakan yaitu:

a. *First Come First Served* (FCFS) atau *First In First Out* (FIFO)

maksudnya adalah pelanggan yang datang terlebih dahulu akan lebih dulu untuk di layani. Contoh antrian pada loket pembelian tiket, terdapat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 2 Disiplin Antrian First In First Out
(Sumber : <URL:

https://www.12manage.com/description_fifo.html> (10
November 2018

Perhitungan analisis antrian FIFO sebagai berikut :

$$\bar{n} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (2.3)$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} \quad (2.4)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (2.5)$$

$$\bar{w} = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \quad (2.6)$$

Dimana :

\bar{n} = jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem
(kendaraan/satuan waktu)

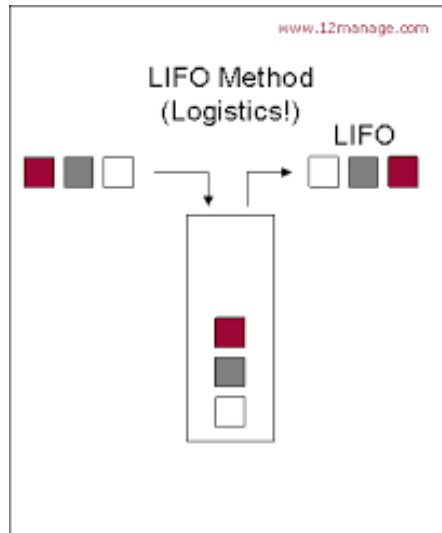
\bar{q} = jumlah rata-rata kendaraan dalam antrian
(kendaraan/satuan waktu)

\bar{d} = waktu rata-rata kendaraan dalam sistem
(satuan waktu)

\bar{w} = waktu rata-rata kendaraan dalam antrian (satuan waktu)

b. *Last Come First Served* (LCFS) atau *Last In First Out* (LIFO)

maksudnya adalah pelanggan yang datang terakhir, dilayani pertama merupakan antrian dimana pelanggan yang datang terakhirlah yang akan dilayani terlebih dahulu. Contohnya seperti pada sistem antrian bongkar muat barang dalam truk, dimana barang yang masuk terakhir akan keluar terlebih dahulu, terdapat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 3 Disiplin Antrian Last In First Out

(Sumber : <URL: https://www.12manage.com/description_lifo.html> (10 November 2018))

c. *Service In Random Order (SIRO)*

Pelayanan dalam urutan acak merupakan salah satu disiplin antrian dimana pelayanan dilakukan dengan aturan acak (*Random Order*). Contohnya seperti dalam suatu kegiatan arisan, dimana pemenangnya didasarkan pada proses undian.

d. *Priority Service (PS)*

maksudnya adalah prioritas pelayanan diberikan kepada pelanggan yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan pelanggan lain. Contohnya seperti pada pasien rumah sakit yang mendapatkan prioritas penanganan terlebih dahulu

dikarenakan mempunyai penyakit yang lebih berat dibanding dengan pasien lain.

4. Struktur antrian adalah simulasi keadaan antrian di dunia nyata. Berikut ini adalah struktur antrian menurut (Kakiay,2004) dan (Pangestu,dkk.2000) :

a. *Single Channel – Single Phase*

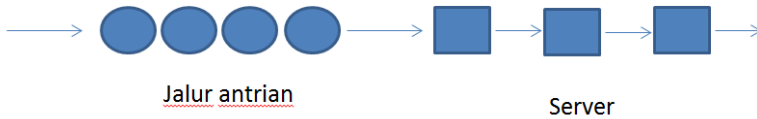
maksudnya adalah hanya ada satu jalur yang memasuki pelayanan atau hanya ada satu pelayanan. Sebagai contoh supermarket yang hanya memiliki satu kasir. Terdapat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 4 Struktur Antrian Single Channel – Single Phase
(Sumber : <URL: <https://www.coursehero.com/file/p7pj6ei/24-Struktur-Antrian-Ada-4-model-struktur-antrian-dasar-yang-umum-terjadi-dalam/>> (10 November 2018))

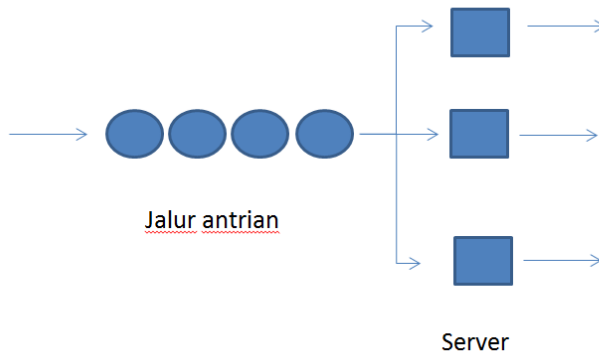
b. *Single Channel – Multi Phase*

maksudnya adalah terdapat dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan. Sebagai contoh pencucian mobil. Terdapat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.5 Struktur Antrian Single Channel – Multi Phase
(Sumber : <URL: <https://www.coursehero.com/file/p7pj6ei/24-Struktur-Antrian-Ada-4-model-struktur-antrian-dasar-yang-umum-terjadi-dalam/>> (10 November 2018))

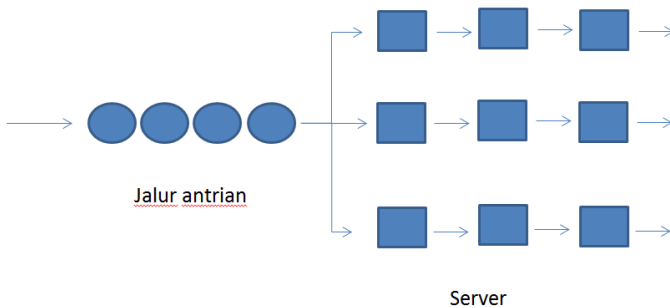
- c. *Multi Channel – Single Phase*
maksudnya adalah terdapat dua atau lebih fasilitas pelayanan yang diliri oleh antrian tunggal. Sebagai contoh teller sebuah bank. Terdapat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 6 Struktur Antrian Multi Channel – Single Phase
(Sumber : <URL: <https://www.coursehero.com/file/p7pj6ei/24-Struktur-Antrian-Ada-4-model-struktur-antrian-dasar-yang-umum-terjadi-dalam/>> (10 November 2018))

d. Multi Channel – Multi Phase

maksudnya adalah terdapat dua atau lebih fasilitas pelayanan yang dialiri lebih dari satu pelanggan dan dapat dilayani pada waktu bersamaan. Sebagai contoh registrasi ulang mahasiswa baru pada sebuah universitas. Terdapat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 7 Struktur Antrian Multi Channel – Multi Phase
 (Sumber : <URL: <https://www.coursehero.com/file/p7pj6ei/24-Struktur-Antrian-Ada-4-model-struktur-antrian-dasar-yang-umum-terjadi-dalam/>> (10 November 2018))

2.8 Sistem Antrian Gerbang Tol

Sistem antrian pada gerbang tol adalah single channel single phase. Menurut (Kakiay,2004) single channel adalah hanya ada satu jalur yang memasuki sistem pelayanan atau fasilitas pelayanan sedangkan single phase adalah hanya ada satu pelayanan sistem. Setelah mendapatkan pelayanan individu individu dalam hal ini adalah kendaraan yang dapat memasuki jalan tol keluar dari pelayanan.

Asumsi yang sering digunakan dalam struktur antrian *single channel single phase* menurut (Render dan Heizer,2008) seperti berikut :

1. Kedatangan dilayani berdasarkan antrian first come first served (FCFS) dan setiap konsumen yang datang menanti gilirannya untuk dilayani tanpa memperhatikan panjangnya antrian.

2. Kedatangan tidak tergantung pada kedatangan sebelumnya dan rata-rata tingkat kedatangan tidak berubah setiap waktunya.
3. Kedatangan mengikuti distribusi poisson dan berasal dari sumber yang tidak terbatas.
4. Waktu pelayanan bervariasi antara konsumen yang satu dengan konsumen yang lainnya serta tidak bergantung satu sama lain tetapi rata-rata tingkat pelayanan diketahui.
5. Waktu pelayanan mengikuti distribusi eksponensial negative
6. Rata-rata tingkat pelayanan lebih cepat daripada rata-rata tingkat kedatangan.

Waktu antar kedatangan tiap kendaraan yang diperbolehkan memasuki jalan tol dilambangkan dengan simbol μ dan untuk tingkat pelayanan/jumlah kendaraan yang dapat terlayani oleh satu sistem pelayanan dalam satuan waktu tertentu diasumsikan berdistribusi eksponensial, untuk waktu pelayanan (WP) dapat diperoleh melalui:

$$WP = 1 / \mu \quad (2.7)$$

Perbandingan antara waktu antar kedatangan dengan tingkat pelayanan dengan persyaratan bahwa nilai tersebut harus kurang dari 1, karena jika nilai tersebut lebih dari 1 menunjukkan bahwa tingkat antar kedatangan selalu lebih besar dari tingkat pelayanan dilambangkan dengan ρ . Dan dapat diperoleh melalui:

$$\rho = \lambda / \mu \quad (2.8)$$

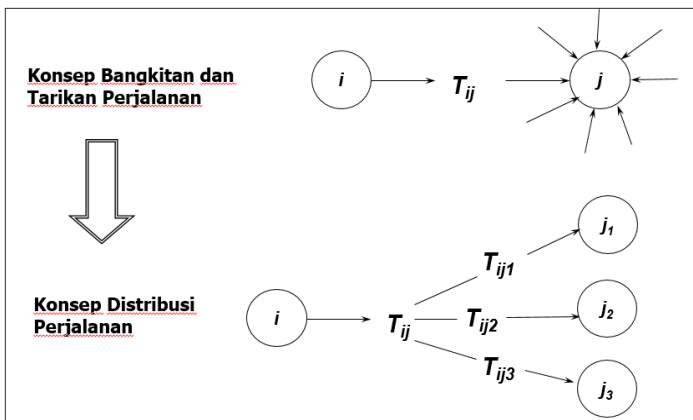
Jika intensitas lalu lintas lebih besar daripada 1 ($\rho > 1$), maka hanya dapat dipecahkan dengan pendekatan proses antrian deterministik atau dengan melakukan penyesuaian dengan

beberapa waktu pelayanan, variasi tingkat kedatangan rata-rata dan waktu pelayanan rata-rata atau dengan cara terakhir yaitu dengan cara simulasi mikroskopik (May, 1990:361).

2.9 Trip Distribution

Pemodelan Distribusi atau Sebaran Perjalanan (Trip Distribution Model) merupakan suatu tahapan pemodelan yang memperkirakan distribusi jumlah pergerakan yang berasal dari suatu zona asal (origin, i) menuju ke suatu zona tujuan (destination, j).

Model sebaran perjalanan juga melibatkan proses kalibrasi persamaan-persamaan yang akan menghasilkan seakurat mungkin hasil model terhadap hasil observasi lapangan dari pola pergerakan asal dan tujuan lalu lintas. Gambar 2.7. menunjukkan skematik pengertian trip distribution.



Gambar 2. 8 . Skematik Pengertian Trip Distribution

(Sumber : <URL: <https://slideplayer.info/slide/2554893/>> (10 November 2018))

Dengan menggunakan Model Furness dikarenakan pada model ini Iterasi yang digunakan lebih sedikit dan satu set satu perkalian, dan berikut bentuk model pada Furness:

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot E_i \quad (2.9)$$

Dimana:

T_{ij} = Perjalanan mendatang dari i ke j

t_{ij} = Perjalanan saat ini dari i ke j

E_i = Faktor pertumbuhan

2.10 Model Sebaran Pergerakan

Pergerakan dalam sistem transportasi dijelaskan dalam bentuk arus pergerakan (kendaraan, penumpang, dan barang) yang bergerak dari zona asal ke zona tujuan di dalam daerah tertentu dan selama periode waktu tertentu. Matriks Asal Tujuan (MAT) atau Matriks Pergerakan sering digunakan untuk menggambarkan pola pergerakan tersebut. (Perencanaan dan Permodelan Transportasi, Tamin, tahun : halaman).

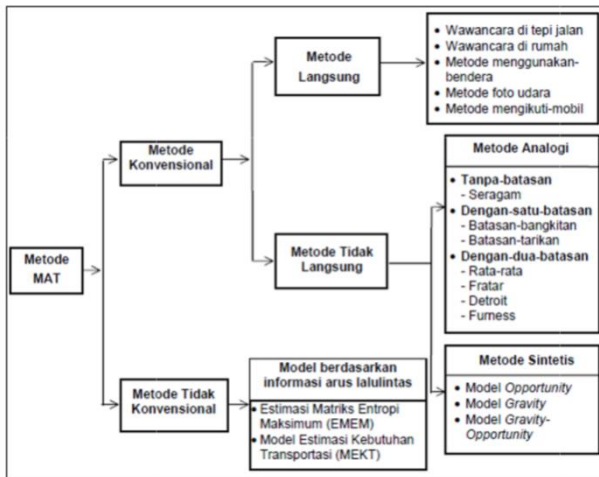
Matriks Asal Tujuan (MAT) adalah matriks berdimensi dua yang berisi informasi mengenai besarnya pergerakan antarlokasi (zona) di dalam daerah tertentu. Baris menyatakan zona asal dan kolom menyatakan zona tujuan, sehingga sel matriksnya menggambarkan besarnya arus dari zona asal ke zona tujuan. Berikut beberapa fungsi Matrik Asal Tujuan (MAT):

1. Permodelan kebutuhan akan transportasi untuk daerah pedalaman atau antarkota
2. Permodelan kebutuhan akan transportasi untuk daerah perkotaan
3. Permodelan dan perancangan manajemen lalu lintas baik di daerah perkotaan maupun antarkota

4. Pemodelan kebutuhan akan transportasi di daerah yang ketersediaan datanya tidak begitu mendukung baik dari sisi kuantitas maupun kualitas (misalnya di negara sedang berkembang)
5. Perbaikan data MAT pada masa lalu dan pemeriksaan MAT yang dihasilkan oleh metode lainnya
6. Pemodelan kebutuhan akan transportasi antarkota untuk angkutan barang multi-moda

Untuk mendapatkan MAT dapat dikelompokkan menjadi dua bagian utama, yaitu metode konvensional dan metode tidak konvensional (Tamin,2003).

Gambar 2.8. menunjukan metode-metode untuk mendapatkan Matriks Asal – Tujuan :



Gambar 2. 9 Metode untuk Mendapatkan Matriks AsalTujuan (MAT)

(Sumber : Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, Tamin, 2000)

2.11 Trip Assignment

Pembebanan lalu lintas (trip assignment) adalah suatu proses dimana permintaan perjalanan (yang didapat dari tahap distribusi) dibebankan ke jaringan jalan. Tujuan trip assignment adalah untuk mendapatkan arus di ruas jalan dan/atau total perjalanan di dalam jaringan yang ditinjau.

Dengan rumus model JICA I sebagai berikut ;

$$P = a DT^b \quad (2.10)$$

2.12 Sistem Pembayaran Pada Gerbang Tol

Gerbang tol terdapat berbagai macam sistem pembayaran seperti sistem konvensional, gardu tol otomatis, dan On Board. Sistem ini dibuat untuk memudahkan pembayaran pada gerbang tol itu sendiri selain itu juga untuk mempercepat waktu pelayanan.

2.12.1 Sistem Pembayaran Gardu Tol Otomatis (GTO)

Gerbang tol dengan sistem pembayaran gardu tol otomatis (GTO) adalah gerbang tol yang sistem pembayarannya menggunakan kartu yang sebelumnya telah diisi uang dan cara pembayaran hanya disentuh di mesin GTO dan palang penghalang akan terbuka. Sistem pembayaran seperti ini sedang ditingkatkan oleh pemerintah karena dengan cara ini waktu pelayanan lebih cepat dibanding dengan sistem konvensional. Pembayaran di gardu tol otomatis (GTO) terdapat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 10 Sistem Pembayaran Gardu Tol Otomatis (GTO)
 (Sumber : <URL: <https://www.cermati.com/artikel/bayar-tol-wajib-gunakan-e-money-berlaku-oktober>> (10 November 2018))

2.12.2 Sistem Pembayaran On Board (OBU)

Gerbang tol dengan sistem pembayaran On Board (OBU) adalah gerbang tol dengan sistem pembayaran dengan menggunakan perangkat OBU yang diletakkan di dalam kendaraan dan gerbang tol tersebut akan memindai perangkat OBU sehingga pengguna gerbang tol ini tidak harus membuka kaca jendela dan tap kartu e-Toll untuk bertransaksi. Perangkat OBU adalah perangkat transmitter yang dipasang didalam kendaraan dan berfungsi untuk memancarkan sinyal elektronik yang akan dibaca oleh receiver yang ada di Gerbang Tol Otomatsi (GTO) dan akan langsung membuka palang penghalang (barier) (Jasamarga.com 20/01/2017). Perangkat OBU dan sistem pembayaran On Board (OBU) terdapat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.11 Perangkat On Board (OBU) dan sistem pembayaran OBU

(Sumber : <URL: <http://www.mobilinaneews.com/tags/mandiri-tunas-finance/>> (10 November 2018))

2.13 Kebijakan yang dapat di lakukan

Dalam usaha untuk merencanakan gerbang tol yang optimum terdapat beberapa kebijakan yang dapat dilakukan menurut buku Perencanaan dan Pemodelan Transportasi Ofyar Z Tamin halaman 308, yaitu:

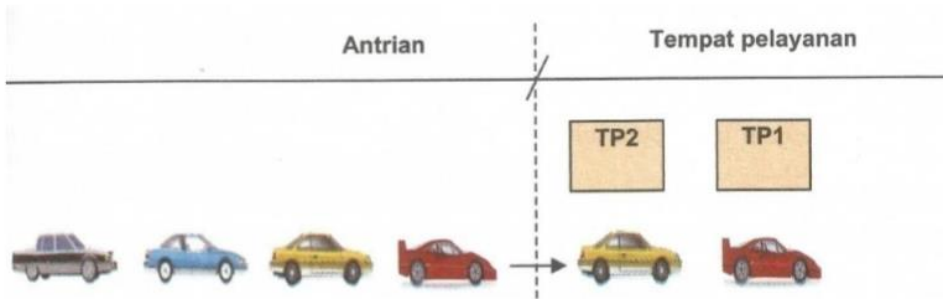
1. Kebijakan menambah pintu tol
2. Kebijakan mengurangi waktu pelayanan, dan
3. Kebijakan sistem tandem

Kebijakan menambah pintu tol adalah kebijakan yang melakukan penambahan pintu tol seperti menambah lahan baru untuk pintu tol, menambah pekerja dari pintu tol, dan menambah

bangunan dan peralatan dari pintu tol sehingga kebijakan ini membutuhkan biaya besar.

Kebijakan mengurangi waktu pelayanan adalah kebijakan yang tidak membutuhkan biaya besar, tetapi kebijakan ini hanya dapat meminimalkan waktu pelayanan tidak dapat menghilangkan waktu pelayanan.

Kebijakan sistem tandem adalah kebijakan untuk meningkatkan kinerja dari pintu tol dikarenakan dapat menurunkan waktu pelayanan hingga 50%. Menggambarkan bagaimana proses antrian terdapat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 12 Ilustrasi Sistem Tandem

(Sumber : Perencanaan Permodelan, & Rekayasa Transportasi, 2008)

Tanpa sistem tandem pintu tol hanya dapat melayani 1 (satu) kendaraan dalam satuan waktu, namun apabila dengan sistem tandem pintu tol dapat melayani 2 (dua) kendaraan dalam satuan waktu. Sehingga kebijakan ini dapat menurunkan waktu pelayanan, tetapi syarat sistem tandem ini waktu pelayanan harus sama apabila tidak sama malah akan meningkatkan waktu pelayanan karena salah satu kendaraan akan menunggu kendaraan lainnya karena perbedaan waktu pelayanan.

Urutan prioritas untuk pengambilan kebijakan yang dapat dilakukan untuk merencanakan gerbang tol yang optimum adalah:

1. Kebijakan meminumkan waktu pelayanan.
2. Kebijakan menambah pintu tol.
3. Kebijakan sistem tandem. Harus butuh kehati-hatian karena jika waktu pelayanan berbeda maka akan mempunyai kinerja yang jauh lebih jelek dibanding dengan sistem single.

“Halaman ini sengaja dikosongk

BAB III

METODOLOGI

3.1 Umum

Secara umum, inti dibuatnya metodologi penelitian adalah untuk menguraikan bagaimana tata cara analisa dan perencanaan ini dilakukan. Tujuan dari adanya metodologi ini adalah untuk mempermudah pelaksanaan dalam melakukan pekerjaan guna memperoleh pemecah masalah dengan maksud dan tujuan yang telah ditetapkan. Agar pada saat melakukan penelitian tidak terjadi penyimpangan dari tujuan dilakukannya penelitian, metodologi yang dilakukan pun mengacu kepada literatur-literatur yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

3.2 Langkah Penulisan Tugas Akhir

Adapun langkah-langkah dalam penulisan tugas akhir evaluasi kapasitas dan pelayanan gerbang tol Belmera sebagai berikut :

1. Tahap Identifikasi Permasalahan
2. Tahap Studi Literatur
3. Tahap Perencanaan Titik dan lokasi Gerbang Tol
4. Tahap Survei dan Pengumpulan Data
5. Tahap Rekapitulasi dan Analisis Data
6. Tahap Pembahasan
7. Tahap Kesimpulan dan Saran

3.3 Identifikasi Permasalahan

Identifikasi masalah adalah tahapan awal yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir. Di dalam tahap ini meninjau kondisi lapangan dan permasalahan yang terjadi, identifikasi masalah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah peninjauan langsung kondisi lapangan di jalan tol Yogyakarta Solo lalu merangkum permasalahan yang terdapat dalam gerbang tol Yogyakarta Solo. Permasalahan

yang terjadi di gerbang tol Yogyakarta Solo adalah kemacetan. Beberapa rumusan masalah yang dapat diambil terkait permasalahan yang terjadi di gerbang tol Yogyakarta Solo yaitu :

1. Menentukan letak titik gerbang tol Yogyakarta Solo?
2. Berapa volume kendaraan yang keluar masuk gerbang tol?
3. Bagaimana layout dan berapa jumlah gardu tol yang dibutuhkan dan panjang antrian berdasarkan tingkat kedatangan kendaraan apabila semua gerbang tol direncanakan menggunakan system Gardu Tol Otomatis (GTO) dan On Board Unit (OBU)?
4. Bagaimana layout dan berapa jumlah gardu tol yang dibutuhkan dan panjang antrian berdasarkan tingkat kedatangan kendaraan apabila semua gerbang tol direncanakan menggunakan system Gardu Tol Otomatis (GTO) dan On Board Unit (OBU) pada tahun 2023?

3.4 Studi Literatur

Pada tahap ini studi literatur yang dimaksud adalah melakukan pembelajaran dari literatur-literatur yang menunjang pengerjaan tugas akhir tentang Evaluasi Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Yogyakarta Solo. Literatur-literatur yang ada bisa berupa jurnal-jurnal ilmiah internasional maupun nasional, buku, peraturan-peraturan yang membahas tentang perencanaan gerbang tol, tugas akhir yang berkaitan dengan evaluasi gerbang tol, dan lain-lain.

3.5 Perencanaan Titik dan Lokasi Gerbang Tol

Tugas akhir ini dilaksanakan pada jalan tol Yogyakarta Solo. Pada perencanaan titik dan lokasi gerbang tol Yogyakarta Solo menggunakan Peraturan Pemerintah no 15 tahun 2005 pasal 6 ayat 1c tentang spesifikasi Jalan Tol sebagai berikut:

“Jalan tol harus mempunyai spesifikasi: Jarak antar simpang susun, paling rendah 5 (lima) kilometer untuk jalan tol luar perkotaan dan paling rendah 2 (dua) kilometer untuk jalan tol dalam perkotaan.”

Pada tahap ini langkah yang dilakukan adalah:

- Memasukan peta sketsa rencana dan peta jalan eksisting Yogyakarta Solo ke dalam Civil 3D.
- Menentukan letak titik gerbang tol dengan jarak berdasarkan Peraturan Pemerintah no 15 tahun 2005 pasal 6 ayat 1c.
- Dalam penentuan titik gerbang tol berdasarkan jalan eksisting yang dapat dilewati menuju jalan tol Yogyakarta Solo.

3.6 Survei dan Pengumpulan Data

Survei dan pengumpulan data adalah kegiatan observasi yang dilakukan di jalan arteri maupun jalan provinsi sekitar jalan tol Yogyakarta Solo. Survei yang dilakukan adalah menghitung jumlah kendaraan yang datang. Pada tahap pengumpulan data dapat dilakukan di Dinas Perhubungan, PT. Jasamarga, dan Instansi-instanti terkait. Dalam pengumpulan data terdiri dari 2 (dua) jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Berikut adalah data-data yang akan dikumpulkan :

1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan langsung dari lapangan dengan cara survei lapangan. Survei dilakukan pada setiap gardu masuk dan keluar yang beroperasi di Gerbang Tol Cengkareng dan Cililitan, karena gerbang tol ini memiliki istem pembayaran Gardu Tol Otomatis (GTO) dan On Board Unit (OBU). Survey yang dilakukan meliputi:

- a. Tingkat kedatangan, dilakukan dengan menghitung jumlah kendaraan yang datang setiap 15 menit.
- b. Waktu pelayanan (service time), dilakukan pada saat kendaraan dalam keadaan melambat hingga berhenti di depan gardu (loket) untuk mengadakan transaksi sampai kendaraan tersebut bergerak meninggalkan gardu dan melewati palang
- c. Panjang antrian, dilakukan dengan mengukur panjang antrian yang terjadi sesaat setelah kendaraan berada tepat di depan gardu untuk melakukan transaksi

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data penunjang yang didapatkan dari berbagai sumber seperti dokumen, buku, tugas akhir terdahulu, serta data-data dari instansi yang terkait. Data yang dibutuhkan antara lain :

- a. Data-data teknis seperti data lalu lintas, peta gerbang tol Yogyakarta Solo, serta konfigurasi gerbang tol Yogyakarta Solo.
- b. Pembebanan Volume Kendaraan. Untuk direncanakan sebagai Matriks Asal-Tujuan

Peralatan yang dibutuhkan dalam pengambilan data primer adalah :

- a. Pengukur waktu (jam tangan/*StopWatch*) untuk menghitung durasi waktu
- b. Alat tulis dan formulir survey

- Formulir Waktu Pelayanan Kendaraan untuk Masing-masing Gerbang

Formulir ini digunakan untuk menghitung waktu yang diperlukan oleh tempat pelayanan dalam melayani 1 (satu)

kendaraan. Dinyatakan dalam satuan waktu, formulir survey waktu pelayanan kendaraan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Formulir Survey Waktu Pelayanan Kendaraan untuk Masing-masing Gerbang

No	Golongan	Waktu	Panjang Antrian
1			
2			
3			
4			
5			
6			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

Data yang di survey ditulis di dalam formulir data yang sudah disediakan. Setelah formulir data diisi dengan lengkap, maka data-data tersebut disusun ke dalam komputer dengan menggunakan Microsoft Excel sebagai data base. Pada data base tersebut semua informasi yang diperoleh dari survey disusun ke dalam bentuk tabel. Adapun data-data yang disusun adalah :

1. Tingkat kedatangan (λ)
2. Panjang antrian (q)
3. Waktu pelayanan (WP) / service time (t)

3.7 Analisis Data

Dalam tahap ini data diolah dari pengumpulan data yang telah dilakukan untuk menganalisis objek penelitian. Berikut tahapannya:

➤ Analisis Data Lalu Lintas

Menentukan proporsi kendaraan tiap golongan agar dapat diketahui berapa kendaraan tiap golongan yang keluar masuk gerbang tol. Golongan tiap kendaraan dapat dilihat pada **Tabel 2.2**. Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Jalan Tol yang Sudah Beroperasi.

➤ Analisis Volume Kendaraan

Volume lalu lintas diukur berdasarkan jumlah kendaraan yang melewati titik tertentu selama selang waktu tertentu. Dalam beberapa hal, lalu-lintas dinyatakan dengan “Lalu-lintas Harian Rata-rata per Tahun” yang disebut AADT (*average annual daily traffic*) atau Lalu-lintas Harian Rata-rata per Tahun (LHR) bila periode pengamatannya kurang dari satu tahun. (Teknik Jalan Raya Jilid I, Erlangga, Jakarta, 1990). “Volume lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dihitung dari jumlah arus lalu lintas dalam setahun dibagi jumlah hari dalam tahun tersebut (365 hari, kendaraan/hari)” (PKJI, 2014).

➤ **Analisis Distribusi Kendaraan**

Menganalisis distribusi kendaraan ke tiap gerbang tol untuk mendapatkan angka kendaraan yang masuk dan keluar gerbang tol, dengan cara memasukkan jumlah kendaraan yang didapat dari matriks pada jam teramai.

Distribusi kendaraan ini dilakukan dengan cara memasukkan jumlah kendaraan yang didapat dari matriks arus jam puncak.

➤ **Analisis Jumlah Kendaraan Masuk dan Keluar Gerbang Tol**

Melakukan penjumlahan dari distribusi kendaraan untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk dan keluar tiap gerbang tol.

➤ **Analisis Waktu Pelayanan**

Menganalisis waktu pelayanan yang telah disurvei sebelumnya menggunakan frekuensi kendaraan yang melintas tiap golongan sehingga mendapatkan frekuensi kumulatif serta presentase dari formolir survey waktu pelayanan pada Tabel 3.3.

➤ **Analisis Tingkat Pelayanan**

Menganalisis tingkat pelayanan berdasarkan waktu pelayanan dan tingkat kedatangan kendaraan tiap golongan per gardunya, analisis tingkat pelayanan menggunakan data waktu pelayanan dari tiap golongan dan tingkat kedatangan dari masing-masing golongan kendaraan.

➤ **Analisis Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan**

Untuk mengetahui perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan setiap gardu tol yaitu gardu tol otomatis dan gardu On

Board Unit digunakan waktu pelayanan yang didapat dari hasil survey yang telah dilakukan.

Sebelum menganalisis, diasumsikan terlebih dahulu jumlah gardu tol yang direncanakan dan dikontrol dengan perbandingan perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan.

➤ Analisis Antrian pada Gerbang Tol

Untuk mengetahui panjang antrian yang terjadi dan waktu untuk mengantri dalam gerbang tol. Menggunakan jumlah gardu tol yang sama dengan analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan.

Dengan menggunakan First Come First Served dimana pelanggan yang datang terlebih dahulu akan lebih dulu untuk di layani, maka menggunakan perhitungan FCFS sebagai berikut:

$$\bar{n} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (2.3)$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} \quad (2.4)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (2.5)$$

$$\bar{w} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \quad (2.6)$$

Dimana :

\bar{n} = jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem
(kendaraan/satuan waktu)

\bar{q} = jumlah rata-rata kendaraan dalam antrian
(kendaraan/satuan waktu)

\bar{d} = waktu rata-rata kendaraan dalam sistem
(satuan waktu)

\bar{w} = waktu rata-rata kendaraan dalam antrian (satuan waktu)

3.8 Pembahasan

Pada tahap ini adalah membahas perencanaan gerbang tol Yogyakarta Solo seperti tingkat kedatangan, tingkat pelayanan, panjang antrian, dan jumlah gerbang tol yang optimal dengan meninjau sistem gerbang tol otomatis (GTO), dan *On Board Unit* (OBU).

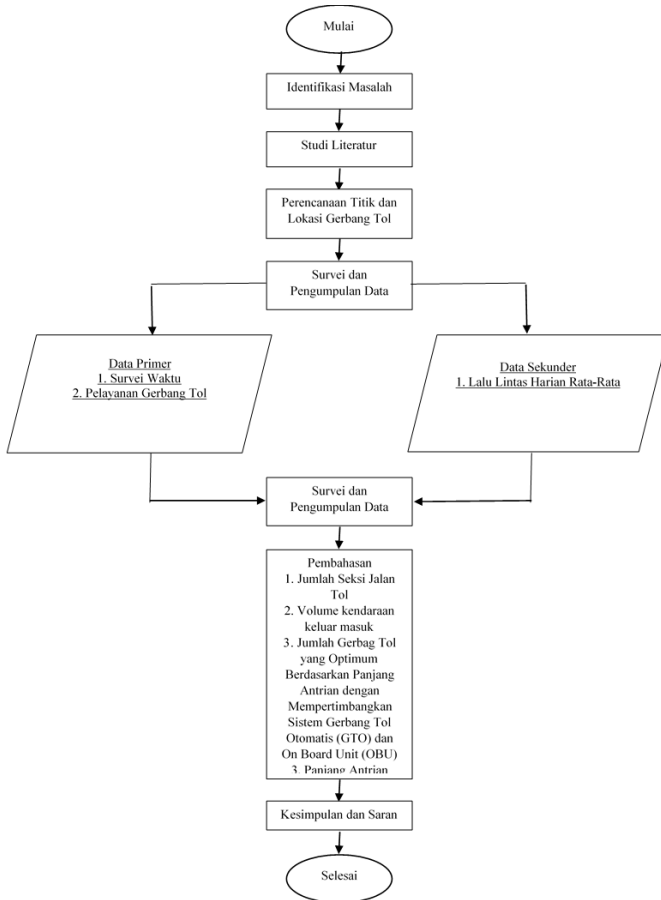
3.9 Kesimpulan dan Saran

Setelah mengolah data maka dapat memberikan kesimpulan dan saran terkait dengan perencanaan gerbang tol Yogyakarta Solo. Hasil ini dapat dijadikan sebagai referensi atau acuan bagi PT.Jasamarga selaku operator untuk memperhitungkan kebutuhan gerbang tol Yogyakarta Solo.

3.10 Bagan Alir (*Flow Chart*)

Flowchart atau dalam Bahasa Indonesia sering disebut dengan bagan alir ini sering dipergunakan dalam penelitian untuk menggambarkan proses-proses pengerjaannya sehingga mudah dipahami dan mudah dilihat berdasarkan urutan langkah dari suatu proses ke proses lainnya. Dengan adanya bagan alir ini diharapkan tugas akhir ini sesuai dengan standar pengerjaannya dan tidak

melenceng dari tujuan awalnya. Bagan alir dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Bagan Diagram Alir (Flowchart)

BAB IV

PENGUMPULAN DATA

4.1 Umum

Pengumpulan data merupakan tahap awal dalam perencanaan yang bertujuan untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan untuk kemudian dianalisis. Dalam pengerjaan tugas akhir ini data yang digunakan adalah data sekunder dan data primer. Data sekunder merupakan data yang telah ada dan diperoleh dari instansi-instansi yang bersangkutan dengan objek penelitian, ataupun data-data dari hasil studi terdahulu. Sedangkan data primer adalah data yang diambil secara langsung.

4.2 Data Sekunder

4.2.1 Volume Lalu Lintas Jalan Eksisting

Pengambilan data berupa volume lalu lintas jalan eksisting digunakan untuk menentukan proporsi kendaraan yang menuju ke arah barat dan kendaraan yang menuju ke arah timur. Data Volume lalu lintas harian rata-rata daerah Jawa Tengah sampai Daerah Istimewa Yogyakarta didapat dari Kepala Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional VII, data yang digunakan dalam perencanaan dari daerah Kartasuro sampai Prambanan. Volume lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 4.1 – Tabel 4.5.

Tabel 4.1 Volume Lalu Lintas Ruas Kartasuro – Bts. Kota Klaten

Ruas Kartasuro- Bts Kota Klaten	2 Arah										
	Waktu	Gol I						Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V
		Car	Util 1	Util 2	Small Bus	Large Bus	Truck 2xa	Truck 2xb	Truck 3xa	Truck 3xb	Truck 3xc
06 - 07	159	29	22	3	24	0	66	14	4	1	
07 - 08	365	23	38	2	12	8	59	15	3	1	
08 - 09	263	71	83	3	14	11	61	19	3	3	
09 - 10	362	109	114	1	28	22	64	15	4	1	
10 - 11	431	138	92	7	11	23	123	35	0	6	
11 - 12	288	150	120	4	13	11	75	22	2	10	
12 - 13	267	65	111	5	17	9	82	22	0	5	
13 - 14	427	62	56	2	20	19	95	22	4	8	
14 - 15	354	34	59	2	19	7	109	18	3	6	
15 - 16	293	55	70	2	17	15	74	27	1	3	
16 - 17	250	53	74	4	21	12	66	20	3	3	
17 - 18	217	84	70	2	15	11	42	20	2	3	
18 - 19	238	44	50	3	14	7	75	32	2	4	
19 - 20	523	21	44	4	14	5	72	30	1	2	
20 - 21	405	13	42	0	11	1	92	19	1	8	
21 - 22	286	11	49	2	12	1	81	42	2	4	
22 - 23	146	8	31	2	9	15	44	26	2	4	
23 - 24	97	8	28	2	15	13	27	38	1	5	
24 - 25	93	6	18	1	15	7	35	24	12	5	
25 - 26	76	3	13	1	18	18	42	28	14	5	
26 - 27	49	4	14	0	34	21	42	32	5	6	
27 - 28	57	6	19	0	19	12	41	19	4	7	
28 - 29	54	6	20	0	21	18	36	28	4	2	
29 - 30	115	6	15	1	19	12	40	16	3	3	
30 - 31	194	29	19	5	19	12	63	13	4	1	
31 - 32	361	23	28	2	15	9	68	15	3	2	
32 - 33	347	23	85	3	13	11	78	20	4	2	
33 - 34	356	106	113	2	14	11	97	24	3	2	
34 - 35	412	115	101	2	15	9	120	24	3	4	
35 - 36	326	129	116	4	15	10	118	34	3	5	
36 - 37	307	58	98	4	13	10	142	47	3	7	
37 - 38	436	84	76	4	12	7	117	41	4	5	
38 - 39	379	39	64	1	10	7	82	28	1	6	
39 - 40	415	74	98	3	12	19	80	21	0	5	
40 - 41	441	109	136	9	14	6	118	64	4	3	
41 - 42	465	15	29	2	21	9	64	95	4	2	
42 - 43	394	29	38	2	22	9	71	90	3	5	
43 - 44	360	43	50	3	21	6	68	86	4	3	

Tabel 4.1 Volume Lalu Lintas Ruas Kartasuro – Bts. Kota Klaten (Lanjutan)

44 - 45	263	33	32	3	17	33	124	90	3	3
45 - 46	253	7	19	3	25	4	120	76	6	5
06 - 07	420	115	156	3	21	71	163	9	1	3
07 - 08	423	98	173	5	20	63	154	12	1	3
08 - 09	364	128	154	4	20	57	145	22	2	4
09 - 10	342	214	69	4	11	29	124	9	0	4
10 - 11	443	184	74	2	15	24	79	26	1	3
11 - 12	391	205	78	2	15	30	85	16	1	2
12 - 13	363	148	51	4	14	28	120	17	4	2
13 - 14	384	81	136	2	14	21	205	21	3	3
14 - 15	356	50	106	3	13	42	206	16	0	4
15 - 16	358	53	99	5	22	45	197	20	3	2
16 - 17	396	61	125	4	19	66	214	18	6	3
17 - 18	395	61	73	1	21	29	140	18	5	4
18 - 19	345	58	72	0	20	24	110	18	4	4
19 - 20	341	14	55	0	15	28	189	19	9	4
20 - 21	327	13	64	0	7	24	314	15	12	3
21 - 22	309	6	30	0	9	11	78	7	7	3
22 - 23	186	5	30	0	10	7	53	21	5	5
23 - 24	159	5	19	0	13	7	67	21	11	6
24 - 25	98	2	18	0	14	1	94	13	3	2
25 - 26	82	4	22	0	7	0	22	18	4	7
26 - 27	57	3	20	0	6	1	83	15	9	3
27 - 28	49	0	14	0	7	9	57	13	0	5
28 - 29	53	5	17	0	1	1	20	9	8	3
29 - 30	117	18	27	0	3	11	26	13	3	4
30 - 31	430	35	72	24	3	34	70	16	3	2
31 - 32	418	26	145	4	4	80	95	16	0	5
32 - 33	366	30	136	3	11	51	157	16	0	3
33 - 34	364	50	119	2	14	48	191	17	0	3
34 - 35	360	79	153	2	21	52	212	18	3	3
35 - 36	379	58	128	2	23	56	217	27	0	13
36 - 37	331	33	71	3	19	33	213	25	1	5
37 - 38	427	50	112	3	22	44	190	16	0	4
38 - 39	366	46	140	4	20	66	128	19	0	3
39 - 40	394	41	125	1	19	41	167	28	2	5
40 - 41	423	54	132	1	17	40	164	25	1	10
41 - 42	401	60	119	4	20	50	153	27	3	3
42 - 43	330	57	130	0	13	49	186	26	2	3
43 - 44	384	59	126	0	12	39	189	13	3	6
44 - 45	318	48	133	0	16	44	190	17	4	3
45 - 46	299	59	144	0	9	46	164	26	4	5

Tabel 4. 2 Volume Lalu Lintas Ruas Jln. Perintis Kemerdekaan (Klaten)

Jl. Perintis Kemerdekaan (Klaten)	2 Arah									
	Gol I						Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V
	Car	Util 1	Util 2	Small Bus	Large Bus	Truck 2wa	Truck 2wb	Truck 3wa	Truck 3wb	Truck 3wc
06 - 07	380	58	123	21	20	69	142	30	13	26
07 - 08	377	66	139	22	24	36	189	15	11	3
08 - 09	255	38	67	8	40	17	49	12	7	5
09 - 10	508	22	105	7	20	133	123	12	3	4
10 - 11	515	25	82	5	19	26	212	14	3	1
11 - 12	527	44	98	3	22	47	197	14	1	2
12 - 13	400	79	154	3	13	84	143	4	1	3
13 - 14	465	77	68	5	15	45	229	18	1	5
14 - 15	563	70	93	4	24	62	211	23	3	4
15 - 16	858	235	64	8	23	180	153	26	5	10
16 - 17	685	30	57	10	18	120	210	17	4	11
17 - 18	573	16	71	6	21	15	104	24	4	2
18 - 19	275	61	200	2	27	63	93	46	7	7
19 - 20	560	37	94	22	35	5	83	36	4	6
20 - 21	561	38	33	1	27	3	156	21	1	0
21 - 22	615	30	29	0	37	2	217	14	4	6
22 - 23	375	12	58	0	15	6	167	33	3	15
23 - 24	183	13	41	0	20	14	180	19	1	9
24 - 25	169	20	11	0	75	5	141	2	4	3
25 - 26	77	12	11	0	68	8	48	2	3	2
26 - 27	156	22	10	0	73	16	39	3	4	3
27 - 28	146	31	14	0	54	19	51	5	8	3
28 - 29	154	39	24	12	69	9	124	5	8	2
29 - 30	412	81	35	26	56	102	87	19	4	3
30 - 31	365	22	22	0	24	55	44	10	0	1
31 - 32	433	16	41	2	16	56	75	16	1	2
32 - 33	503	16	67	2	22	37	56	6	0	1
33 - 34	515	28	67	4	23	59	161	13	0	1
34 - 35	487	76	56	3	16	23	187	5	2	1
35 - 36	493	73	60	3	23	48	165	8	1	3
36 - 37	521	64	68	1	20	87	157	2	2	1
37 - 38	465	44	56	4	22	79	144	2	1	1
38 - 39	335	50	60	9	24	43	175	9	1	0
39 - 40	581	41	85	0	30	25	203	23	2	4
40 - 41	423	53	26	1	29	39	175	6	2	1
41 - 42	484	58	40	1	22	31	178	26	2	3
42 - 43	517	48	77	5	19	12	180	44	1	6
43 - 44	697	70	69	1	10	45	27	26	1	5

Tabel 4.2 Volume Lalu Lintas Ruas Jln. Perintis
Kemerdekaan (Klaten) (Lanjutan)

44 - 45	583	46	79	1	17	73	171	26	1	5
45 - 46	353	55	26	2	27	71	151	22	3	6
06 - 07	467	36	29	21	38	45	145	18	21	1
07 - 08	688	57	53	28	45	128	147	15	7	3
08 - 09	718	57	97	6	43	49	210	29	7	4
09 - 10	613	73	152	12	32	73	173	29	1	5
10 - 11	704	107	72	0	14	46	216	13	0	3
11 - 12	667	71	67	6	16	97	209	25	2	9
12 - 13	848	51	56	3	17	84	181	17	3	10
13 - 14	585	70	70	3	21	34	144	12	1	5
14 - 15	696	111	101	7	23	61	168	16	2	3
15 - 16	612	71	83	2	19	44	143	13	2	1
16 - 17	655	61	93	2	22	64	188	26	2	1
17 - 18	632	98	95	26	19	18	88	47	9	15
18 - 19	619	53	57	2	16	14	165	21	3	2
19 - 20	621	38	37	0	29	56	173	30	5	1
20 - 21	493	27	43	0	24	86	190	35	5	3
21 - 22	445	21	42	0	9	95	258	56	6	3
22 - 23	278	17	0	0	15	2	167	64	11	3
23 - 24	139	18	51	0	15	11	105	27	4	14
24 - 25	110	23	22	0	17	75	54	31	22	13
25 - 26	73	11	25	0	12	62	71	31	24	11
26 - 27	71	14	24	0	12	55	90	16	25	10
27 - 28	93	11	37	0	16	98	132	30	22	17
28 - 29	147	18	40	21	22	117	52	19	28	16
29 - 30	253	40	26	16	46	94	221	15	1	2
30 - 31	470	28	19	3	37	19	137	18	0	3
31 - 32	668	48	67	0	41	17	114	19	5	3
32 - 33	678	34	83	7	50	27	170	20	0	1
33 - 34	684	47	83	4	66	18	216	16	1	3
34 - 35	607	61	43	2	19	33	183	19	0	3
35 - 36	703	55	35	3	21	40	211	9	2	4
36 - 37	573	50	48	4	23	19	169	19	1	3
37 - 38	609	37	3	6	16	96	153	9	4	0
38 - 39	642	35	43	2	19	55	188	19	2	1
39 - 40	689	46	37	1	24	52	183	10	3	2
40 - 41	592	62	34	8	22	93	161	17	3	1
41 - 42	656	62	45	5	18	131	182	19	1	1
42 - 43	587	54	72	1	18	155	160	25	4	10
43 - 44	540	48	47	4	37	143	169	19	6	4
44 - 45	508	31	49	0	32	160	162	25	11	2
45 - 46	6503	34	60	1	11	107	162	54	10	5

Tabel 4.3 Volume Lalu Lintas Ruas Jln. Diponegoro (Klaten)

Jl. Diponegoro (Klaten)	2 Arah									
	Waktu	Gol I					Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V
		Car	Util 1	Util 2	Small Bus	Large Bus	Truck 2wa	Truck 2wb	Truck 3xa	Truck 3xb
06 - 07	180	115	68	16	17	15	47	10	17	8
07 - 08	130	30	125	7	14	12	63	12	8	7
08 - 09	155	30	62	4	4	9	11	7	7	6
09 - 10	116	50	64	5	6	9	62	7	7	7
10 - 11	123	41	59	4	4	6	40	6	7	9
11 - 12	155	52	35	8	8	14	77	16	15	12
12 - 13	138	22	68	7	16	6	60	17	4	7
13 - 14	96	31	48	3	22	6	45	11	7	7
14 - 15	143	39	79	2	19	3	79	19	4	7
15 - 16	82	27	45	4	7	7	105	11	7	0
16 - 17	83	12	37	1	21	11	107	26	5	4
17 - 18	110	27	54	0	0	2	72	11	3	1
18 - 19	62	7	20	1	5	6	27	6	3	3
19 - 20	75	8	39	0	6	3	16	14	2	2
20 - 21	93	15	38	0	4	5	41	16	7	4
21 - 22	120	14	46	0	6	4	46	14	4	2
22 - 23	40	0	13	0	8	19	5	9	16	6
23 - 24	6	1	6	0	0	4	79	11	7	4
24 - 25	14	0	10	0	0	1	77	22	8	3
25 - 26	13	0	8	1	1	4	80	7	2	2
26 - 27	9	1	11	3	3	1	70	11	13	4
27 - 28	19	2	0	0	5	7	29	3	3	1
28 - 29	19	6	14	0	0	0	18	1	2	0
29 - 30	19	1	2	0	9	1	11	6	2	0
30 - 31	47	1	19	21	19	17	41	20	21	6
31 - 32	90	58	110	5	15	11	56	32	13	5
32 - 33	153	47	67	4	9	8	51	23	11	8
33 - 34	125	54	70	1	3	5	47	9	4	6
34 - 35	100	33	67	2	6	5	59	26	12	3
35 - 36	143	43	57	8	8	14	54	42	9	2
36 - 37	155	38	97	3	7	11	62	24	6	5
37 - 38	78	24	61	2	6	4	66	8	6	11
38 - 39	47	2	17	1	2	8	117	12	2	0
39 - 40	71	5	21	0	0	11	144	23	1	3
40 - 41	65	8	28	0	0	8	125	13	3	5
41 - 42	60	4	39	0	0	5	107	17	1	4
42 - 43	62	6	9	1	12	6	70	9	6	2
43 - 44	58	2	8	1	8	7	146	30	2	3

Tabel 4.3 Volume Lalu Lintas Ruas Jln. Diponegoro (Klaten)
(Lanjutan)

44 - 45	51	3	14	0	9	6	75	16	6	3
45 - 46	40	2	16	2	5	10	120	12	7	8
06 - 07	145	8	17	8	27	9	17	13	5	11
07 - 08	90	16	11	3	28	4	62	27	7	5
08 - 09	129	23	26	7	22	17	72	26	3	10
09 - 10	92	28	26	6	22	12	73	35	5	4
10 - 11	74	30	26	6	23	9	53	17	3	3
11 - 12	117	34	21	6	22	7	91	34	1	1
12 - 13	115	19	35	2	20	11	148	33	1	0
13 - 14	168	13	41	1	18	23	206	33	2	5
14 - 15	208	9	52	2	30	10	157	21	3	5
15 - 16	124	25	43	2	22	6	196	33	7	7
16 - 17	214	16	56	2	30	7	200	21	3	5
17 - 18	161	25	38	1	25	8	142	27	6	9
18 - 19	183	29	29	10	24	3	122	40	14	8
19 - 20	176	24	30	9	27	3	130	41	17	7
20 - 21	113	18	26	3	29	7	138	42	20	12
21 - 22	78	23	19	4	25	3	131	25	10	18
22 - 23	37	20	13	7	22	0	18	14	14	5
23 - 24	22	4	5	0	21	0	168	9	9	9
24 - 25	33	6	19	0	21	0	160	12	3	9
25 - 26	20	8	33	2	10	0	105	10	0	6
26 - 27	25	2	23	0	11	0	113	19	0	6
27 - 28	41	17	45	0	11	0	58	11	0	5
28 - 29	31	3	40	2	27	1	75	7	3	4
29 - 30	87	6	51	0	26	3	116	12	2	3
30 - 31	129	5	22	4	11	6	154	12	3	4
31 - 32	74	2	24	10	35	6	81	14	5	4
32 - 33	94	9	28	19	10	31	49	17	3	8
33 - 34	85	4	23	7	22	72	133	17	5	3
34 - 35	83	9	24	8	10	13	56	13	3	0
35 - 36	89	10	28	6	9	19	66	19	1	1
36 - 37	106	15	22	3	10	11	71	25	1	0
37 - 38	78	9	23	6	17	10	96	26	4	3
38 - 39	181	13	39	6	42	18	255	33	3	3
39 - 40	204	16	51	6	41	13	303	38	4	9
40 - 41	81	9	30	4	17	10	168	23	2	4
41 - 42	152	9	12	4	29	0	197	23	1	7
42 - 43	131	5	69	13	77	25	159	37	21	7
43 - 44	142	4	6	3	40	5	147	41	21	7
44 - 45	120	5	13	3	27	6	18	27	10	20
45 - 46	102	8	19	0	17	0	89	21	14	6

Tabel 4. 4 Volume Lalu Lintas Ruas Jln. Kartini (Klaten)

Waktu	2 Arah									
	Gol I						Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V
	Car	Util 1	Util 2	Small Bus	Large Bus	Truck 2xa	Truck 2xb	Truck 3xa	Truck 3xb	Truck 3xc
06 - 07	190	145	82	21	2	18	49	12	19	10
07 - 08	140	60	139	12	21	15	65	14	10	9
08 - 09	165	60	76	9	11	12	13	9	9	8
09 - 10	126	80	78	10	13	12	64	9	4	9
10 - 11	133	71	73	9	13	9	42	8	9	11
11 - 12	165	82	49	13	15	17	79	18	17	14
12 - 13	148	52	82	12	23	9	62	19	6	9
13 - 14	106	61	62	8	29	9	47	13	3	0
14 - 15	153	69	93	7	26	6	81	21	6	9
15 - 16	92	57	59	9	14	10	107	13	9	2
16 - 17	93	42	51	6	28	14	109	28	7	6
17 - 18	120	57	68	5	7	5	74	13	3	3
18 - 19	72	37	34	6	12	9	29	8	5	0
19 - 20	85	38	53	4	13	6	18	16	4	4
20 - 21	103	45	52	2	11	8	43	18	3	6
21 - 22	130	44	60	5	13	7	48	16	6	4
22 - 23	50	30	27	0	15	22	7	11	18	0
23 - 24	16	31	20	0	7	7	81	13	9	6
24 - 25	24	30	24	0	7	4	79	24	10	0
25 - 26	23	30	22	0	8	7	82	9	4	4
26 - 27	19	31	25	0	10	4	72	13	15	0
27 - 28	29	32	14	0	12	10	31	5	5	3
28 - 29	29	36	28	0	7	3	20	3	3	0
29 - 30	29	31	16	3	16	4	13	8	4	2
30 - 31	57	31	33	26	26	20	43	22	23	8
31 - 32	100	88	124	10	22	14	58	34	15	7
32 - 33	163	77	81	9	16	11	53	25	13	10
33 - 34	135	84	84	6	10	8	49	11	6	8
34 - 35	110	63	81	7	13	8	61	28	14	5
35 - 36	153	73	71	13	15	17	56	44	10	4
36 - 37	156	68	111	8	14	14	64	26	26	7
37 - 38	88	54	75	7	13	7	68	10	8	13
38 - 39	57	32	31	6	9	11	119	14	4	2
39 - 40	81	35	35	5	7	14	146	25	6	5
40 - 41	75	38	42	8	7	11	127	15	5	7
41 - 42	70	34	53	5	7	8	109	19	3	6
42 - 43	72	36	23	6	19	9	72	11	8	4
43 - 44	68	32	22	8	15	10	148	32	4	5

Tabel 4.4 Volume Lalu Lintas Ruas Jln. Kartini (Klaten)
(Lanjutan)

44-45	61	33	28	5	16	9	77	18	3	5
45-46	50	32	30	7	12	13	122	14	9	10
06-07	155	38	31	13	34	12	19	15	7	13
07-08	100	46	25	8	35	7	64	29	9	7
08-09	139	53	40	12	29	20	74	28	5	12
09-10	102	58	40	11	29	15	75	37	7	6
10-11	84	60	40	11	30	12	55	19	5	5
11-12	127	64	35	11	29	10	93	36	3	3
12-13	125	49	49	7	27	14	150	35	0	2
13-14	178	43	55	6	25	26	208	35	4	7
14-15	218	39	66	7	37	13	159	23	5	0
15-16	134	55	57	7	29	9	198	35	9	9
16-17	224	46	70	7	37	10	202	23	5	0
17-18	171	55	52	6	32	11	144	29	8	11
18-19	193	59	43	15	31	6	124	42	6	10
19-20	186	54	44	14	34	6	132	43	9	9
20-21	123	48	40	8	36	10	140	44	2	14
21-22	88	53	33	9	32	6	133	27	4	20
22-23	47	50	27	12	29	3	20	16	6	7
23-24	32	34	19	5	28	3	170	11	0	11
24-25	43	36	33	5	28	3	162	14	1	0
25-26	30	38	47	7	17	3	107	12	0	8
26-27	35	32	37	5	18	3	115	21	0	8
27-28	51	47	59	5	18	3	60	13	0	0
28-29	41	33	54	7	34	4	77	9	0	6
29-30	97	36	65	5	33	6	118	14	4	5
30-31	139	35	36	9	18	9	156	14	5	6
31-32	84	32	38	15	42	9	83	16	7	6
32-33	104	39	42	24	17	34	51	19	5	10
33-34	95	34	37	12	29	75	135	19	7	5
34-35	93	39	38	13	17	16	58	15	5	2
35-36	99	40	42	11	16	22	68	21	3	3
36-37	116	45	36	8	17	14	73	27	2	2
37-38	88	39	37	11	24	13	98	28	6	5
38-39	191	43	53	11	49	21	257	35	5	5
39-40	214	46	65	11	48	16	305	40	6	11
40-41	91	39	44	9	24	13	170	25	4	6
41-42	162	39	26	9	36	3	199	25	3	9
42-43	141	35	83	18	84	28	161	39	8	9
43-44	152	34	20	8	47	8	149	43	4	9
44-45	130	35	27	8	34	9	20	29	5	22
45-46	112	38	33	5	24	3	91	23	9	8

Tabel 4. 5 Volume Lalu Lintas Ruas Bts Kota Klaten – Prambanan (Bts Prov DIY)

Bts Kota Klaten - Prambanan (DIY)	2 Arah									
	Waktu	Gol I					Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V
		Car	Util 1	Util 2	Small Bus	Large Bus	Truck 2xa	Truck 2xb	Truck 3xa	Truck 3xb
06 - 07	377	44	47	5	27	21	49	10	8	6
07 - 08	390	23	51	17	43	36	88	7	6	6
08 - 09	531	5	87	15	20	60	135	10	5	3
09 - 10	857	7	83	7	25	50	151	13	5	4
10 - 11	306	5	13	6	23	42	176	12	5	4
11 - 12	248	46	165	5	23	58	98	9	6	5
12 - 13	225	17	74	3	20	23	177	16	4	3
13 - 14	256	8	105	4	25	22	175	15	5	5
14 - 15	344	16	169	4	22	22	173	13	8	5
15 - 16	307	35	141	7	22	46	162	16	6	5
16 - 17	358	43	123	5	42	30	134	29	6	6
17 - 18	182	18	74	6	53	43	142	29	6	5
18 - 19	265	15	52	10	55	69	126	27	6	6
19 - 20	249	5	41	9	73	90	121	17	6	6
20 - 21	179	3	29	3	43	43	88	22	7	7
21 - 22	168	11	40	0	20	32	83	21	7	8
22 - 23	89	12	39	1	18	11	69	25	8	8
23 - 24	53	23	28	0	8	7	96	14	6	5
24 - 25	36	14	34	0	12	2	90	15	8	6
25 - 26	26	27	39	0	10	4	104	9	7	7
26 - 27	19	29	36	0	6	4	84	21	8	7
27 - 28	18	35	20	2	18	7	107	16	5	6
28 - 29	31	18	35	2	25	3	98	17	7	6
29 - 30	63	23	23	7	10	16	12	13	8	4
30 - 31	281	17	41	6	29	19	53	14	6	5
31 - 32	131	27	36	15	46	30	95	14	6	5
32 - 33	217	39	41	10	27	68	150	14	5	5
33 - 34	256	12	102	10	22	44	142	21	5	3
34 - 35	295	6	134	9	26	57	170	26	5	4
35 - 36	300	20	141	5	20	43	71	14	4	2
36 - 37	306	29	58	5	20	28	161	30	4	2
37 - 38	195	11	51	9	32	21	163	18	5	6
38 - 39	279	15	58	5	26	28	176	20	6	2
39 - 40	207	16	91	4	21	26	170	25	4	5
40 - 41	170	21	80	7	25	30	145	16	7	3
41 - 42	240	28	16	11	34	72	127	25	6	5
42 - 43	247	29	72	8	53	84	105	22	5	5
43 - 44	513	6	55	5	43	47	91	15	5	5

Tabel 4.5 Volume Lalu Lintas Ruas Bts Kota Klaten – Prambanan (Bts Prov DIY) (Lanjutan)

44 - 45	456	6	67	1	25	26	60	26	6	5
45 - 46	412	6	50	0	19	27	85	22	6	6
06 - 07	755	29	46	11	49	20	227	20	1	4
07 - 08	652	10	57	4	19	15	228	13	2	4
08 - 09	573	13	111	10	42	14	216	19	1	9
09 - 10	533	17	64	10	37	26	198	10	7	2
10 - 11	540	11	128	19	30	15	204	15	3	3
11 - 12	550	7	134	11	22	26	216	32	3	1
12 - 13	526	6	116	11	26	17	161	25	3	5
13 - 14	497	9	155	8	38	16	171	20	1	3
14 - 15	607	5	194	5	33	21	188	21	0	6
15 - 16	876	10	109	6	23	22	168	24	7	1
16 - 17	579	6	85	3	22	15	118	27	3	3
17 - 18	629	14	131	4	16	17	143	33	0	3
18 - 19	641	4	58	0	19	9	115	15	3	3
19 - 20	489	6	209	1	46	7	189	3	1	6
20 - 21	467	8	206	6	37	7	180	31	1	6
21 - 22	171	6	88	8	29	16	210	24	5	12
22 - 23	143	4	30	0	12	3	132	28	8	9
23 - 24	126	3	48	1	9	4	108	17	4	8
24 - 25	120	1	43	5	12	0	64	18	7	7
25 - 26	83	2	30	3	26	4	71	12	2	3
26 - 27	63	10	29	0	33	11	124	19	4	5
27 - 28	58	11	20	7	23	4	163	16	6	7
28 - 29	146	3	44	6	38	11	120	24	0	7
29 - 30	320	5	138	0	25	7	127	14	5	0
30 - 31	197	25	89	6	42	11	112	18	1	3
31 - 32	519	10	69	5	29	8	95	16	2	1
32 - 33	541	24	79	17	48	18	143	19	1	7
33 - 34	615	15	131	7	46	288	141	18	0	2
34 - 35	550	20	45	19	23	19	212	18	3	3
35 - 36	576	20	135	10	22	14	206	11	5	2
36 - 37	400	16	41	7	21	20	234	15	2	5
37 - 38	525	4	71	1	17	8	190	15	2	8
38 - 39	521	4	120	20	25	23	216	23	4	4
39 - 40	666	6	69	23	23	18	222	18	1	4
40 - 41	685	10	63	10	14	12	208	10	3	4
41 - 42	529	6	68	3	20	18	198	18	0	3
42 - 43	458	9	183	4	23	8	228	19	3	5
43 - 44	478	8	102	3	26	12	214	15	3	2
44 - 45	420	7	91	5	17	10	226	24	4	6
45 - 46	412	8	75	0	16	15	231	18	4	4

4.2.1 Pertumbuhan Penduduk Jawa Tengah

Data pertumbuhan penduduk Jawa Tengah digunakan untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas pada jalan tol sesuai dengan umur rencana.

Kabupaten/Kota Regency/Municipality	Jumlah Penduduk (ribu)/ Population (thousand)			Laju Pertumbuhan Penduduk per Tahun/ Annual Population Growth Rate (%)	
	2015	2016	2017	2010-2017	2016-2017
Kabupaten/Regency					
1. Cilacap	1 694 726	1 703 390	1 711 627	0.57	0.50
2. Banyumas	1 635 909	1 650 625	1 665 025	0.96	0.89
3. Purbalingga	898 376	907 507	916 427	1.07	1.00
4. Banjarnegara	901 826	907 410	912 917	0.68	0.61
5. Kebumen	1 184 882	1 188 603	1 192 007	0.37	0.30
6. Purworejo	710 386	712 686	714 574	0.36	0.29
7. Wonosobo	777 122	780 793	784 207	0.52	0.45
8. Magelang	1 245 496	1 257 123	1 268 396	0.99	0.92
9. Boyolali	963 690	969 325	974 579	0.64	0.56
10. Klaten	1 158 795	1 163 218	1 167 401	0.44	0.37
11. Sukoharjo	864 207	871 397	878 374	0.89	0.82
12. Wonogiri	949 017	951 975	954 706	0.37	0.30
13. Karanganyar	856 198	864 021	871 596	0.97	0.90
14. Sragen	879 027	882 090	885 122	0.42	0.35
15. Grobogan	1 351 429	1 358 404	1 365 207	0.58	0.51
16. Blora	852 108	855 573	858 865	0.47	0.40
17. Rembang	619 173	624 096	628 922	0.86	0.78
18. Pati	1 232 889	1 239 989	1 246 691	0.63	0.56
19. Kudus	831 303	841 499	851 478	1.28	1.21
20. Jepara	1 188 289	1 205 800	1 223 198	1.53	1.46
21. Demak	1 117 905	1 129 298	1 140 675	1.08	1.01
22. Semarang	1 000 887	1 014 198	1 027 489	1.39	1.32
23. Temanggung	745 825	752 486	759 128	0.96	0.89
24. Kendal	942 283	949 682	957 024	0.85	0.78
25. Batang	743 090	749 720	756 079	0.94	0.87
26. Pekalongan	873 986	880 092	886 197	0.76	0.70
27. Pemalang	1 288 577	1 292 609	1 296 281	0.37	0.30
28. Tegal	1 424 891	1 429 386	1 433 515	0.37	0.30
29. Brebes	1 781 379	1 788 880	1 796 004	0.48	0.41
Kota/Municipality					
1. Magelang	120 792	121 112	121 474	0.36	0.28
2. Surakarta	512 226	514 171	516 102	0.45	0.38
3. Salatiga	183 815	186 420	188 928	1.46	1.38
4. Semarang	1 701 114	1 729 083	1 757 686	1.72	1.65
5. Pekalongan	296 404	299 222	301 870	0.98	0.92
6. Tegal	246 119	247 212	248 094	0.47	0.40
Jawa Tengah	33 774 141	34 019 095	34 257 865	0.78	0.71

Gambar 4. 1 Proyeksi Penduduk Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah 2010-2025

(Sumber: BPS Provinsi Jawa Tengah)

4.2.2 Pertumbuhan Penduduk Daerah Istimewa Yogyakarta

Data pertumbuhan penduduk Daerah Istimewa Yogyakarta digunakan untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas pada jalan tol sesuai dengan umur rencana. Data pertumbuhan yang digunakan didapat dari katalog BPS tentang Jumlah Penduduk dan Laju Pertumbuhan Penduduk Menurut Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2011-2016 yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Pertumbuhan penduduk DIY dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Kabupaten/Kota	Jumlah Penduduk menurut Kabupaten/Kota di D.I. Yogyakarta (Jiwa)					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
D.I. Yogyakarta	3 509 997	3 552 462	3 594 854	3 637 116	3 679 176	3 720 912
Kulonprogo	394 200	398 672	403 179	407 709	412 198	416 683
Bantul	922 104	934 674	947 072	959 445	972 511	983 527
Gumungkidul	685 003	692 579	700 191	707 794	715 282	722 479
Sleman	1 116 184	1 128 943	1 141 733	1 154 501	1 167 481	1 180 479
Yogyakarta	392 506	397 594	402 679	407 667	412 704	417 744

Gambar 4. 2 Jumlah Penduduk menurut Kabupaten/Kota di D.I.Yogyakarta
(Sumber: BPS Provinsi DIY)

4.3 Data Primer

4.3.1 Waktu Pelayanan

Dalam perencanaan gerbang tol diperlukan data waktu pelayanan. Data waktu pelayanan untuk perencanaan gerbang tol Surakarta – Delanggu – Klaten – Prambanan - Yogyakarta didapatkan dari survey waktu pelayan gerbang tol Kapuk, dengan data survey gardu tol otomatis dan gardu tol On Board Unit (OBU).

4.3.1.1 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis

Survey waktu pelayanan gardu tol otomatis di Gerbang Tol Kapuk dihitung pada saat pengguna tol menempelkan kartu e-toll pada mesin untuk membayar tol sampai mobil meninggalkan gardu dan melewati palang dan palang tertutup kembali. Waktu pelayanan gardu tol otomatis dapat dilihat pada Tabel 4.6 – 4.11.

Jenis Gardu : Otomatis
 Waktu : 10.10 (20 Mei 2019)

Tabel 4. 6 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
1	I	5	1
2	I	4	3
3	I	5	0
4	I	5	1
5	I	6	3
6	I	5	3
7	I	4	4
8	I	4	3
9	I	7	4
10	I	5	1
11	I	6	2
12	I	5	1
13	I	5	4
14	I	5	4
15	I	5	4
16	I	4	4
17	I	5	4
18	I	6	1
19	I	7	2
20	I	5	1
21	I	6	4
22	I	5	2
23	I	7	0
24	I	5	3

Tabel 4.6 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I
(Lanjutan)

25		5	3
26		5	5
27		6	0
28		7	1
29		5	3
30		5	2
31		3	4
32		5	2
33		4	1
34		4	1
35		6	5
36		5	5
37		4	4
38		7	4
39		5	1
40		5	2
41		5	2
42		4	2
43		6	0
44		5	3
45		3	5
46		3	5
47		3	0
48		3	1
49		4	4
50		4	3

Jenis Gardu : Otomatis
Waktu : 12.15 (20 Mei 2019)

Tabel 4. 7 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
1	II	7	4
2	II	7	0
3	II	7	3
4	II	4	0
5	II	5	0
6	II	8	2
7	II	7	0
8	II	8	3
9	II	3	5
10	II	3	4
11	II	6	4
12	II	7	3
13	II	8	5
14	II	4	2
15	II	5	4
16	II	8	2
17	II	4	2
18	II	8	0
19	II	7	4
20	II	4	3
21	II	7	0
22	II	4	2
23	II	5	2
24	II	5	0

Tabel 4.7 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II
(Lanjutan)

25	II	4	3
26	II	7	5
27	II	3	1
28	II	6	1
29	II	8	1
30	II	3	5
31	II	3	2
32	II	5	5
33	II	4	4
34	II	7	0
35	II	3	0
36	II	6	4
37	II	4	2
38	II	3	4
39	II	8	4
40	II	7	5
41	II	8	0
42	II	8	3
43	II	5	4
44	II	7	3
45	II	7	0
46	II	8	4
47	II	6	2
48	II	6	1
49	II	7	5
50	II	8	3

Jenis Gardu : Otomatis
Waktu : 14.10 (20 Mei 2019)

Tabel 4. 8 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis
Golongan III

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
1	III	7	1
2	III	8	3
3	III	4	2
4	III	4	2
5	III	7	1
6	III	6	0
7	III	7	0
8	III	5	0
9	III	8	3
10	III	5	0
11	III	5	1
12	III	4	0
13	III	4	0
14	III	6	3
15	III	6	0
16	III	4	2
17	III	9	0
18	III	6	2
19	III	5	3
20	III	5	0
21	III	5	3
22	III	7	1
23	III	7	2
24	III	7	2

Tabel 4.8 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III
(Lanjutan)

25	III	8	0
26	III	6	0
27	III	5	3
28	III	4	2
29	III	6	1
30	III	5	0
31	III	5	0
32	III	9	1
33	III	8	0
34	III	7	2
35	III	4	0
36	III	5	2
37	III	4	1
38	III	4	0
39	III	5	2
40	III	5	1
41	III	5	3
42	III	5	3
43	III	8	0
44	III	4	0
45	III	5	1
46	III	5	0
47	III	6	3
48	III	5	0
49	III	4	1
50	III	7	1

Jenis Gardu : Otomatis
Waktu : 10.05 (21 Mei 2019)

Tabel 4. 9 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis
Golongan IV

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
1	IV	8	0
2	IV	7	0
3	IV	7	1
4	IV	7	1
5	IV	5	2
6	IV	7	0
7	IV	6	1
8	IV	6	0
9	IV	7	1
10	IV	5	0
11	IV	8	1
12	IV	5	0
13	IV	6	2
14	IV	6	0
15	IV	6	0
16	IV	5	0
17	IV	6	2
18	IV	5	0
19	IV	6	2
20	IV	6	1
21	IV	7	1
22	IV	7	2
23	IV	9	1
24	IV	5	0

Tabel 4.9 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis
Golongan IV (Lanjutan)

25	IV	5	2
26	IV	7	2
27	IV	5	0
28	IV	5	1
29	IV	5	0
30	IV	5	0
31	IV	6	0
32	IV	5	0
33	IV	8	2
34	IV	6	2
35	IV	7	1
36	IV	8	0
37	IV	5	2
38	IV	8	1
39	IV	6	0
40	IV	6	1
41	IV	6	2
42	IV	6	1
43	IV	7	1
44	IV	8	1
45	IV	8	0
46	IV	7	0
47	IV	6	0
48	IV	6	1
49	IV	8	0
50	IV	6	1

Jenis Gardu : Otomatis
Waktu : 12.30 (21 Mei 2019)

Tabel 4. 10 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
1	V	8	0
2	V	6	1
3	V	8	0
4	V	5	0
5	V	6	0
6	V	7	1
7	V	5	1
8	V	6	0
9	V	8	0
10	V	6	0
11	V	8	1
12	V	6	1
13	V	6	0
14	V	8	2
15	V	6	2
16	V	5	1
17	V	6	1
18	V	6	1
19	V	6	2
20	V	5	0
21	V	8	0
22	V	6	0
23	V	7	0
24	V	6	1

Tabel 4.10 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V
(Lanjutan)

25	V	7	0
26	V	8	0
27	V	8	1
28	V	8	0
29	V	5	2
30	V	6	0
31	V	5	1
32	V	5	0
33	V	7	2
34	V	7	2
35	V	6	1
36	V	5	0
37	V	8	0
38	V	6	2
39	V	8	2
40	V	7	0
41	V	8	2
42	V	9	1
43	V	7	0
44	V	5	0
45	V	9	1
46	V	9	0
47	V	8	0
48	V	7	1
49	V	8	1
50	V	8	2

Jenis Gardu : Otomatis
 Waktu : 08.00 (20 Mei 2019)

Tabel 4. 11 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
1	I	4	1
2	I	4	0
3	I	5	2
4	I	6	1
5	I	5	2
6	I	4	2
7	I	4	0
8	I	5	1
9	I	6	1
10	I	6	1
11	I	6	1
12	I	6	0
13	I	4	0
14	I	6	1
15	I	4	4
16	I	6	4
17	I	5	3
18	I	6	2
19	I	5	1
20	I	4	1
21	I	5	2
22	I	4	0
23	I	5	0
24	I	3	2

Tabel 4.11 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I (Lanjutan)

25		6	1
26		5	0
27		7	1
28		5	2
29		7	3
30		4	0
31		6	1
32		5	0
33		4	0
34		3	1
35		4	1
36		4	5
37		4	5
38		5	3
39		4	1
40		4	2
41		4	2
42		5	1
43		6	0
44		5	1
45		5	0
46		6	0
47		5	1
48		4	1
49		4	2
50		5	0

4.3.1.2 Waktu Pelayanan *On Board Unit* (OBU)

Survey waktu pelayanan gardu tol *On Board Unit* di Gerbang Tol Cililitan dihitung pada saat pengguna tol memperlambat kecepatan mobil agar sinyal transmitter dapat terbaca oleh receiver untuk membayar tol hingga melewati palang dan palang tertutup kembali. Waktu pelayanan *On Board Unit* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Jenis Gardu : *On Board Unit*
Waktu : 14.45 (21 Mei 2019)

Tabel 4. 12 Waktu Pelayanan *On Board Unit* (OBU)

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
1	I	4	1
2	I	5	0
3	I	3	0
4	I	3	1
5	I	4	0
6	I	5	1
7	I	3	0
8	I	3	1
9	I	4	1
10	I	4	0
11	I	3	0
12	I	3	0
13	I	4	0
14	I	3	0
15	I	4	1
16	I	5	0
17	I	4	1
18	I	3	1

Tabel 4.12 Waktu Pelayanan *On Board Unit* (OBU)
(Lanjutan)

19		4	0
20		4	0
21		5	0
22		4	1
23		5	0
24		3	1
25		5	1
26		4	1
27		5	0
28		3	0
29		5	0
30		3	0
31		3	0
32		5	0
33		3	0
34		4	0
35		3	0
36		3	0
37		5	1
38		4	0
39		5	0
40		5	1
41		5	1
42		4	0
43		4	0
44		5	0
45		5	1
46		3	1
47		3	1
48		3	1
49		5	0
50		4	1

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Perencanaan Titik dan Lokasi Gerbang Tol

Pada perencanaan titik dan lokasi Gerbang Tol menggunakan Peraturan Pemerintah no 15 tahun 2005 pasal 6 ayat 1c tentang spesifikasi Jalan Tol sebagai berikut:

“Jalan tol harus mempunyai spesifikasi: Jarak antar simpang susun, paling rendah 5 (lima) kilometer untuk jalan tol luar perkotaan dan paling rendah 2 (dua) kilometer untuk jalan tol dalam perkotaan.”

Hasil perencanaan titik dan lokasi Gerbang Tol dapat dilihat pada Lampiran 4.

5.2 Matriks Asal Tujuan

Data volume lalu lintas jalan tol rencana pada bab IV merupakan jumlah perjalanan tiap seksi pada tol Yogyakarta - Solo, sehingga harus dilakukan pembebanan untuk melihat berapa jumlah kendaraan yang akan masuk dan keluar jalan tol. Pembebanan dilakukan dengan cara membuat matriks asal tujuan dengan menggunakan metode Furness lalu menggunakan trip assignment JICA1.

Volume lalu lintas jalan tol rencana yang ada terlebih dahulu ditentukan proporsi kendaraan yang menuju ke arah barat dan kendaraan yang menuju ke arah timur dengan menggunakan data volume lalu lintas jalan eksisting. Karena terdapat data volume lalu lintas harian rata-rata jalan eksisting per jam, maka untuk menentukan proporsi mana yang dipakai, dicari arus jam puncak untuk tiap ruas jalan eksisting. Kemudian digunakan proporsi dari volume lalu lintas jalan eksisting yang memiliki total arus jam puncak terbesar.

Berikut adalah contoh penentuan arus jam puncak pada ruas Kartasuro – Bts. Kota Klaten:

Ruas Kartasuro- Bts Kota Klaten	2 Arah										
	Waktu	Gol I						Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V
		Car	Util 1	Util 2	Small Bus	Large Bus	Truck 2xa	Truck 2xb	Truck 3xa	Truck 3xb	Truck 3xc
06 - 07	159	29	22	3	24	0	66	14	4	1	
07 - 08	365	23	38	2	12	8	59	15	3	1	
08 - 09	263	71	83	3	14	11	61	19	3	3	
09 - 10	362	109	114	1	28	22	64	15	4	1	
10 - 11	431	138	92	7	11	23	123	35	0	6	
11 - 12	288	150	120	4	13	11	75	22	2	10	
12 - 13	267	65	111	5	17	9	82	22	0	5	
13 - 14	427	62	56	2	20	19	95	22	4	8	
14 - 15	354	34	59	2	19	7	109	18	3	6	
15 - 16	293	55	70	2	17	15	74	27	1	3	
16 - 17	250	53	74	4	21	12	66	20	3	3	
17 - 18	217	84	70	2	15	11	42	20	2	3	
18 - 19	238	44	50	3	14	7	75	32	2	4	
19 - 20	523	21	44	4	14	5	72	30	1	2	
20 - 21	405	13	42	0	11	1	92	19	1	8	
21 - 22	286	11	49	2	12	1	81	42	2	4	
22 - 23	146	8	31	2	9	15	44	26	2	4	
23 - 24	97	8	28	2	15	13	27	38	1	5	
24 - 25	93	6	18	1	15	7	35	24	12	5	
25 - 26	76	3	13	1	18	18	42	28	14	5	
26 - 27	49	4	14	0	34	21	42	32	5	6	
27 - 28	57	6	19	0	19	12	41	19	4	7	
28 - 29	54	6	20	0	21	18	36	28	4	2	
29 - 30	115	6	15	1	19	12	40	16	3	3	
30 - 31	194	29	19	5	19	12	63	13	4	1	
31 - 32	361	23	28	2	15	9	68	15	3	2	
32 - 33	347	23	85	3	13	11	78	20	4	2	
33 - 34	356	106	113	2	14	11	97	24	3	2	
34 - 35	412	115	101	2	15	9	120	24	3	4	
35 - 36	326	129	116	4	15	10	118	34	3	5	
36 - 37	307	58	98	4	13	10	142	47	3	7	
37 - 38	436	84	76	4	12	7	117	41	4	5	
38 - 39	379	39	64	1	10	7	82	28	1	6	
39 - 40	415	74	98	3	12	19	80	21	0	5	
40 - 41	441	109	136	9	14	6	118	64	4	3	
41 - 42	465	15	29	2	21	9	64	95	4	2	
42 - 43	394	29	38	2	22	9	71	90	3	5	
43 - 44	360	43	50	3	21	6	68	86	4	3	

44 - 45	263	33	32	3	17	33	124	90	3	3
45 - 46	253	7	19	3	25	4	120	76	6	5
06 - 07	420	115	156	3	21	71	163	9	1	3
07 - 08	423	98	173	5	20	63	154	12	1	3
08 - 09	364	128	154	4	20	57	145	22	2	4
09 - 10	342	214	69	4	11	29	124	9	0	4
10 - 11	443	184	74	2	15	24	79	26	1	3
11 - 12	391	205	78	2	15	30	85	16	1	2
12 - 13	363	148	51	4	14	28	120	17	4	2
13 - 14	384	81	136	2	14	21	205	21	3	3
14 - 15	356	50	106	3	13	42	206	16	0	4
15 - 16	358	53	99	5	22	45	197	20	3	2
16 - 17	396	61	125	4	19	66	214	18	6	3
17 - 18	395	61	73	1	21	29	140	18	5	4
18 - 19	345	58	72	0	20	24	110	18	4	4
19 - 20	341	14	55	0	15	28	189	19	9	4
20 - 21	327	13	64	0	7	24	314	15	12	3
21 - 22	309	6	30	0	9	11	78	7	7	3
22 - 23	186	5	30	0	10	7	53	21	5	5
23 - 24	159	5	19	0	13	7	67	21	11	6
24 - 25	98	2	18	0	14	1	94	13	3	2
25 - 26	82	4	22	0	7	0	22	18	4	7
26 - 27	57	3	20	0	6	1	83	15	9	3
27 - 28	49	0	14	0	7	9	57	13	0	5
28 - 29	53	5	17	0	1	1	20	9	8	3
29 - 30	117	18	27	0	3	11	26	13	3	4
30 - 31	430	35	72	24	3	34	70	16	3	2
31 - 32	418	26	145	4	4	80	95	16	0	5
32 - 33	366	30	136	3	11	51	157	16	0	3
33 - 34	364	50	119	2	14	48	191	17	0	3
34 - 35	360	79	153	2	21	52	212	18	3	3
35 - 36	379	58	128	2	23	56	217	27	0	13
36 - 37	331	33	71	3	19	33	213	25	1	5
37 - 38	427	50	112	3	22	44	190	16	0	4
38 - 39	366	46	140	4	20	66	128	19	0	3
39 - 40	394	41	125	1	19	41	167	28	2	5
40 - 41	423	54	132	1	17	40	164	25	1	10
41 - 42	401	60	119	4	20	50	153	27	3	3
42 - 43	330	57	130	0	13	49	186	26	2	3
43 - 44	384	59	126	0	12	39	189	13	3	6
44 - 45	318	48	133	0	16	44	190	17	4	3
45 - 46	299	59	144	0	9	46	164	26	4	5
Puncak (Kendaraan/jam)	523	214	173	24	34	80	314	95	14	13

Setelah didapatkan data volume lalu lintas jam puncak pada tiap ruas jalan nasional, langkah selanjutnya yaitu melakukan trip distribution dengan cara coba-coba untuk mengetahui distribusi golongan kendaraan pada tiap ruasnya. Matriks asal tujuan untuk kendaraan golongan I - golongan V dapat dilihat pada tabel 5.1 - tabel 5.5 dibawah ini. Sedangkan untuk proses pembuatan matriks asal tujuan kendaraan golongan I – golongan V dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5. 1 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan I
(Metode Furness)

		Tujuan					Golongan I
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	924	2341	769	1081	
	Delanggu	2258	0	5951	859	1282	
	Klaten	1596	845	0	954	1510	
	Prambanan	1485	1449	542	0	1227	
	Yogyakarta	2469	2592	1677	1038	0	

Tabel 5. 2 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan II
(Metode Furness)

		Tujuan					Golongan II
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	987	33	277	204	
	Delanggu	1074	0	46	392	288	
	Klaten	136	177	0	50	37	
	Prambanan	268	348	12	0	72	
	Yogyakarta	222	288	10	81	0	

Tabel 5. 3 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan III (Metode Furness)

		Tujuan					Golongan III
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	1632	1569	24	474	
	Delanggu	832	0	280	4	84	
	Klaten	21	7	0	0	2	
	Prambanan	392	137	132	0	40	
	Yogyakarta	355	124	119	2	0	

Tabel 5. 4 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan IV (Metode Furness)

		Tujuan					Golongan IV
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	316	2	55	27	
	Delanggu	673	0	8	279	139	
	Klaten	1124	2678	0	466	233	
	Prambanan	1	3	0	0	0	
	Yogyakarta	1	3	0	1	0	

Tabel 5. 5 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan V (Metode Furness)

		Tujuan					Golongan V
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	147	165	33	55	
	Delanggu	212	0	318	63	107	
	Klaten	1244	1661	0	369	626	
	Prambanan	23	31	35	0	12	
	Yogyakarta	121	161	182	36	0	

Setelah didapatkan matriks asal tujuan menggunakan metode furness, langkah selanjutnya yaitu melakukan trip assignment

untuk mengetahui berapa perpindahan kendaraan dari jalan eksisting ke jalan tol. Matriks asal tujuan untuk kendaraan golongan I - golongan V dapat dilihat pada tabel 5.6 - tabel 5.10 dibawah ini. Sedangkan untuk proses pembuatan matriks asal tujuan kendaraan golongan I – golongan V dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5. 6 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan I
(Metode JICA1)

		Tujuan					Golongan I
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	640	1837	596	800	
	Delanggu	823	0	4390	447	657	
	Klaten	748	472	0	694	973	
	Prambanan	846	711	417	0	630	
	Yogyakarta	1268	1191	940	571	0	

Tabel 5. 7 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan II
(Metode JICA1)

		Tujuan					Golongan II
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	411	14	127	93	
	Delanggu	448	0	18	167	126	
	Klaten	60	71	0	22	16	
	Prambanan	123	149	5	0	31	
	Yogyakarta	101	126	4	35	0	

Tabel 5. 8 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan III (Metode JICA1)

		Tujuan					Golongan III
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	665	670	11	207	
	Delanggu	339	0	109	2	34	
	Klaten	9	3	0	0	1	
	Prambanan	175	57	57	0	17	
	Yogyakarta	155	51	52	1	0	

Tabel 5. 9 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan IV (Metode JICA1)

		Tujuan					Golongan IV
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	129	1	25	12	
	Delanggu	274	0	3	116	57	
	Klaten	479	1042	0	203	102	
	Prambanan	1	1	0	0	0	
	Yogyakarta	1	1	0	0	0	

Tabel 5. 10 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan V (Metode JICA1)

		Tujuan					Golongan V
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	60	70	15	24	
	Delanggu	86	0	124	26	43	
	Klaten	531	646	0	161	273	
	Prambanan	10	13	15	0	5	
	Yogyakarta	53	66	79	15	0	

5.3 Analisis Tingkat Kedatangan (λ)

Matriks asal tujuan yang didapat pada tabel 5.6 – tabel 5.10 masih merupakan data lalu lintas harian rata-rata. Sehingga matriks asal tujuan tersebut perlu dikalikan dengan nilai faktor k agar dapat menjadi arus jam puncak yang mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 No.3. Nilai k yang digunakan sebesar 10%.

Contoh perhitungan dari matriks asal tujuan pada tahun 2019 untuk menjadi arus jam puncak adalah sebagai berikut:

Pada tabel 5.6 jumlah kendaraan Golongan I dari arah

Surakarta ke Delanggu = 640

Faktor k = 10% = 0,1

Jumlah kendaraan pada jam puncak = $640 \times 0,1 =$

64 kend/jam

Tabel 5.11 – Tabel 5.15 merupakan matriks asal tujuan golongan I-V pada tahun 2019 setelah dikalikan factor k untuk mendapatkan jumlah kendaraan pada arus jam puncak:

Tabel 5. 11 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Golongan I

		Tujuan					Golongan I
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	64	184	60	80	
	Delanggu	82	0	439	45	66	
	Klaten	75	47	0	69	97	
	Prambanan	85	71	42	0	63	
	Yogyakarta	127	119	94	57	0	

Tabel 5. 12 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Golongan II

		Tujuan					Golongan II
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	41	1	13	9	
	Delanggu	45	0	2	17	13	
	Klaten	6	7	0	2	2	
	Prambanan	12	15	1	0	3	
	Yogyakarta	10	13	0	3	0	

Tabel 5. 13 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Golongan III

		Tujuan					Golongan III
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	66	67	1	21	
	Delanggu	34	0	11	0	3	
	Klaten	1	0	0	0	0	
	Prambanan	18	6	6	0	2	
	Yogyakarta	15	5	5	0	0	

Tabel 5. 14 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Golongan IV

		Tujuan					Golongan IV
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	13	0	2	1	
	Delanggu	27	0	0	12	6	
	Klaten	48	104	0	20	10	
	Prambanan	0	0	0	0	0	
	Yogyakarta	0	0	0	0	0	

Tabel 5. 15 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Golongan V

		Tujuan					Golongan V
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	6	7	1	2	
	Delanggu	9	0	12	3	4	
	Klaten	53	65	0	16	27	
	Prambanan	1	1	2	0	0	
	Yogyakarta	5	7	8	2	0	

5.3.1 Analisis Distribusi Kendaraan

Setelah didapatkan matriks arus jam puncak, selanjutnya dilakukan analisis distribusi kendaraan ke gerbang tol untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk dan keluar gerbang tol Yogyakarta – Solo. Distribusi kendaraan ini dilakukan dengan cara memasukkan jumlah kendaraan yang didapat dari matriks arus jam puncak pada perhitungan sebelumnya.

Contoh perhitungan analisis:

Pada tabel 5.11 jumlah kendaraan di Surakarta yang menuju Delanggu berjumlah 64 kendaraan. Dapat diartikan bahwa 51 kendaraan memasuki Surakarta dan 64 kendaraan keluar di Delanggu.

Distribusi kendaraan ke gerbang tol dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5. 16 Distribusi Kendaraan ke Gerbang Tol Golongan I

Zona	Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	Golongan I	
Surakarta	Delanggu	64	64				
Surakarta	Klaten	184		184			
Surakarta	Prambanan	60			60		
Surakarta	Yogyakarta	80					80
Delanggu	Surakarta	82	82				
Delanggu	Klaten		439	439			
Delanggu	Prambanan		45		45		
Delanggu	Yogyakarta		66				66
Klaten	Surakarta	75		75			
Klaten	Delanggu		47	47			
Klaten	Prambanan			69	69		
Klaten	Yogyakarta			97			97
Prambanan	Surakarta	85			85		
Prambanan	Delanggu		71		71		
Prambanan	Klaten			42	42		
Prambanan	Yogyakarta				63		63
Yogyakarta	Surakarta	127					127
Yogyakarta	Delanggu		119				119
Yogyakarta	Klaten			94			94
Yogyakarta	Prambanan				57	57	

5.3.2 Analisis Jumlah Kendaraan Masuk dan Keluar Gerbang

Jumlah kendaraan masuk dan keluar gerbang tol didapat dengan cara melakukan penjumlahan dari distribusi kendaraan yang masuk dan keluar dari tiap gerbang tol.

Contoh perhitungan analisis:

Tabel 5.16 terdapat jumlah kendaraan masuk dan keluar pada tiap gerbang tol Yogyakarta - Solo untuk golongan I. Pada gerbang tol Surakarta, kendaraan yang masuk $64 + 184 + 60 + 80 = 388$ kendaraan dan kendaraan yang keluar $82 + 75 + 85 + 127 = 369$ kendaraan. Analisis ini dilakukan kepada tiap golongan kendaraan dan tiap daerah yang melewati Yogyakarta - Solo. Jumlah kendaraan masuk dan keluar gerbang tol dapat dilihat pada Tabel 5.17 – Tabel 5.18.

Tabel 5. 17 Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang Tol

Golongan	Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang					
	Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	Jumlah Kend
Golongan I	387	632	289	260	397	1965
Golongan II	65	76	17	31	27	215
Golongan III	155	48	1	31	26	261
Golongan IV	17	45	183	0	0	245
Golongan V	17	28	161	4	21	232
Total	641	829	650	326	471	2917

Tabel 5. 18 Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang Tol

Golongan	Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang					Jumlah Kend
	Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Golongan I	369	301	758	231	306	1965
Golongan II	73	76	4	35	27	215
Golongan III	68	78	89	1	5	241
Golongan IV	75	117	0	34	17	245
Golongan V	68	78	29	22	35	232
Total	653	650	881	323	390	2897

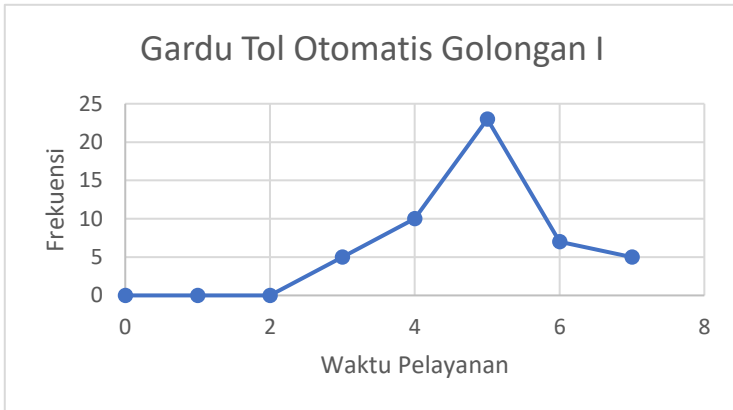
5.4 Analisis Waktu Pelayanan

Pada tugas akhir ini akan menganalisis waktu pelayanan pada gardu tol otomatis untuk tiap golongannya dan gardu tol On Board Unit. Data waktu pelayanan tiap jenis gardu tol diperoleh dari survei waktu pelayanan di gerbang tol Kapuk pada tanggal 20 Mei 2019 – 21 Mei 2019.

Analisis waktu pelayanan menggunakan frekuensi kendaraan yang melintas sehingga mendapatkan frekuensi kumulatif serta presentase tiap detiknya. Analisis waktu pelayanan dapat dilihat pada Tabel 5.19 – Tabel 5.25 dan Gambar 5.1 – Gambar 5.7.

Tabel 5. 19 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	5	5	10	10
4	10	15	20	30
5	23	38	46	76
6	7	45	14	90
7	5	50	10	100



Gambar 5. 1 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I

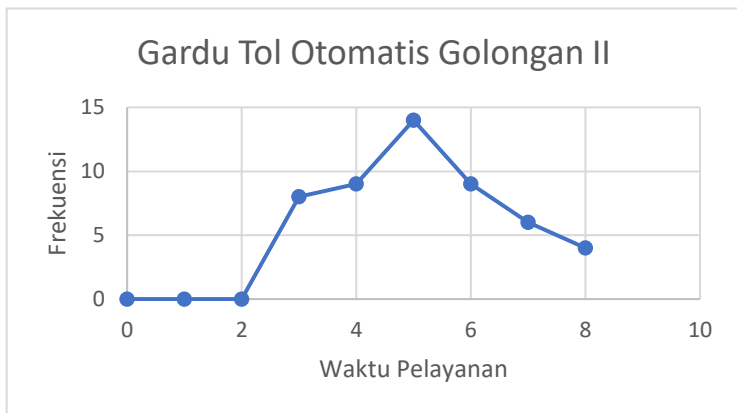
Pada tabel 5.19, WP adalah waktu pelayanan, dan berikut penjelasan dari tabel 5.19:

Rata-rata	: 4.94
Median	: 5
Modus	: 5
Presentase Kumulatif	: 50% = 4.3
	: 80% = 5.29
Waktu Pelayanan	: 5

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 1 dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 50%. Sehingga waktu pelayanan yang dipaka adalah 5 detik.

Tabel 5. 20 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	8	8	16	16
4	9	17	18	34
5	14	31	28	62
6	9	40	18	80
7	6	46	12	92
8	4	50	8	100



Gambar 5. 2 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II

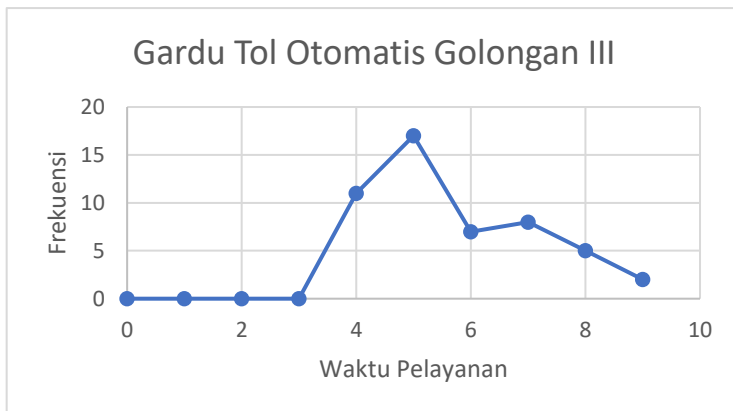
Pada tabel 5.20, WP adalah waktu pelayanan, dan berikut penjelasan dari tabel 5.20:

Rata-rata	: 5.16
Median	: 5
Modus	: 5
Presentase Kumulatif	: 50% = 4.57
	: 80% = 6.00
Waktu Pelayanan	: 5

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan II dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 50%. Sehingga waktu pelayanan yang dipaka adalah 5 detik.

Tabel 5. 21 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	11	11	22	22
5	17	28	34	56
6	7	35	14	70
7	8	43	16	86
8	5	48	10	96
9	2	50	4	100



Gambar 5.3 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III

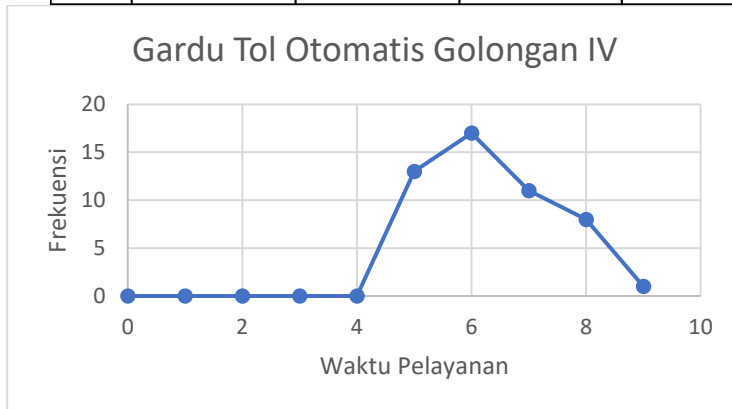
Pada tabel 5.21, WP adalah waktu pelayanan, dan berikut penjelasan dari tabel 5.21:

Rata-rata	: 5.7
Median	: 5
Modus	: 5
Presentase Kumulatif	: 50% = 4.82
	: 80% = 6.63
Waktu Pelayanan	: 5

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan III dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 50%. Sehingga waktu pelayanan yang dipakai adalah 5 detik.

Tabel 5. 22 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	13	13	26	26
6	17	30	34	60
7	11	41	22	82
8	8	49	16	98
9	1	50	2	100



Gambar 5. 4 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV

Pada tabel 5.22, WP adalah waktu pelayanan, dan berikut penjelasan dari tabel 5.22:

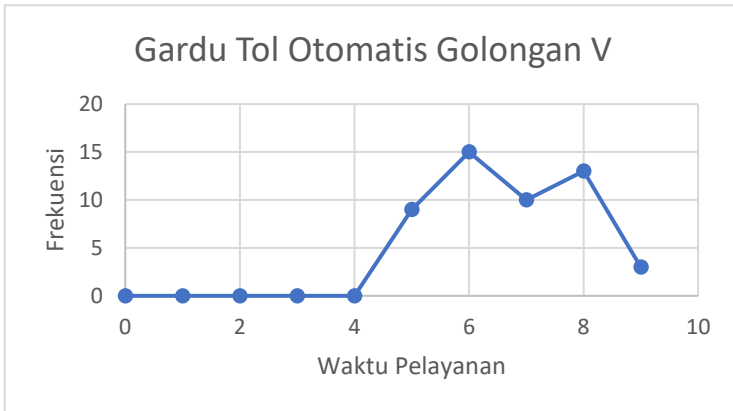
Rata-rata : 6.34
 Median : 6

Modus : 6
 Presentase Kumulatif : 50% = 5.71
 : 80% = 6.91
 Waktu Pelayanan : 6

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan IV dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 80%. Sehingga waktu pelayanan yang dipaka adalah 6 detik.

Tabel 5. 23 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	9	9	18	18
6	15	24	30	48
7	10	34	20	68
8	13	47	26	94
9	3	50	6	100



Gambar 5.5 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V

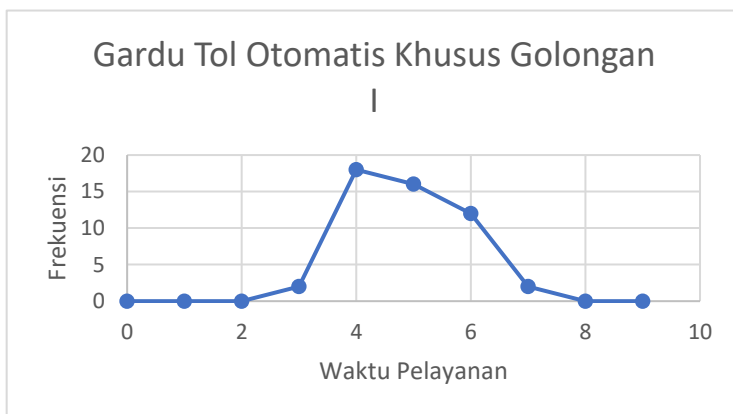
Pada tabel 5.23, WP adalah waktu pelayanan, dan berikut penjelasan dari tabel 5.23:

Rata-rata	: 6.72
Median	: 7
Modus	: 6
Presentase Kumulatif	: 50% = 6.10
	: 80% = 7.46
Waktu Pelayanan	: 6

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan V dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 50%. Sehingga waktu pelayanan yang dipaka adalah 6 detik.

Tabel 5. 24 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	2	2	4	4
4	18	20	36	40
5	16	36	32	72
6	12	48	24	96
7	2	50	4	100
8	0	50	0	100
9	0	50	0	100



Gambar 5. 6 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I

Pada tabel 5.24, WP adalah waktu pelayanan, dan berikut penjelasan dari tabel 5.24:

Rata-rata : 4.88
 Median : 5

Modus : 4
 Presentase Kumulatif : 50% = 5.33
 : 80% = 4.31
 Waktu Pelayanan : 5

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan I dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 50%. Sehingga waktu pelayanan yang dipaka adalah 5 detik.

Tabel 5. 25 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol On Board Unit

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	16	16	32	32
4	23	39	46	78
5	11	50	22	100



Gambar 5. 7 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I

Pada tabel 5.25, WP adalah waktu pelayanan, dan berikut penjelasan dari tabel 5.25:

Rata-rata	: 3.9
Median	: 4
Modus	: 4
Presentase Kumulatif	: 50% = 3.39
	: 80% = 4.09
Waktu Pelayanan	: 4

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan I OBU dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 80%. Sehingga waktu pelayanan yang dipakai adalah 4 detik.

5.5 Analisis Tingkat Pelayanan (μ)

Pada perencanaan gerbang tol Surakarta-Delanggu-Klaten-Prambanan-Yogyakarta memerlukan tingkat pelayanan untuk keseluruhan gardu tol yang direncanakan pada tiap gerbang. Analisis tingkat pelayanan ini menggunakan data waktu pelayanan dari tiap golongan yang sudah dianalisis sebelumnya dan tingkat kedatangan dari masing-masing golongan kendaraan pada tiap gerbang.

Berikut merupakan contoh perhitungan tingkat pelayanan untuk Gerbang Surakarta pada GTO Masuk yang dapat dilalui semua golongan kendaraan pada tahun 2019:

Waktu Pelayanan:

1. Golongan I = 5 detik $\rightarrow 3600/5 = 720$
2. Golongan II = 5 detik $\rightarrow 3600/5 = 720$
3. Golongan III = 5 detik $\rightarrow 3600/5 = 720$
4. Golongan IV = 6 detik $\rightarrow 3600/6 = 600$
5. Golongan V = 6 detik $\rightarrow 3600/6 = 600$

Tingkat Kedatangan:

1. Golongan I = 97 kend/jam
2. Golongan II = 65 kend/jam
3. Golongan III = 155 kend/jam
4. Golongan IV = 17 kend/jam
5. Golongan V = 17 kend/jam

$$\mu = \frac{(97 \times 720) + (65 \times 720) + (155 \times 720) + (17 \times 600) + (17 \times 600)}{97 + 65 + 155 + 17 + 17}$$

Tingkat Peayanan untuk tiap gerbang tol tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5. 26 Tingkat Pelayanan Gerbang Tol 2019

Gerbang Tol	Gardu		μ (kend/jam)
Surakarta	GTO	Masuk	709
		Keluar	674
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900
Delanggu	GTO	Masuk	695
		Keluar	665
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900
Klaten	GTO	Masuk	625
		Keluar	709
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900

Tabel 5. 27 Tingkat Pelayanan Gerbang Tol 2019 (lanjutan)

Prambanan	GTO	Masuk	716
		Keluar	675
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900
Yogyakarta	GTO	Masuk	705
		Keluar	681
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900

5.6 Analisis Perbandingan Tingkat Pelayanan dan Tingkat Kedatangan (ρ)

Setelah menganalisis tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan pada setiap gerbang tol Surakarta-Delanggu-Klaten-Prambanan-Yogyakarta, selanjutnya dilakukan analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan untuk mengetahui intensitas setiap gardu tol yaitu gardu tol otomatis dan gardu tol On Board Unit. Untuk menganalisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan gardu tol otomatis dan On Board Unit digunakan waktu pelayanan yang didapat dari hasil survey yang telah dilakukan. Gerbang tol Surakarta-Delanggu-Klaten-Prambanan-Yogyakarta direncanakan menggunakan sistem gerbang tol tertutup.

Sebelum menganalisis, diasumsikan terlebih dahulu jumlah gardu tol yang direncanakan dan dikontrol dengan perbandingan perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan. Analisis perbandingan dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5. 28 Jumlah Rencana Gardu Tol Tiap Gerbang

Gerbang Tol	Gardu		Jumlah Gardu
Surakarta	GTO	Masuk	1
		Keluar	1
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1
Delanggu	GTO	Masuk	1
		Keluar	1
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1
Klaten	GTO	Masuk	1
		Keluar	1
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1
Prambanan	GTO	Masuk	1
		Keluar	1
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1
Yogyakarta	GTO	Masuk	1
		Keluar	1
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1

5.6.1. Analisis Perbandingan Tingkat Pelayanan dan Tingkat Kedatangan Gerbang Tol

Perencanaan gerbang tol Surakarta-Delanggu-Klaten-Prambanan-Yogyakarta menggunakan gardu tol otomatis dan gardu tol On Board Unit. Dalam perencanaan ini kendaraan golongan I menggunakan proporsi 50% masuk ke gardu tol otomatis khusus golongan I, 25% masuk ke gardu tol otomatis dan 25% masuk ke gardu tol On Board Unit. Sedangkan kendaraan golongan II – golongan V hanya masuk ke gardu tol otomatis

Berikut merupakan contoh analisis perbandingan tingkat pelayanan pada gerbang tol Surakarta tahun 2019:

Data jumlah kendaraan yang masuk gerbang tol Surakarta dari tabel 5.17

	Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang (kend/jam)				
	Surakarta				
Golongan	I	II	III	IV	V
Jumlah kend. (λ)	387	65	155	17	17

λ_1 GTo khusus Gol. I : $387 \times 50\% = 194$ kend

λ_2 gardu tol otomatis : $(387 \times 25\%) + (65 + 155 + 17 + 17) = 351$ kend.

λ_3 gardu On Board Unit: $387 \times 25\% = 97$ kend.

Data waktu pelayanan arah masuk gerbang tol Surakarta dari tabel 5.26

Gerbang Tol	Gardu	μ (kend/jam)	
Surakarta	GTO	Masuk	709
	GTO Khusus	Masuk	720
	OBU	Masuk	900

Gardu Tol Masuk

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I	: 1 gardu
Jumlah (N) gardu tol otomatis	: 1 gardu
Jumlah (N) gardu <i>On Board Unit</i>	: 1 gardu
λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. 1	: 194 kend/jam
λ_2 gardu tol otomatis	: 350 kend/jam
λ_3 gardu <i>On Board Unit</i>	: 97 kend/jam
μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 720 kend/jam
μ_2 gardu tol otomatis	: 709 kend/jam
μ_3 gardu <i>On Board Unit</i>	: 900 kend/jam

- Gardu tol otomatis khusus:

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1 \times N_1}$$

$$\rho_1 = \frac{194}{720 \times 1}$$

$$\rho_1 = 0,269 < 1 \text{ (OK)}$$

- Gardu tol otomatis:

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2 \times N_2}$$

$$\rho_2 = \frac{350}{709 \times 1}$$

$$\rho_2 = 0,494 < 1 \text{ (OK)}$$

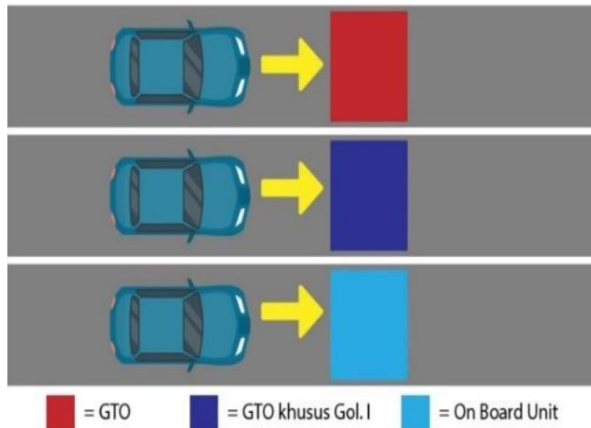
- Gardu tol *On Board Unit*:

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3}{\mu_3 \times N_3}$$

$$\rho_3 = \frac{97}{900 \times 1}$$

$$\rho_3 = 0,108 < 1 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan ρ_1 , ρ_2 , ρ_3 yang dianalisis < 1 , maka perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan pada gerbang tol Surakarta arah masuk aman. Dari perhitungan didapatkan gardu tol otomatis terdapat 1 gardu, gardu to otomatis khusus gol I terdapat 1 gardu, dan gardu *On Board Unit* terdapat 1 gardu.



Gambar 5. 8 Ilustrasi Gardu Tol arah Masuk

Data jumlah kendaraan yang keluar gerbang tol Surakarta dari tabel 5.18

	Jumlah Kendaraan KeluarGerbang (kend/jam)				
	Surakarta				
Golongan	I	II	III	IV	V
Jumlah kend. (λ)	369	73	68	75	68

λ_1 GTo khusus Gol. I : $369 \times 50\% = 185$ kend

λ_2 gardu tol otomatis : $(369 \times 25\%) + (73 + 68 + 75 + 68) = 377$ kend.

λ_3 gardu On Board Unit: $369 \times 25\% = 93$ kend.

Data waktu pelayanan arah masuk gerbang tol Surakarta dari tabel 5.26

Gerbang Tol	Gardu	μ (kend/jam)	
Surakarta	GTO	Keluar	674
	GTO Khusus	Keluar	720
	OBU	Keluar	900

Gardu Tol Keluar

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I : 1 gardu

Jumlah (N) gardu tol otomatis : 1 gardu

Jumlah (N) gardu *On Board Unit* : 1 gardu

λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. 1 : 184 kend/jam

λ_2 gardu tol otomatis : 376 kend/jam

λ_3 gardu *On Board Unit* : 92 kend/jam

μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I : 720 kend/jam

μ_2 gardu tol otomatis : 674 kend/jam

μ_3 gardu *On Board Unit* : 900 kend/jam

- Gardu tol otomatis khusus:

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1 \times N_1}$$

$$\rho_1 = \frac{184}{720 \times 1}$$

$$\rho_1 = 0,256 < 1 \text{ (OK)}$$

- Gardu tol otomatis:

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2 \times N_2}$$

$$\rho_2 = \frac{376}{674 \times 1}$$

$$\rho_2 = 0,558 < 1 \text{ (OK)}$$

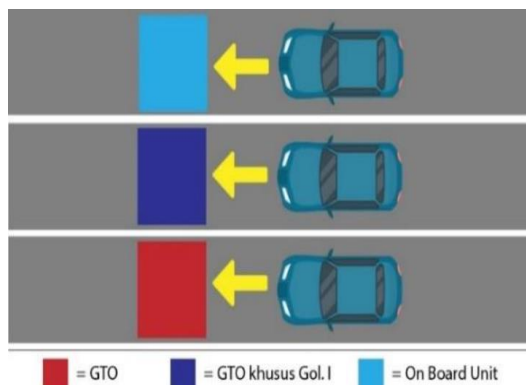
- Gardu tol *On Board Unit*:

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3}{\mu_3 \times N_3}$$

$$\rho_3 = \frac{92}{900 \times 1}$$

$$\rho_3 = 0,102 < 1 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan ρ_1 , ρ_2 , ρ_3 yang dianalisis < 1 , maka perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan pada gerbang tol Surakarta arah keluar aman. Dari perhitungan didapatkan gardu tol otomatis terdapat 1 gardu, gardu tootomatis khusus gol I terdapat 1 gardu, dan gardu *On Board Unit* terdapat 1 gardu.



Gambar 5.9 Ilustrasi Gardu Tol arah Keluar

Analisis Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan untuk tiap gerbang tol dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5. 29 Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan Gerbang Tol Tahun 2019

Gerbang Tol	Gardu		N	λ	μ	ρ
Surakarta	GTO	Masuk	1	350	709	0.494
		Keluar	1	377	674	0.558
	GTO Khusus	Masuk	1	194	720	0.269
		Keluar	1	184	720	0.256
	OBU	Masuk	1	97	900	0.108
		Keluar	1	92	900	0.102
Delanggu	GTO	Masuk	1	355	695	0.511
		Keluar	1	424	665	0.638
	GTO Khusus	Masuk	1	316	720	0.439
		Keluar	1	151	720	0.209
	OBU	Masuk	1	158	900	0.175
		Keluar	1	75	900	0.084
Klaten	GTO	Masuk	1	434	625	0.694
		Keluar	1	312	709	0.440
	GTO Khusus	Masuk	1	144	720	0.200
		Keluar	1	379	720	0.527
	OBU	Masuk	1	72	900	0.080
		Keluar	1	190	900	0.211
Prambanan	GTO	Masuk	1	131	716	0.183
		Keluar	1	150	675	0.222
	GTO Khusus	Masuk	1	130	720	0.181
		Keluar	1	115	720	0.160
	OBU	Masuk	1	65	900	0.072
		Keluar	1	58	900	0.064
Yogyakarta	GTO	Masuk	1	173	705	0.246
		Keluar	1	160	681	0.235
	GTO Khusus	Masuk	1	198	720	0.276
		Keluar	1	153	720	0.213
	OBU	Masuk	1	99	900	0.110
		Keluar	1	77	900	0.085

Dikarenakan ρ yang dianalisis < 1 , maka perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan pada gerbang tol arah masuk dan keluar aman.

5.7 Analisis Antrian pada Gerbang Tol

Analisis antrian pada gerbang tol Surakarta-Delanggu-Klaten-Prambanan-Yogyakarta menggunakan analisis antrian FIFO. Analisis antrian pada gerbang dilakukan untuk mengetahui panjang antrian yang terjadi dan waktu mengantri pada gerbang tol. Analisis antrian ini menggunakan jumlah gardu tol yang sama pada analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan.

Berikut merupakan contoh analisis antrian gerbang tol Surakarta pada tahun 2019:

Analisis Antrian Gerbang Tol Surakarta

Diketahui:

Gardu Tol Masuk

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I	: 1 gardu
Jumlah (N) gardu tol otomatis	: 1 gardu
Jumlah (N) gardu <i>On Board Unit</i>	: 1 gardu
λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. 1	: 194 kend/jam
λ_2 gardu tol otomatis	: 350 kend/jam
λ_3 gardu <i>On Board Unit</i>	: 97 kend/jam
μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 720 kend/jam
μ_2 gardu tol otomatis	: 709 kend/jam
μ_3 gardu <i>On Board Unit</i>	: 900 kend/jam
ρ_1	: 0.269
ρ_2	: 0.494
ρ_2	: 0.108

- Gardu tol otomatis khusus:

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.269}{1 - 0.269} = 0.37 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.269^2}{1 - 0.269} = 0.099 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} \times 3600 = \frac{1}{720 - 194} \times 3600 = 6.84 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 6.84 - \frac{1}{720} \times 3600 = 1.84 \text{ detik}$$

- Gardu tol otomatis:

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.494}{1 - 0.494} = 0.98 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.494^2}{1 - 0.494} = 0.48 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} \times 3600 = \frac{1}{709 - 350} \times 3600 = 8.02 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 8.02 - \frac{1}{709} \times 3600 = 2.93 \text{ detik}$$

- Gardu tol *On Board Unit*:

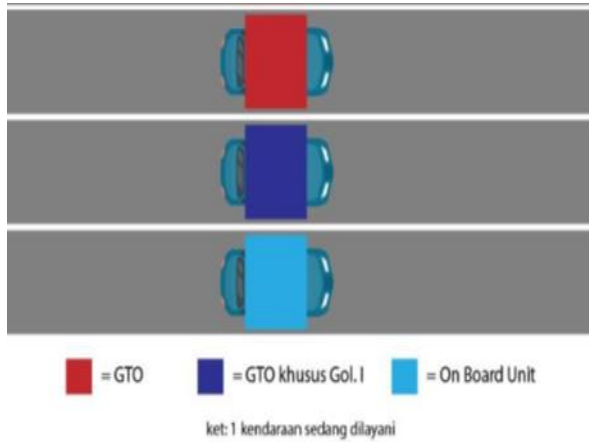
$$\bar{n} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.108}{1 - 0.108} = 0.12 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.108^2}{1 - 0.108} = 0.01 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} \times 3600 = \frac{1}{900 - 97} \times 3600 = 4.48 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 4.48 - \frac{1}{900} \times 3600 = 0.48 \text{ detik}$$

Dari hasil perhitungan jumlah antrian kendaraan untuk arah masuk terdapat 1 kendaraan tiap jenis gardunya.



Gambar 5. 10 Ilustrasi antrian pada gerbang tol arah masuk

Gardu Tol Keluar

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I : 1 gardu

Jumlah (N) gardu tol otomatis : 1 gardu

Jumlah (N) gardu *On Board Unit* : 1 gardu

λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. 1 : 184 kend/jam

λ_2 gardu tol otomatis : 376 kend/jam

λ_3 gardu *On Board Unit* : 92 kend/jam

μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I : 720 kend/jam

μ_2 gardu tol otomatis	: 674 kend/jam
μ_3 gardu <i>On Board Unit</i>	: 900 kend/jam
ρ_1	: 0.256
ρ_2	: 0.558
ρ_2	: 0.102

- Gardu tol otomatis khusus:

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.256}{1 - 0.256} = 0.34 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.256^2}{1 - 0.256} = 0.09 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} \times 3600 = \frac{1}{720 - 184} \times 3600 = 6.72 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 6.72 - \frac{1}{720} \times 3600 = 1.72 \text{ detik}$$

- Gardu tol otomatis:

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.558}{1 - 0.558} = 1.26 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.558^2}{1 - 0.558} = 0.71 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} \times 3600 = \frac{1}{674 - 376} \times 3600 = 8.68 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 8.68 - \frac{1}{674} \times 3600 = 3.34 \text{ detik}$$

- Gardu tol *On Board Unit*:

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.102}{1 - 0.102} = 0.11 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.102^2}{1 - 0.102} = 0.01 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} \times 3600 = \frac{1}{900 - 92} \times 3600 = 4.46 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 4.46 - \frac{1}{900} \times 3600 = 0.46 \text{ detik}$$

Dari hasil perhitungan jumlah antrian kendaraan untuk arah keluar terdapat 1 kendaraan tiap jenis gardunya.



Gambar 5. 11 Ilustrasi antrian pada gerbang tol arah keluar

Analisis antrian untuk tiap gerbang tol dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5. 30 Hasil Analisis Gerbang Tol Tahun 2019

Gerbang Tol	Gardu		n (kend)	q (kend)	d (dtk)	w (dtk)
Surakarta	GTO	Masuk	1	1	8.02	2.94
		Keluar	1	1	9.68	4.34
	GTO Khusus	Masuk	1	1	6.84	1.84
		Keluar	1	1	6.72	1.72
	OBU	Masuk	1	1	4.48	0.48
		Keluar	1	1	4.46	0.46
Delanggu	GTO	Masuk	1	1	10.59	5.41
		Keluar	1	1	14.97	9.56
	GTO Khusus	Masuk	1	1	8.91	3.91
		Keluar	1	1	6.32	1.32
	OBU	Masuk	1	1	4.85	0.85
		Keluar	1	1	4.37	0.37
Klaten	GTO	Masuk	1	1	18.85	13.09
		Keluar	1	1	9.07	3.99
	GTO Khusus	Masuk	1	1	6.25	1.25
		Keluar	1	1	10.56	5.56
	OBU	Masuk	1	1	4.35	0.35
		Keluar	1	1	5.07	1.07
Prambanan	GTO	Masuk	1	1	6.16	1.13
		Keluar	1	1	6.86	1.53
	GTO Khusus	Masuk	1	1	6.10	1.10
		Keluar	1	1	5.95	0.95
	OBU	Masuk	1	1	4.31	0.31
		Keluar	1	1	4.27	0.27
Yogyakarta	GTO	Masuk	1	1	6.77	1.66
		Keluar	1	1	6.91	1.62
	GTO Khusus	Masuk	1	1	6.90	1.90
		Keluar	1	1	6.35	1.35
	OBU	Masuk	1	1	4.50	0.50
		Keluar	1	1	4.37	0.37

5.8 Perencanaan Gerbang Tol tahun 2024

Perencanaan gerbang tol Yogyakarta-Solo pada tahun 2024 dilakukan untuk mengetahui kemampuan gerbang tol dalam melayani kendaraan yang lewat setelah adanya peningkatan pertumbuhan jumlah kendaraan dari perencanaan sebelumnya yaitu tahun 2019. Data yang digunakan dalam perencanaan ini sama dengan data-data yang digunakan pada perencanaan gerbang tol Yogyakarta-Solo pada tahun 2019, yaitu data lalu lintas harian rata-rata. Data lalu lintas harian rata-rata pada tahun 2017 didapatkan dari Kepala Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional VII yang dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.5. Setelah itu dilakukan tahap yang sama pada perencanaan sebelumnya, yaitu membuat matriks asal tujuan dengan metode furness dan JICA1 yang sebelumnya dilakukan forecasting untuk 5 tahun kedepan. Matriks asal tujuan metode furness tol tahun 2024 dapat dilihat pada Tabel 5.30 – Tabel 5.34.

Tabel 5. 31 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan I (Metode Furness)

		Tujuan					Golongan I
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	943	2381	782	1106	
	Delanggu	2292	0	6097	872	1312	
	Klaten	1637	858	0	978	1557	
	Prambanan	1511	1472	549	0	1260	
	Yogyakarta	2578	2693	1741	1084	0	

Tabel 5. 32 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan II
(Metode Furness)

		Tujuan					Golongan II
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	1050	32	269	178	
	Delanggu	1122	0	47	400	265	
	Klaten	137	190	0	49	32	
	Prambanan	267	372	11	0	63	
	Yogyakarta	2	3	0	1	0	

Tabel 5. 33 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan III
(Metode Furness)

		Tujuan					Golongan III
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	1664	1598	24	484	
	Delanggu	841	0	290	4	88	
	Klaten	21	7	0	0	2	
	Prambanan	405	145	139	0	42	
	Yogyakarta	375	135	129	2	0	

Tabel 5. 34 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan IV
(Metode Furness)

		Tujuan					Golongan IV
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	322	2	56	28	
	Delanggu	698	0	9	289	145	
	Klaten	1148	2751	0	476	238	
	Prambanan	1	3	0	0	0	
	Yogyakarta	1	3	0	1	0	

Tabel 5. 35 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan V
(Metode Furness)

		Tujuan					Golongan V
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	157	172	35	59	
	Delanggu	219	0	320	65	110	
	Klaten	1269	1690	0	375	639	
	Prambanan	24	33	36	0	12	
	Yogyakarta	131	174	191	39	0	

Setelah didapatkan matriks asal tujuan menggunakan metode furness, langkah selanjutnya yaitu melakukan trip assignment untuk mengetahui berapa perpindahan kendaraan dari jalan eksisting ke jalan tol. Matriks asal tujuan untuk kendaraan golongan I - golongan V dapat dilihat pada tabel 5.35 - tabel 5.39 dibawah ini. Sedangkan untuk proses pembuatan matriks asal tujuan kendaraan golongan I – golongan V dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5. 36 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan I (Metode JICA1)

		Tujuan					Golongan I
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	657	1673	584	877	
	Delanggu	855	0	4606	475	730	
	Klaten	777	494	0	728	1029	
	Prambanan	900	755	432	0	663	
	Yogyakarta	1406	1320	979	611	0	

Tabel 5. 37 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan II
(Metode JICA1)

		Tujuan					Golongan II
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	438	14	126	85	
	Delanggu	468	0	19	175	118	
	Klaten	61	77	0	22	15	
	Prambanan	125	162	5	0	28	
	Yogyakarta	1	1	0	0	0	

Tabel 5. 38 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan III
(Metode JICA1)

		Tujuan					Golongan III
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	694	698	11	226	
	Delanggu	351	0	115	2	38	
	Klaten	9	3	0	0	1	
	Prambanan	185	63	61	0	18	
	Yogyakarta	175	59	58	1	0	

Tabel 5. 39 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan IV
(Metode JICA1)

		Tujuan					Golongan IV
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	134	1	25	13	
	Delanggu	291	0	3	126	63	
	Klaten	501	1095	0	208	106	
	Prambanan	1	1	0	0	0	
	Yogyakarta	1	1	0	0	0	

Tabel 5. 40 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan V
(Metode JICA1)

		Tujuan					Golongan V
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	65	75	16	28	
	Delanggu	91	0	127	28	48	
	Klaten	554	673	0	164	286	
	Prambanan	11	14	16	0	5	
	Yogyakarta	61	76	85	17	0	

5.8.1 Analisis Tingkat Kedatangan

Setelah mendapatkan matriks asal tujuan tol tol, dilakukan kembali tahap yang sama yaitu mengkalikan dengan faktor k agar dapat menjadi arus jam puncak yang mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 No.3. Nilai k yang digunakan sebesar 10%. Matriks asal tujuan pada tahun 2023 setelah dikalikan dengan faktor k dapat dilihat pada Tabel 5.40 -Tabel 5.44.

Tabel 5. 41 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak
Golongan I

		Tujuan					Golongan I
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	66	167	58	88	
	Delanggu	85	0	461	48	73	
	Klaten	78	49	0	73	103	
	Prambanan	90	76	43	0	66	
	Yogyakarta	141	132	98	61	0	

Tabel 5. 42 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Golongan II

		Tujuan					Golongan II
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	44	1	13	9	
	Delanggu	47	0	2	17	12	
	Klaten	6	8	0	2	1	
	Prambanan	13	16	0	0	3	
	Yogyakarta	0	0	0	0	0	

Tabel 5. 43 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Golongan III

		Tujuan					Golongan III
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	69	70	1	23	
	Delanggu	35	0	12	0	4	
	Klaten	1	0	0	0	0	
	Prambanan	19	6	6	0	2	
	Yogyakarta	18	6	6	0	0	

Tabel 5. 44 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Golongan IV

		Tujuan					Golongan IV
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	13	0	3	1	
	Delanggu	29	0	0	13	7	
	Klaten	50	109	0	21	11	
	Prambanan	0	0	0	0	0	
	Yogyakarta	0	0	0	0	0	

Tabel 5. 45 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Golongan V

		Tujuan					Golongan V
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	
Asal	Surakarta	0	7	8	2	3	
	Delanggu	9	0	13	3	5	
	Klaten	55	67	0	16	29	
	Prambanan	1	1	2	0	1	
	Yogyakarta	6	8	9	2	0	

5.7.2 Analisis Distribusi Kendaraan

Setelah didapatkan matriks arus jam puncak, selanjutnya dilakukan analisis distribusi kendaraan ke gerbang tol untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk dan keluar gerbang tol Yogyakarta - Solo. Distribusi kendaraan ini dilakukan dengan cara memasukkan jumlah kendaraan yang didapat dari matriks arus jam puncak pada perhitungan sebelumnya.

Distribusi kendaraan ke gerbang tol dapat dilihat pada Tabel 5.45.

Tabel 5. 46 Distribusi Kendaraan ke Gerbang Tol Golongan I

Zona		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	Golongan I
Surakarta	Delanggu	66	66				
Surakarta	Klaten	167		167			
Surakarta	Prambanan	58			58		
Surakarta	Yogyakarta	88				88	
Delanggu	Surakarta	85	85				
Delanggu	Klaten		461	461			
Delanggu	Prambanan		48		48		
Delanggu	Yogyakarta		73			73	
Klaten	Surakarta	78		78			
Klaten	Delanggu		49	49			
Klaten	Prambanan			73	73		
Klaten	Yogyakarta			103		103	
Prambanan	Surakarta	90			90		
Prambanan	Delanggu		76		76		
Prambanan	Klaten			43	43		
Prambanan	Yogyakarta				66	66	
Yogyakarta	Surakarta	141				141	
Yogyakarta	Delanggu		132			132	
Yogyakarta	Klaten			98		98	
Yogyakarta	Prambanan				61	61	

5.7.3 Analisis Jumlah Kendaraan Masuk dan Keluar Gerbang

Jumlah kendaraan masuk dan keluar gerbang tol didapat dengan cara melakukan penjumlahan dari distribusi kendaraan yang masuk dan keluar dari tiap gerbang tol.

Jumlah kendaraan masuk dan keluar gerbang tol pada tahun 2023 dapat dilihat pada Tabel 5.47 – Tabel 5.48.

Tabel 5. 47 Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang Tol Tahun 2024

Golongan	Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang					
	Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	Jumlah Kend
Golongan I	379	667	303	275	432	2055
Golongan II	66	78	17	32	0	194
Golongan III	163	51	1	33	29	277
Golongan IV	17	48	191	0	0	257
Golongan V	18	29	168	5	24	244
Total	644	873	680	345	486	3028

Tabel 5. 48 Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang Tol Tahun 2024

Golongan	Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang					
	Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	Jumlah Kend
Golongan I	394	323	769	240	330	2055
Golongan II	66	68	4	32	25	194
Golongan III	72	82	93	1	6	254
Golongan IV	79	123	1	36	18	257
Golongan V	72	83	30	22	37	244
Total	683	679	897	332	415	3005

5.7.4 Analisis Tingkat Pelayanan Tahun 2024

Pada perencanaan gerbang tol Surakarta-Delanggu-Klaten-Prambanan-Yogyakarta memerlukan tingkat pelayanan untuk keseluruhan gardu tol yang direncanakan pada tiap gerbang. Analisis tingkat pelayanan ini menggunakan data waktu pelayanan dari tiap golongan yang sudah dianalisis sebelumnya dan tingkat kedatangan dari masing-masing golongan kendaraan pada tiap gerbang.

Hasil analisis tingkat pelayanan Gerbang Tol tahun 2024 pada Tabel 5.49.

Tabel 5. 49 Tingkat Pelayanan Gerbang Tol 2024

Gerbang Tol	Gardu		μ (kend/jam)
Surakarta	GTO	Masuk	708
		Keluar	311
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900
Delanggu	GTO	Masuk	695
		Keluar	250
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900
Klaten	GTO	Masuk	625
		Keluar	448
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900
Prambanan	GTO	Masuk	716
		Keluar	450
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900
Yogyakarta	GTO	Masuk	702
		Keluar	471
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900

5.7.5 Analisis Perbandingan Tingkat Pelayanan dan Tingkat Kedatangan Tahun 2024

Setelah menganalisis tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan pada setiap gerbang tol Kartasuro–Delanggu-Klaten–Prambanan-Yogyakarta, selanjutnya dilakukan analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan untuk mengetahui intensitas setiap gardu tol yaitu gardu tol otomatis dan gardu tol *On Board Unit*. Untuk menganalisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan gardu tol otomatis dan *On Board Unit* digunakan waktu pelayanan yang didapat dari hasil survey yang telah dilakukan. Gerbang tol Kartasuro–Delanggu-Klaten–Prambanan-Yogyakarta direncanakan menggunakan sistem gerbang tol tertutup.

Sebelum menganalisis, dimasukkan terlebih dahulu jumlah gardu tol yang direncanakan dan dikontrol dengan perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan. Analisis perbandingan dapat dilihat pada Tabel 5.49.

Tabel 5. 50 Jumlah Rencana Gardu Tol Tiap Gerbang

Gerbang Tol	Gardu		N
Surakarta	GTO	Masuk	2
		Keluar	2
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1
Delanggu	GTO	Masuk	2
		Keluar	2
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1

Tabel 5.49 Jumlah Rencana Gardu Tol Tiap Gerbang
(Lanjutan)

Gerbang Tol	Gardu		N
Klaten	GTO	Masuk	2
		Keluar	2
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1
Prambanan	GTO	Masuk	1
		Keluar	2
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1
Yogyakarta	GTO	Masuk	1
		Keluar	1
	GTO Khusus	Masuk	2
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1

Analisis Intensitas Gerbang Surakarta

Perencanaan gerbang tol Surakarta-Delanggu-Klaten-Prambanan-Yogyakarta tahun 2024 menggunakan gardu tol otomatis dan gardu tol On Board Unit. Dalam perencanaan ini kendaraan golongan I menggunakan proporsi 50% masuk ke gardu tol otomatis khusus golongan I, 25% masuk ke gardu tol otomatis dan 25% masuk ke gardu tol On Board Unit. Sedangkan kendaraan golongan II – golongan V hanya masuk ke gardu tol otomatis. Berikut merupakan analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan gerbang tol Surakarta:

Gardu Tol Masuk

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I : 1 gardu

Jumlah (N) gardu tol otomatis : 2 gardu

Jumlah (N) gardu *On Board Unit* : 1 gardu

λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. 1 : 190 kend/jam

λ_2 gardu tol otomatis : 360 kend/jam

λ_3 gardu *On Board Unit* : 95 kend/jam

μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I : 720 kend/jam

μ_2 gardu tol otomatis : 1416 kend/jam

μ_3 gardu *On Board Unit* : 900 kend/jam

- Gardu tol otomatis khusus:

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1 \times N_1}$$

$$\rho_1 = \frac{190}{720 \times 1}$$

$$\rho_1 = 0,263 < 1 \text{ (OK)}$$

- Gardu tol otomatis:

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2 \times N_2}$$

$$\rho_2 = \frac{360}{1416 \times 2}$$

$$\rho_2 = 0,127 < 1 \text{ (OK)}$$

- Gardu tol *On Board Unit*:

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3}{\mu_3 \times N_3}$$

$$\rho_3 = \frac{95}{900 \times 1}$$

$$\rho_3 = 0,105 < 1 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan ρ_1 , ρ_2 dan ρ_3 yang dianalisis < 1 , maka perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan pada gerbang tol Wringin Anom arah masuk aman. Dari perhitungan didapatkan gardu tol otomatis terdapat 2 gardu, gardu tol otomatis khusus gol. I terdapat 1 gardu, dan gardu *On Board Unit* terdapat 1 gardu.

Gardu Tol Keluar

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I : 1 gardu

Jumlah (N) gardu tol otomatis : 2 gardu

Jumlah (N) gardu *On Board Unit* : 1 gardu

λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. 1 : 197 kend/jam

λ_2 gardu tol otomatis : 387 kend/jam

λ_3 gardu *On Board Unit* : 98 kend/jam

μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I : 720 kend/jam

μ_2 gardu tol otomatis : 621 kend/jam

μ_3 gardu *On Board Unit* : 900 kend/jam

- Gardu tol otomatis khusus:

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1 \times N_1}$$

$$\rho_1 = \frac{197}{720 \times 1}$$

$$\rho_1 = 0,274 < 1 \text{ (OK)}$$

- Gardu tol otomatis:

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2 \times N_2}$$

$$\rho_2 = \frac{387}{621 \times 2}$$

$$\rho_2 = 0,312 < 1 \text{ (OK)}$$

- Gardu tol *On Board Unit*:

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3}{\mu_3 \times N_3}$$

$$\rho_3 = \frac{98}{900 \times 1}$$

$$\rho_3 = 0,109 < 1 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan ρ_1 , ρ_2 dan ρ_3 yang dianalisis < 1 , maka perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan pada gerbang tol Surakarta arah keluar aman. Dari perhitungan didapatkan gardu tol otomatis terdapat 2 gardu, gardu tol otomatis khusus gol. I terdapat 1 gardu, dan gardu *On Board Unit* terdapat 1 gardu.

Hasil Analisis Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan untuk tiap gerbang tol tahun 2024 dapat dilihat pada Tabel 5.51.

Tabel 5. 51 Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan Gerbang Tol Tahun 2024

Gerbang Tol	Gardu		N	λ	μ	ρ
Surakarta	GTO	Masuk	2	360	1416	0.13
		Keluar	2	387	621	0.31
	GTO Khusus	Masuk	1	190	720	0.26
		Keluar	1	197	720	0.27
	OBU	Masuk	1	95	900	0.11
		Keluar	1	98	900	0.11
Delanggu	GTO	Masuk	2	373	1390	0.13
		Keluar	2	437	500	0.44
	GTO Khusus	Masuk	1	333	720	0.46
		Keluar	1	161	720	0.22
	OBU	Masuk	1	167	900	0.19
		Keluar	1	81	900	0.09
Klaten	GTO	Masuk	2	453	1250	0.18
		Keluar	2	320	895	0.18
	GTO Khusus	Masuk	1	151	720	0.21
		Keluar	1	385	720	0.53
	OBU	Masuk	1	76	900	0.08
		Keluar	1	192	900	0.21
Prambanan	GTO	Masuk	1	138	716	0.19
		Keluar	2	152	899	0.08
	GTO Khusus	Masuk	1	138	720	0.19
		Keluar	1	120	720	0.17
	OBU	Masuk	1	69	900	0.08
		Keluar	1	60	900	0.07
Yogyakarta	GTO	Masuk	1	162	702	0.23
		Keluar	1	168	471	0.36
	GTO Khusus	Masuk	2	216	1440	0.07
		Keluar	1	165	720	0.23
	OBU	Masuk	1	108	900	0.12
		Keluar	1	82	900	0.09

5.7.6 Analisis Antrian Gerbang Tol Tahun 2024

Analisis antrian pada gerbang tol Surakarta-Delanggu-Klaten-Prambanan-Yogyakarta menggunakan analisis antrian FIFO. Analisis antrian pada gerbang dilakukan untuk mengetahui panjang antrian yang terjadi dan waktu mengantri pada gerbang tol. Analisis antrian ini menggunakan jumlah gardu tol yang sama pada analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan.

Analisis Antrian Gerbang Surakarta

Diketahui:

Gardu Tol Masuk

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I	: 1 gardu
Jumlah (N) gardu tol otomatis	: 2 gardu
Jumlah (N) gardu <i>On Board Unit</i>	: 1 gardu
λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. 1	: 190 kend/jam
λ_2 gardu tol otomatis	: 360 kend/jam
λ_3 gardu <i>On Board Unit</i>	: 95 kend/jam
μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 720 kend/jam
μ_2 gardu tol otomatis	: 1416 kend/jam
μ_3 gardu <i>On Board Unit</i>	: 900 kend/jam
ρ_1	: 0.263
ρ_2	: 0.127
ρ_3	: 0.105

- Gardu tol otomatis khusus:

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.263}{1 - 0.263} = 0.36 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.263^2}{1 - 0.263} = 0.09 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} \times 3600 = \frac{1}{720 - 190} \times 3600 = 6.79 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 6.79 - \frac{1}{720} \times 3600 = 1.79 \text{ detik}$$

- Gardu tol otomatis:

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.127}{1 - 0.127} = 0.15 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.127^2}{1 - 0.127} = 0.02 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} \times 3600 = \frac{1}{1416 - 360} \times 3600 = 3.41 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 3.41 - \frac{1}{1416} \times 3600 = 0.87 \text{ detik}$$

- Gardu tol *On Board Unit*:

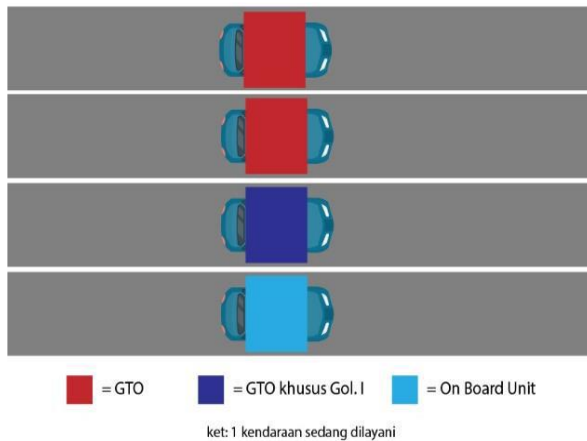
$$\bar{n} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.105}{1 - 0.105} = 0.11 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.105^2}{1 - 0.105} = 0.01 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} \times 3600 = \frac{1}{900 - 95} \times 3600 = 4.47 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 4.47 - \frac{1}{900} \times 3600 = 0.47 \text{ detik}$$

Dari hasil perhitungan jumlah antrian kendaraan untuk arah masuk terdapat 1 kendaraan untuk tiap gardu tol otomatis khusus gol I, gardu tol otomatis, dan gardu *On Board Unit*.



Gambar 5. 12 Ilustrasi gardu tol arah masuk

Gardu Tol Keluar

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I	: 1 gardu
Jumlah (N) gardu tol otomatis	: 2 gardu
Jumlah (N) gardu <i>On Board Unit</i>	: 1 gardu
λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. 1	: 197 kend/jam
λ_2 gardu tol otomatis	: 387 kend/jam
λ_3 gardu <i>On Board Unit</i>	: 98 kend/jam
μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 720 kend/jam
μ_2 gardu tol otomatis	: 621 kend/jam
μ_3 gardu <i>On Board Unit</i>	: 900 kend/jam
ρ_1	: 0.274
ρ_2	: 0.312
ρ_3	: 0.109

- Gardu tol otomatis khusus:

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.274}{1 - 0.274} = 0.38 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.274^2}{1 - 0.274} = 0.1 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} \times 3600 = \frac{1}{720 - 197} \times 3600 = 6.88 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 6.88 - \frac{1}{720} \times 3600 = 1.88 \text{ detik}$$

- Gardu tol otomatis:

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.312}{1 - 0.312} = 0.45 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.312^2}{1 - 0.312} = 0.1 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} \times 3600 = \frac{1}{621 - 387} \times 3600 = 7.43 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 7.43 - \frac{1}{621} \times 3600 = 1.63 \text{ detik}$$

- Gardu tol *On Board Unit*:

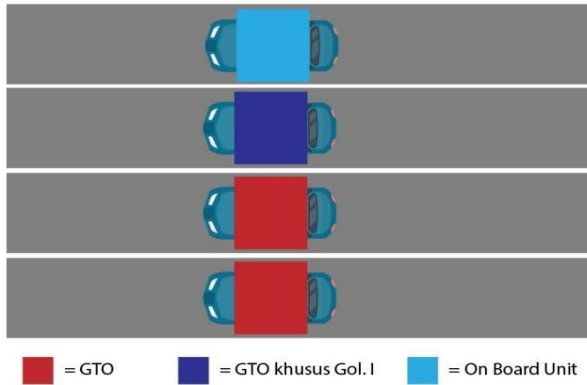
$$\bar{n} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.109}{1 - 0.109} = 0.12 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.109^2}{1 - 0.109} = 0.01 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} \times 3600 = \frac{1}{900 - 98} \times 3600 = 4.49 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 4.49 - \frac{1}{900} \times 3600 = 0.49 \text{ detik}$$

Dari hasil perhitungan jumlah antrian kendaraan untuk arah keluar terdapat 1 kendaraan untuk tiap gardu tol otomatis khusus gol I, gardu tol otomatis, dan gardu *On Board Unit*.



ket: 1 kendaraan sedang dilayani

Gambar 5. 13 Ilustrasi gardu tol arah keluar

Hasil Analisis Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan untuk tiap gerbang tol dapat dilihat pada Tabel 5.51.

Tabel 5. 52 Hasil Analisis Antrian Gerbang Tol Tahun 2024

Gerbang Tol	Gardu		n (kend)	q (kend)	d (dtk)	w (dtk)
Surakarta	GTO	Masuk	1	1	3.41	0.87
		Keluar	1	1	7.43	1.63
	GTO Khusus	Masuk	1	1	6.79	1.79
		Keluar	1	1	6.88	1.88
	OBU	Masuk	1	1	4.47	0.47
		Keluar	1	1	4.49	0.49
Delanggu	GTO	Masuk	1	1	3.54	0.95
		Keluar	1	1	56.65	49.45
	GTO Khusus	Masuk	1	1	9.31	4.31
		Keluar	1	1	6.44	1.44
	OBU	Masuk	1	1	4.91	0.91
		Keluar	1	1	4.39	0.39
Klaten	GTO	Masuk	1	1	4.52	1.64
		Keluar	1	1	6.26	2.24
	GTO Khusus	Masuk	1	1	6.33	1.33
		Keluar	1	1	10.73	5.73
	OBU	Masuk	1	1	4.37	0.37
		Keluar	1	1	5.09	1.09
Prambanan	GTO	Masuk	1	1	6.24	1.21
		Keluar	1	1	4.82	0.82
	GTO Khusus	Masuk	1	1	6.18	1.18
		Keluar	1	1	6.00	1.00
	OBU	Masuk	1	1	4.33	0.33
		Keluar	1	1	4.29	0.29
Yogyakarta	GTO	Masuk	1	1	6.66	1.53
		Keluar	1	1	11.86	4.22
	GTO Khusus	Masuk	1	1	2.94	0.44
		Keluar	1	1	6.49	1.49
	OBU	Masuk	1	1	4.55	0.55
		Keluar	1	1	4.40	0.40

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Direncanakan 5 titik Gerbang Tol sepanjang tol Yogyakarta Solo yang bernama Gerbang Surakarta, Gerbang Delanggu, Gerbang Klaten, Gerbang Prambanan, Gerbang Yogyakarta. Detail lokasi titik gerbang tol perencanaan dapat dilihat pada Lampiran 4.
2. Tingkat kedatangan kendaraan pada gerbang tol Surakarta-Delanggu-Klaten-Prambanan-Yogyakarta sebagai berikut:
 - a. Tahun 2019
 - Gerbang Surakarta
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 641 kend/jam, arah keluar sebesar 653 kend/jam
 - Gerbang Delanggu
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 829 kend/jam, arah keluar sebesar 650 kend/jam
 - Gerbang Klaten
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 650 kend/jam, arah keluar sebesar 881 kend/jam
 - Gerbang Prambanan
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 326 kend/jam, arah keluar sebesar 323 kend/jam
 - Gerbang Yogyakarta
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 471 kend/jam, arah keluar sebesar 390 kend/jam

- b. Tahun 2024
- Gerbang Surakarta
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 644 kend/jam, arah keluar sebesar 683 kend/jam
 - Gerbang Delanggu
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 873 kend/jam, arah keluar sebesar 679 kend/jam
 - Gerbang Klaten
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 680 kend/jam, arah keluar sebesar 897 kend/jam
 - Gerbang Prambanan
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 345 kend/jam, arah keluar sebesar 332 kend/jam
 - Gerbang Yogyakarta
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 486 kend/jam, arah keluar sebesar 415 kend/jam
3. Panjang antrian yang telah direncanakan kurang dari 10 kendaraan yang dimana telah sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerja Umum No 16/PRT/2014 Tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol.
4. Jumlah gardu pada gerbang tol Surakarta-Delanggu-Klaten-Prambanan-Yogyakarta sebagai berikut;
- a. Tahun 2019
- Gerbang Surakarta
Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 1 gardu tol otomatis, dan 1 gardu tol *On Board Unit*.
 - Gerbang Delanggu
Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol *On Board Unit*,

dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 1 gardu tol otomatis, dan 1 gardu tol *On Board Unit*.

- Gerbang Klaten

Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 1 gardu tol otomatis, dan 1 gardu tol *On Board Unit*.

- Gerbang Prambanan

Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 1 gardu tol otomatis, dan 1 gardu tol *On Board Unit*.

- Gerbang Yogyakarta

Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 1 gardu tol otomatis, dan 1 gardu tol *On Board Unit*.

b. Tahun 2024

- Gerbang Surakarta

Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 2 gardu tol otomatis, dan 1 gardu tol *On Board Unit*.

- Gerbang Delanggu

Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 2 gardu tol otomatis, dan 1 gardu tol *On Board Unit*.

- Gerbang Klaten
Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 2 gardu tol otomatis, dan 1 gardu tol *On Board Unit*.
- Gerbang Prambanan
Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 2 gardu tol otomatis, dan 1 gardu tol *On Board Unit*.
- Gerbang Yogyakarta
Arah masuk terdapat 2 gardu tol otomatis khusus gol I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol I, 1 gardu tol otomatis, dan 1 gardu tol *On Board Unit*.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil perencanaan, berikut saran yang dapat diberikan oleh penyusun kepada perencana gerbang tol, badan pengelola jalan tol ataupun pemerintah agar tercapainya gerbang tol yang baik dan sesuai dengan standar pelayanan minimum:

- a. Mempermudah pengisian (*top up*) dan pembelian e-toll card.
- b. Menggunakan harga yang terjangkau untuk perangkat *On Board Unit*.
- c. Peninjauan terhadap penggunaan OBU kepada golongan II – golongan IV.

DAFTAR PUSTAKA

- Wasistha, Magistra. 2017. **Perencanaan Gerbang Tol Pandaan - Malang**. ITS, Surabaya.
- Dondokambey, Arnold. 2018. **Perencanaan Gerbang Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar**. ITS, Surabaya.
- Anonim. 2005. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005 Tentang Jalan Tol**. Jakarta.
- Anonim. 2004. **Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan**. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jateng, 2018 : **Jumlah Penduduk dan Laju Pertumbuhan Penduduk Menurut Kabupaten/Kota**. <[URL:https:// jateng.bps.go.id](https://jateng.bps.go.id)>
- Badan Pusat Statistik Provinsi DIY, 2018 : **Jumlah Penduduk dan Laju Pertumbuhan Penduduk Menurut Kabupaten/Kota**. <[URL:https:// diy.bps.go.id](https://diy.bps.go.id)>
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.2009. **Standar Konstruksi dan Bangunan Nomor 007/BM/2009 Tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol**. Jakarta.
- Gross Donald, Shortle John F, Thompson James M, Harris Carl M., 2008. **Fundamental of Queueing Theory**. Edisi keempat. **John Wiley & Sons, Inc, Hoboken**, New Jersey.
- Kakiay, T.J.2004. **Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata**. Yogyakarta. Penerbit Andi Offset.

Kementerian Pekerjaan Umum. 2007. **Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 370/KPTS/2007 Tentang Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Jalan Tol Yang Sudah Beroperasi.** Jakarta.

Kementerian Pekerjaan Umum. 2014. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 16/PRT/M/2014 Tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol.** Jakarta

Kepala Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional VII. 2018. **Lalu Lintas Harian Rata-Rata Jawa Tengah.** Semarang.

Republik Indonesia. 2008. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2008 Tentang RTRWN.** Sekretariat Kabinet RI, Jakarta

Tamin, Ofyar Z. 2003. **Perencanaan dan Permodelan Transportasi (Edisi Kedua).** Penerbit ITB, Bandung.

Walpole, Ronald E. 1995. **Pengantar Statiska.** Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1 Iterasi Furness Car (Golongan I)

Iterasi 0

		Tujuan					oi	Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta		Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	1	1	1	1	4	4	1,000
	Delanggu	1	0	1	1	1	4	6000	1500,000
	Klaten	1	1	0	1	1	4	1000	250,000
	Prambanan	1	1	1	0	1	4	2	0,500
	Yogyakarta	1	1	1	1	0	4	4	1,000
	dj	4	4	4	4	4			
Trip Attraction	DJ	800	10	5200	400	600		7010	
Faktor Pengali	Fd	200,000	2,500	1300,000	100,000	150,000			

Iterasi 1

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	1	1	1	1	4	4	1,000
	Delanggu	1500	0	1500	1500	1500	6000	6000	1,000
	Klaten	250	250	0	250	250	1000	1000	1,000
	Prambanan	0,5	0,5	0,5	0	0,5	2	2	1,000
	Yogyakarta	1	1	1	1	0	4	4	1,000
	dj	1751,5	252,5	1502,5	1752	1751,5			
Trip Attraction	DJ	800	10	5200	400	600		7010	
Faktor Pengali	Fd	0,457	0,040	3,461	0,228	0,343			

Iterasi 22

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	0,01	3,68	0,13	0,19	4	4	1,000
	Delanggu	359,72	0	5190,92	179,83	269,79	6000	6000	1,000
	Klaten	439,91	9,99	0	219,92	329,93	1000	1000	1,000
	Prambanan	0,12	0,00	1,78	0	0,09	2	2	1,000
	Yogyakarta	0,25	0,01	3,62	0,13	0	4	4	1,000
	dj	800	10	5200	400	600			
Trip Attraction	DJ	800	10	5200	400	600		7010	
Faktor Pengali	Fd	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			

Iterasi Furness Utility 1 (Golongan I)

Iterasi 0

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	1	1	1	1	4	2600	650,000
	Delanggu	1	0	1	1	1	4	500	125,000
	Klaten	1	1	0	1	1	4	6	1,500
	Prambanan	1	1	1	0	1	4	1	0,250
	Yogyakarta	1	1	1	1	0	4	1	0,250
	dj	4	4	4	4	4			
Trip Attraction	DJ	8	400	2000	200	500		3108	
Faktor Pengali	Fd	2,000	100,000	500,000	50,000	125,000			

Iterasi 1

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	650	650	650	650	2600	2600	1,000
	Delanggu	125	0	125	125	125	500	500	1,000
	Klaten	1,5	1,5	0	1,5	1,5	6	6	1,000
	Prambanan	0,25	0,25	0,25	0	0,25	1	1	1,000
	Yogyakarta	0,25	0,25	0,25	0,25	0	1	1	1,000
	dj	127	652	775,5	776,75	776,75			
Trip Attraction	DJ	8	400	2000	200	500		3108	
Faktor Pengali	Fd	0,063	0,613	2,579	0,257	0,644			

Iterasi 6

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	397,28	1633,63	162,62	406,57	2600	2600	1,000
	Delanggu	7,76	0	364,98	36,33	90,83	499,9	500	1,000
	Klaten	0,21	2,38	0	0,97	2,44	6,0	6	1,000
	Prambanan	0,01	0,16	0,66	0	0,16	1,0	1	1,000
	Yogyakarta	0,02	0,18	0,73	0,07	0	1,0	1	1,000
	dj	8	400	2000	200	500			
Trip Attraction	DJ	8	400	2000	200	500		3108	
Faktor Pengali	Fd	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			

Iterasi Furness Utility 2 (Golongan I)

Iterasi 0

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	1	1	1	1	4	2000	500,000
	Delanggu	1	0	1	1	1	4	200	50,000
	Klaten	1	1	0	1	1	4	2000	500,000
	Prambanan	1	1	1	0	1	4	1200	300,000
	Yogyakarta	1	1	1	1	0	4	1000	250,000
	dj	4	4	4	4	4			
Trip Attraction	DJ	1200	1000	1400	1400	1400		6400	
Faktor Pengali	Fd	300,000	250,000	350,000	350,000	350,000			

Iterasi 1

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	500	500	500	500	2000	2000	1,000
	Delanggu	50	0	50	50	50	200	200	1,000
	Klaten	500	500	0	500	500	2000	2000	1,000
	Prambanan	300	300	300	0	300	1200	1200	1,000
	Yogyakarta	250	250	250	250	0	1000	1000	1,000
	dj	1100	1550	1100	1300	1350			
Trip Attraction	DJ	1200	1000	1400	1400	1400		6400	
Faktor Pengali	Fd	1,091	0,645	1,273	1,077	1,037			

Iterasi 7

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	317,75	641,46	530,52	510,27	2000	2000	1,000
	Delanggu	48,36	0	57,82	47,82	46,00	200	200	1,000
	Klaten	566,18	335,36	0	559,92	538,55	2000	2000	1,000
	Prambanan	320,92	190,09	383,74	0	305,26	1200	1200	1,000
	Yogyakarta	264,76	156,82	316,585	261,83	0	1000	1000	1,000
	dj	1200,22	1000,01	1399,60	1400,09	1400,07			
Trip Attraction	DJ	1200	1000	1400	1400	1400		6400	
Faktor Pengali	Fd	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			

Iterasi Furness Small Bus (Golongan I)

Iterasi 0

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	1	1	1	1	4	400	100,000
	Delanggu	1	0	1	1	1	4	3000	750,000
	Klaten	1	1	0	1	1	4	1100	275,000
	Prambanan	1	1	1	0	1	4	1000	250,000
	Yogyakarta	1	1	1	1	0	4	1000	250,000
	dj	4	4	4	4	4			
Trip Attraction	DJ	3000	1200	500	800	1000		6500	
Faktor Pengali	Fd	750,000	300,000	125,000	200,000	250,000			

Iterasi 1

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	100	100	100	100	400	400	1,000
	Delanggu	750	0	750	750	750	3000	3000	1,000
	Klaten	275	275	0	275	275	1100	1100	1,000
	Prambanan	250	250	250	0	250	1000	1000	1,000
	Yogyakarta	250	250	250	250	0	1000	1000	1,000
	dj	1525	875	1350	1375	1375			
Trip Attraction	DJ	3000	1200	500	800	1000		6500	
Faktor Pengali	Fd	1,967	1,371	0,370	0,582	0,727			

Iterasi 9

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		A	B	C	D	E	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	190,64	45,70	72,53	91,13	400	400	1,000
	Delanggu	1648,66	0	294,97	468,16	588,22	3000	3000	1,000
	Klaten	460,81	343,93	0	130,85	164,41	1100	1100	1,000
	Prambanan	438,20	327,06	78,40	0	156,34	1000	1000	1,000
	Yogyakarta	452,64	337,84	80,984	128,53	0	1000	1000	1,000
	dj	3000,31	1199,46	500,05	800,08	1000,11			
Trip Attraction	DJ	3000	1200	500	800	1000		6500	
Faktor Pengali	Fd	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			

Iterasi Furness Large Bus (Golongan I)

Iterasi 0

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	1	1	1	1	4	10	2,500
	Delanggu	1	0	1	1	1	4	400	100,000
	Klaten	1	1	0	1	1	4	200	50,000
	Prambanan	1	1	1	0	1	4	2000	500,000
	Yogyakarta	1	1	1	1	0	4	2500	625,000
	dj	4	4	4	4	4			
Trip Attraction	DJ	1700	2000	10	800	600		5110	
Faktor Pengali	Fd	425,000	500,000	2,500	200,000	150,000			

Iterasi 1

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	2,5	2,5	2,5	2,5	10	10	1,000
	Delanggu	100	0	100	100	100	400	400	1,000
	Klaten	50	50	0	50	50	200	200	1,000
	Prambanan	500	500	500	0	500	2000	2000	1,000
	Yogyakarta	625	625	625	625	0	2500	2500	1,000
	dj	1275	1177,5	1227,5	777,5	652,5			
Trip Attraction	DJ	1700	2000	10	800	600		5110	
Faktor Pengali	Fd	1,333	1,699	0,008	1,029	0,920			

iterasi 8

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	4,72	0,02	2,82	2,44	10,0	10	1,000
	Delanggu	162,98	0	0,99	126,35	109,66	400,0	400	1,000
	Klaten	53,39	69,30	0	41,39	35,92	200,0	200	1,000
	Prambanan	671,74	872,02	4,07	0	451,98	2000	2000	1,000
	Yogyakarta	811,90	1053,96	4,92	629,44	0	2500	2500	1,000
	dj	1700	2000	10	800	600			
Trip Attraction	DJ	1700	2000	10	800	600		5110	
Faktor Pengali	Fd	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			

Iterasi Furness Truck 2xa (Golongan I)

Iterasi 0

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	1	1	1	1	4	100	25,000
	Delanggu	1	0	1	1	1	4	250	62,500
	Klaten	1	1	0	1	1	4	600	150,000
	Prambanan	1	1	1	0	1	4	500	125,000
	Yogyakarta	1	1	1	1	0	4	3270	817,500
	dj	4	4	4	4	4			
Trip Attraction	DJ	1100	1200	1400	20	1000		4720	
Faktor Pengali	Fd	275,000	300,000	350,000	5,000	250,000			

Iterasi 1

		Tujuan					oi	Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta		Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	25	25	25	25	100	100	1,000
	Delanggu	62,5	0	62,5	62,5	62,5	250	250	1,000
	Klaten	150	150	0	150	150	600	600	1,000
	Prambanan	125	125	125	0	125	500	500	1,000
	Yogyakarta	817,5	817,5	817,5	817,5	0	3270	3270	1,000
	dj	1155	1117,5	1030	1055	362,5			
Trip Attraction	DJ	1100	1200	1400	20	1000		4720	
Faktor Pengali	Fd	0,952	1,074	1,359	0,019	2,759			

Iterasi 23

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	13,43	16,35	0,23	70,00	100	100	1,000
	Delanggu	30,66	0	41,42	0,58	177,35	250	250	1,000
	Klaten	75,82	84,13	0	1,43	438,62	600	600	1,000
	Prambanan	54,08	60,01	73,06	0	312,85	500	500	1,000
	Yogyakarta	939,75	1042,79	1269,690	17,76	0	3270	3270	1,000
	dj	1100,30	1200,36	1400,52	20,01	998,81			
Trip Attraction	DJ	1100	1200	1400	20	1000		4720	
Faktor Pengali	Fd	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001			

Iterasi Furness Truck 2xb (Golongan II)

Iterasi 0

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	1	1	1	1	4	1500	375,000
	Delanggu	1	0	1	1	1	4	1800	450,000
	Klaten	1	1	0	1	1	4	400	100,000
	Prambanan	1	1	1	0	1	4	700	175,000
	Yogyakarta	1	1	1	1	0	4	600	150,000
	dj	4	4	4	4	4			
Trip Attraction	DJ	1700	1800	100	800	600		5000	
Faktor Pengali	Fd	425,000	450,000	25,000	200,000	150,000			

Iterasi 1

		Tujuan					oi	Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta		Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	375	375	375	375	1500	1500	1,000
	Delanggu	450	0	450	450	450	1800	1800	1,000
	Klaten	100	100	0	100	100	400	400	1,000
	Prambanan	175	175	175	0	175	700	700	1,000
	Yogyakarta	150	150	150	150	0	600	600	1,000
	dj	875	800	1150	1075	1100			
Trip Attraction	DJ	1700	1800	100	800	600		5000	
Faktor Pengali	Fd	1,943	2,250	0,087	0,744	0,545			

Iterasi 16

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	986,52	32,69	277,27	203,63	1500	1500	1,000
	Delanggu	1073,75	0	46,22	392,01	287,89	1800	1800	1,000
	Klaten	136,42	177,20	0	49,80	36,58	400,0	400	1,000
	Prambanan	268,19	348,37	11,54	0	71,91	700,0	700	1,000
	Yogyakarta	221,64	287,91	9,54	80,92	0	600,0	600	1,000
	dj	1700	1800	100	800	600			
Trip Attraction	DJ	1700	1800	100	800	600		5000	
Faktor Pengali	Fd	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			

Iterasi Furness Truck 3xa (Golongan III)

Iterasi 0

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	1	1	1	1	4	3700	925,000
	Delanggu	1	0	1	1	1	4	1200	300,000
	Klaten	1	1	0	1	1	4	30	7,500
	Prambanan	1	1	1	0	1	4	700	175,000
	Yogyakarta	1	1	1	1	0	4	600	150,000
	dj	4	4	4	4	4			
Trip Attraction	DJ	1600	1900	2100	30	600		6230	
Faktor Pengali	Fd	400,000	475,000	525,000	7,500	150,000			

Iterasi 1

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	925	925	925	925	3700	3700	1,000
	Delanggu	300	0	300	300	300	1200	1200	1,000
	Klaten	7,5	7,5	0	7,5	7,5	30	30	1,000
	Prambanan	175	175	175	0	175	700	700	1,000
	Yogyakarta	150	150	150	150	0	600	600	1,000
	dj	632,5	1257,5	1550	1382,5	1407,5			
Trip Attraction	DJ	1600	1900	2100	30	600		6230	
Faktor Pengali	Fd	2,530	1,511	1,355	0,022	0,426			

Iterasi 20

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	1631,88	1569,46	23,84	473,77	3699	3700	1,000
	Delanggu	832,35	0	279,60	4,25	84,40	1201	1200	1,000
	Klaten	20,62	7,20	0	0,11	2,09	30,0	30	1,000
	Prambanan	391,94	136,89	131,66	0	39,74	700,2	700	1,000
	Yogyakarta	355,10	124,03	119,28	1,81	0	600,2	600	1,000
	dj	1600	1900	2100	30	600			
Trip Attraction	DJ	1600	1900	2100	30	600		6230	
Faktor Pengali	Fd	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			

Iterasi Furness Truck 3xb (Golongan IV)

Iterasi 0

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	1	1	1	1	4	400	100,000
	Delanggu	1	0	1	1	1	4	1100	275,000
	Klaten	1	1	0	1	1	4	4500	1125,000
	Prambanan	1	1	1	0	1	4	5	1,250
	Yogyakarta	1	1	1	1	0	4	5	1,250
	dj	4	4	4	4	4			
Trip Attraction	DJ	1800	3000	10	800	400		6010	
Faktor Pengali	Fd	450,000	750,000	2,500	200,000	100,000			

Iterasi 1

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	100	100	100	100	400	400	1,000
	Delanggu	275	0	275	275	275	1100	1100	1,000
	Klaten	1125	1125	0	1125	1125	4500	4500	1,000
	Prambanan	1,25	1,25	1,25	0	1,25	5	5	1,000
	Yogyakarta	1,25	1,25	1,25	1,25	0	5	5	1,000
	dj	1402,5	1227,5	377,5	1501,25	1501,25			
Trip Attraction	DJ	1800	3000	10	800	400		6010	
Faktor Pengali	Fd	1,283	2,444	0,026	0,533	0,266			

Iterasi 16

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	315,95	1,64	54,94	27,47	400,0	400	1,000
	Delanggu	673,30	0	8,33	278,91	139,45	1100	1100	1,000
	Klaten	1124,00	2677,61	0	465,61	232,79	4500	4500	1,000
	Prambanan	1,39	3,31	0,02	0	0,29	5,0	5	1,000
	Yogyakarta	1,31	3,13	0,02	0,54	0	5,0	5	1,000
	dj	1800	3000	10	800	400			
Trip Attraction	DJ	1800	3000	10	800	400		6010	
Faktor Pengali	Fd	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			

Iterasi Furness Truck 3xc (Golongan V)

Iterasi 0

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	1	1	1	1	4	400	100,000
	Delanggu	1	0	1	1	1	4	700	175,000
	Klaten	1	1	0	1	1	4	3900	975,000
	Prambanan	1	1	1	0	1	4	100	25,000
	Yogyakarta	1	1	1	1	0	4	500	125,000
	dj	4	4	4	4	4			
Trip Attraction	DJ	1600	2000	700	500	800		5600	
Faktor Pengali	Fd	400,000	500,000	175,000	125,000	200,000			

Iterasi 1

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	100	100	100	100	400	400	1,000
	Delanggu	175	0	175	175	175	700	700	1,000
	Klaten	975	975	0	975	975	3900	3900	1,000
	Prambanan	25	25	25	0	25	100	100	1,000
	Yogyakarta	125	125	125	125	0	500	500	1,000
	dj	1300	1225	425	1375	1275			
Trip Attraction	DJ	1600	2000	700	500	800		5600	
Faktor Pengali	Fd	1,231	1,633	1,647	0,364	0,627			

Iterasi 16

		Tujuan						Trip Production	Faktor Pengali
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	oi	Oi	Fo
Asal	Surakarta	0	146,83	165,21	32,60	55,37	400,0	400	1,000
	Delanggu	211,99	0	318,47	62,83	106,73	700,0	700	1,000
	Klaten	1244,01	1660,91	0	368,72	626,30	3900	3900	1,000
	Prambanan	23,04	30,76	34,61	0	11,60	100,0	100	1,000
	Yogyakarta	120,96	161,49	181,71	35,85	0	500,0	500	1,000
	dj	1600	2000	700	500	800			
Trip Attraction	DJ	1600	2000	700	500	800		5600	
Faktor Pengali	Fd	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			

Lampiran 2 Matriks JICA1 Car (Golongan I)

		Tujuan				
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta
Asal	Surakarta	0	0	3	0	0
	Delanggu	29	0	3938	140	200
	Klaten	45	21	0	175	262
	Prambanan	76	49	44	0	0
	Yogyakarta	89	64	64	39	0

Matriks JICA1 Utility 1 (Golongan I)

		Tujuan				
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta
Asal	Surakarta	0	308	1298	132	323
	Delanggu	6	0	277	28	67
	Klaten	0	2	0	1	2
	Prambanan	0	0	1	0	0
	Yogyakarta	0	0	1	0	0

Matriks JICA1 Utility 2 (Golongan I)

		Tujuan				
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta
Asal	Surakarta	0	247	510	431	405
	Delanggu	38	0	44	37	34
	Klaten	450	254	0	445	428
	Prambanan	261	148	305	0	242
	Yogyakarta	210	116	251	208	0

Matriks JICA1 Small Bus (Golongan I)

		Tujuan				
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta
Asal	Surakarta	0	78	19	32	39
	Delanggu	672	0	115	191	235
	Klaten	197	134	0	56	70
	Prambanan	191	133	33	0	65
	Yogyakarta	193	135	55	54	0

Matriks JICA1 Large Bus (Golongan I)

		Tujuan				
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta
Asal	Surakarta	0	2	0	1	1
	Delanggu	66	0	0	51	44
	Klaten	23	27	0	18	15
	Prambanan	293	355	2	0	188
	Yogyakarta	346	421	2	262	0

Matriks JICA1 Truck 2xa (Golongan I)

		Tujuan				
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta
Asal	Surakarta	0	6	7	0	32
	Delanggu	13	0	16	0	77
	Klaten	33	33	0	1	196
	Prambanan	25	26	32	0	133
	Yogyakarta	430	455	567	8	0

Matriks JICA1 Truck 2xb (Golongan II)

		Tujuan				
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta
Asal	Surakarta	0	411	14	127	93
	Delanggu	448	0	18	167	126
	Klaten	60	71	0	22	16
	Prambanan	123	149	5	0	31
	Yogyakarta	101	126	4	35	0

Matriks JICA1 Truck 3xa (Golongan III)

		Tujuan				
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta
Asal	Surakarta	0	665	670	11	207
	Delanggu	339	0	109	2	34
	Klaten	9	3	0	0	1
	Prambanan	175	57	57	0	17
	Yogyakarta	155	51	52	1	0

Matriks JICA1 Truck 3xb (Golongan IV)

		Tujuan				
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta
Asal	Surakarta	0	129	1	25	12
	Delanggu	274	0	3	116	57
	Klaten	479	1042	0	203	102
	Prambanan	1	1	0	0	0
	Yogyakarta	1	1	0	0	0

Matriks JICA1 Truck 3xc (Golongan V)

		Tujuan				
		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta
Asal	Surakarta	0	60	70	15	24
	Delanggu	86	0	124	26	43
	Klaten	531	646	0	161	273
	Prambanan	10	13	15	0	5
	Yogyakarta	53	66	79	15	0

Lampiran 3 Distribusi Kendaraan Golongan I

Zona		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	Golongan I
Surakarta	Delanggu	64	64				
Surakarta	Klaten	184		184			
Surakarta	Prambanan	60			60		
Surakarta	Yogyakarta	80				80	
Delanggu	Surakarta	82	82				
Delanggu	Klaten		439	439			
Delanggu	Prambanan		45		45		
Delanggu	Yogyakarta		66			66	
Klaten	Surakarta	75		75			
Klaten	Delanggu		47	47			
Klaten	Prambanan			69	69		
Klaten	Yogyakarta			97		97	
Prambanan	Surakarta	85			85		
Prambanan	Delanggu		71		71		
Prambanan	Klaten			42	42		
Prambanan	Yogyakarta				63	63	
Yogyakarta	Surakarta	127				127	
Yogyakarta	Delanggu		119			119	
Yogyakarta	Klaten			94		94	
Yogyakarta	Prambanan				57	57	

Distribusi Kendaraan Golongan II

Zona		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	Golongan II
Surakarta	Delanggu	41	41				
Surakarta	Klaten	1		1			
Surakarta	Prambanan	13			13		
Surakarta	Yogyakarta	9				9	
Delanggu	Surakarta	45	45				
Delanggu	Klaten		2	2			
Delanggu	Prambanan		17		17		
Delanggu	Yogyakarta		13			13	
Klaten	Surakarta	6		6			
Klaten	Delanggu		7	7			
Klaten	Prambanan			2	2		
Klaten	Yogyakarta			2		2	
Prambanan	Surakarta	12			12		
Prambanan	Delanggu		15		15		
Prambanan	Klaten			1	1		
Prambanan	Yogyakarta				3	3	
Yogyakarta	Surakarta	10				10	
Yogyakarta	Delanggu		13			13	
Yogyakarta	Klaten			0		0	
Yogyakarta	Prambanan				3	3	

Distribusi Kendaraan Golongan III

Zona		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	Golongan III
Surakarta	Delanggu	66	66				
Surakarta	Klaten	67		67			
Surakarta	Prambanan	1			1		
Surakarta	Yogyakarta	21					
Delanggu	Surakarta	34	34				
Delanggu	Klaten		11	11			
Delanggu	Prambanan		0		0		
Delanggu	Yogyakarta		3			3	
Klaten	Surakarta	1		1			
Klaten	Delanggu		0	0			
Klaten	Prambanan			0	0		
Klaten	Yogyakarta			0		0	
Prambanan	Surakarta	18			18		
Prambanan	Delanggu		6		6		
Prambanan	Klaten			6	6		
Prambanan	Yogyakarta				2	2	
Yogyakarta	Surakarta	15				15	
Yogyakarta	Delanggu		5			5	
Yogyakarta	Klaten			5		5	
Yogyakarta	Prambanan				0	0	

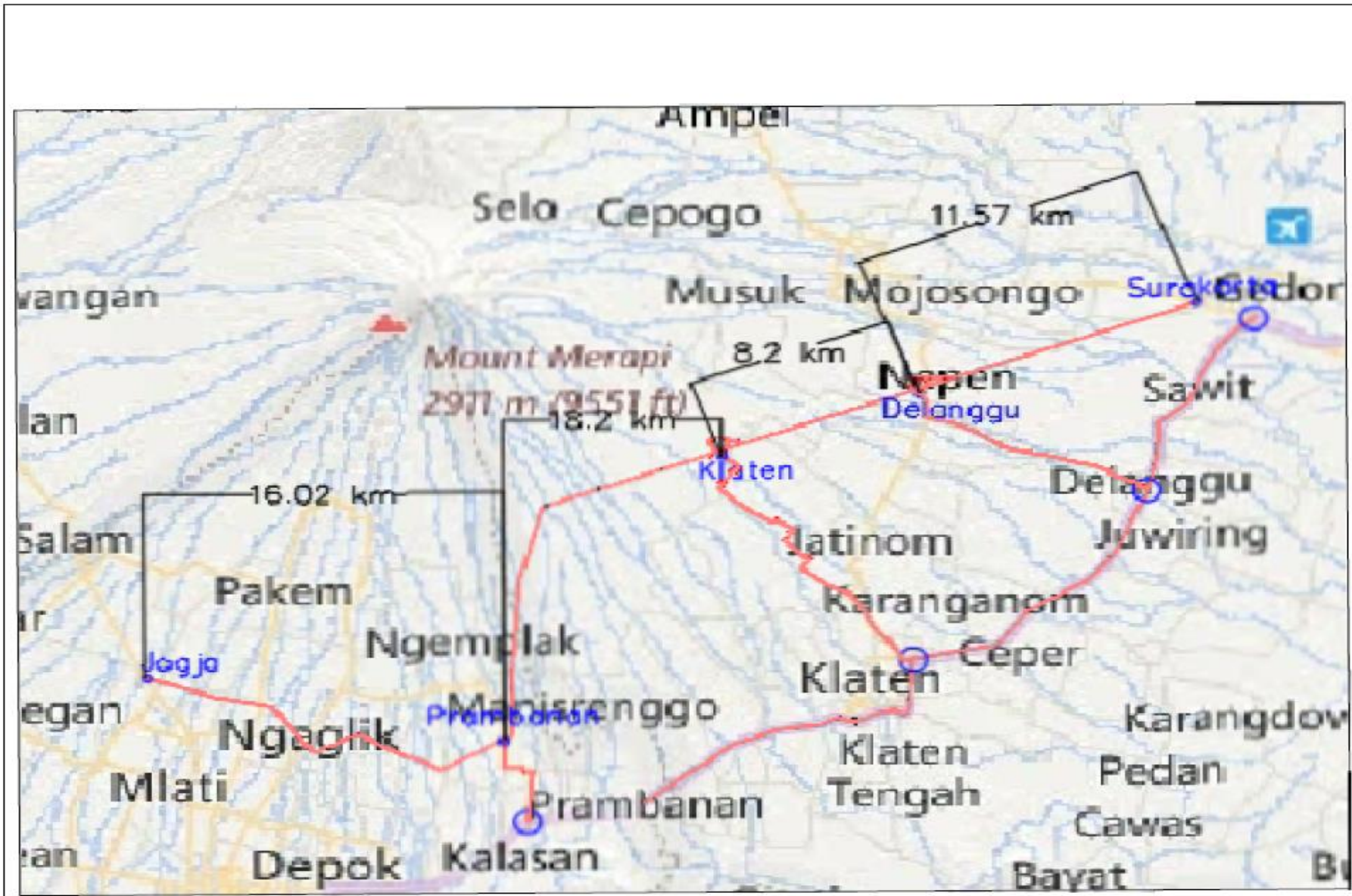
Distribusi Kendaraan Golongan IV

Zona		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	Golongan IV
Surakarta	Delanggu	13	13				
Surakarta	Klaten	0		0			
Surakarta	Prambanan	2			2		
Surakarta	Yogyakarta	1				1	
Delanggu	Surakarta	27	27				
Delanggu	Klaten		0	0			
Delanggu	Prambanan		12		12		
Delanggu	Yogyakarta		6			6	
Klaten	Surakarta	48		48			
Klaten	Delanggu		104	104			
Klaten	Prambanan			20	20		
Klaten	Yogyakarta			10		10	
Prambanan	Surakarta	0			0		
Prambanan	Delanggu		0		0		
Prambanan	Klaten			0	0		
Prambanan	Yogyakarta				0	0	
Yogyakarta	Surakarta	0				0	
Yogyakarta	Delanggu		0			0	
Yogyakarta	Klaten			0		0	
Yogyakarta	Prambanan				0	0	

Distribusi Kendaraan Golongan V

Zona		Surakarta	Delanggu	Klaten	Prambanan	Yogyakarta	Golongan V
Surakarta	Delanggu	6	6				
Surakarta	Klaten	7		7			
Surakarta	Prambanan	1			1		
Surakarta	Yogyakarta	2				2	
Delanggu	Surakarta	9	9				
Delanggu	Klaten		12	12			
Delanggu	Prambanan		3		3		
Delanggu	Yogyakarta		4			4	
Klaten	Surakarta	53		53			
Klaten	Delanggu		65	65			
Klaten	Prambanan			16	16		
Klaten	Yogyakarta			27		27	
Prambanan	Surakarta	1			1		
Prambanan	Delanggu		1		1		
Prambanan	Klaten			2	2		
Prambanan	Yogyakarta				0	0	
Yogyakarta	Surakarta	5				5	
Yogyakarta	Delanggu		7			7	
Yogyakarta	Klaten			8		8	
Yogyakarta	Prambanan				2	2	

Lampiran 4 Sketsa Dan Titik Gerbang Tol



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK – ITS

TUGAS AKHIR
(RC14–1501)

PERENCANAAN LOKASI DAN
KONFIGURASI GERBANG TOL
YOGYAKARTA SOLO

NAMA GAMBAR

Sketsa Tol Yogyakarta
Solo

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Wahyu Herijanto MT

NAMA MAHASISWA

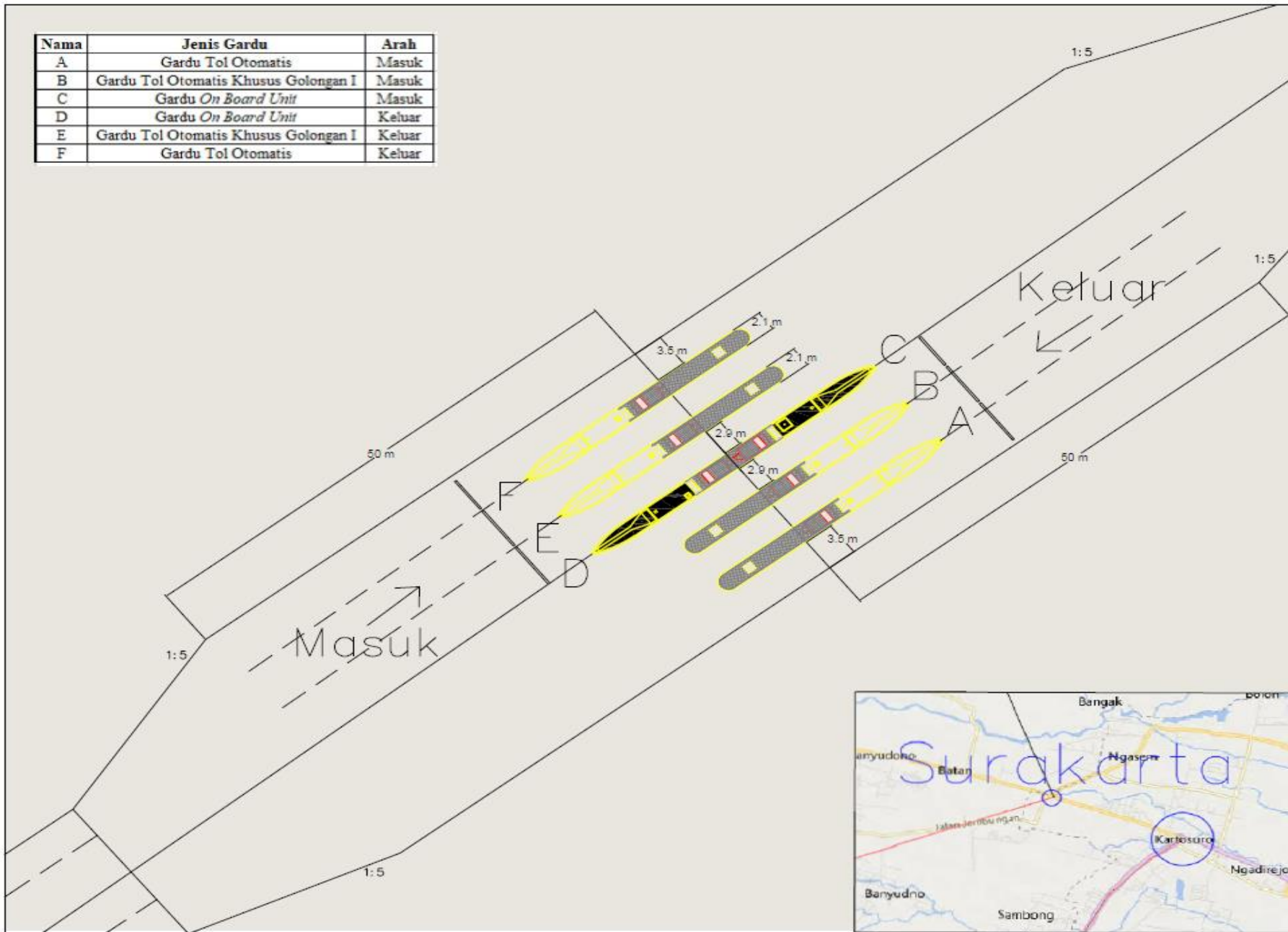
Miftah Iriansyah Isnanda

NRP MAHASISWA

03111350000 136

Lampiran 5 Gardu Tol Surakarta 2019

Nama	Jenis Gardu	Arah
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Masuk
C	Gardu On Board Unit	Masuk
D	Gardu On Board Unit	Keluar
E	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis	Keluar



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK – ITS

TUGAS AKHIR
(RC14-1501)

PERENCANAAN LOKASI DAN
KONFIGURASI GERBANG TOL
YOGYAKARTA SOLO

NAMA GAMBAR

Gerbang Tol Surakarta
2019

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Wahyu Herijanto MT

NAMA MAHASISWA

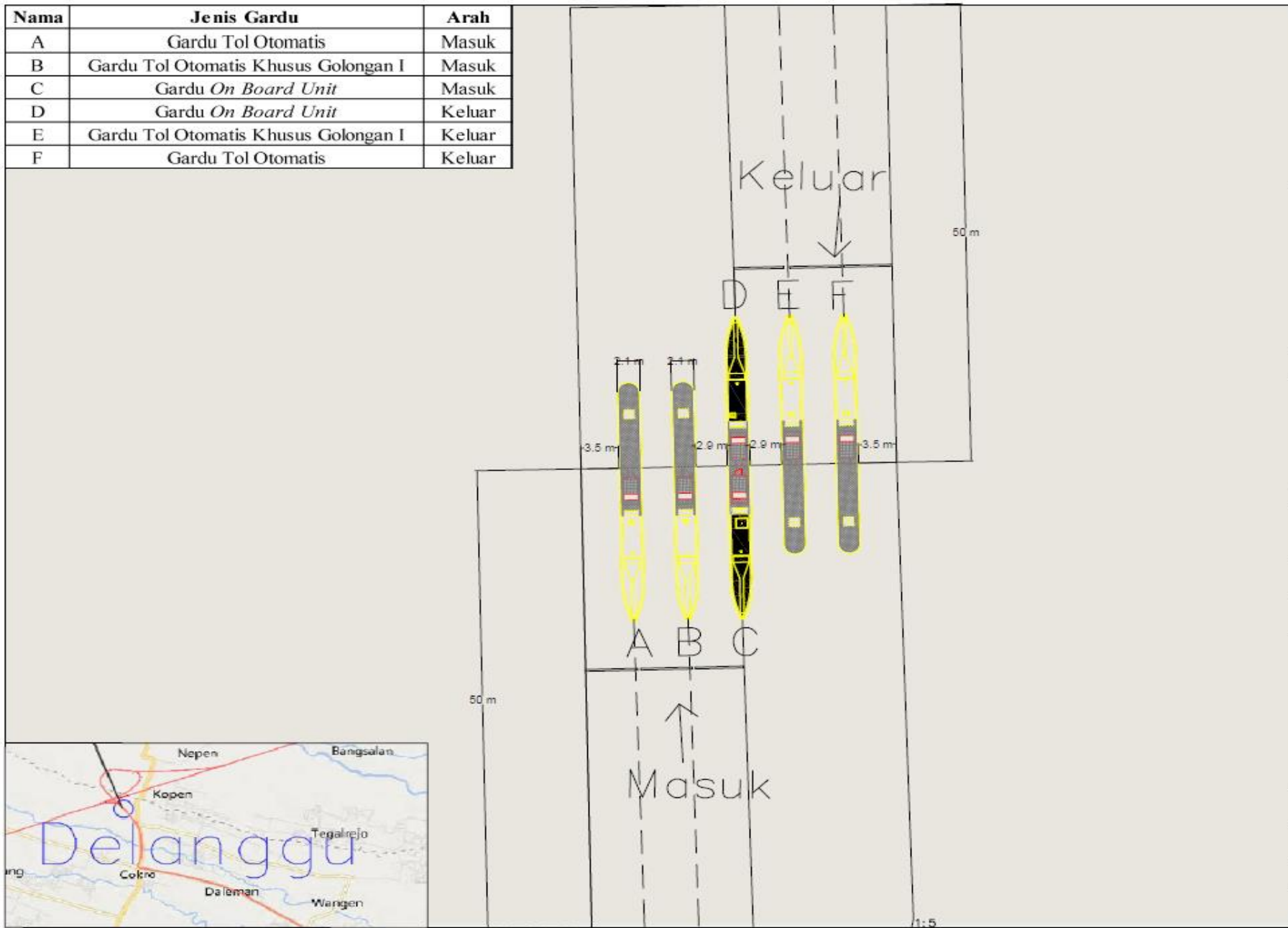
Miftah Iriansyah Isnanda

NRP MAHASISWA

03111350000 136

Lampiran 6 Gardu Tol Delanggu 2019

Nama	Jenis Gardu	Arah
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Masuk
C	Gardu <i>On Board Unit</i>	Masuk
D	Gardu <i>On Board Unit</i>	Keluar
E	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis	Keluar



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK - ITS

TUGAS AKHIR
(RC14-1501)

PERENCANAAN LOKASI DAN
KONFIGURASI GERBANG TOL
YOGYAKARTA SOLO

NAMA GAMBAR

Gerbang Tol Delanggu
2019

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Wahyu Herijanto MT

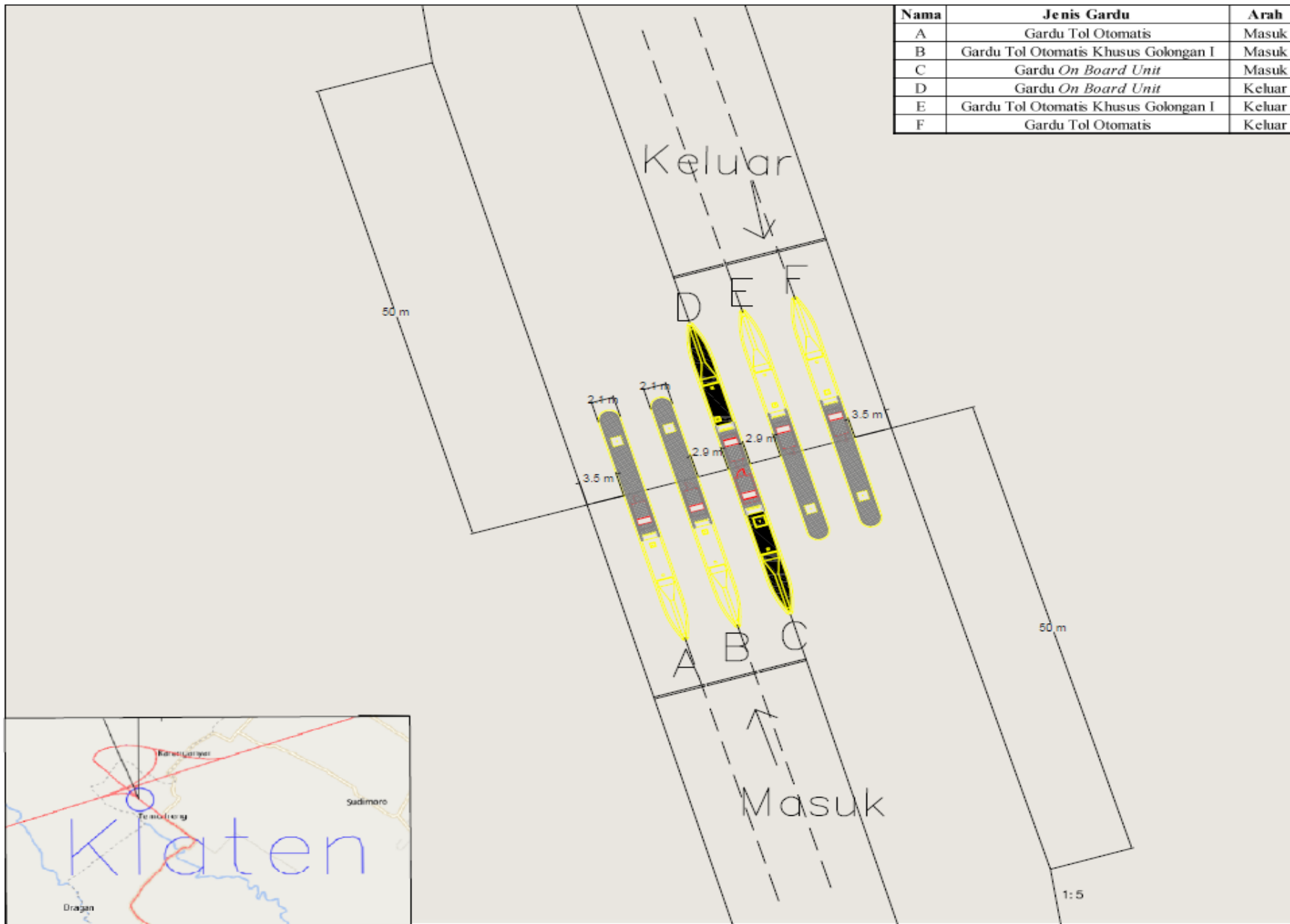
NAMA MAHASISWA

Miftah Iriansyah Isnanda

NRP MAHASISWA

03111540000 136

Lampiran 7 Gardu Tol Klaten 2019



Nama	Jenis Gardu	Arah
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Masuk
C	Gardu On Board Unit	Masuk
D	Gardu On Board Unit	Keluar
E	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis	Keluar



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK – ITS

TUGAS AKHIR
(RC14–1501)

PERENCANAAN LOKASI DAN
KONFIGURASI GERBANG TOL
YOGYAKARTA SOLO

NAMA GAMBAR

Gerbang Tol Klaten
2019

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Wahyu Herijanto MT

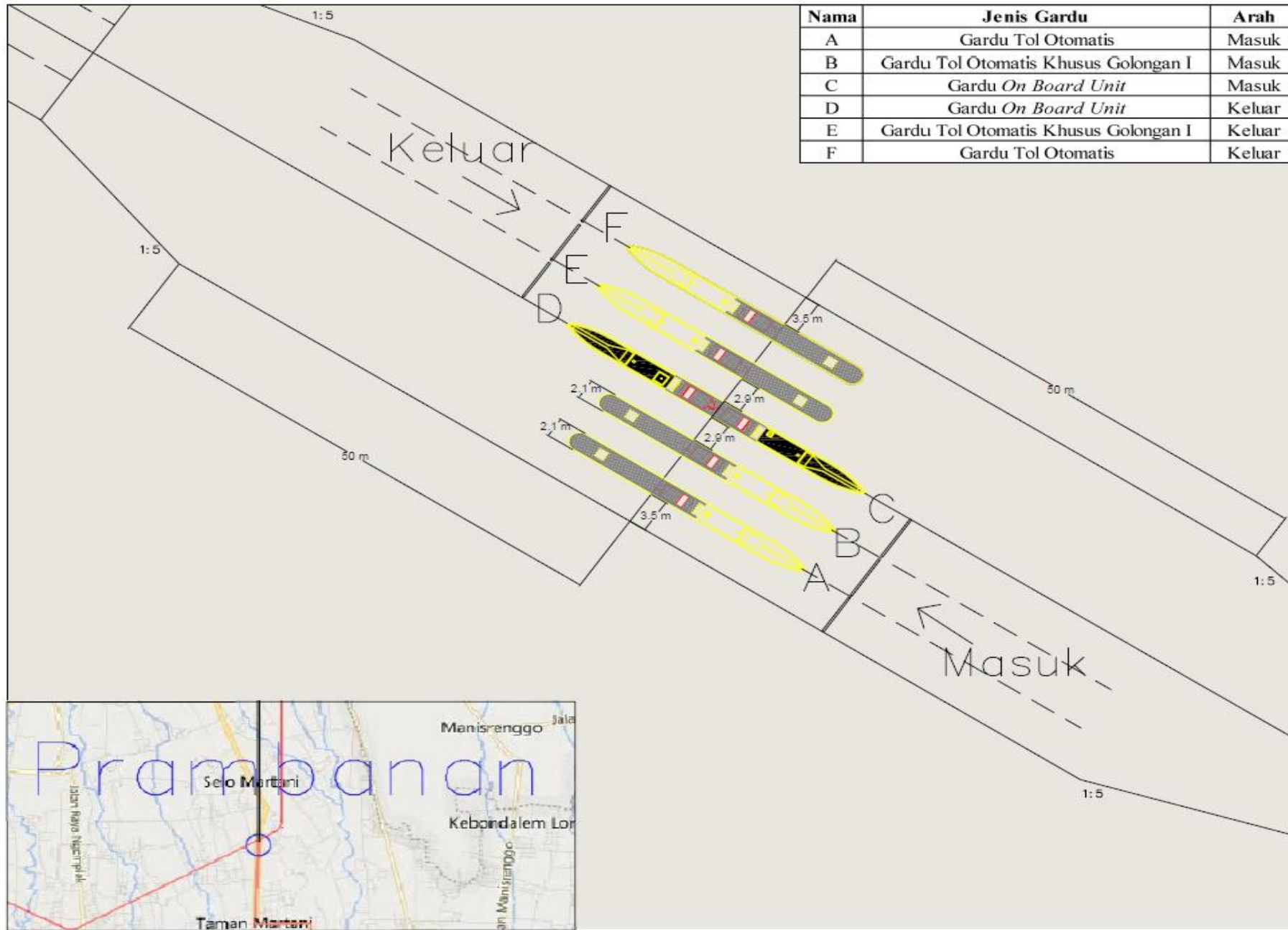
NAMA MAHASISWA

Miftah Iriansyah Isnanda

NRP MAHASISWA

03111540000 136

Lampiran 8 Gardu Tol Prambanan 2019



Nama	Jenis Gardu	Arah
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Masuk
C	Gardu <i>On Board Unit</i>	Masuk
D	Gardu <i>On Board Unit</i>	Keluar
E	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis	Keluar



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK – ITS

TUGAS AKHIR
(RC14–1501)

PERENCANAAN LOKASI DAN
KONFIGURASI GERBANG TOL
YOGYAKARTA SOLO

NAMA GAMBAR

Gerbang Tol
Prambanan
2019

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Wahyu Herijanto MT

NAMA MAHASISWA

Miftah Iriansyah Isnanda

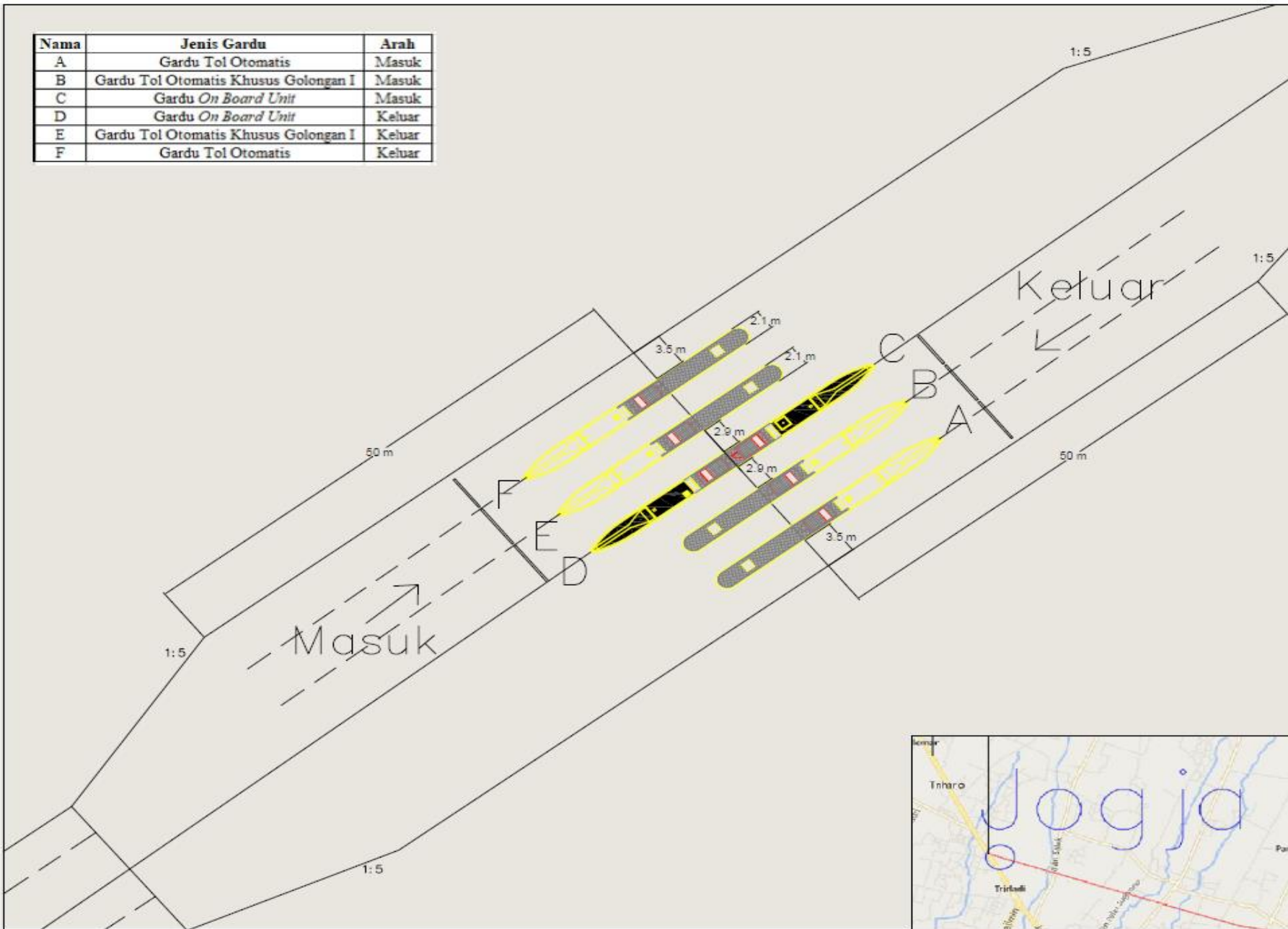
NRP MAHASISWA

03111540000 136



Lampiran 9 Gardu Tol Yogyakarta 2019

Nama	Jenis Gardu	Arah
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Masuk
C	Gardu On Board Unit	Masuk
D	Gardu On Board Unit	Keluar
E	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis	Keluar



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK – ITS

TUGAS AKHIR
(RC14–1501)

PERENCANAAN LOKASI DAN
KONFIGURASI GERBANG TOL
YOGYAKARTA SOLO

NAMA GAMBAR

Gerbang Tol Yogyakarta
2019

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Wahyu Herijanto MT

NAMA MAHASISWA

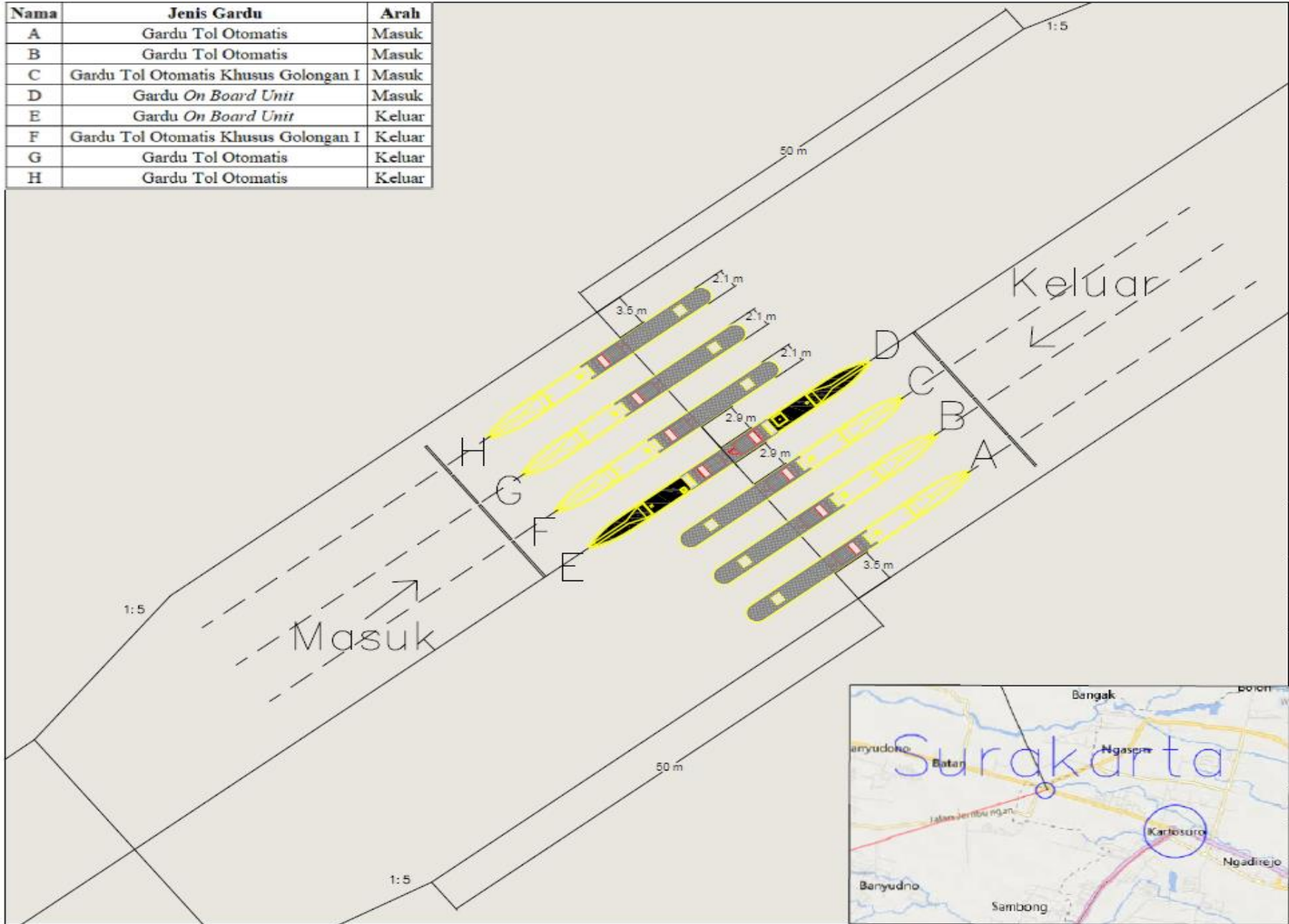
Miftah Iriansyah Isnanda

NRP MAHASISWA

03111350000 136

Lampiran 10 Gardu Tol Surakarta 2024

Nama	Jenis Gardu	Arah
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis	Masuk
C	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Masuk
D	Gardu On Board Unit	Masuk
E	Gardu On Board Unit	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Keluar
G	Gardu Tol Otomatis	Keluar
H	Gardu Tol Otomatis	Keluar



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK - ITS

TUGAS AKHIR
(RC14-1501)

PERENCANAAN LOKASI DAN
KONFIGURASI GERBANG TOL
YOGYAKARTA SOLO

NAMA GAMBAR

Gerbang Tol Surakarta
2024

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Wahyu Herijanto MT

NAMA MAHASISWA

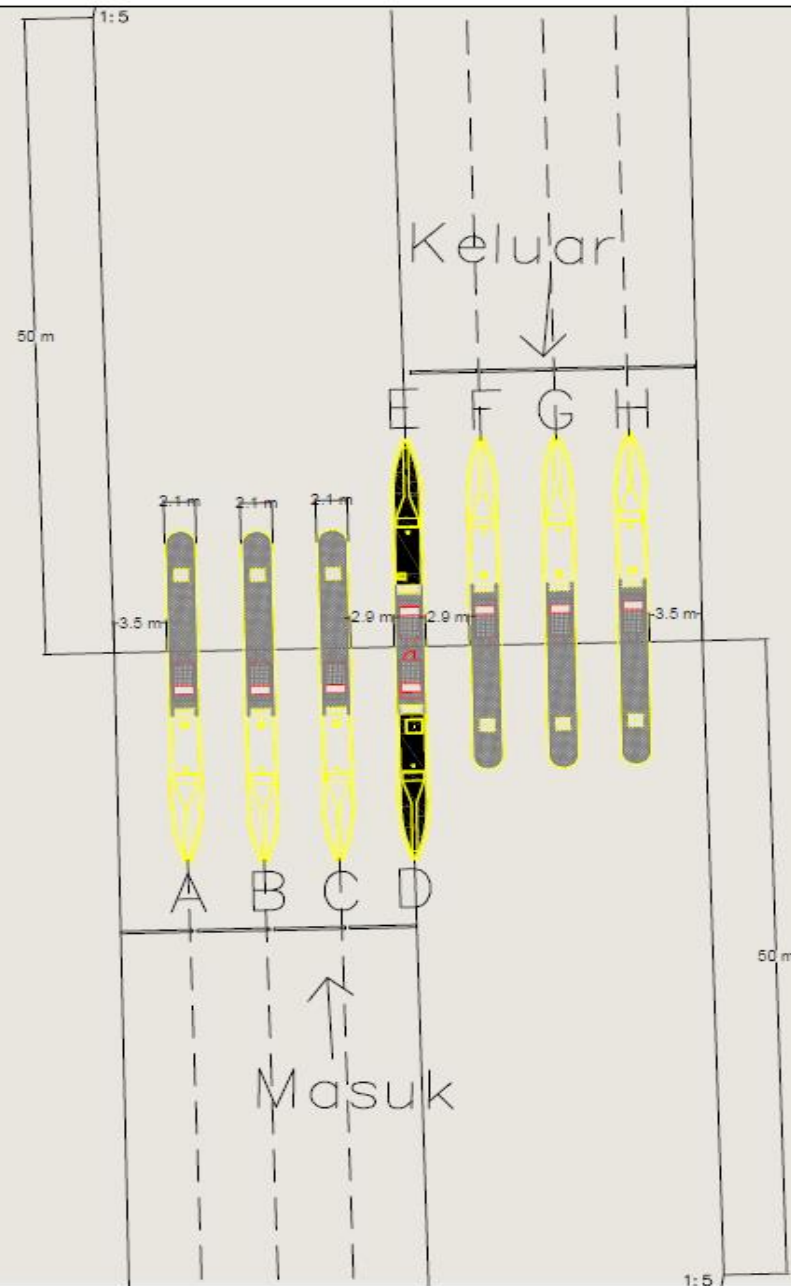
Miftah Iriansyah Isnanda

NRP MAHASISWA

03111350000 136

Lampiran 11 Gardu Tol Delanggu 2024

Nama	Jenis Gardu	Arah
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis	Masuk
C	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Masuk
D	Gardu <i>On Board Unit</i>	Masuk
E	Gardu <i>On Board Unit</i>	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Keluar
G	Gardu Tol Otomatis	Keluar
H	Gardu Tol Otomatis	Keluar



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK – ITS

TUGAS AKHIR
(RC14–1501)

PERENCANAAN LOKASI DAN
KONFIGURASI GERBANG TOL
YOGYAKARTA SOLO

NAMA GAMBAR

Gerbang Tol Delanggu
2024

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Wahyu Herijanto MT

NAMA MAHASISWA

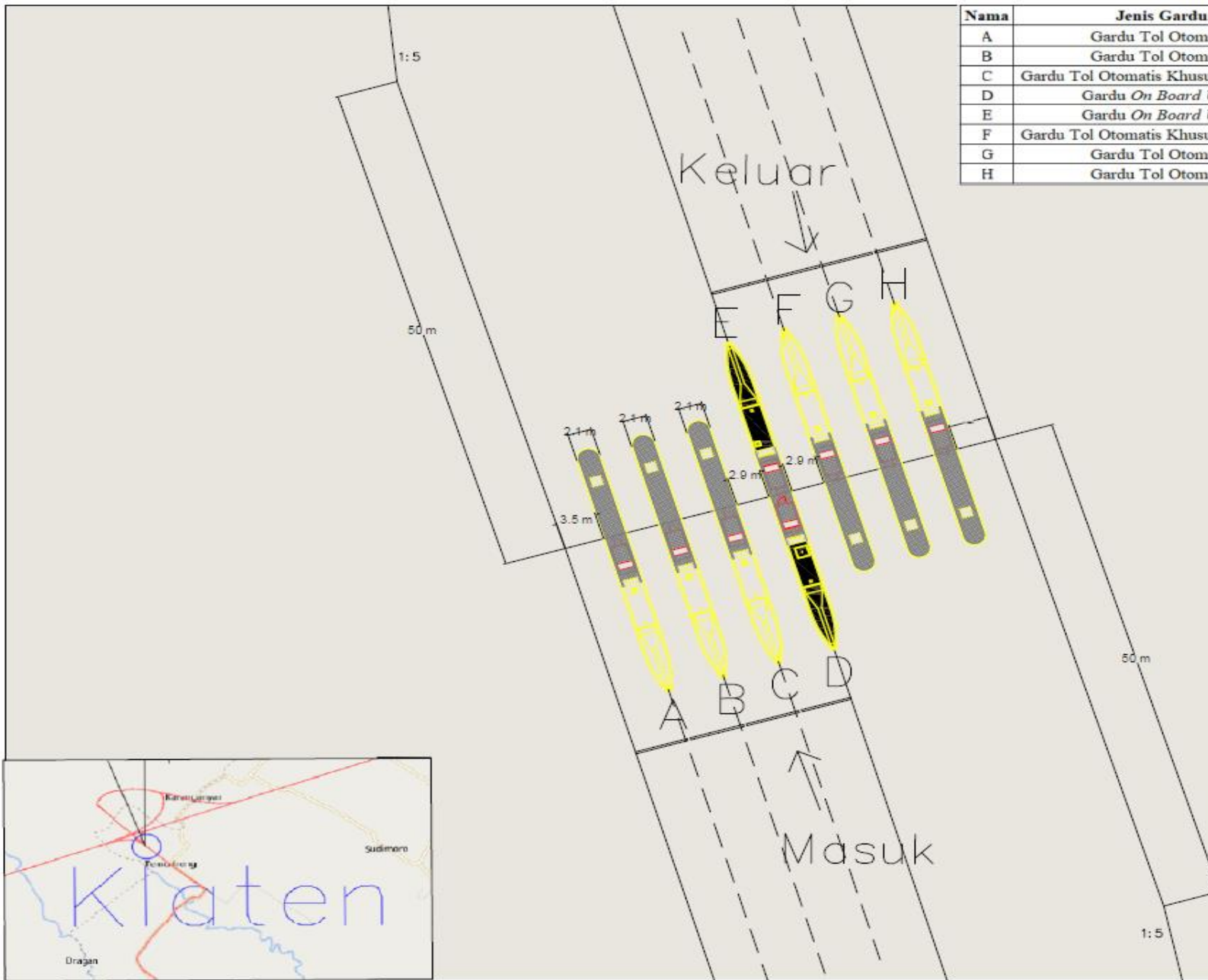
Miftah Iriansyah Isnanda

NRP MAHASISWA

03111540000 136



Lampiran 12 Gardu Tol Klaten 2024



Nama	Jenis Gardu	Arah
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis	Masuk
C	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Masuk
D	Gardu On Board Unit	Masuk
E	Gardu On Board Unit	Masuk
F	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Keluar
G	Gardu Tol Otomatis	Keluar
H	Gardu Tol Otomatis	Keluar



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK – ITS

TUGAS AKHIR
(RC14–1501)

PERENCANAAN LOKASI DAN
KONFIGURASI GERBANG TOL
YOGYAKARTA SOLO

NAMA GAMBAR

Gerbang Tol Klaten
2024

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Wahyu Herijanto MT

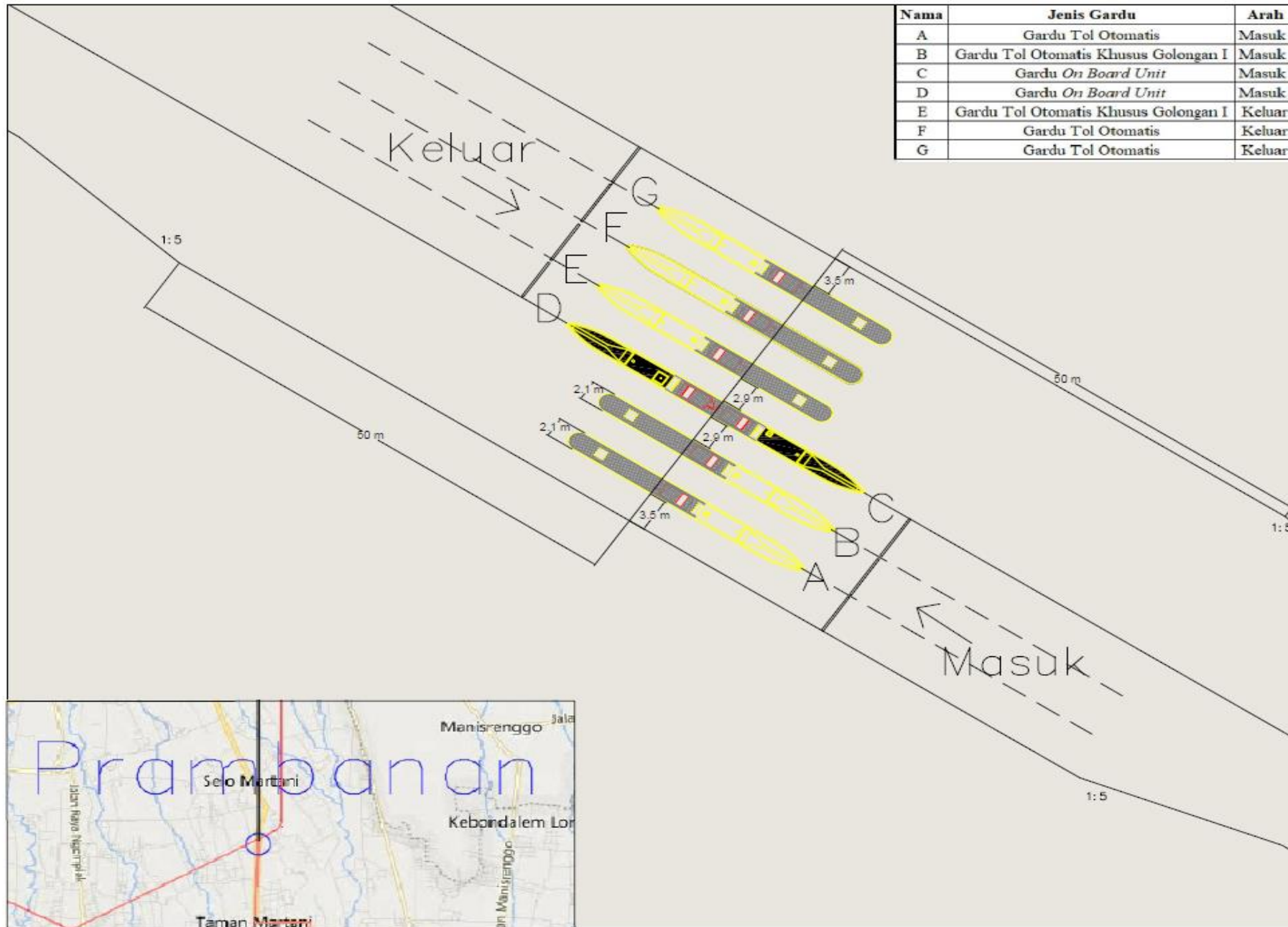
NAMA MAHASISWA

Miftah Iriansyah Isnanda

NRP MAHASISWA

03111540000 136

Lampiran 13 Gardu Tol Prambanan 2024



Nama	Jenis Gardu	Arah
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Masuk
C	Gardu On Board Unit	Masuk
D	Gardu On Board Unit	Masuk
E	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis	Keluar
G	Gardu Tol Otomatis	Keluar



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK – ITS

TUGAS AKHIR
(RC14–1501)

PERENCANAAN LOKASI DAN
KONFIGURASI GERBANG TOL
YOGYAKARTA SOLO

NAMA GAMBAR

Gerbang Tol
Prambanan
2024

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Wahyu Herijanto MT

NAMA MAHASISWA

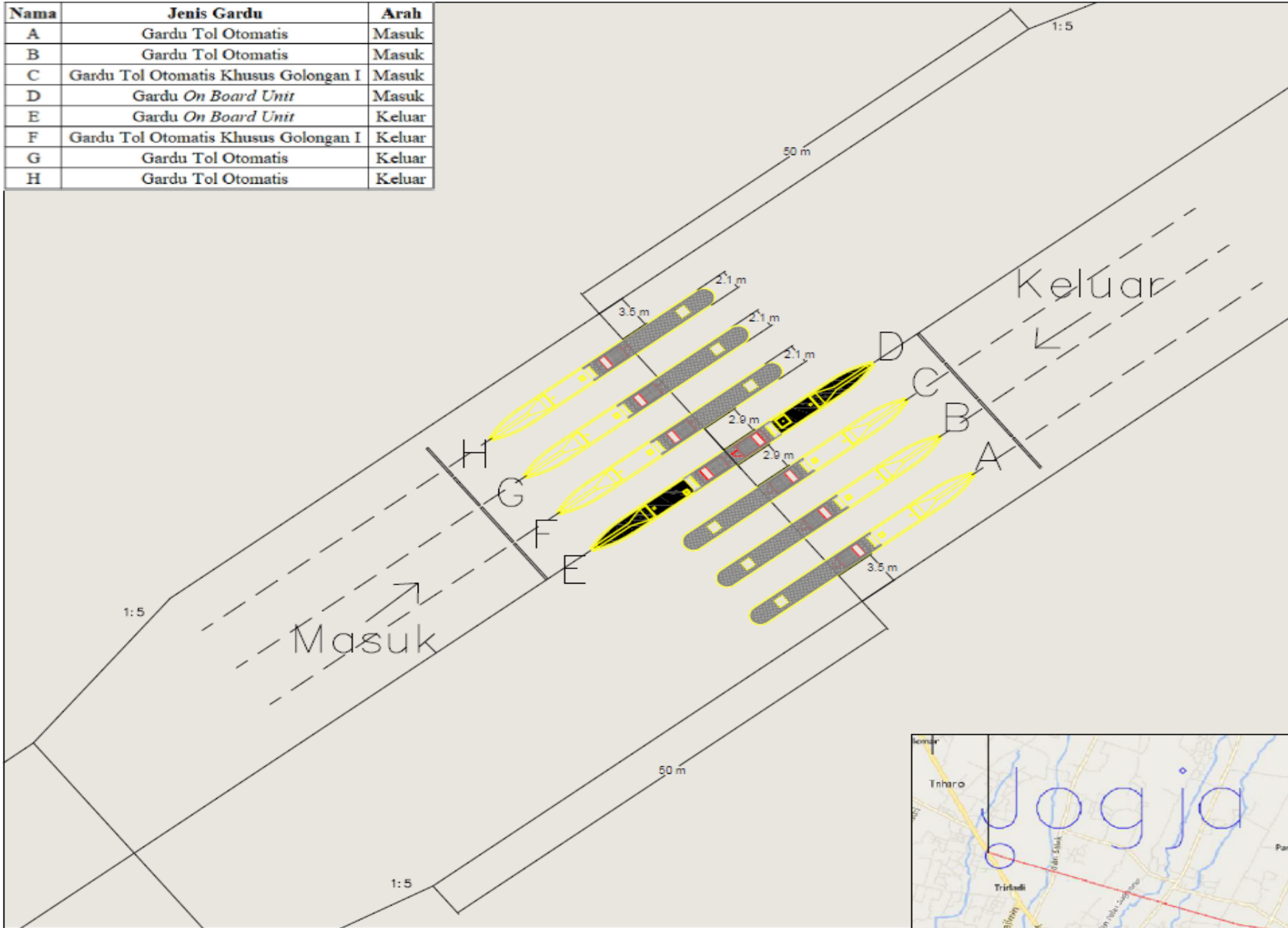
Miftah Iriansyah Isnanda

NRP MAHASISWA

03111540000 136

Lampiran 14 Gardu Tol Yogyakarta 2024

Nama	Jenis Gardu	Arah
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis	Masuk
C	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Masuk
D	Gardu <i>On Board Unit</i>	Masuk
E	Gardu <i>On Board Unit</i>	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	Keluar
G	Gardu Tol Otomatis	Keluar
H	Gardu Tol Otomatis	Keluar



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK – ITS

TUGAS AKHIR
(RC14–1501)

PERENCANAAN LOKASI DAN
KONFIGURASI GERBANG TOL
YOGYAKARTA SOLO

NAMA GAMBAR

Gerbang Tol Yogyakarta
2024

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Wahyu Herijanto MT

NAMA MAHASISWA

Miftah Iriansyah Isnanda

NRP MAHASISWA

03111350000 136

BIODATA PENULIS



Miftah Iriansyah Isnanda lahir di Pasuruan, Jawa Timur pada tanggal 24 Oktober 1997. Anak kedua dari 2 bersaudara. Telah menempuh pendidikan formal di SDN Perumnas Banyumanik 09 Semarang, SMPI Al Azhar 14 Semarang, dan SMA Negeri 4 Semarang. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh

Nopember pada tahun 2015 melalui jalur Mandiri dan terdaftar dengan NRP 03111540000136. Aktif dalam organisasi salah satunya menjadi Kabiro Pengembangan Lanjutan Departemen PSDM 17/18. Pelatihan yang pernah diikuti diantaranya adalah Pra LKMM TD, Pelatihan Karya Tulis Ilimah HMS, Sekolah Manajemen Organisasi HMS, Sekolah Manajemen Kegiatan HMS. Juga pernah melaksanakan kerja praktik di PT Duta Mas Indah Proyek Pembangunan Jembatan Kolonel Sunandar 2019. Berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui surel : miftahiriansyah@gmail.com