



TUGAS AKHIR – RC184803

**EVALUASI KINERJA DAN PELAYANAN GERBANG TOL  
CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG TOL CIBUBUR 1  
DAN GERBANG TOL CIBUBUR 2)**

KEVIN NENDRA  
NRP. 03111540000108

Dosen Pembimbing I  
Ir. Hera Widyastuti, M.T, Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Anak Agung Gde Kartika, ST, MSc

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





TUGAS AKHIR – RC184803

KEVIN NENDRA  
NRP. 03111540000108

Dosen Pembimbing I  
Ir. Hera Widyastuti, M.T, Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Anak Agung Gde Kartika, ST. MSc

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

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



FINAL PROJECT – RC184803

**EVALUATION OF PERFORMANCE AND SERVICES OF  
CIBUBUR TOLL GATE (STUDY CASE CIBUBUR 1 TOLL  
GATE AND CIBUBUR 2 TOLL GATE )**

KEVIN NENDRA  
NRP. 03111540000108

Supervisor I  
Ir. Hera Widyastuti, M.T, Ph.D

Supervisor II  
Anak Agung Gde Kartika, ST. MSc

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty Of Civil Planning, and Earth Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# EVALUASI KINERJA DAN PELAYANAN GERBANG TOL CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG TOL CIBUBUR 1 DAN GERBANG TOL CIBUBUR 2)

## TUGAS AKHIR

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

Oleh :

**KEVIN NENDRA**  
NRP. 03111540000108

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Ir. Hera Widyastuti, MT
2. Anak Agung Gde Kartika



**SURABAYA**  
**JANUARI 2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# EVALUASI KINERJA DAN PELAYANAN GERBANG TOL CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG TOL CIBUBUR 1 DAN GERBANG TOL CIBUBUR 2)

**Nama** : Kevin Nendra  
**NRP** : 03111540000108  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSLK-ITS  
**Dosen Pembimbing** : 1. Ir Hera Widayastuti M.T., Ph.D.  
2. Anak Agung Gde Kartika, ST.MSc

## ABSTRAK

*Jalan tol adalah suatu jalan yang dikhususkan untuk kendaraan bersumbu dua atau lebih (mobil, bus, truk) dan bertujuan untuk mempersingkat jarak dan waktu tempuh dari suatu tempat ke tempat lain. Seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan, volume lalu lintas kendaraan pada jalan tol juga ikut meningkat yang mengakibatkan terjadinya antrian yang panjang pada gerbang tol. Oleh karena itu, diperlukan diperlukan peninjauan terhadap kinerja gerbang tol agar didapat jumlah gardu tol yang optimum untuk menampung volume kendaraan yang ada pada saat ini dan tahun-tahun mendatang.*

*Tugas akhir ini mengevaluasi antrian yang terjadi pada gerbang tol Cibubur 1, Gerbang Tol Cibubur 2, dan Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite pada ruas tol Jagorawi karena sering terjadi antrian pada gerbang tol tersebut terutama pada jam-jam sibuk. Pengerjaan tugas akhir mulai dilakukan dengan menentukan lokasi, melakukan survei, dan mencari studi literature. Data yang diambil saat melakukan survei yaitu tingkat kedatangan kendaraan, waktu pelayanan, dan panjang antrian kendaraan.*

*Analisa yang dilakukan yaitu analisa tingkat kedatangan, waktu pelayanan, intensitas lalu lintas, serta analisa antrian. Analisa antrian dilakukan menggunakan metode First In First Out sebagai disiplin antrian dan metode Single Channel – Single Phase untuk struktur antrian*

*Hasil evaluasi gerbang tol diketahui tingkat kedatangan kendaraan pada gerbang tol Cibubur 1 sebesar 531 kend/jam/gardu; gerbang tol Cibubur 2 sebesar 421 kend/jam/gardu; gerbang tol Cibubur 2 Satelite sebesar 337 kend/jam/gardu.. Jumlah gardu yang dibutuhkan yaitu 12 gardu untuk gerbang tol Cibubur 1; 6 gardu untuk gerbang tol Cibubur 2; 5 gardu untuk gerbang tol Cibubur 2 Satelite. Dari hasil analisa peramalan pada tahun 2024 didapatkan jumlah gardu yang dibutuhkan untuk masing-masing gerbang yaitu 15 gardu untuk gerbang tol Cibubur 1; 7 gardu untuk gerbang tol Cibubur 2; 6 gardu untuk gerbang tol Cibubur 2 Satelite*

***Kata Kunci : Kinerja Gerbang Tol, Gerbang Tol Cibubur, Gardu Tol yang Optimum***

# **EVALUATION OF PERFORMANCE AND SERVICES OF CIBUBUR TOLL GATE (STUDY CASE CIBUBUR 1 TOLL GATE AND CIBUBUR 2 TOLL GATE )**

**Student Name** : Kevin Nendra  
**NRP** : 03111540000108  
**Departement** : Teknik Sipil FTSLK-ITS  
**Lecture** : 1. Ir Hera Widayastuti M.T., Ph.D.  
2. Anak Agung Gde Kartika, ST.MSc

## **ABSTRACT**

*A toll road is a road that is devoted to two or more wheeled vehicles (cars, buses, trucks) and aims to shorten the distance and travel time from one place to another. Along with the increasing number of vehicles, the volume of vehicle traffic on the toll road has also increased, resulting in long queues at the toll gate. Therefore, a review of toll gate performance is needed in order to obtain the optimum number of toll booths to accommodate the current vehicle volumes and the coming years.*

*This final project evaluates the queues that occur at the Cibubur 1 and Cibubur 2 toll gates on the Jagorawi toll road because there are often queues at the toll gate, especially during peak hours. The final project starts by determining the location, conducting a survey, and searching for literature studies. Data taken during the survey are vehicle arrival rates, service times, and vehicle queue lengths. The analysis carried out is the analysis of the arrival rate, service time, traffic intensity, and analysis*

*The results of the toll gate evaluation revealed that the arrival rate of vehicles at the Cibubur 1 toll gate was 531 vehicles / hour / substation; Cibubur 2 toll gate is 421 vehicles / hour / substation; Cibubur 2 Satelite toll gate is 337 vehicles / hour / substation . The number of booths needed is 12 booths for the Cibubur 1 toll gate; 6 substations for Cibubur toll gate 2; 5 substations for Cibubur toll gate 2 Satelite. From the results of forecasting analysis in 2024, the number of substations needed for each gate is 15, for Cibubur 1 toll gate; 7 substations for Cibubur toll gate 2; 6 substations for Cibubur toll gate 2 Satelite*

**Keywords : Cibubur Toll Gate, Service Time, Toll Gate Capacity**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Evaluasi Kinerja dan Pelayanan Gerbang Tol Cibubur (Studi Kasus Gerbang Tol Cibubur 1 dan Gerbang Tol Cibubur 2)”.

Dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan baik moril dan materil, dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
2. Ibu Ir. Hera Widyastuti, MT.,PhD dan Bapak Agun Gede Kartika, ST. MSc selaku dosen selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas akhir ini.
3. Bapak-Ibu Dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil ITS atas ilmu yang telah diajarkan serta perangkat karyawan yang turut membantu.
4. Seluruh rekan-rekan Teknik Sipil ITS S-58 angkatan 2015, khususnya rekan-rekan teknik perhubungan dan transportasi yang selalu memberikan bantuan dan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini
5. Teman-teman SMA Negeri 1 Padang yang selalu memberikan dorongan semangat selama penyusunan Tugas Akhir ini
6. Seluruhnya yang telah membantu, dan belum sempat disebutkan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dan memerlukan perbaikan-perbaikan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan

saran yang membangun demi kesempurnaan dalam penyusunan laporan. Diharapkan proposal Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun masyarakat yang membaca laporan ini.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL BAHASA INGGRIS</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xxi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Tujuan .....	4
1.4    Manfaat.....	4
1.5    Batasan Masalah .....	5
1.6    Lokasi Studi.....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>9</b>
2.1    Umum.....	9
2.2    Pengertian, Tujuan, dan Manfaat Jalan Tol.....	9
2.2.1    Persyaratan Jalan Tol.....	10
2.3    Jenis Kendaraan Pada Jalan Tol.....	12
2.4    Dimensi Kendaraan Rencana Pada Jalan Tol.....	12
2.5    Kapasitas Gerbang Tol .....	15
2.6    Sistem Pembayaran Jalan Tol .....	16
2.6.1    Sistem Pembayaran Gardu Tol Otomatis (GTO).....	16

2.6.2	Sistem Pembayaran <i>On Board Unit</i> (OBU)...	18
2.7	Pelayanan Jalan Tol.....	19
2.7.1	Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol .....	20
2.8	Teori Antrian.....	21
2.8.1	Sistem Antrian.....	22
2.8.2	Komponen Sistem Antrian .....	23
2.8.3	Disiplin Antrian.....	25
2.8.4	Struktur Antrian .....	29
2.8.5	Pola Kedatangan Pelanggan .....	31
2.8.6	Analisis Waktu Pelayanan (WP) dan Tingkat Pelayanan ( $\mu$ ) .....	32
2.9	Studi Terdahulu .....	33
2.10	Parameter Antrian.....	37
2.11	Analisa Kebijakan .....	37
2.11.1	Kebijakan Menambah Pintu Tol.....	37
2.11.2	Kebijakan Mengurangi Waktu Pelayanan .....	37
2.11.3	Kebijakan Sistem Tandem.....	38
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>		<b>39</b>
3.1	Umum.....	39
3.2	Langkah Penulisan Tugas Akhir.....	39
3.3	Identifikasi Permasalahan.....	39
3.4	Studi Literatur.....	40
3.5	Penentuan Lokasi dan Waktu Penelitian.....	40
3.6	Survei dan Pengumpulan Data.....	41
3.7	Rekapitulasi dan Analisis Data .....	44

3.7.1	Analisa Tingkat Kedatangan .....	44
3.7.2	Analisa Waktu Pelayanan (WP) dan Tingkat Pelayanan ( $\mu$ ).....	45
3.7.3	Analisa Intesitas Lalu Lintas .....	45
3.7.4	Analisa Antrian pada Gerbang Tol (Antrian FIFO).....	45
3.7.5	Analisa Peramalan ( <i>Forecasting</i> ) .....	45
3.8	Pembahasan .....	46
3.9	Kesimpulan dan Saran .....	46
3.10	Bagan Alir (Flow Chart) .....	46
<b>BAB IV PENGUMPULAN DATA .....</b>		<b>49</b>
4.1	Umum.....	49
4.2	Data Primer.....	49
4.2.1	Tingkat Kedatangan .....	49
4.2.2	Waktu Pelayanan.....	51
4.2.3	Panjang Antrian.....	52
4.3	Data Sekunder .....	53
<b>BAB V ANALISIS DATA.....</b>		<b>57</b>
5.1	Analisa Tingkat Kedatangan ( <i>Arrival Rate</i> ).....	57
5.2	Analisa Waktu Pelayanan ( <i>Service Time</i> ) .....	75
5.3	Analisa Intesitas Lalu Lintas.....	90
5.4	Analisa Antrian pada Gerbang Tol (Antrian FIFO) ....	94
5.5	Analisa Peramalan ( <i>Forecasting</i> ) .....	106
5.5.1	Analisa Tingkat Kedatangan pada Tahun 2024.....	106
5.5.2	Analisa Intesitas pada Tahun 2024 .....	119

5.5.3	Analisa Antrian pada Gerbang Tol (Antrian FIFO) pada Tahun 2024 .....	123
5.5.4	Analisa Tingkat Kedatangan pada Tahun 2029 .....	135
5.5.5	Analisa Intesitas pada Tahun 2029 .....	142
5.5.6	Analisa Antrian pada Gerbang Tol (Antrian FIFO) pada Tahun 2029 .....	147
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>		<b>159</b>
6.1	Kesimpulan.....	159
6.2	Saran.....	161
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>163</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Gerbang Tol Cibubur 1 .....	5
Gambar 1.2	Gerbang Tol Cibubur 2 .....	6
Gambar 1.3	Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite .....	6
Gambar 1.4	Antrian di Gerbang Tol Cibubur .....	7
Gambar 2.1	Dimensi Kendaraan Golongan I.....	13
Gambar 2.2	Dimensi Kendaraan Golongan II .....	13
Gambar 2.3	Dimensi Kendaraan Golongan III .....	14
Gambar 2.4	Dimensi Kendaraan Golongan IV .....	14
Gambar 2.5	Dimensi Kendaraan Golongan V .....	15
Gambar 2.6	Transaksi menggunakan <i>e-Toll</i> pada Gardu Tol Otomatis (GTO).....	17
Gambar 2.7	Gardu Tol Otomatis .....	18
Gambar 2.8	Perangkat dan Sistem Transaksi <i>On Board Unit</i> (OBU).....	19
Gambar 2.9	Komponen Sistem Antrian.....	23
Gambar 2.10	Disiplin Antrian First In First Out (FIFO).....	27
Gambar 2.11	Disiplin Antrian Last In First Out (LIFO).....	28
Gambar 2.12	Struktur Antrian Single Channel-Single Phase ....	29
Gambar 2.13	Struktur Antrian Single Channel-Multi Phase.....	30
Gambar 2.14	Struktur Antrian Multichannel – single phase.....	30
Gambar 2.15	Struktur Antrian <i>Multichannel – multiphase</i> .....	31
Gambar 3.1	Bagan Alir ( <i>Flow Chart</i> ) Evaluasi Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Cibubur .....	47
Gambar 3.1	Bagan Alir ( <i>Flow Chart</i> ) Evaluasi Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Cibubur (Lanjutan) .....	48
Gambar 4.1	Peta Gerbang Tol Cibubur .....	55
Gambar 5.1	Hasil <i>Forecasting</i> Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2017 dan 2018.....	62
Gambar 5.2	Hasil <i>Forecasting</i> Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2017 dan 2018.....	68

Gambar 5.3	Hasil <i>Forecasting</i> Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite Tahun 2017 dan 2018.....	72
Gambar 5.4	Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Cibubur 1 Gardu Single .	77
Gambar 5.5	Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Cibubur 1 Gardu <i>Multi...</i>	81
Gambar 5.6	Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Cibubur 2 Gardu <i>Single</i> .	85
Gambar 5.7	Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Cibubur 2 Gardu <i>Multi...</i>	89
Gambar 5.8	Skema Perencanaan Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2019.....	98
Gambar 5.9	Skema Perencanaan Gerbang Tol Cibubur 2 dan Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite Tahun 2019 .....	106
Gambar 5.10	Hasil <i>Forecasting Time Series Decomposition</i> dari Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2017 dan 2018 .....	109
Gambar 5.11	Hasil <i>Forecasting Time Series Decomposition</i> dari Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2017 dan 2018 .....	113
Gambar 5.12	Hasil <i>Forecasting Time Series Decomposition</i> dari Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite Tahun 2017 dan 2018 .....	117
Gambar 5.13	Skema Perencanaan Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2024.....	127
Gambar 5.14	Skema Perencanaan Gerbang Tol Cibubur 2 dan Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite Tahun 2024 .....	134
Gambar 5.15	Hasil <i>Forecasting Time Series Decomposition</i> dari Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2017 dan 2018 .....	136
Gambar 5.16	Hasil <i>Forecasting Time Series Decomposition</i> dari Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2017 dan 2018 .....	139

Gambar 5.17 Skema Perencanaan Gerbang Tol 1 Tahun 2029 150

Gambar 5.18 Skema Perencanaan Gerbang Tol Cibubur 2 dan  
Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite Tahun 2029 ..... 158

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Golongan Kendaraan di Jalan Tol .....	12
Tabel 2.2	Dimensi Kendaraan Rencana .....	12
Tabel 3.2	Formulir Survey Jumlah Kedatangan Kendaraan ...	42
Tabel 3.3	Formulir Survey Waktu Pelayanan Kendaraan .....	43
Tabel 3.4	Formulir Survey Panjang Antrian Kendaraan .....	43
Tabel 4.1	Tingkat Kedatangan pada Gerbang Tol Cibubur 1 GTO <i>Single</i> (Gardu 2,3,4,5 dan 6) .....	50
Tabel 4.2	Tingkat Kedatangan pada Gerbang Tol Cibubur 1 GTO <i>Multi</i> (Gardu 1,7, dan 8) .....	50
Tabel 4.3	Tingkat Kedatangan pada Gerbang Tol Cibubur 2 GTO <i>Single</i> (Gardu 5 dan 7) .....	51
Tabel 4.4	Tingkat Kedatangan pada Gerbang Tol Cibubur 2 GTO <i>Multi</i> (Gardu 1,3, dan 9) .....	51
Tabel 4.5	Waktu Pelayanan pada Gerbang Tol Cibubur 1 .....	52
Tabel 4.6	Waktu Pelayanan pada Gerbang Tol Cibubur 2 .....	52
Tabel 4.7	Panjang Antrian pada Gerbang Tol Cibubur 1 .....	53
Tabel 4.8	Panjang Antrian pada Gerbang Tol Cibubur 2 .....	53
Tabel 4.9	Rekap Data Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2017 .....	54
Tabel 4.10	Rekap Data Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2017 .....	54
Tabel 5.1	Rekapitulasi Data Survey Tingkat Kedatangan Gerbang Tol Cibubur 1 GTO <i>Single</i> (Gardu 4,6,8,10, dan 12) .....	57
Tabel 5.2	Rekapitulasi Data Survey Tingkat Kedatangan Gerbang Tol Cibubur 1 GTO <i>Multi</i> (Gardu 2,14, dan 16) .....	58
Tabel 5.3	Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2017 .....	60
Tabel 5.4	Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2018 .....	60

Tabel 5.5	Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2019 .....	63
Tabel 5.6	Rekapitulasi Data Survey Tingkat Kedatangan Gerbang Tol Cibubur 2 GTO Single (Gardu 5 dan 7) .....	64
Tabel 5.7	Rekapitulasi Data Survey Tingkat Kedatangan Gerbang Tol Cibubur 2 GTO Multi (Gardu 1,3, dan 9) .....	65
Tabel 5.8	Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2017 .....	66
Tabel 5.9	Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2018 .....	67
Tabel 5.10	Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2019 .....	69
Tabel 5.11	Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 <i>Satelite</i> Tahun 2017 .....	70
Tabel 5.12	Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 <i>Satelite</i> Tahun 2018 .....	71
Tabel 5.13	Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 <i>Satelite</i> Tahun 2019 .....	73
Tabel 5.14	Proporsi Golongan Kendaraan Gerbang Tol Cibubur 2 <i>Satelite</i> Tahun 2019 .....	74
Tabel 5.15	Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Cibubur 1 Gardu <i>Single</i> .....	76
Tabel 5.16	Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Cibubur 1 Gardu <i>Multi a</i> .....	79
Tabel 5.16	Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Cibubur 1 Gardu <i>Multi b</i> .....	80
Tabel 5.17	Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Cibubur 2 Gardu <i>Single</i> .....	84
Tabel 5.18	Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Cibubur 2 Gardu <i>Multi a</i> .....	87

Tabel 5.18	Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Cibubur 2 Gardu <i>Multi b</i> .....	88
Tabel 5.19	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 1 GTO Single.....	96
Tabel 5.20	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 1 GTO Multi .....	98
Tabel 5.21	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2 GTO Single .....	100
Tabel 5.22	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2 GTO Multi .....	102
Tabel 5.23	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite GTO Single .....	103
Tabel 5.24	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite GTO Single .....	105
Tabel 5.25	Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2017 .....	107
Tabel 5.26	Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2018 .....	108
Tabel 5.27	Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2024 .....	110
Tabel 5.28	Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2017 .....	111
Tabel 5.29	Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2018 .....	112
Tabel 5.30	Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2024 .....	114
Tabel 5.31	Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite Tahun 2017 .....	115
Tabel 5.32	Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite Tahun 2018 .....	116
Tabel 5.33	Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite Tahun 2024 .....	118

Tabel 5.34	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 1 GTO Single .....	125
Tabel 5.35	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 1 GTO Multi .....	127
Tabel 5.36	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2 GTO Single .....	129
Tabel 5.37	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2 GTO Multi .....	130
Tabel 5.38	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite GTO Single .....	132
Tabel 5.39	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite GTO Single .....	134
Tabel 5.40	Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2029 .....	137
Tabel 5.41	Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2029 .....	140
Tabel 5.42	Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2029 .....	141
Tabel 5.43	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 1 GTO Single .....	148
Tabel 5.44	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 1 GTO Multi .....	150
Tabel 5.45	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2 GTO Single .....	152
Tabel 5.46	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2 GTO Multi .....	154
Tabel 5.47	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite GTO Single .....	155
Tabel 5.48:	Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite GTO Multi .....	157

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Transportasi merupakan sarana yang sangat penting dalam menunjang keberhasilan pembangunan dan perekonomian di suatu wilayah. Sistem transportasi bertujuan untuk meningkatkan pelayanan mobilitas penduduk dan sumber daya lainnya yang dapat mendukung terjadinya pertumbuhan perekonomian. Peningkatan kualitas sarana dan prasarana transportasi sangat dibutuhkan guna menunjang kebutuhan masyarakat akan moda angkutan penumpang maupun barang. Jalan tol menjadi salah satu alternatif yang dapat meningkatkan pelayanan sarana dan prasarana transportasi tersebut (Abdurrofi, 2017).

Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol (bpjt.pu.go.id, 2018). Untuk menggunakan fasilitas ini, para pengguna jalan tol harus membayar sesuai tarif yang berlaku. Penetapan tarif didasarkan pada golongan kendaraan. Jalan tol sendiri memiliki gerbang tol yang merupakan tempat proses pelayanan transaksi tol terjadi. Gerbang tol terdiri dari beberapa gardu tol yang merupakan ruang bagi pengumpulan tol untuk melaksanakan tugas nya. Sistem yang dapat dilakukan dalam pengumpulan tol pada saat ini yaitu system gardu tol otomatis (GTO) dan On Board Unit (OBU). Tujuan pembangunan jalan tol adalah memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang dan meningkatkan pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang pertumbuhan ekonomi. Manfaat yang diberikan jalan tol seperti pengguna jalan tol akan mendapatkan keuntungan berupa penghematan biaya operasi kendaraan dibanding apabila melewati jalan non tol dan meningkatkan mobilitas dan aksesibilitas orang dan barang. (BPJT, 2007).

Salah satu permasalahan yang sering terjadi di jalan tol adalah kemacetan kendaraan khususnya di gerbang tol. Kemacetan di gerbang tol disebabkan karena ketidakseimbangan jumlah gerbang tol dengan jumlah arus kendaraan serta lamanya proses transaksi yang terjadi di gerbang tol tersebut sehingga terjadi antrian arus kendaraan yang tidak diinginkan. Parameter kemacetan pada jalan tol harus sesuai dengan Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol menurut Peraturan Menteri PU no. 16/PRT/M/2014 yaitu antrian kendaraan pada kondisi normal harus kurang dari 10 kendaraan dan jumlah kendaraan harus kurang dari 450 kendaraan tiap jam tiap gardu. Jumlah gerbang tol yang dioperasikan harus sesuai dengan volume arus kendaraan, jika terlalu sedikit akan menimbulkan antrian yang panjang, tetapi jika terlalu banyak akan menambah biaya pengoperasian yang tinggi. Mengingat fungsi jalan tol harus memberikan pelayanan berupa kelancaran arus kendaraan tanpa adanya hambatan maka diperlukan peninjauan terhadap kinerja jalan tol terkait masalah yang mengakibatkan kemacetan.

Jalan Tol Jagorawi adalah jalan tol pertama di Indonesia yang menghubungkan Jakarta, Bogor dan Ciawi. Jalan Tol Jagorawi secara total memiliki panjang 46 km dan terdiri dari 12 gerbang tol. Jalan tol ini mempunyai gerbang tol Cililitan, TMII, Dukuh, Pasar Rebom, Cibubur, Cimanggis, Gn. Putri, Citeureup, Sentul, Sentul Selatan, Bogor, dan Ciawi. Jalan Tol Jagorawi dikelola oleh PT. Jasa Marga (Persero) Tbk. Jalan tol ini sebagian besar melintasi daerah Jabodetabek. Jabodetabek adalah sebuah akronim dari Jakarta-Bogor-Depok-Tangerang-Bekasi, yaitu sebuah kawasan metropolitan Jakarta dan sekitarnya. Jabodetabek merupakan salah satu daerah dengan jumlah penduduk yang tinggi di Indonesia. Jumlah penduduk Jabodetabek tahun 2015 mencapai 24,442,634 jiwa (BPS, 2015). Keberadaan jalan tol Jagorawi yang melalui daerah Jabodetabek berpengaruh terhadap berbagai kegiatan di wilayah tersebut. Jalan tol ini berfungsi sebagai jalan tol antar kota, yaitu sebagai alternative utama dalam pencapaian

jarak dengan waktu yang lebih singkat dan akibat makin padatnya pergerakan di daerah Jabodetabek. Dari tahun ke tahun pertumbuhan lalu lintas di jalan tol Jagorawi ini meningkat dengan cukup besar sehingga sering terjadi antrian yang panjang pada gerbang tol untuk memasuki jalan tol ini terutama pada jam-jam sibuk khususnya gerbang tol Cibubur.

Tugas akhir ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi dan merencanakan antrian yang terjadi pada gerbang tol dengan tingkat kedatangan kendaraan dan tingkat pelayanan gerbang. Gerbang tol yang ditinjau adalah gerbang tol Cibubur yang terdiri dari gerbang tol Cibubur 1, gerbang tol Cibubur 2, dan Gerbang tol Cibubur 2 Satelite dengan sistem transaksi gardu tol otomatis (GTO). Dipilihnya gerbang tol Cibubur sebagai objek perencanaan dikarenakan disetiap waktu saat peak hour maupun di jam-jam biasa gerbang tol ini selalu mengalami antrian yang panjang. Maka tugas akhir ini sekaligus bertujuan untuk mengetahui kapasitas dan tingkat kinerja pelayanan gerbang tol saat ini dan untuk tahun-tahun mendatang dalam menghadapi lonjakan arus jalan tol.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian diatas, maka muncul beberapa permasalahan yang akan diselesaikan dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Berapa Panjang antrian yang terjadi pada gardu tol dilihat dari tingkat kedatangan dan waktu pelayanan dengan sistem pelayanan GTO ?
2. Apakah Tingkat Kedatangan kendaraan gerbang tol Cibubur 1, gerbang tol Cibubur 2 dan gerbang tol Cibubur 2 Satelite telah memenuhi Standar Pelayanan Minimum (SPM) ?
3. Berapa jumlah gardu tol yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada pada gerbang tol Cibubur 1, gerbang tol Cibubur 2, dan gerbang tol Cibubur 2 Satelite ?

4. Berapa jumlah gardu tol yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada pada gerbang tol Cibubur 1, gerbang tol Cibubur 2, dan gerbang tol Cibubur 2 Satelite untuk perencanaan 5 dan 10 tahun kedepan ?

### **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui panjang antrian yang terjadi pada gardu tol dilihat dari tingkat kedatangan dan waktu pelayanan dengan sistem pelayanan GTO .
2. Untuk mengetahui tingkat kedatangan per gardu gerbang tol Cibubur 1, gerbang tol Cibubur 2 dan gerbang tol Cibubur 2 Satelite telah memenuhi Standar Pelayanan Minimum (SPM) atau belum.
3. Untuk mengetahui jumlah gardu tol yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada pada saat ini.
4. Untuk mengetahui jumlah gardu tol yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada pada 5 dan 10 tahun kedepan

### **1.4 Manfaat**

Adapun manfaat yang didapat dalam penulisa tugas akhir ini yaitu:

1. Memberikan gambaran dalam menentukan jumlah gerbang tol yang optimal sesuai dengan tingkat kedatangan kendaraan.
2. Sebagai referensi untuk mahasiswa Teknik Sipil ITS dan pihak lain yang berencana melakukan evaluasi gerbang tol di kemudian hari.

### 1.5 Batasan Masalah

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

1. Studi ini hanya meninjau dari segi waktu pelayanan dan tingkat kedatangan kendaraan pada gerbang tol Cibubur 1, gerbang tol Cibubur 2, dan gerbang tol Cibubur 2 Satelite
2. Tidak memperhitungkan dari segi ekonomi dan finansial.
3. Tidak memperhitungkan geometric jalan tol.
4. Tidak memperhitungkan perilaku pengendara

### 1.6 Lokasi Studi

Lokasi yang ditinjau dalam tugas akhir ini terletak di jalan tol Jagorawi, Kelurahan Cibubur, Kecamatan Ciracas, Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta. Lokasi studi tugas akhir ini ditunjukkan pada gambar berikut :



**Gambar 1.1 Gerbang Tol Cibubur 1**

(Sumber: *Google Earth* Gerbang Tol Cibubur (November, 2018))



**Gambar 1.2 Gerbang Tol Cibubur 2**

(Sumber: *Google Earth* Gerbang Tol Cibubur (November, 2018))



**Gambar 1.3 Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite**

(Sumber: *Google Earth* Gerbang Tol Cibubur (November, 2018))



**Gambar 1.4 Antrian di Gerbang Tol Cibubur**

(Sumber: <URL:

<https://megapolitan.kompas.com/read/2018/06/25/19430081/perlu-asan-ganjil-genap-dki-tambah-shuttle-bus-dan-shelter>> (Juni, 2018))

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Tinjauan pustaka berupa kegiatan yang meliputi mencari, membaca dan menelaah laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan (Meliansyah, 2015).

#### **2.2 Pengertian, Tujuan, dan Manfaat Jalan Tol**

Menurut Undang-Undang No. 38 Tahun 2004 tentang jalan Pasal 1 ayat 7, pengertian dari jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaanya diwajibkan membayar tol. Tujuan jalan tol menurut Badan Pengatur Jalan Tol (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 dana Pemerintah melalui partisipasi pengguna jalan.

Manfaat jalan tol menurut Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT) adalah:

1. Pembangunan jalan tol akan berpengaruh pada perkembangan wilayah & 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
4. dibanding apabila melewati jalan non tol.
5. Badan Usaha mendapatkan pengembalian investasi melalui pendapatan tol yang tergantung pada kepastian tarif tol.

### **2.2.1 Persyaratan Jalan Tol**

Dalam perencanaan jalan tol, dibutuhkan persyaratan yang harus diterapkan dalam perencanaan tersebut. Persyaratan jalan tol diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005 tentang jalan tol. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 15 Tahun 2005 tentang jalan tol pada pasal 6, jalan tol harus mempunyai spesifikasi yaitu:

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
6. Lebar bahu jalan sebelah luar harus dapat dipergunakan sebagai jalur lalu-lintas sementara dalam keadaan darurat.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 15 Tahun 2005 tentang jalan tol pada pasal 5 jalan tol mempunyai syarat teknis yaitu:

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 antarkota 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 pemagaran, dan dilengkapi dengan fasilitas penyeberangan 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.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 15 Tahun 2005 tentang jalan tol pada pasal 4 jalan tol mempunyai syarat umum yaitu:

1. Jalan tol merupakan lintas alternatif dari ruas jalan umum yang ada.
2. Jalan tol dapat tidak merupakan lintas alternatif apabila pada kawasan yang bersangkutan belum ada jalan umum dan diperlukan untuk mengembangkan suatu kawasan tertentu
3. Ruas jalan umum sebagaimana dimaksud pada ayat (1) sekurang-kurangnya mempunyai fungsi arteri atau kolektor.
4. Dalam hal jalan tol bukan merupakan lintas alternatif sebagaimana dimaksud pada ayat (2), jalan tol hanya dapat dihubungkan ke dalam jaringan jalan umum pada ruas yang sekurang-kurangnya mempunyai fungsi kolektor.

### 2.3 Jenis Kendaraan Pada Jalan Tol

Beberapa jenis kendaraan yang diperbolehkan memasuki jalan tol menurut Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No 370/KPTS/M/2007 tentang Penetapan Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Ruas Jalan Tol Yang Sudah Beroperasi Dan Besarnya Tarif Tol Pada Beberapa Ruas Jalan Tol ditunjukkan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Golongan Kendaraan di Jalan Tol**

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 Dimensi Kendaraan Rencana Pada Jalan Tol

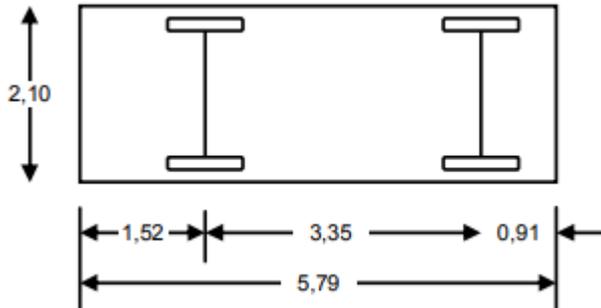
Dimensi kendaraan rencana untuk desain jalan bebas hambatan untuk jalan tol berdasarkan Standar Kontruksi dan Bangunan No. 007/BM/2009 ditunjukkan pada Tabel 2.2

**Tabel 2.2 Dimensi Kendaraan Rencana**

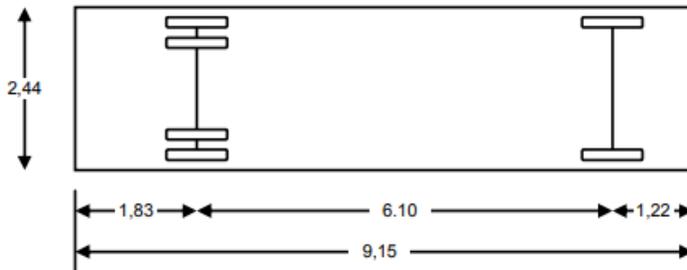
Jenis Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (m)			Dimensi Tonjolan (m)		Radius Putar Minimum (m)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	
Mobil Penumpang	1,3	2,1	5,8	0,9	1,5	7,31
Bus	3,2	2,4	10,9	0,8	3,7	11,86
Truk 2 as	4,1	2,4	9,2	1,2	1,8	12,80
Truk 3 as	4,1	2,4	12,0	1,2	1,8	
Truk 4 as	4,1	2,4	13,9	0,9	0,8	12,20
Truk 5 as	4,1	2,5	16,8	0,9	0,6	13,72

(Sumber : Bina Marga, 2009)

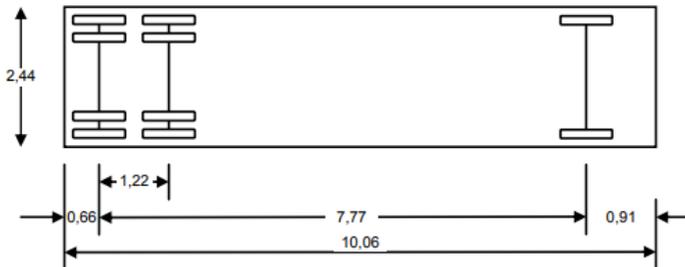
Gambar 2.1 s.d. Gambar 2.5 menjelaskan tentang dimensi kendaraan berdasarkan golongan kendaraan pada gerbang tol



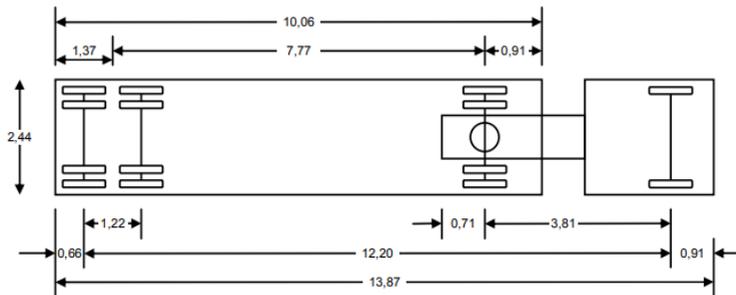
**Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Golongan I**  
(Sumber : Bina Marga, 2009)



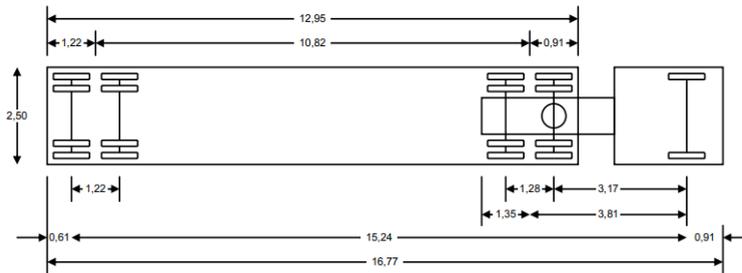
**Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Golongan II**  
(Sumber : Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Golongan III**  
(Sumber : Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Golongan IV**  
(Sumber : Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Golongan V**  
(Sumber : Bina Marga, 2009)

Dimensi kendaraan ini digunakan untuk mencari panjang antrian kendaraan pada gerbang tol. Standar dimensi kendaraan Bina Marga tahun 2009 ini mempunyai perhitungan dimensi kendaraan yang lebih detail dibandingkan dengan dimensi kendaraan pada MKJI 1997 yang menggolongkan kendaraan untuk jalan tol menjadi 2 yaitu : kendaraan ringan (LV) dan kendaraan berat (HV)

## 2.5 Kapasitas Gerbang Tol

Kapasitas merupakan arus maksimum yang melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu (MKJI, 1997). Gerbang tol atau pintu tol adalah tempat pelayanan transaksi tol bagi pengguna tol yang terdiri dari beberapa gardu dan sarana kelengkapan lainnya. Sehingga, kapasitas gerbang tol didefinisikan sebagai jumlah maksimum kendaraan yang melewati suatu gerbang tol dalam periode waktu tertentu (Kakiy, 2004).

Besarnya kapasitas untuk tiap gerbang tol berbeda-beda tergantung pada tingkat pelayanannya. Semakin baik tingkat pelayanan suatu gerbang tol, akan semakin besar kapasitas gerbang tol tersebut. Kapasitas suatu gerbang tol dapat diperoleh berdasarkan hasil survei dari panjang antrian kendaraan dan waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol. Apabila panjang antrian

pada gerbang tol terus bertambah dan waktu pelayanan gerbang tol tidak dapat mengimbangi pertambahan tersebut. Hal ini nantinya akan menyebabkan terjadinya antrian panjang pada gerbang tol.

Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi terhadap kapasitas gerbang tol. Sesuai Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol, jumlah kendaraan yang dapat dilayani untuk tiap gardu yang beroperasi pada sistem tertutup harus < 450 kendaraan/jam per gardu (BPJT, 2005).

## **2.6 Sistem Pembayaran Jalan Tol**

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 16/PRT/M/2017 tentang Transaksi Tol Nontunai di Jalan Tol, mulai tanggal 31 Oktober 2017 semua transaksi jalan tol di seluruh Indonesia sudah harus menerapkan sistem transaksi nontunai atau menggunakan sistem transaksi elektronik. Sistem transaksi nontunai di Indonesia terbagi menjadi 2 yaitu sistem pembayaran Gardu Tol Otomastis (GTO) dan sistem pembayaran *On Board Unit* (OBU).

### **2.6.1 Sistem Pembayaran Gardu Tol Otomatis (GTO)**

Sistem pembayaran Gardu Tol Otomatis (GTO) adalah sistem pembayaran yang menggunakan kartu elektronik (*e-toll card*) sebagai transaksinya. *e-Toll* adalah kartu elektronik yang digunakan untuk membayar biaya masuk jalan tol pada sistem pembayaran Gardu Tol Otomatis (GTO). *e-Toll* memuat saldo yang diisi terlebih dahulu dan digunakan untuk transaksi pada gerbang tol. Dengan layanan ini pelanggan tol untuk masuk tol cukup menempel kartu pada *reader contactless* yang disediakan untuk melakukan transaksi. Dalam sistem tertutup pengemudi cukup menempel tidak usah mengambil kartu, serta saat keluar kembali menempelkan kartu, langsung saldo/nilai uang dalam kartu secara otomatis berkurang. Gambar 2.6 menunjukkan transaksi menggunakan *e-Toll* pada Gardu Tol Otomatis (GTO).



**Gambar 2.6 Transaksi menggunakan *e-Toll* pada Gardu Tol Otomatis (GTO)**

(Sumber: <URL:

<http://www.netralnews.com/news/megapolitan/read/146433/soal-uang-elektronik-i-expired-i-di-jalan-tol-ini-penjelasan-jasa-marga>> (Juni, 2018))

Gambar 2.7 menunjukkan Gardu Tol Otomatis, sebelum memasuki gardu tol terdapat papan informasi mengenai tinggi kendaraan maksimal dan hanya diperuntukan bagi pengguna *e-Toll*, *e-money* atau nontunai yang boleh memasuki gardu tol.



**Gambar 2.7 Gardu Tol Otomatis**

(Sumber: <URL:

<http://www.netralnews.com/ramadan/read/144147/daftar-lokasi-isi-ulang-uang-elektronik-di-jalan-tol-jelang-mudik-lebaran-2018>> (Juni, 2018))

### 2.6.2 Sistem Pembayaran *On Board Unit* (OBU)

Gerbang tol dengan sistem pembayaran *On Board Unit* (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 ini dijual dengan harga Rp. 965.000,- sudah termasuk *e-Toll Card* berisi nominal Rp. 300.000,- yang siap untuk digunakan (Jasamarga.com 20/01/2017). Gambar 2.8

dibawah ini menunjukkan perangkat OBU dan sistem pembayaran OBU.



**Gambar 2.8 Perangkat dan Sistem Transaksi *On Board Unit* (OBU)**

(Sumber: <URL:

<https://www.tokopedia.com/tokobejibun/mandiri-e-toll-pass-new-2018-on-board-unit-etoll-pass-oby>) (Maret, 2018))

## 2.7 Pelayanan Jalan Tol

Pelayanan Jalan Tol dapat diartikan sebagai layanan dan fasilitas yang disediakan untuk pengguna jalan tol. Berdasarkan Peraturan Perundang-undangan Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 1980 tentang Jalan, pelayanan jalan tol terbagi menjadi 3, yaitu:

### 1. Pelayanan Transaksi

Pelayanan transaksi Pelayanan transaksi terlihat jelas pada pengemudi tol karena langsung berhadapan dengan pengemudi. Jadi dengan adanya dinamika dan perkembangan tuntutan dari pemakai jalan tol maka perlu diberikan image yang baik kepada masyarakat mengenai pelayanan saat melakukan transaksi. Terutama dari pihak petugas tol dengan memberikan pembatas - pembatas jalan didepan pintu tol dan layanan terbaik. Sehingga pemakai jalan tol langsung merasakan bagaimana layanan transaksi yang di berikan.

## 2. Pelayanan Lalu Lintas

Pelayanan lalu lintas Pelayanan lalu lintas yaitu pelayanan yang dilakukan terhadap kendaraan yang melalui jalan tol. Pelayanan ini dapat dilihat dari kejadian -kejadian yang terjadi disepanjang jalan tol. Misalnya menurunnya angka kecelakaan pada jalan tol. Disediakkannya fasilitas patrol, ambulance, pemadam, dan kendaraan rescue, rambu - rambu lalu lintas sebagai penunjuk arah daerah batas kecepatan yang dapatdigunakan saat pengguna jalan tol mengalami kesulitan. Juga penanggulangan tanah longsor/banjir yang terjadi pada beberapa bagian jalan tol

## 3. Layanan Terhadap Pemeliharaan

Layanan terhadap pemeliharaan dikelompokkan dalam tiga kategori, yaitu pemeliharaan rutin, pemeliharaan periodic dan pemeliharaan khusus. Pemeliharaan rutin dilakukan setiap waktu - waktu tertentu terhadap seluruh asset jalan tol. Seperti pengecatan garis-garis pembatas jalan, pembatas - pembatas jalan, pengaspalan jalan - jalan yang rusak.

### **2.7.1 Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol**

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol Pasal 1 ayat 2, Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol diartikan sebagai ukuran jenis dan mutu

pelayanan dasar yang harus dicapai dalam pelaksanaan penyelenggaraan jalan tol. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 Pasal 3, Standar Pelayanan Minimal jalan tol mencakup beberapa substansi pelayanan, yaitu:

1. Kondisi Jalan Tol
2. Kecepatan Tempuh Rata-Rata
3. Aksesibilitas
4. Mobilitas
5. Keselamatan
6. Unit Pertolongan/Penyelamatan dan Bantuan Pelayanan
7. Lingkungan
8. Tempat Istirahat (TI), dan Tempat Istirahat Pelayanan (TIP)

Pada substansi pelayanan aksesibilitas, Standar Pelayanan Minimal menentukan kapasitas gardu tol harus  $< 450$  kendaraan per jam per gardu dan jumlah antrian kendaraan pada gardu tol maksimal 10 kendaraan per gardu dalam kondisi normal. Untuk waktu pelayanan transaksi jalan tol harus memenuhi Standar Pelayanan Minimal sebagai berikut:

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| 1. Gerbang Tol Sistem Terbuka kendaraan | : 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 (GTO)             | : maksimal 4 detik setiap kendaraan |

## **2.8 Teori Antrian**

Antrian adalah suatu kejadian yang biasa dalam kehidupan sehari-hari. Menunggu di depan loket untuk mendapatkan tiket

kereta api atau tiket bioskop, pada pintu jalan tol, pada bank, pada kasir supermarket, dan situasi–situasi yang lain merupakan kejadian yang sering ditemui. Antrian ialah suatu garis tunggu dari nasabah (satu) yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayan (fasilitas layanan)(Siagian, 1987). Antrian yang panjang sering kali kita lihat di bank saat nasabah mengantri di teller untuk melakukan transaksi, airport saat para calon penumpang melakukan check-in, di jalan tol saat pengedara melakukan transaksi di gardu tol. Hal ini akan menimbulkan ketidaknyamanan terhadap pelayan yang diberikan. Untuk mempertahankan kenyamanan pelanggan, sebuah organisasi selalu berusaha untuk memberikan pelayanan yang terbaik. Pelayanan yang terbaik tersebut diantaranya adalah memberikan pelayanan yang cepat sehingga pelanggan tidak dibiarkan menunggu (mengantri) terlalu lama. Namun demikian, dampak pemberian layanan yang cepat ini akan menimbulkan biaya bagi organisasi, karena harus menambah fasilitas layanan. Oleh karena itu, layanan yang cepat akan sangat membantu untuk mempertahankan kenyamanan pelanggan.

Antrian timbul disebabkan oleh kebutuhan akan layanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga pengguna fasilitas yang tiba tidak bisa segera mendapat layanan disebabkan kesibukan layanan. Pada banyak hal, tambahan fasilitas pelayanan dapat diberikan untuk mengurangi antrian atau untuk mencegah timbulnya antrian. Akan tetapi biaya karena memberikan pelayanan tambahan, akan menimbulkan pengurangan keuntungan mungkin sampai di bawah tingkat yang dapat diterima. Sebaliknya, sering timbulnya antrian yang panjang akan mengakibatkan hilangnya kenyamanan pelanggan terhadap layanan tersebut.

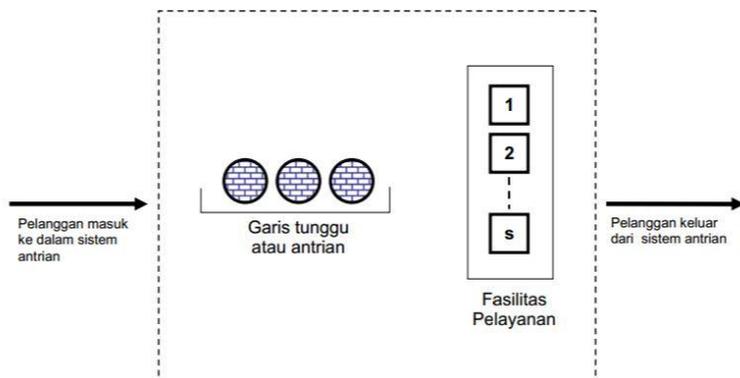
### **2.8.1 Sistem Antrian**

Sistem antrian adalah suatu himpunan pelanggan, pelayan (loket) serta suatu aturan yang mengatur kedatangan pelanggan dan pemrosesan masalah pelayanan antrian dimana dicirikan oleh lima

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).

### 2.8.2 Komponen Sistem Antrian

Struktur umum dari model antrian yang memiliki dua komponen utama yaitu : (1) Garis tunggu atau sering disebut antrian (*queue*), dan (2) Fasilitas pelayanan (*service facility*). Pelanggan atau konsumen menunggu untuk memasuki fasilitas pelayanan, menerima pelayanan, dan akhirnya keluar dari sistem pelayanan. Gambar 2.9 dibawah menunjukkan struktur umum antrian



**Gambar 2.9 Komponen Sistem Antrian**

(Sumber: Komponen Sistem Antrian (Heizer dan Render 2008))

Adapula karakteristik dari kedatangan pelanggan dan fasilitas layanan dalam sistem antrian, yaitu:

- a. Karakteristik Kedatangan

Sumber input yang menghadirkan kedatangan pelanggan bagi sebuah sistem pelayanan memiliki tiga karakteristik utama yaitu: (Jay dan Barry, 2005)

1. Ukuran populasi kedatangan
2. Perilaku kedatangan
3. Pola kedatangan (distribusi statistik)

Ukuran populasi kedatangan dilihat sebagai terbatas atau tidak terbatas. Sebuah populasi dinyatakan sebagai populasi terbatas jika antrian yang terjadi hanya terdapat pengguna pelayanan potensial dengan jumlah terbatas. Sementara dengan jumlah yang tidak terbatas terjadi ketika dalam antrian terdapat materi atau orang-orang yang jumlahnya tidak terbatas dapat datang dan meminta pelayanan. Kedatangan dianggap sebagai kedatangan yang acak bila kedatangan tersebut tidak terikat satu sama lain dan kejadian kedatangan tersebut tidak dapat diramalkan secara tepat. Sering dalam permasalahan antrian, kedatangan pada setiap unit waktu dapat diperkirakan oleh sebuah distribusi peluang yang disebut distribusi Poisson.

Perilaku kedatangan menggambarkan perilaku pelanggan yang sabar menunggu dalam antrian hingga mereka dilayani dan tidak berpindah garis antrian dan pelanggan yang menolak untuk bergabung dalam antrian karena merasa waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan pelayanan terlalu lama.

#### b. Karakteristik Pelayanan

Karakteristik pelayanan merupakan komponen ketiga dalam sistem antrian. Terdapat dua hal penting dalam karakteristik pelayanan, yaitu :

##### 1. Desain dasar sistem antrian

Pelayanan umumnya digolongkan menurut jumlah saluran yang ada (contoh: jumlah kasir) dan jumlah tahapan (contoh:

jumlah pemberhentian). Desain dasar sistem antrian dapat dikelompokkan ke dalam empat jenis, yaitu:

- a. Sistem antrian jalur tunggal yaitu sebuah sistem pelayanan yang memiliki satu jalur dan satu titik pelayanan
- b. Sistem antrian jalur berganda yaitu sebuah sistem pelayanan yang memiliki satu jalur dengan beberapa titik pelayanan
- c. Sistem satu tahap yaitu sebuah sistem dimana pelanggan menerima dari hanya satu stasiun dan kemudian pergi meninggalkan sistem
- d. Sistem tahapan berganda yaitu sebuah sistem dimana pelanggan menerima jasa dari beberapa stasiun sebelum meninggalkan sistem

## 2. Distribusi waktu pelayanan

Distribusi waktu pelayanan menggambarkan waktu yang dibutuhkan untuk melayani pelanggan. Biasanya waktu pelayanan ini diasumsikan dengan menggunakan distribusi peluang Eksponensial negatif (negative exponential probability distribution).

### 2.8.3 Disiplin Antrian

Penentu antrian lain yang penting adalah disiplin antri. Disiplin antri adalah aturan keputusan yang menjelaskan cara melayani pengantri. Menurut Siagian (1987), ada 4 bentuk disiplin pelayanan yang biasa digunakan, yaitu:

1. *First Come First Served* (FCFS) atau *First In First Out* (FIFO), di mana pelanggan yang terlebih dahulu datang akan dilayani terlebih dahulu. Misalnya, antrian pada loket pembelian tiket bioskop, antrian kendaraan pada gardu tol. Analisis perhitungan antrian FIFO ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$\bar{n} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (2.1)$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} = \frac{\rho^2}{1-\rho} \quad (2.2)$$

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

$$\bar{w} = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} = d - \frac{1}{\mu} \quad (2.4)$$

dimana:

$\lambda$  = tingkat kedatangan rata-rata

$\mu$  = tingkat pelayanan rata-rata

$\rho$  = intensitas lalu lintas atau faktor pemakaian =  $\frac{\lambda}{\mu}$

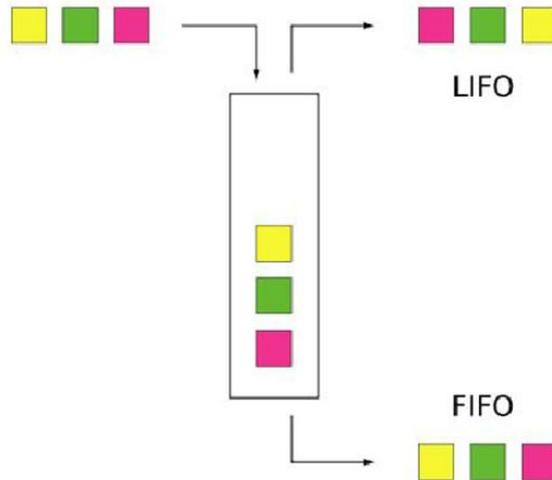
$\bar{n}$  = jumlah rata-rata kendaraan atau orang dalam sistem  
(kendaraan per satuan waktu)

$\bar{q}$  = jumlah rata-rata kendaraan atau orang dalam antrian  
(kendaraan per satuan waktu)

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

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

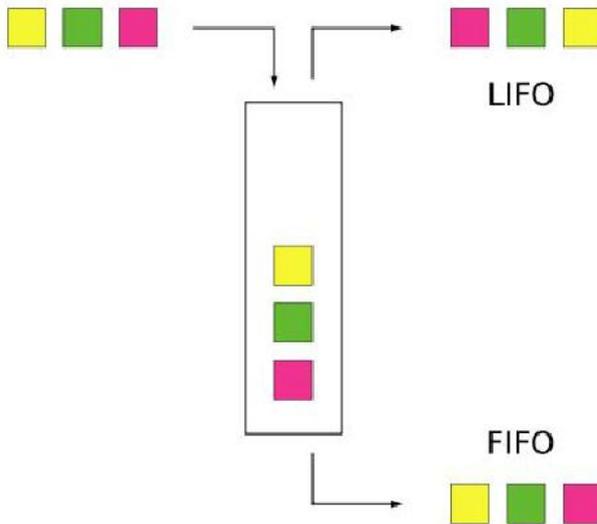
Gambar 2.10 menunjukkan disiplin antrian *First In First Out* (FIFO)



**Gambar 2.10 Disiplin Antrian First In First Out (FIFO)**

(Sumber: <URL: <https://www.toppr.com/guides/principles-and-practice-of-accounting/inventories/historical-cost-methods-fifo-lifo/>> (November, 2018))

2. *LastCome FirstServed* (LCFS) atau LastIn FirstOut (LIFO) artinya, yang tiba terakhir yang lebih dulu keluar. Misalnya, sistem antrian dalam elevator untuk lantai yang sama. Gambar 2.11 dibawah menunjukkan disiplin antrian *Last In First Out* (LIFO)



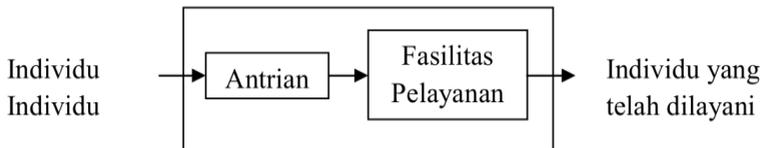
**Gambar 2.11 Disiplin Antrian Last In First Out (LIFO)**  
 (Sumber: <URL: <https://www.toppr.com/guides/principles-and-practice-of-accounting/inventories/historical-cost-methods-fifo-lifo/>> (November, 2018))

3. *Service In Random Order* (SIRO) artinya, panggilan didasarkan pada peluang secara random, tidak soal siapa yang lebih dulu tiba.
4. *Priority Service* (PS) artinya, prioritas pelayanan diberikan kepada pelanggan yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas lebih rendah, meskipun yang terakhir ini kemungkinan sudah lebih dahulu tiba dalam garis tunggu. Kejadian seperti ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa hal, misalnya seseorang yang dalam keadaan penyakit lebih berat dibanding dengan orang lain dalam suatu tempat praktek dokter.

#### 2.8.4 Struktur Antrian

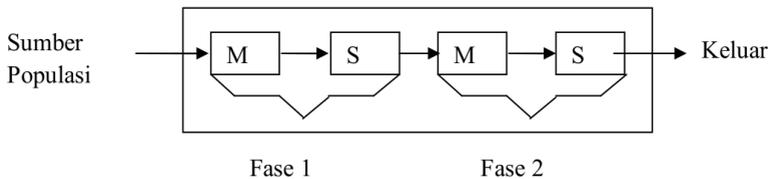
Atas dasar sifat proses pelayanannya, struktur antrian dapat diklasifikasikan menurut susunan saluran (*channel*) dan *phase*, yang akan membentuk suatu struktur antrian yang berbeda-beda. Istilah saluran atau *channel* menunjukkan jumlah jalur untuk memasuki sistem, atau dengan kata lain menunjukkan jumlah fasilitas pelayanan. Sedangkan istilah *phase* berarti jumlah stasiun pelayanan dimana *customer* harus melaluinya sebelum pelayanan dinyatakan lengkap. Berikut ini adalah 4 model struktur antrian menurut (Kakiay, 2004) dan (Pangestu.dkk, 2000) yaitu:

1. 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. Gambar 2.12 dibawah menunjukkan stuktur antrian Single Channel- Single Phase



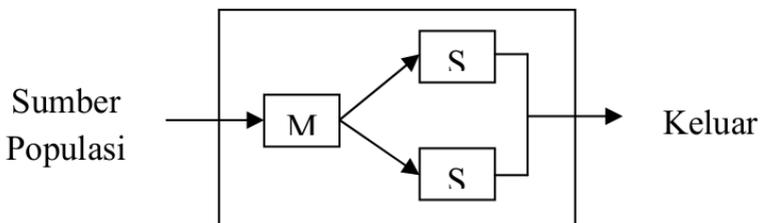
**Gambar 2.12 Struktur Antrian Single Channel-Single Phase**  
(Sumber: <URL: <https://eleque.com/model-antrian/>> (Maret, 2018))

2. Single Channel – Multi Phase maksudnya adalah terdapat dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan. Sebagai contoh pencucian mobil. Gambar 2.13 dibawah menunjukkan struktur antrian Single Channel-Multi Phase



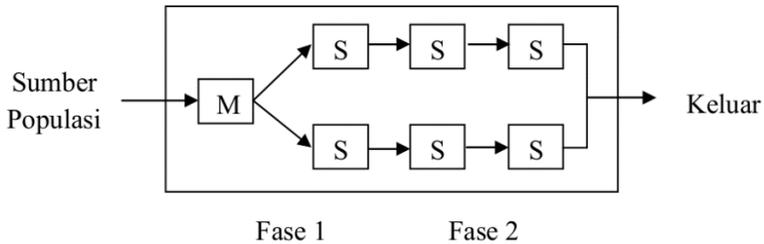
**Gambar 2.13 Struktur Antrian Single Channel-Multi Phase**  
(Sumber: <URL: <https://eleque.com/model-antrian/>> (Maret, 2018))

3. *Multichannel – single phase*, yang berarti ada lebih dari satu jalur untuk memasuki sistem, namun hanya ada satu stasiun pelayanan. Contoh model ini terdapat pada sistem pembayaran di supermarket, pembelian tiket yang dilayani oleh lebih dari satu loket, pelayanan potong rambut oleh beberapa tukang potong, dan sebagainya. Gambar 2.14 dibawah menunjukkan struktur antrian Multichannel-single phase



**Gambar 2.14 Struktur Antrian Multichannel – single phase**  
(Sumber: <URL: <https://eleque.com/model-antrian/>> (Maret, 2018))

4. *Multichannel – multiphase*, yang berarti ada lebih dari satu jalur untuk memasuki sistem dan ada lebih dari satu stasiun pelayanan. Contoh model struktur antrian ini terdapat pada pelayanan pasien di rumah sakit, produksi massa dengan lebih dari satu lini produksi, dan lain-lain. Gambar 2.15 dibawah menunjukkan struktur antrian *Multichannel – multiphase*.



**Gambar 2.15 Struktur Antrian *Multichannel – multiphase***  
 (Sumber: <URL: <https://eleque.com/model-antrian/>> (Maret, 2018))

### 2.8.5 Pola Kedatangan Pelanggan

Pola kedatangan pelanggan adalah bentuk dan cara bagaimana suatu individu masuk kedalam sistem antrian. Pola kedatangan bisa teratur, bisa juga acak (*random*). Untuk pola kedatangan acak dapat digambarkan menggunakan distribusi probabilitas poisson. Menurut Walpole (1995), distribusi poisson adalah distribusi peluang acak poisson  $X$ , yang menyatakan banyaknya sukses yang terjadi dalam suatu selang waktu atau daerah tertentu. Bilangan  $X$  yang menyatakan banyaknya hasil percobaan dalam suatu percobaan poisson disebut peubah acak poisson dan sebaran peluangnya disebut sebaran poisson. Ciri-ciri distribusi Poisson (Walpole, 1995):

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 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

Probabilitas  $n$  kedatangan dalam waktu  $T$  ditentukan dengan rumus:

$$P(r, T) = \frac{e^{-\lambda T} (\lambda T)^r}{r!} \quad (2.5)$$

dimana:

$\lambda$  = rata-rata kedatangan per satuan waktu

$T$  = periode waktu

$e$  = bilangan logaritma natural ( $e = 2,7182818$ )

$P(r, T)$  = probabilitas  $n$  kedatangan dalam waktu  $T$

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

$$P(s \leq t) = e^{-\lambda t}, 0 \leq t \leq \infty \quad (2.6)$$

dimana:

$P(s \leq t)$  = probabilitas dimana waktu antar kedatangan persatuan waktu

$\lambda$  = rata-rata kedatangan per satuan waktu

$t$  = waktu rata – rata dalam sistem (dtk)

### 2.8.6 Analisis Waktu Pelayanan (WP) dan Tingkat Pelayanan ( $\mu$ )

Waktu antar kedatangan tiap kendaraan yang diperbolehkan memasuki jalan tol dilambangkan dengan simbol ( $\mu$ ) 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:

$$WP = \frac{1}{\mu} \quad (2.7)$$

dimana:

WP = waktu pelayanan  
 $\mu$  = tingkat pelayanan

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  $\rho$ . Notasi  $\rho$  yang didefinisikan sebagai nisbah antara tingkat kedatangan ( $\lambda$ ), dengan tingkat pelayanan ( $\mu$ ) dengan persyaratan bahwa nilai tersebut harus selalu lebih kecil dari 1.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1 \quad (2.8)$$

dimana:

$\rho$  = intensitas lalu lintas atau faktor pemakaian  
 $\mu$  = tingkat pelayanan  
 $\lambda$  = tingkat kedatangan

Jika nilai  $\rho > 1$ , hal ini berarti bahwa tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan. Jika hal ini terjadi, maka dapat dipastikan akan terjadi antrian yang akan bertambah secara terus menerus.

## 2.9 Studi Terdahulu

Pada Tugas Akhir ini, penulis mengambil beberapa referensi dari jurnal-jurnal dan tugas akhir yang berkaitan dengan analisis kinerja dan pelayanan gerbang tol. Berikut referensi yang penulis ambil :

- 1) ● Judul tugas akhir : "Perencanaan Gerbang Tol Pandaan Malang"
- Penulis : Magistra Zuhair Wasistha
- Dosen Pembimbing : Ir. Hera Widayastuti, MT., PhD
- Jurusan : Teknik Sipil
- Fakultas : Fakultas Teknik Sipil dan

- Perencanaan
- Universitas / Institut : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
  - Tahun : 2017

Tugas Akhir ini 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 Purwodadi
- 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 PandaanMalang 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 jurnal penelitian :”Analisis Kapasitas Gerbang Tol Karawang Barat”
- Penulis : Neneng Winarsih
  - Dosen Pembimbing : Jennie Kusumaningrum, ST.,MT
  - Jurusan : Teknik Sipil
  - Fakultas : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
  - Universitas / Institut : Universitas Gunadarma
  - Tahun : 2013

Studi penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah waktu pelayanan dan kapasitas gerbang tol Karawang Barat masih

memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM) Jalan tol. Lokasi studi penelitian ini dilakukan di gerbang tol Karawang Barat.

Studi penelitian 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 waktu pelayanan dan tingkat kedatangan kendaraan. Data sekunder merupakan data pendukung atau penunjang, yang diambil melalui lembaga pengelola jalan tol yaitu PT Jasa Marga. Setelah data primer diperoleh, dilakukan uji kecocokan data. Uji kecocokan ini bertujuan untuk membandingkan frekuensi sebenarnya hasil pengamatan dengan hasil yang diharapkan berdasarkan model atau teoritis. Kemudian dilakukan uji ChiKuadrat yang digunakan untuk mengetahui diterima atau tidaknya suatu distribusi data. Selanjutnya dilakukan perhitungan dan analisis data bertujuan untuk mengetahui nilai rata-rata tingkat kedatangan maupun waktu pelayanan yang selanjutnya digunakan untuk menentukan jumlah gardu yang dibutuhkan, kapasitas gerbang tol, dan panjang antrian di gerbang tol Karawang barat. Analisa antrian pada gerbang tol dilakukan menurut disiplin antrian First In First Out (FIFO).

Hasil dari studi penelitian gerbang tol Karawang Barat ini menunjukkan waktu pelayanan gerbang tol kondisi saat ini sebesar 13,5 detik/kendaraan, maka gerbang tol tidak lagi memenuhi standar pelayanan minimum (SPM) yaitu untuk gardu exit pada sistem tertutup  $\leq 11$  detik/kendaraan. Berdasarkan hasil perhitungan, untuk kondisi saat ini yaitu waktu pelayanan 13,5 detik didapat nilai tingkat pelayanan di gerbang tol Karawang Barat sebesar 267 kendaraan/jam/gardu sedangkan tingkat kedatangan tiap gardu sebesar 297 kendaraan/jam/gardu. Perbandingan tingkat kedatangan kendaraan dan tingkat pelayanan  $\geq 1$ , hal ini menunjukkan bahwa gerbang tol Karawang Barat sudah melebihi kapasitas. Sehingga akan terjadi antrian panjang, maka

dibutuhkan penambahan jumlah gardu, dari 3 gardu menjadi 4 gardu.

## 2.10 Parameter Antrian

Terdapat 4 (empat) parameter utama yang selalu digunakan untuk menganalisis antrian yaitu :  $\bar{n}$  ,  $\bar{q}$  ,  $\bar{d}$  ,  $\bar{w}$  . Parameter utama ini berguna untuk perhitungan jenis – jenis disiplin antrian. Definisi dari tiap parameter tersebut adalah:

- $\bar{n}$  = jumlah rata-rata kendaraan atau orang dalam sistem
- $\bar{q}$  = jumlah rata-rata kendaraan atau orang dalam antrian
- $\bar{d}$  = waktu rata-rata kendaraan atau orang dalam sistem
- $\bar{w}$  = waktu rata-rata kendaraan atau orang dalam antrian

## 2.11 Analisa Kebijakan

Dalam usaha meminimumkan panjang antrian dan lamanya waktu pelayanan pada gerbang tol, terdapat beberapa kebijakan yang dapat dilakukan, yaitu:

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

### 2.11.1 Kebijakan Menambah Pintu Tol

Kebijakan menambah pintu tol adalah kebijakan melakukan penambahan pintul tol dengan menambah atau memperluas lahan untuk pintu tol. Penambahan terhadap bangunan, fasilitas, dan peralatan baru pada pintu tol juga dilakukan sehingga kebijakan ini membutuhkan biaya yang sangat besar.

### 2.11.2 Kebijakan Mengurangi Waktu Pelayanan

Kebijakan dilakukan dengan cara meminimalkan waktu pelayanan pada gerbang tol. Kebijakan ini tidak membutuhkan biaya yang cukup besar. Kebijakan ini dapat dilakukan dengan mengoptimalkan fungsi sistem pelayanan pada gerbang tol.

### **2.11.3 Kebijakan Sistem Tandem**

Kebijakan sistem tandem adalah kebijakan untuk meningkatkan kinerja dari pintu tol dengan cara melayani 2 (dua) kendaraan dalam 1 proses antrian. Kebijakan ini dapat menurunkan waktu pelayanan pada gerbang tol, tetapi pelayanan yang diberikan pada masing-masing kendaraan harus relative sama. Jika tidak sama, maka dampaknya akan jauh lebih merugikan dari sistem antrian biasa.

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Umum**

Tujuan metodologi adalah untuk menjelaskan bagaimana tata cara dan sistematika perhitungan dari suatu penelitian atau studi. Metodologi juga mempermudah pelaksanaan suatu studi atau penelitian dalam melakukan pekerjaan agar tetap sesuai dengan sistematika dan literatur- literatur yang menjadi acuan dalam studi atau penelitian tersebut.

#### **3.2 Langkah Penulisan Tugas Akhir**

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

1. Tahap Identifikasi Permasalahan
2. Tahap Studi Literatur
3. Tahap Penentuan Lokasi dan Waktu Penelitian
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 Cibubur lalu merangkum permasalahan yang terdapat dalam gerbang tol Cibubur. Permasalahan yang terjadi di gerbang tol Cibubur adalah kemacetan. Beberapa rumusan masalah yang dapat diambil terkait permasalahan yang terjadi di gerbang tol Cibubur yaitu:

1. Berapa panjang antrian yang terjadi pada gardu tol dilihat dari tingkat kedatangan dan waktu pelayanan dengan sistem pelayanan GTO ?
2. Apakah tingkat kedatangan kendaraan gerbang tol Cibubur 1, gerbang tol Cibubur 2 dan gerbang tol Cibubur 2 Satelite telah memenuhi Standar Pelayanan Minimum (SPM) ?
3. Berapa jumlah gardu yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada pada gerbang tol Cibubur 1, gerbang tol Cibubur 2, dan gerbang tol Cibubur 2 Satelite saat ini ?
4. Berapa jumlah gardu yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada pada gerbang tol Cibubur 1 dan gerbang tol Cibubur 2 pada 5 dan 10 tahun kedepan ?

### **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 Cibubur. Literatur-literatur yang ada bisa berupa jurnal-jurnal ilmiah, buku, peraturan-peraturan yang membahas tentang perencanaan gerbang tol, tugas akhir yang berkaitan dengan evaluasi gerbang tol, dan lain-lain.

### **3.5 Penentuan Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan pada jalan tol Jagorawi daerah Cibubur. Untuk survey tingkat kedatangan ( $\lambda$ ), tingkat pelayanan ( $\mu$ ), panjang antrian ( $q$ ), dan waktu pelayanan/service time ( $t$ ) dilakukan pada gerbang tol yang akan dievaluasi pada tugas akhir ini yaitu gerbang tol Cibubur 1, gerbang tol Cibubur 2, dan gerbang tol Cibubur-Jonggol. Penelitian ini akan dilaksanakan selama 1 minggu pada tanggal 15 Maret 2019 sampai dengan 21 Maret 2019.

### 3.6 Survei dan Pengumpulan Data

Survei dan pengumpulan data adalah kegiatan observasi yang dilakukan di jalan tol Jagorawi daerah Cibubur. Survei yang dilakukan adalah menghitung jumlah kendaraan yang datang. Pada tahap pengumpulan data dapat dilakukan di PT. Jasamarga, dan Instansi-instansi 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 Cibubur. Data-data yang diambil sewaktu melakukan survey adalah:

- a. Tingkat kedatangan, dilakukan dengan menghitung jumlah kendaraan yang datang setiap 15 menit. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rekaman video
- 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. Perhitungan panjang antrian dilakukan dengan mengukur antrian yang terjadi sesaat setelah kendaraan berada tepat di depan gardu untuk melakukan transaksi

Peralatan yang dibutuhkan dalam pengambilan data primer yaitu:

- a. Pengukur waktu (*jam tangan/StopWatch*) untuk menghitung durasi waktu

- b. *Camera Video* untuk merekam kedatangan kendaraan agar diketahui jumlah kendaraan yang datang pada gerbang tol setiap 15 menit
- c. Alat tulis dan formulir survey
  - Formulir Jumlah Kedatangan Kendaraan  
Formulir ini digunakan untuk menghitung jumlah kendaraan yang datang tiap 15 menit. Tabel 3.2 menunjukkan formulir survey jumlah kedatangan kendaraan.

**Tabel 3.2 Formulir Survey Jumlah Kedatangan Kendaraan**

Waktu	Golongan Kendaraan				
	I	II	III	IV	V

- Formulir Waktu Pelayanan Kendaraan  
Formulir ini digunakan untuk menghitung waktu yang diperlukan oleh tempat pelayanan dalam melayani 1 (satu) kendaraan. Dinyatakan dalam satuan waktu. Tabel 3.3 menunjukkan formulir survey waktu pelayanan kendaraan.

**Tabel 3.3 Formulir Survey Waktu Pelayanan Kendaraan**

Gardu Tol	Waktu				
GTO 1					
GTO 2					
GTO 3					
GTO 4					
GTO 5					
GTO 6					
GTO 7					
GTO 8					

- **Formulir Panjang Antrian Kendaraan**  
Formulir ini digunakan untuk menghitung panjang antrian yang terjadi di gardu tol saat kendaraan berhenti tepat didepan gardu tol untuk melakukan transaksi. Tabel 3.4 menunjukkan formulir survey panjang antrian kendaraan

**Tabel 3.4 Formulir Survey Panjang Antrian Kendaraan**

Gardu Tol	Waktu					Panjang Antrian (m)	Panjang Antrian (jumlah)
GTO1							
GTO2							
GTO3							
GTO4							
GTO5							
GTO6							
GTO7							
GTO8							

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 ( $\lambda$ )
2. Panjang antrian ( $q$ )
3. Waktu pelayanan (WP) / service time ( $t$ )

## 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 yaitu:

- a. Data volume lalu lintas jalan tol
- b. Peta gerbang tol Cibubur

## 3.7 Rekapitulasi dan Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan terhadap data-data yang telah dikumpulkan untuk menganalisis objek penelitian. Data volume kendaraan yang datang digunakan untuk perhitungan tingkat kedatangan, panjang antrian, dan lain-lain.

### 3.7.1 Analisa Tingkat Kedatangan

Analisis tingkat kedatangan kendaraan diperlukan untuk menghitung jumlah berapa banyak kendaraan yang datang pada gerbang tol yang ditinjau. Analisis tingkat kedatangan dilakukan dengan menggunakan jumlah kendaraan asli yang didapat dari hasil survei di lapangan.

### **3.7.2 Analisa Waktu Pelayanan (WP) dan Tingkat Pelayanan ( $\mu$ )**

Waktu dan tingkat pelayanan diperlukan sebagai indikasi dalam perhitungan kapasitas gerbang tol. Perhitungan untuk analisis waktu pelayanan (WP) dan tingkat pelayanan ( $\mu$ ) ditunjukkan pada Persamaan (2.7) dan (2.8)

### **3.7.3 Analisa Intesitas Lalu Lintas**

Analisis intensitas lalu lintas diperlukan untuk mengetahui seberapa besar intensitas yang terjadi pada gardu tersebut. Syarat intensitas lalu lintas yaitu nilainya harus kurang dari 1. Analisis meliputi waktu pelayanan (WP), tingkat pelayanan ( $\mu$ ), dan jumlah gardu tol. Analisa intensitas lalu lintas dilakukan dengan berbagai kondisi waktu pelayanan yang telah diambil dari hasil survei di lapangan. Analisis intensitas lalu lintas dilakukan menggunakan jumlah kendaraan asli.

### **3.7.4 Analisa Antrian pada Gerbang Tol (Antrian FIFO)**

Analisis antrian dilakukan agar kita dapat melihat berapa panjang antrian secara hitungan dan dapat melihat jumlah gardu yang dibutuhkan pada tabel hasil analisa. Analisa antrian FIFO dilakukan dengan berbagai kondisi waktu pelayanan yang telah diambil dari hasil survei lapangan. Rumus perhitungan untuk model disiplin antrian *First In First Out* (FIFO) ditunjukkan pada Persamaan (2.1) sampai dengan (2.4)

### **3.7.5 Analisa Peramalan (*Forecasting*)**

Analisa forecasting dilakukan untuk mengetahui kemampuan gerbang melayani kendaraan yang lewat dengan jumlah kendaraan yang meningkat dari tahun-tahun sebelumnya. Hasil dari peramalan lalu lintas kendaraan ini digunakan untuk mengetahui jumlah gardu yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada.

### **3.8 Pembahasan**

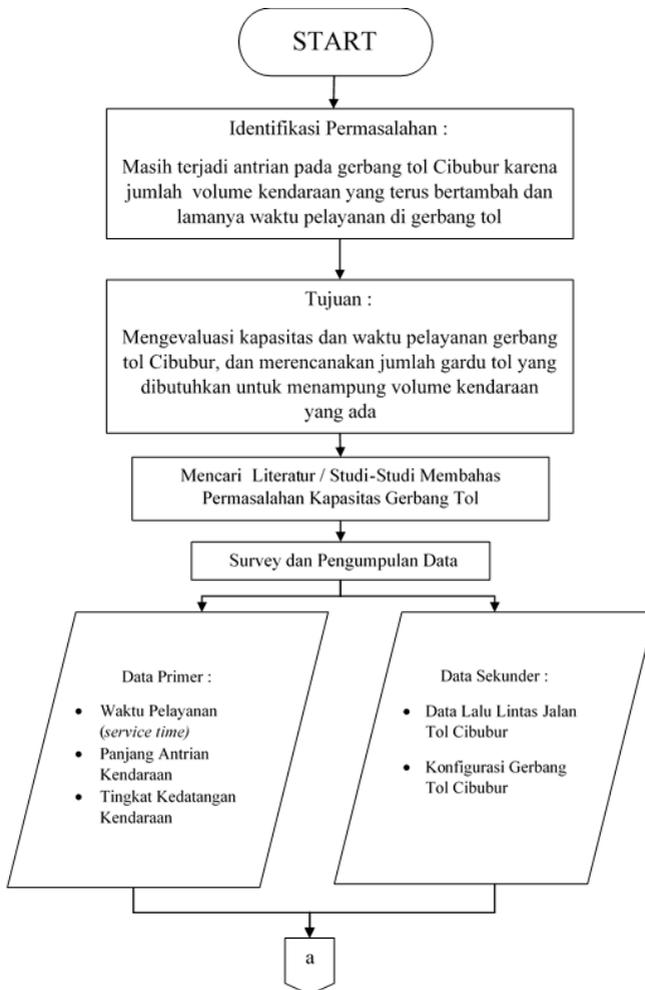
Pada tahap ini adalah membahas perencanaan gerbang tol Cibubur seperti tingkat kedatangan, tingkat pelayanan, panjang antrian, dan jumlah gerbang tol yang optimal dengan meninjau sistem gerbang tol otomatis (GTO).

### **3.9 Kesimpulan dan Saran**

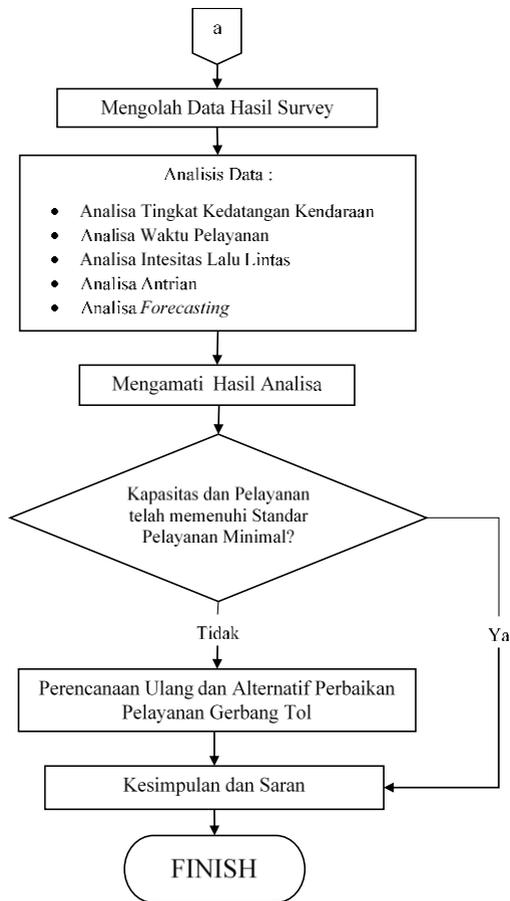
Setelah mengolah data maka dapat memberikan kesimpulan dan saran terkait dengan perencanaan gerbang tol Cibubur. Hasil dari penulisan ini dapat dijadikan sebagai referensi atau acuan bagi mahasiswa Teknik Sipil ITS yang ingin melakukan studi mengenai evaluasi pelayanan dan kapasitas gerbang tol.

### **3.10 Bagan Alir (Flow Chart)**

Flowchart adalah adalah suatu bagan dengan simbol-simbol tertentu yang menggambarkan urutan proses secara mendetail dan hubungan antara suatu proses (instruksi) dengan proses lainnya dalam suatu program.(Arifianto, 2014). Dengan adanya bagan alir ini diharapkan tugas akhir ini sesuai dengan standar pengerjaannya dan tidak melenceng dari tujuan awalnya. Berikut Flow Chart dari studi ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Bagan Alir (*Flow Chart*) Evaluasi Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Cibubur



**Gambar 3.1 Bagan Alir (*Flow Chart*) Evaluasi Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Cibubur (Lanjutan)**

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DATA**

#### **4.1 Umum**

Dalam penyelesaian tugas akhir ini diperlukan beberapa data untuk dianalisa. Ada dua tipe data yang digunakan, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan, sedangkan data sekunder adalah data penunjang yang didapatkan dari berbagai sumber (dokumen, buku, tugas akhir terdahulu, maupun data dari instansi terkait).

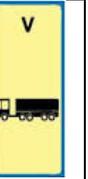
#### **4.2 Data Primer**

Terdapat tiga data primer yang digunakan dalam mengevaluasi kapasitas dan pelayanan gerbang tol yang ditinjau, yaitu data tingkat kedatangan pada tiap gerbang tol yang ditinjau, waktu pelayanan, dan panjang antrian.

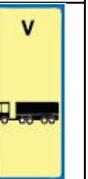
##### **4.2.1 Tingkat Kedatangan**

Terdapat dua gerbang tol yang ditinjau tingkat kedatangannya yang dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.1: Tingkat Kedatangan pada Gerbang Tol Cibubur 1  
GTO Single (Gardu 2,3,4,5 dan 6)**

Waktu	Golongan				
					
16.00-17.00	1504	0	0	0	0
17.00-18.00	1578	0	0	0	0
18.00-19.00	1434	0	0	0	0

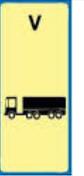
**Tabel 4.2: Tingkat Kedatangan pada Gerbang Tol Cibubur 1  
GTO Multi (Gardu 1,7, dan 8)**

Waktu	Golongan				
					
16.00-17.00	421	81	19	4	1
17.00-18.00	650	37	21	2	0
18.00-19.00	607	22	11	5	1

**Tabel 4.3: Tingkat Kedatangan pada Gerbang Tol Cibubur 2  
GTO Single (Gardu 5 dan 7)**

Waktu	Golongan				
					
06.00-07.00	801	0	0	0	0
07.00-08.00	886	0	0	0	0
08.00-09.00	273	0	0	0	0

**Tabel 4.4: Tingkat Kedatangan pada Gerbang Tol Cibubur 2  
GTO Multi (Gardu 1,3, dan 9)**

Waktu	Golongan				
					
06.00-07.00	882	8	3	1	0
07.00-08.00	830	10	0	0	0
08.00-09.00	785	30	2	0	0

#### 4.2.2 Waktu Pelayanan

Untuk hasil dari survey waktu pelayanan dapat dilihat pada lampiran. Waktu pelayanan rata-rata dari gerbang-gerbang yang ditinjau dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.5: Waktu Pelayanan pada Gerbang Tol Cibubur 1**

Gardu	Waktu		
	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00
Gate 2 (GTO <i>Multi</i> )	16.372	13.482	12.649
Gate 4 (GTO <i>Single</i> )	7.619	8.108	8.278
Gate 6 (GTO <i>Single</i> )	7.739	7.816	8.086
Gate 8 (GTO <i>Single</i> )	7.538	7.346	7.911
Gate 10 (GTO <i>Single</i> )	8.063	8.369	8.400
Gate 12 (GTO <i>Single</i> )	8.314	7.969	8.548
Gate 14 (GTO <i>Multi</i> )	8.453	8.308	8.525
Gate 16 (GTO <i>Multi</i> )	9.113	9.071	8.600

**Tabel 4.6: Waktu Pelayanan pada Gerbang Tol Cibubur 2**

Gardu	Waktu		
	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00
Gate 1 (GTO <i>Multi</i> )	9.329	9.388	8.858
Gate 3 (GTO <i>Single</i> )	10.176	10.162	8.060
Gate 5 (GTO <i>Single</i> )	8.769	8.216	7.855
Gate 7 (GTO <i>Single</i> )	8.150	7.905	8.088
Gate 9 (GTO <i>Multi</i> )	7.923	7.860	8.348

### 4.2.3 Panjang Antrian

Panjang antrian rata-rata yang terjadi pada gerbanggerbang yang ditinjau dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.7: Panjang Antrian pada Gerbang Tol Cibubur 1**

Gardu	Panjang (meter)		
	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00
Gate 2 (GTO <i>Multi</i> )	32.8	50	79.7
Gate 4 (GTO <i>Single</i> )	12.5	25	45.3
Gate 6 (GTO <i>Single</i> )	14.1	21.9	42.2
Gate 8 (GTO <i>Single</i> )	14.1	17.2	29.7
Gate 10 (GTO <i>Single</i> )	15.6	26.6	32.8
Gate 12 (GTO <i>Single</i> )	15.6	18.8	25.0
Gate 14 (GTO <i>Multi</i> )	20.3	26.6	28.1
Gate 16 (GTO <i>Multi</i> )	15.6	32.8	29.7

**Tabel 4.8: Panjang Antrian pada Gerbang Tol Cibubur 2**

Gardu	Waktu		
	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00
Gate 1 (GTO <i>Multi</i> )	42.2	26.6	21.9
Gate 3 (GTO <i>Single</i> )	46.9	26.6	18.8
Gate 5 (GTO <i>Single</i> )	43.8	23.4	21.9
Gate 7 (GTO <i>Single</i> )	42.2	21.9	23.4
Gate 9 (GTO <i>Multi</i> )	37.5	20.3	17.1

### 4.3 Data Sekunder

Data sekunder berupa konfigurasi gerbang tol dan data lalu lintas Gerbang Tol Cibubur tahun 2017 s.d. 2018 yang didapatkan dari Jasamarga . Berikut rekap data lalu lintas Gerbang Tol Cibubur tahun 2017:

**Tabel 4.9: Rekap Data Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1  
Tahun 2017**

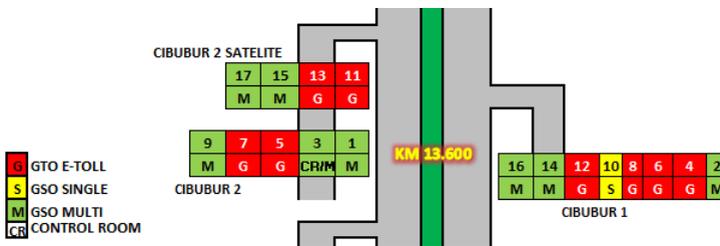
BULAN	VOLUME LALU LINTAS TRANSAKSI CIBUBUR 1					
	1	2	3	4	5	TOTAL
JANUARI	1,005,104	42,521	16,224	1,810	1,158	1,066,817
FEBRUARI	896,248	38,441	12,054	1,770	988	949,501
MARET	991,006	44,591	13,879	2,118	1,206	1,052,800
APRIL	917,552	41,522	16,747	2,087	1,253	979,161
MEI	922,033	43,550	15,491	2,223	1,160	984,457
JUNI	873,810	26,407	7,755	1,209	652	909,833
JULI	945,483	49,673	20,818	2,643	1,769	1,020,386
AGUSTUS	936,047	49,416	19,468	2,858	1,826	1,009,615
SEPTEMBER	921,870	46,454	17,916	2,806	1,780	990,826
OKTOBER	955,707	54,414	20,721	3,018	1,656	1,035,516
NOVEMBER	916,957	57,491	18,082	3,333	2,386	998,249
DESEMBER	958,193	51,395	14,650	2,922	1,722	1,028,882
<b>TOTAL</b>	<b>11,240,010</b>	<b>545,875</b>	<b>193,805</b>	<b>28,797</b>	<b>17,556</b>	<b>12,026,043</b>

(Sumber : Jasa Marga)

**Tabel 4.10: Rekap Data Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2  
Tahun 2017**

BULAN	VOLUME LALU LINTAS TRANSAKSI CIBUBUR 2					
	1	2	3	4	5	TOTAL
JANUARI	511,193	18,227	8,030	705	454	538,608
FEBRUARI	451,628	16,441	5,439	630	369	474,506
MARET	492,298	19,150	6,339	755	452	518,993
APRIL	464,552	19,215	7,806	754	462	492,788
MEI	452,765	20,171	7,258	813	457	481,463
JUNI	434,394	11,478	3,767	528	249	450,416
JULI	482,358	22,985	8,662	1,072	583	515,659
AGUSTUS	461,833	23,855	7,792	1,100	609	495,188
SEPTEMBER	460,048	22,062	7,302	1,135	574	491,120
OKTOBER	474,216	24,988	9,574	1,300	634	510,712
NOVEMBER	459,185	26,756	8,617	1,589	901	497,047
DESEMBER	481,684	23,438	6,732	1,342	666	513,861
<b>TOTAL</b>	<b>5,626,154</b>	<b>248,764</b>	<b>87,316</b>	<b>11,721</b>	<b>6,406</b>	<b>5,980,361</b>

(Sumber : Jasa Marga)



**Gambar 4.1 Peta Gerbang Tol Cibubur**

(Sumber : Jasa Marga)

Berikut jenis-jenis gardu tol dari Jasa Marga :

- GTO *E-Toll*** : Gardu Tol Otomatis yang menggunakan sistem pelayanan transaksi dengan *e-toll* atau *e-money* untuk kendaraan dengan tinggi maksimal 2,1 meter
- GSO *Single*** : Gardu Semi Otomatis yang menggunakan sistem pelayanan transaksi manual dan *e-toll* untuk kendaraan dengan tinggi maksimal 2,1 meter
- GSO *Multi*** : Gardu Semi Otomatis yang melayani kendaraan golongan I, II, III, IV, dan V dengan sistem pelayanan transaksi manual dan *e-toll*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB V

### ANALISIS DATA

#### 5.1 Analisa Tingkat Kedatangan (*Arrival Rate*)

Untuk analisa tingkat kedatangan, maka perlu dilakukan survey untuk menghitung jumlah kendaraan yang datang pada gerbang tol yang ditinjau terlebih dahulu.

Pada analisa ini tingkat kedatangan yang dianalisa adalah tingkat kedatangan dengan jumlah kendaraan asli, yaitu jumlah kendaraan hasil survey pada gerbang tol yang ditinjau.

Hasil perhitungan analisa tingkat kedatangan volume asli pada gerbang tol yang ditinjau yaitu :

##### 1. Gerbang Tol Cibubur 1

Rekapitulasi hasil survey tingkat kedatangan kendaraan pada Gerbang Tol Cibubur 1 dibagi menurut 2 jenis gardu tol dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2

Tempat : Gerbang Tol Cibubur 1 (8 gardu tol otomatis ; 3 GTO *Multi* dan 5 GTO *Single* (2.1 m))  
Tanggal/hari : 11 April 2019 / Kamis  
Waktu : 16.00 – 19.00 WIB

**Tabel 5.1: Rekapitulasi Data Survey Tingkat Kedatangan Gerbang Tol Cibubur 1 GTO *Single* (Gardu 4,6,8,10, dan 12)**

No	Waktu	I	II	III	IV	V	Total
1	16.00-17.00	1504	0	0	0	0	1504
2	17.00-18.00	1578	0	0	0	0	1578
3	18.00-19.00	1434	0	0	0	0	1434
Total		4516	0	0	0	0	4516
Proporsi (%)		100	0	0	0	0	100

Dari Tabel 5.1 dapat dilihat tingkat kedatangan kendaraan dengan 5 gardu tol otomatis (GTO), yaitu 5 gardu *Single*. Untuk mengetahui tingkat kedatangan kendaraan dapat dilihat perhitungan berikut :

$$\text{Rumus : } \lambda = \frac{\sum x}{N} \quad \begin{array}{l} \sum x = \text{Total jumlah kendaraan tiap} \\ \text{golongan kendaraan} \\ N = \text{Banyak waktu yang diperlukan} \end{array}$$

$$\text{Maka : } \lambda = \frac{4516}{3} = 1505.3 = 1506 \text{ kendaraan/jam}$$

Didapat tingkat kedatangan kendaraan untuk gerbang tol Cibubur 1 untuk 5 gardu tol *Single* adalah 1506 kendaraan/jam

**Tabel 5.2: Rekapitulasi Data Survey Tingkat Kedatangan Gerbang Tol Cibubur 1 GTO *Multi* (Gardu 2,14, dan 16)**

No	Waktu	I	II	III	IV	V	Total
1	16.00-17.00	421	81	19	4	1	526
2	17.00-18.00	650	37	21	2	0	710
3	18.00-19.00	607	22	11	5	1	646
Total		1678	140	51	11	2	1882
Proporsi (%)		89,16	7,44	2,71	0,58	0,11	100,00

Dari Tabel 5.2 dapat dilihat tingkat kedatangan kendaraan dengan 3 gardu tol otomatis (GTO), yaitu 3 gardu *Multi*. Untuk mengetahui tingkat kedatangan kendaraan dapat dilihat perhitungan berikut :

$$\text{Rumus : } \lambda = \frac{\sum x}{N} \quad \begin{array}{l} \sum x = \text{Total jumlah kendaraan tiap} \\ \text{golongan kendaraan} \\ N = \text{Banyak waktu yang diperlukan} \end{array}$$

$$\text{Maka : } \lambda = \frac{1882}{3} = 627.3 = 628 \text{ kendaraan/jam}$$

Didapat tingkat kedatangan kendaraan untuk gerbang tol Cibubur 1 untuk 3 gardu tol *Multi* adalah 628 kendaraan/jam

Proporsi kendaraannya yaitu golongan I = 96,81%; golongan II = 2,19%; golongan III = 0,8%; golongan IV = 0,17%; golongan V = 0,03%. Kendaraan golongan I bisa memasuki gardu tol Multi dan Single sehingga pembagiannya yaitu  $96,81\% \times 2134$  (total hasil survey) = 2066 kend/jam. Dari hasil survey didapat kendaraan gol 1 untuk gardu Single adalah 1506 kend/jam,  $(1506/2134) \times 100\% = 72,9\%$ . Sehingga proporsi kendaraan golongan I yang dapat masuk tiap gardu yaitu GTO Multi = 27,1%, GTO Single = 72,9%.

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan pada tahun 2019 dilakukan menggunakan metode forecasting dari data tahun-tahun sebelumnya menggunakan aplikasi bantuan *Minitab* dengan metode *Time Series Decomposition*. Data volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 1 tahun 2017 dan 2018 dapat dilihat di Tabel 5.3 dan Tabel 5.4

**Tabel 5.3: Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1  
Tahun 2017**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	1.066.817
Febuari	949.501
Maret	1.052.800
April	979.161
Mei	984.457
Juni	909.833
Juli	1.020.386
Agustus	1.009.615
September	990.826
Oktober	1.035.516
November	998.249
Desember	1.028.882
Total	12,026,043

(Sumber : Jasa Marga)

**Tabel 5.4: Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2018**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	1.163.102
Febuari	1.149.098
Maret	1.134.338
April	1.079.778
Mei	1.101.558
Juni	1.056.325
Juli	1.118.838
Agustus	1.124.347
September	1.037.649
Oktober	1.060.669
November	1.032.608
Desember	1.056.124
Total	13,114,434

(Sumber : Jasa Marga)

Hasil *forecasting* volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 1 tahun 2017 dan 2018 dapat dilihat pada Gambar 5.1

## Time Series Decomposition for TK

### Method

Model type	Multiplicative Model
Data	TK
Length	24
NMissing	0

### Fitted Trend Equation

$$Y_t = 960645 + 6998 \times t$$

### Seasonal Indices

Period	Index
1	1.08298
2	1.06112
3	1.04098
4	0.98818
5	1.00582
6	0.96225
7	1.00854
8	0.98582
9	0.95647
10	0.9923
11	0.9483
12	0.96725

**Gambar 5.1 Hasil *Forecasting* Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2017 dan 2018**

(Sumber : Aplikasi *Minitab*)

Berdasarkan hasil *forecasting* dari volume lalu lintas pada gambar 5.1, maka dapat dihitung volume lalu lintas pada tahun 2019 yaitu sebagai berikut :

$$\text{Volume lalu lintas bulanan} = (960645 + 6998 \times \text{bulan ke-t}) \\ \times \text{faktor indeks}$$

Contoh perhitungan volume lalu lintas pada bulan Januari tahun 2019, t = bulan ke 25 dari tahun 2017, i = 1,08298

$$\text{Volume} = (960645 + 6998 \times 25) \times 1,08298 \\ = 1.229.825 \text{ kendaraan}$$

Data volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 1 tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.5: Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2019**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	1.229.825
Februari	1.212.422
Maret	1.196.699
April	1.142.911
Mei	1.170.348
Juni	1.126.386
Juli	1.187.635
Agustus	1.167.773
September	1.139.703
Oktober	1.189.341
November	1.143.239
Desember	1.172.856
Total	14.079.138

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan per arus jam puncak, maka jumlah kendaraan per tahun harus dibagi 365 hari untuk mendapatkan volume lalu lintas harian  $14.079.138/365 \text{ hari} = 38.572.98 \text{ kendaraan/hari}$ . Agar menjadi

arus jam puncak maka lalu lintas harian perlu dikali faktor  $k$  (0,11), sehingga didapat  $38.572,98 \times 0,11 = 4.244$  kendaraan/jam = 531 kendaraan/jam/gardu. Dengan pembagian GTO Multi (29,42% dari total tingkat kedatangan) = 1.248 kendaraan/jam; GTO Single (70,58% dari total tingkat kedatangan) = 2.996 kendaraan/jam.

## 2. Gerbang Tol Cibubur 2

Rekapitulasi hasil survey tingkat kedatangan kendaraan pada Gerbang Tol Cibubur 2 dibagi menurut 2 jenis gardu tol dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7

Tempat : Gerbang Tol Cibubur 2 (5 gardu tol otomatis ; 3 GTO *Multi* dan 2 GTO *Single* (2.1 m))  
 Tanggal/hari : 11 April 2019 / Kamis  
 Waktu : 06.00 – 09.00 WIB

**Tabel 5.6: Rekapitulasi Data Survey Tingkat Kedatangan Gerbang Tol Cibubur 2 GTO Single (Gardu 5 dan 7)**

No	Waktu	I	II	III	IV	V	Total
1	06.00-07.00	801	0	0	0	0	801
2	07.00-08.00	886	0	0	0	0	886
3	08.00-09.00	273	0	0	0	0	273
Total		1960	0	0	0	0	1960
Proporsi (%)		100	0	0	0	0	100

Dari Tabel 5.6 dapat dilihat tingkat kedatangan kendaraan dengan 2 gardu tol otomatis (GTO), yaitu 2 gardu *Single*. Untuk mengetahui tingkat kedatangan kendaraan dapat dilihat perhitungan berikut :

$$\text{Rumus : } \lambda = \frac{\sum x}{N} \quad \begin{array}{l} \sum x = \text{Total jumlah kendaraan tiap} \\ \text{golongan kendaraan} \\ N = \text{Banyak waktu yang diperlukan} \end{array}$$

$$\text{Maka : } \lambda = \frac{1960}{2} = 653.3 = 654 \text{ kendaraan/jam}$$

Didapat tingkat kedatangan kendaraan untuk gerbang tol Cibubur 2 untuk 2 gardu tol *Single* adalah 654 kendaraan/jam

**Tabel 5.7: Rekapitulasi Data Survey Tingkat Kedatangan Gerbang Tol Cibubur 2 GTO Multi (Gardu 1,3, dan 9)**

No	Waktu	I	II	III	IV	V	Total
1	16.00-17.00	882	8	3	1	0	894
2	17.00-18.00	830	10	0	0	0	840
3	18.00-19.00	785	30	2	0	0	817
Total		2497	48	5	1	0	2551
Proporsi (%)		97.88	1.88	0.20	0.04	0.00	100.00

Dari Tabel 5.7 dapat dilihat tingkat kedatangan kendaraan dengan 3 gardu tol otomatis (GTO), yaitu 3 gardu *Multi*. Untuk mengetahui tingkat kedatangan kendaraan dapat dilihat perhitungan berikut :

$$\text{Rumus : } \lambda = \frac{\sum x}{N} \quad \begin{array}{l} \sum x = \text{Total jumlah kendaraan tiap} \\ \text{golongan kendaraan} \\ N = \text{Banyak waktu yang diperlukan} \end{array}$$

$$\text{Maka : } \lambda = \frac{2551}{3} = 850.3 \quad = 851 \text{ kendaraan/jam}$$

Didapat tingkat kedatangan kendaraan untuk gerbang tol Cibubur 2 untuk 3 gardu tol *Multi* adalah 851 kendaraan/jam

Proporsi kendaraannya yaitu golongan I = 98,8%; golongan II = 1,06%; golongan III = 0,11%; golongan IV = 0,02%; golongan V = 0,00%. Kendaraan golongan 1 bisa memasuki gardu tol Multi dan Single sehingga pembagiannya yaitu 98,8% x 1505 (total hasil survey) = 1487 kend/jam. Dari hasil survey didapat kendaraan gol 1 untuk gardu Single adalah 654 kend/jam, (654/1487) x 100% = 43,98%. Sehingga proporsi kendaraan golongan I yang dapat masuk tiap gardu yaitu GTO Multi = 56,02%, GTO Single = 43,98%.

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan pada tahun 2019 dilakukan menggunakan metode forecasting dari data tahun-tahun sebelumnya menggunakan aplikasi bantuan *Minitab* dengan metode *Time Series Decomposition*. Data volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 2 tahun 2017 dan 2018 dapat dilihat di Tabel 5.8 dan Tabel 5.9

**Tabel 5.8: Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2017**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	538.608
Febuari	474.506
Maret	518.993
April	492.788
Mei	481.463
Juni	450.416
Juli	515.659
Agustus	495.188
September	491.120
Oktober	510.712
November	497.047
Desember	513.861
Total	5.980.361

(Sumber : Jasa Marga)

**Tabel 5.9: Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2  
Tahun 2018**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	571.122
Febuari	569.507
Maret	571.573
April	539.191
Mei	546.610
Juni	525.375
Juli	555.531
Agustus	561.964
September	506.894
Oktober	526.437
November	512.949
Desember	524.557
Total	6.511.710

(Sumber : Jasa Marga)

Hasil *forecasting* volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 2 tahun 2017 dan 2018 dapat dilihat pada Gambar 5.2

## Time Series Decomposition for TK2

### Method

Model type: Multiplicative Model

Data TK2

Length 24

NMissing 0

### Fitted Trend Equation

$$Y_t = 478691 + 3365 \times t$$

### Seasonal Indices

Period	Index
1	1.06947
2	1.05759
3	1.05464
4	0.99248
5	1.00368
6	0.96272
7	1.02524
8	0.97418
9	0.95455
10	0.98469
11	0.94977
12	0.971

**Gambar 5.2 Hasil *Forecasting* Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2017 dan 2018**

(Sumber : Aplikasi *Minitab*)

Berdasarkan hasil *forecasting* dari volume lalu lintas pada Gambar 5.2, maka dapat dihitung volume lalu lintas pada tahun 2019 yaitu sebagai berikut :

$$\text{Volume lalu lintas bulanan} = (478691 + 3365 \times \text{bulan ke-t}) \\ \times \text{faktor indeks}$$

Contoh perhitungan volume lalu lintas pada bulan Januari tahun 2019, t = bulan ke 25 dari tahun 2017, i = 1,06947

$$\text{Volume} = (478691 + 3365 \times 25) \times 1,06947 \\ = 601.925 \text{ kendaraan}$$

Data volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 2 tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 5.10

**Tabel 5.10: Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2019**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	601,925
Februari	598,797
Maret	600,680
April	568,611
Mei	578,409
Juni	558,042
Juli	597,731
Agustus	571,242
September	562,947
Oktober	584,032
November	566,521
Desember	582,450
Total	6,971,387

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan per arus jam puncak, maka jumlah kendaraan per tahun harus dibagi 365 hari untuk mendapatkan volume lalu lintas harian  $6.971.387/365 \text{ hari} = 19.099,69 \text{ kendaraan/hari}$ . Agar menjadi arus jam puncak maka lalu lintas harian perlu dikali faktor k (0,11), sehingga didapat  $19.099,69 \times 0,11 = 2.101 \text{ kendaraan/jam} = 421 \text{ kendaraan/jam/gardu}$ . Dengan pembagian GTO Multi (56,55%

dari total tingkat kedatangan) = 900 kendaraan/jam; GTO Single (43,45% dari total tingkat kedatangan) = 692 kendaraan/jam.

### 3. Gerbang Tol Cibubur 2 *Satelite*

Gerbang tol Cibubur 2 *Satelite* terdiri dari 4 gardu tol (2 GTO *Single* dan 2 GTO *Multi*). Pada gerbang tol ini tidak dilakukan survei, sehingga untuk perhitungan tingkat kedatangan gerbang tol Cibubur 2 *Satelite* menggunakan data volume lalu lintas tahunan dan proporsi golongan kendaraan pada gerbang tol Cibubur 2.

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan pada tahun 2019 dilakukan menggunakan metode forecasting dari data tahun-tahun sebelumnya menggunakan aplikasi bantuan *Minitab* dengan metode *Time Series Decomposition*. Data volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 2 tahun 2017 dan 2018 dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12

**Tabel 5.11: Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 *Satelite* Tahun 2017**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	430,886
Februari	379,605
Maret	415,194
April	394,230
Mei	385,170
Juni	360,333
Juli	412,527
Agustus	396,150
September	392,896
Oktober	408,570
November	397,638
Desember	411,089
Total	4,784,289

(Sumber : Jasa Marga)

**Tabel 5.12: Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2  
Satelite Tahun 2018**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	456,898
Febuari	455,606
Maret	457,258
April	431,353
Mei	437,288
Juni	420,300
Juli	444,425
Agustus	449,571
September	405,515
Oktober	421,150
November	410,359
Desember	419,646
Total	5,209,368

(Sumber : Jasa Marga)

Hasil *forecasting* volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 2 tahun 2017 dan 2018 dapat dilihat pada Gambar 5.3

## Time Series Decomposition for TK 2 SA

### Method

Model type	Multiplicative Model
Data	TK 2 SA
Length	24
NMissing	0

### Fitted Trend Equation

$$Y_t = 382953 + 2692 \times t$$

### Seasonal Indices

Period	Index
1	1.06947
2	1.05759
3	1.05464
4	0.99248
5	1.00368
6	0.96272
7	1.02524
8	0.97418
9	0.95455
10	0.98469
11	0.94977
12	0.971

**Gambar 5.3 Hasil *Forecasting* Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Satellite Tahun 2017 dan 2018**

(Sumber : Aplikasi *Minitab*)

Berdasarkan hasil *forecasting* dari volume lalu lintas pada Gambar 5.3, maka dapat dihitung volume lalu lintas pada tahun 2019 yaitu sebagai berikut :

$$\text{Volume lalu lintas bulanan} = (382953 + 2692 \times \text{bulan ke-}t)$$

x faktor indeks

Data volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 2 tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 5.13

**Tabel 5.13: Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2  
Satelite Tahun 2019**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	481,540
Febuari	479,038
Maret	480,544
April	454,889
Mei	462,727
Juni	446,434
Juli	478,185
Agustus	456,994
September	450,357
Oktober	467,226
November	453,217
Desember	465,960
Total	5,577,111

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan per arus jam puncak, maka jumlah kendaraan per tahun harus dibagi 365 hari untuk mendapatkan volume lalu lintas harian  $5,577,111 / 365 \text{ hari} = 15,279.76$  kendaraan/hari. Agar menjadi arus jam puncak maka lalu lintas harian perlu dikali faktor k (0,11), sehingga didapat  $15,279.76 \times 0,11 = 1,681$  kendaraan/jam = 336.15 kendaraan/jam/gardu.

Kemudian tingkat kedatangan kendaraan dikalikan dengan proporsi golongan kendaraan pada gerbang tol Cibubur 2 yang dijelaskan pada tabel berikut :

**Tabel 5.14: Proporsi Golongan Kendaraan Gerbang Tol Cibubur 2 *Satelite* Tahun 2019**

Golongan	Gate	Tingkat Kedatangan	Proporsi (%)
I	<i>Single/Multi</i>	1661	98.80
II	<i>Multi</i>	18	1.06
III	<i>Multi</i>	2	0.11
IV	<i>Multi</i>	0.37	0.02
V	<i>Multi</i>	0.00	0.00
Total		1681	100.00

Untuk mendapatkan proporsi golongan kendaraan I pada GTO *Single* dan *Multi*, digunakan tingkat kedatangan per gardu pada gerbang tol Cibubur 2. Diketahui tingkat kedatangan gerbang tol Cibubur 2 GTO *Single* = 654 kendaraan/jam = 327 kendaraan/jam/gardu; GTO *Multi* = 851 kendaraan/jam = 284 kendaraan/jam/gardu kemudian dikonversi ke golongan I =  $97.88\% \times 284 = 278$  kendaraan/jam/gardu. Setelah itu dicari proporsi kendaraan golongan I dengan membandingkan nilai tingkat kedatangan kendaraan per gardu dari masing-masing jenis GTO dengan nilai tingkat kedatangan per gardu total. Proporsi kendaraan golongan I GTO *Single* didapatkan  $(327/(327+278)) \times 100 = 54.07\%$  ; Proporsi kendaraan golongan I GTO *Multi* didapatkan  $(278/(327+278)) \times 100 = 45.93\%$ .

Kemudian didapatkan nilai tingkat kedatangan untuk GTO *Single* 898 kendaraan/jam; untuk GTO *Multi* 783 kendaraan/ jam

## 5.2 Analisa Waktu Pelayanan (*Service Time*)

Untuk analisa waktu pelayanan, maka perlu dilakukan survey untuk menghitung waktu pelayanan setiap kendaraan yang melakukan transaksi pada gerbang tol yang ditinjau terlebih dahulu. Kemudian dari data waktu pelayanan tersebut diolah sehingga didapatkan grafik frekuensi kumulatif dari gerbang tol yang ditinjau.

Hasil perhitungan analisa waktu pelayanan dengan jumlah kendaraan asli pada gerbang tol yang ditinjau yaitu :

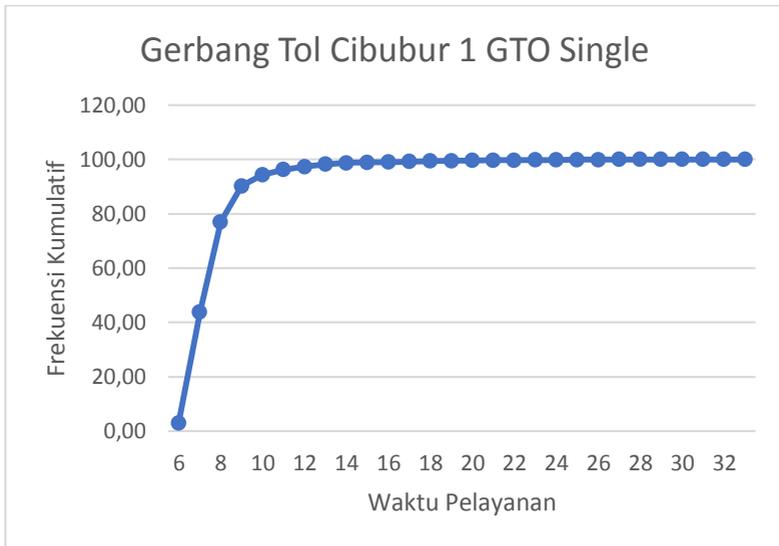
1. Gerbang Tol Cibubur 1
  - Gerbang Tol Cibubur 1 Gardu *Single* (5 gardu)

Berdasarkan nilai rata-rata waktu pelayanan gerbang tol Cibubur 1, didapat Tabel 5.15 sebagai berikut :

**Tabel 5.15 : Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Cibubur 1 Gardu *Single***

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Persentase	Persentase Kumulatif
6	91	91	3.07	3.07
7	1206	1297	40.73	43.80
8	984	2281	33.23	77.03
9	391	2672	13.20	90.24
10	121	2793	4.09	94.33
11	55	2848	1.86	96.18
12	33	2881	1.11	97.30
13	27	2908	0.91	98.21
14	14	2922	0.47	98.68
15	7	2929	0.24	98.92
16	2	2931	0.07	98.99
17	7	2938	0.24	99.22
18	6	2944	0.20	99.43
19	1	2945	0.03	99.46
20	4	2949	0.14	99.59
21	1	2950	0.03	99.63
22	2	2952	0.07	99.70
23	2	2954	0.07	99.76
24	0	2954	0.00	99.76
25	3	2957	0.10	99.86
26	1	2958	0.03	99.90
27	1	2959	0.03	99.93
28	0	2959	0.00	99.93
29	0	2959	0.00	99.93
30	1	2960	0.03	99.97
31	0	2960	0.00	99.97
32	0	2960	0.00	99.97
33	1	2961	0.03	100.00
Total	2961		100.00	

Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan Tabel 5.15, didapat grafik persentase kumulatif (%) dan waktu pelayanan dengan 5 gardu diperoleh waktu transaksi rata-rata pada Gambar 5.4 sebagai berikut :



**Gambar 5.4: Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Cibubur 1 Gardu Single**

Dari tabel dan grafik frekuensi waktu pelayanan di atas didapatkan data sebagai berikut :

Median	= 8 detik
Modus	= 7 detik
Rata-rata waktu pelayanan	= 8,07 detik
Persentase kumulatif 50%	= 8 detik
Persentase kumulatif 75%	= 8 detik

Berdasarkan studi terdahulu mengenai perencanaan gerbang tol Pandaan Malang, untuk menentukan waktu pelayanan gardu tol otomatis dilihat dari nilai rata-rata waktu pelayanan, presentase kumulatif 50%, dan presentase kumulatif 75%. Ketiga nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai median dan modus. Kemudian diambil nilai yang paling mendekati nilai median dan modus, yang dalam hal ini adalah waktu pelayanan dengan presentase kumulatif 50% dan 75% yaitu 8 detik

Jika diperhitungkan waktu pelayanan maksimal yang dibutuhkan pada gerbang tol Cibubur 1 GTO *Single*, didapatkan :

$$\begin{aligned}\lambda &= 2.996 \text{ kendaraan/jam} \\ N &= 5 \text{ Gardu ( 4,6,8,10, dan 12)}\end{aligned}$$

$$\frac{2996/5}{\mu} < 1$$

Diperoleh :  $\mu = 599,12$  kendaraan/jam

Jadi waktu pelayanan maksimal yang dibutuhkan adalah

$$599,12 = \frac{3600}{WP} \rightarrow WP = \frac{3600}{599,12}$$

$$WP = 6,01 = 7 \text{ detik/kendaraan (maks)}$$

Dari tingkat kedatangan  $\lambda = 2.996$  kendaraan/jam, diperoleh bahwa waktu pelayanan maksimal pada gerbang tol Cibubur 1 GTO *Single* 7 detik/kendaraan, sedangkan dari rata-rata data waktu pelayanan didapat waktu pelayanan 8 detik/kendaraan.

Sedangkan Sesuai Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada sistem tertutup harus  $\leq 5$  detik/kendaraan. Oleh karena itu, pada gerbang tol Cibubur 1 GTO *Single* belum memenuhi persyaratan karena rata-rata waktu pelayanan pada setiap gardu = 8 detik/kendaraan.

- Gerbang Tol Cibubur 1 Gardu *Multi* (3 gardu)  
Berdasarkan nilai rata-rata waktu pelayanan gerbang tol Cibubur 1, didapat Tabel 5.16 sebagai berikut :

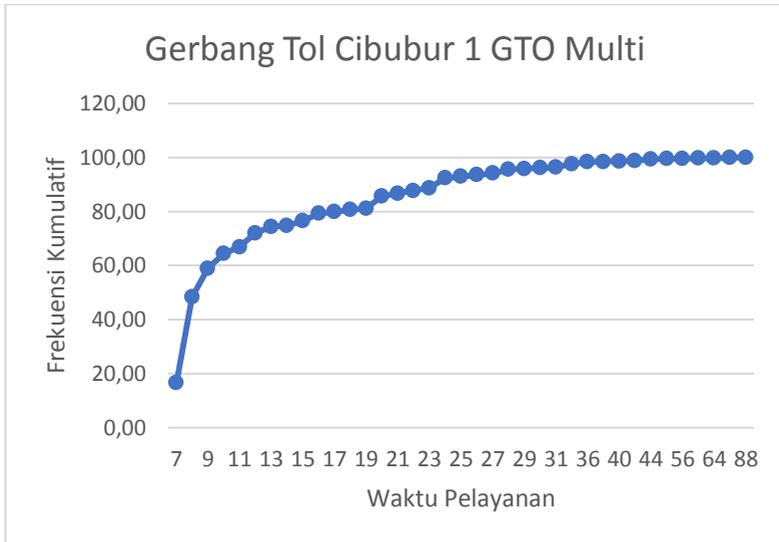
**Tabel 5.16 : Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Cibubur 1 Gardu *Multi* a**

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Persentase	Persentase Kumulatif
7	223	223	16.54	16.54
8	428	651	31.75	48.29
9	143	794	10.61	58.90
10	74	868	5.49	64.39
11	34	902	2.52	66.91
12	69	971	5.12	72.03
13	31	1002	2.30	74.33
14	7	1009	0.52	74.85
15	23	1032	1.71	76.56
16	37	1069	2.74	79.30
17	8	1077	0.59	79.90
18	10	1087	0.74	80.64
19	7	1094	0.52	81.16
20	61	1155	4.53	85.68
21	14	1169	1.04	86.72
22	14	1183	1.04	87.76
23	13	1196	0.96	88.72
24	50	1246	3.71	92.43
25	8	1254	0.59	93.03
26	7	1261	0.52	93.55
27	8	1269	0.59	94.14

**Tabel 5.16 : Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Cibubur 1 Gardu *Multi b***

28	19	1288	1.41	95.55
29	4	1292	0.30	95.85
30	4	1296	0.30	96.14
31	3	1299	0.22	96.36
32	18	1317	1.34	97.70
36	9	1326	0.67	98.37
38	1	1327	0.07	98.44
40	3	1330	0.22	98.66
42	1	1331	0.07	98.74
44	9	1340	0.67	99.41
48	2	1342	0.15	99.55
56	1	1343	0.07	99.63
60	1	1344	0.07	99.70
64	1	1345	0.07	99.78
80	2	1347	0.15	99.93
88	1	1348	0.07	100.00
Total	1348		100.00	

Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan Tabel 5.16, didapat grafik persentase kumulatif (%) dan waktu pelayanan dengan 5 gardu diperoleh waktu transaksi rata-rata pada Gambar 5.5 sebagai berikut :



**Gambar 5.5: Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Cibubur 1 Gardu *Multi***

Dari tabel dan grafik frekuensi waktu pelayanan di atas didapatkan data sebagai berikut :

Median	= 9 detik
Modus	= 8 detik
Rata-rata waktu pelayanan	= 12,54 detik
Persentase kumulatif 50%	= 9 detik
Persentase kumulatif 75%	= 15 detik

Berdasarkan studi terdahulu mengenai perencanaan gerbang tol Pandaan Malang, untuk menentukan waktu pelayanan gardu tol otomatis dilihat dari nilai rata-rata waktu pelayanan, presentase kumulatif 50%, dan presentase kumulatif 75%. Ketiga nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai median dan modus. Kemudian diambil nilai yang paling mendekati nilai

median dan modus, yang dalam hal ini adalah waktu pelayanan dengan presentase kumulatif 50% yaitu 9 detik

Jika diperhitungkan waktu pelayanan maksimal yang dibutuhkan pada gerbang tol Cibubur 1 GTO *Multi*, didapatkan :

$$\begin{aligned}\lambda &= 1248 \text{ kendaraan/jam} \\ N &= 3 \text{ Gardu ( 2,14, dan 16)}\end{aligned}$$

$$\frac{1248/3}{\mu} < 1$$

Diperoleh :  $\mu = 416,3$  kendaraan/jam

Jadi waktu pelayanan maksimal yang dibutuhkan adalah

$$416,3 = \frac{3600}{WP} \rightarrow WP = \frac{3600}{416,3}$$

$$WP = 8,65 = 9 \text{ detik/kendaraan (maks)}$$

Dari tingkat kedatangan  $\lambda = 1248$  kendaraan/jam, diperoleh bahwa waktu pelayanan maksimal pada gerbang tol Cibubur 1 GTO *Multi* 9 detik/kendaraan, sedangkan dari rata-rata data waktu pelayanan didapat waktu pelayanan 9 detik/kendaraan.

Sedangkan Sesuai Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada sistem tertutup harus  $\leq 5$  detik/kendaraan. Oleh karena itu, pada gerbang tol Cibubur 1 GTO *Single* belum memenuhi persyaratan karena rata-rata waktu pelayanan pada setiap gardu = 9 detik/kendaraan.

## 2. Gerbang Tol Cibubur 2

Untuk perhitungan waktu pelayanan gerbang tol Cibubur 2 Satellite menggunakan waktu pelayanan gerbang tol Cibubur 2 yang didapatkan dari survei waktu pelayanan. Perhitungan waktu pelayanan pada gerbang tol Cibubur 2 sebagai berikut :

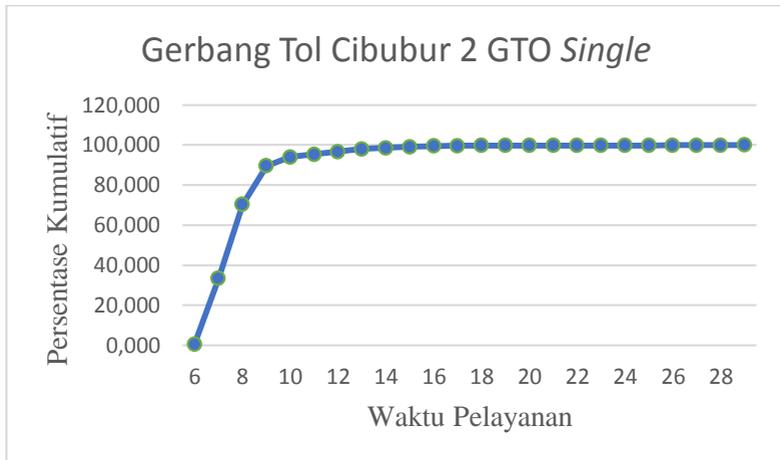
- Gerbang Tol Cibubur 2 Gardu *Single* (2 gardu)

Berdasarkan nilai rata-rata waktu pelayanan gerbang tol Cibubur 2, didapat Tabel 5.17 sebagai berikut :

**Tabel 5.17 : Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Cibubur 2 Gardu *Single***

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Persentase	Persentase Kumulatif
6	10	10	0.719	0.719
7	455	465	32.710	33.429
8	514	979	36.952	70.381
9	267	1246	19.195	89.576
10	62	1308	4.457	94.033
11	19	1327	1.366	95.399
12	18	1345	1.294	96.693
13	18	1363	1.294	97.987
14	9	1372	0.647	98.634
15	7	1379	0.503	99.137
16	5	1384	0.359	99.497
17	2	1386	0.144	99.641
18	2	1388	0.144	99.784
19	0	1388	0.000	99.784
20	0	1388	0.000	99.784
21	0	1388	0.000	99.784
22	0	1388	0.000	99.784
23	0	1388	0.000	99.784
24	0	1388	0.000	99.784
25	0	1388	0.000	99.784
26	1	1389	0.072	99.856
27	1	1390	0.072	99.928
28	0	1390	0.000	99.928
29	1	1391	0.072	100.000
Total	1391		100.000	

Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan Tabel 5.17, didapat grafik persentase kumulatif (%) dan waktu pelayanan dengan 2 gardu diperoleh waktu transaksi rata-rata pada Gambar 5.6 sebagai berikut :



**Gambar 5.6: Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Cibubur 2 Gardu Single**

Dari tabel dan grafik frekuensi waktu pelayanan di atas didapatkan data sebagai berikut :

Median	= 8 detik
Modus	= 8 detik
Rata-rata waktu pelayanan	= 8,27 detik
Persentase kumulatif 50%	= 8 detik
Persentase kumulatif 75%	= 8 detik

Untuk menentukan waktu pelayanan gardu tol otomatis dilihat dari nilai rata-rata waktu pelayanan, presentase kumulatif 50%, dan presentase kumulatif 75%. Ketiga nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai median dan modus.

Kemudian diambil nilai yang paling mendekati nilai median dan modus, yang dalam hal ini adalah waktu pelayanan dengan presentase kumulatif 50% yaitu 8 detik

Jika diperhitungkan waktu pelayanan maksimal yang dibutuhkan pada gerbang tol Cibubur 2 GTO *Single*, didapatkan :

$$\begin{aligned}\lambda &= 913 \text{ kendaraan/jam} \\ N &= 2 \text{ Gardu ( 5 dan 7)}\end{aligned}$$

$$\frac{692/2}{\mu} < 1$$

Diperoleh :  $\mu = 456,44$  kendaraan/jam

Jadi waktu pelayanan maksimal yang dibutuhkan adalah

$$456,44 = \frac{3600}{WP} \rightarrow WP = \frac{3600}{456,44}$$

$$WP = 7,89 = 8 \text{ detik/kendaraan (maks)}$$

Dari tingkat kedatangan  $\lambda = 913$  kendaraan/jam, diperoleh bahwa waktu pelayanan maksimal pada gerbang tol Cibubur 2 GTO *Single* 8 detik/kendaraan, sedangkan dari rata-rata data waktu pelayanan didapat waktu pelayanan 8 detik/kendaraan.

Sedangkan Sesuai Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada sistem tertutup harus  $\leq 5$  detik/kendaraan. Oleh karena itu, pada gerbang tol Cibubur 2 GTO *Single* belum memenuhi persyaratan karena rata-rata waktu pelayanan pada setiap gardu = 8 detik/kendaraan.

- Gerbang Tol Cibubur 2 Gardu *Multi* (3 gardu)

Berdasarkan nilai rata-rata waktu pelayanan gerbang tol Cibubur 2, didapat Tabel 5.18 sebagai berikut :

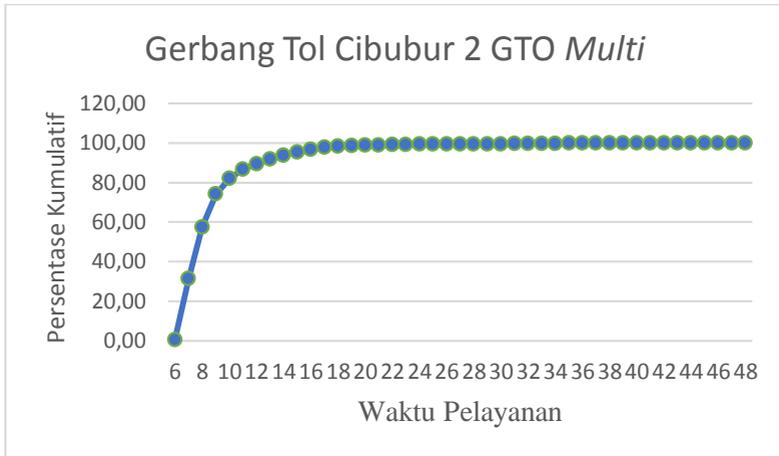
**Tabel 5.18 : Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Cibubur 2 Gardu *Multi a***

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Persentase	Persentase Kumulatif
6	9	9	0.52	0.52
7	531	540	30.87	31.40
8	448	988	26.05	57.44
9	287	1275	16.69	74.13
10	135	1410	7.85	81.98
11	81	1491	4.71	86.69
12	47	1538	2.73	89.42
13	41	1579	2.38	91.80
14	33	1612	1.92	93.72
15	29	1641	1.69	95.41
16	22	1663	1.28	96.69
17	19	1682	1.10	97.79
18	9	1691	0.52	98.31
19	6	1697	0.35	98.66
20	2	1699	0.12	98.78
21	3	1702	0.17	98.95
22	2	1704	0.12	99.07
23	1	1705	0.06	99.13
24	5	1710	0.29	99.42
25	0	1710	0.00	99.42
26	1	1711	0.06	99.48
27	0	1711	0.00	99.48
28	1	1712	0.06	99.53

**Tabel 5.18 : Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Cibubur 2 Gardu *Multi b***

29	0	1712	0.00	99.53
30	0	1712	0.00	99.53
31	2	1714	0.12	99.65
32	2	1716	0.12	99.77
33	1	1717	0.06	99.83
34	0	1717	0.00	99.83
35	1	1718	0.06	99.88
36	0	1718	0.00	99.88
37	0	1718	0.00	99.88
38	0	1718	0.00	99.88
39	0	1718	0.00	99.88
40	1	1719	0.06	99.94
41	0	1719	0.00	99.94
42	0	1719	0.00	99.94
43	0	1719	0.00	99.94
44	0	1719	0.00	99.94
45	0	1719	0.00	99.94
46	0	1719	0.00	99.94
47	0	1719	0.00	99.94
48	1	1720	0.06	100.00
Total	1720		100.000	

Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan Tabel 5.18, didapat grafik persentase kumulatif (%) dan waktu pelayanan dengan 3 gardu diperoleh waktu transaksi rata-rata pada Gambar 5.7 sebagai berikut :



**Gambar 5.7: Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Cibubur 2 Gardu *Multi***

Dari tabel dan grafik frekuensi waktu pelayanan di atas didapatkan data sebagai berikut :

Median	= 8 detik
Modus	= 7 detik
Rata-rata waktu pelayanan	= 9,16 detik
Persentase kumulatif 50%	= 8 detik
Persentase kumulatif 75%	= 10 detik

Berdasarkan studi terdahulu mengenai perencanaan gerbang tol Pandaan Malang, untuk menentukan waktu pelayanan gardu tol otomatis dilihat dari nilai rata-rata waktu pelayanan, presentase kumulatif 50%, dan presentase kumulatif 75%. Ketiga nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai median dan modus. Kemudian diambil nilai yang paling mendekati nilai median dan modus, yang dalam hal ini adalah waktu pelayanan dengan presentase kumulatif 50% yaitu 8 detik

Jika diperhitungkan waktu pelayanan maksimal yang dibutuhkan pada gerbang tol Cibubur 2 GTO *Multi*, didapatkan :

$$\lambda = 1188 \text{ kendaraan/jam}$$

$$N = 3 \text{ Gardu ( 1,3, dan 9)}$$

$$\frac{1188/3}{\mu} < 1$$

$$\text{Diperoleh : } \mu = 396,04 \text{ kendaraan/jam}$$

Jadi waktu pelayanan maksimal yang dibutuhkan adalah

$$300 = \frac{3600}{WP} \rightarrow WP = \frac{3600}{396,04}$$

$$WP = 9,09 = 10 \text{ detik/kendaraan (maks)}$$

Dari tingkat kedatangan  $\lambda = 1188$  kendaraan/jam, diperoleh bahwa waktu pelayanan maksimal pada gerbang tol Cibubur 2 GTO *Multi* 10 detik/kendaraan, sedangkan dari rata-rata data waktu pelayanan didapat waktu pelayanan 8 detik/kendaraan.

Sedangkan Sesuai Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada sistem tertutup harus  $\leq 5$  detik/kendaraan. Oleh karena itu, pada gerbang tol Cibubur 2 GTO *Multi* belum memenuhi persyaratan karena rata-rata waktu pelayanan pada setiap gardu = 8 detik/kendaraan.

### 5.3 Analisa Intesitas Lalu Lintas

Dengan tingkat kedatangan seperti pada analisa di atas, maka perlu dilakukan analisa intensitas lalu lintas ( $\rho$ ) terhadap gardu pelayanan yang terbuka untuk mengetahui seberapa besar intensitas yang terjadi pada gardu tersebut. Analisa ini dilakukan dengan menggunakan waktu pelayanan rata-rata berdasarkan data waktu pelayanan yang tercatat pada analisa waktu pelayanan sebelumnya, sehingga bisa diketahui intensitas lalu lintas yang terjadi.

Intensitas Lalu Lintas ( $\rho$ ) adalah perbandingan Tingkat Kedatangan ( $\lambda$ ) dan Tingkat Pelayanan ( $\mu$ ) yang memiliki persyaratan bahwa nilai tersebut selalu harus lebih kecil dari 1.

Hasil perhitungan analisa intensitas lalu lintas volume asli pada gerbang tol yang ditinjau yaitu :

1. Analisa Intesitas Lalu Lintas pada gerbang tol Cibubur 1
  - Gardu Tol Otomatis *Single* (5 gardu)
  - Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

$$\begin{aligned}\lambda &= 2996 \text{ kendaraan/jam} \\ N &= 5 \text{ gardu (4,6,8,10, dan 12)}\end{aligned}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{2996/5}{450} = 1,331 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

- Gardu Tol Otomatis *Multi* (3 gardu)
- Menggunakan WP = 9 detik/kendaraan

$$\begin{aligned}\lambda &= 1248 \text{ kendaraan/jam} \\ N &= 3 \text{ gardu (2,14, dan 16)}\end{aligned}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{9} = 400$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{1248/3}{400} = 1,040 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

2. Analisa Intesitas Lalu Lintas pada gerbang tol Cibubur 2

- Gardu Tol Otomatis *Single* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

$$\lambda = 913 \text{ kendaraan/jam}$$

$$N = 2 \text{ gardu (5 dan 7)}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{913/2}{450} = 1,014 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

- Gardu Tol Otomatis *Multi* (3 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

$$\begin{aligned}\lambda &= 1188 \text{ kendaraan/jam} \\ N &= 3 \text{ gardu (1,3, dan 9)}\end{aligned}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{1188/3}{450} = 0,88 < 1$$

Dengan  $\rho < 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi masih bisa menampung kendaraan yang ada

3. Analisa Intesitas Lalu Lintas pada gerbang tol Cibubur 2 Satelite
  - Gardu Tol Otomatis *Single* (2 gardu)
  - Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

$$\begin{aligned}\lambda &= 898 \text{ kendaraan/jam} \\ N &= 2 \text{ gardu (11 dan 13)}\end{aligned}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{898/2}{450} = 0,998 < 1$$

Dengan  $\rho < 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah masih bisa menampung kendaraan yang ada

- Gardu Tol Otomatis *Multi* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

$$\lambda = 783 \text{ kendaraan/jam}$$

$$N = 2 \text{ gardu (15 dan 17)}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{783/2}{450} = 0,869 < 1$$

Dengan  $\rho < 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi masih bisa menampung kendaraan yang ada

#### 5.4 Analisa Antrian pada Gerbang Tol (Antrian FIFO)

Analisa antrian dilakukan agar kita dapat melihat seberapa panjang antrian secara hitungan dan dapat melihat jumlah gardu yang dibutuhkan pada tabel hasil analisa. Dalam melakukan analisa antrian sama seperti analisa intensitas lalu lintas, yaitu dengan menggunakan berbagai kondisi waktu pelayanan berdasarkan data

waktu pelayanan yang tercatat ketika survei, sehingga bisa diketahui antian disetiap kondisi waktu pelayanan.

Hasil perhitungan analisa antrian volume asli pada gerbang tol yang ditinjau yaitu :

1. Analisa Antrian pada gerbang tol Cibubur 1

Dengan panjang kendaraan golongan I = 7.3 m; golongan II = 10.7 m; golongan III = 13.5 m; golongan IV = 15.4 m; golongan V = 18.3 m

- GTO *Single* (5 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 2996$  kendaraan/jam

$\mu = 450$

$N = 5$  gardu (4,6,8,10, dan 12)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{2996/5}{450 - (2996/5)} = -4,01 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(2996/5)^2}{450(450 - (2996/5))} = -5,349 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (2996/5)} \times 3600 = -24,141 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(2996/5)}{450(450 - (2996/5))} \times 3600 = -32,141 \text{ detik}$$

Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (5 gardu terbuka sehingga terdapat 5 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.19

**Tabel 5.19: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 1  
GTO Single**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
5	8	-5	-36.5	-6	-43.8	-25	-33
6	8	-11	-80.3	-12	-87.6	-74	-82
7	8	20	146	19	138.7	164	156
8	8	5	36.5	5	36.5	48	40

Dari Tabel 5.19 nilai q kondisi saat ini (jumlah pintu 5) > 10 sehingga perlu penambahan 3 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai - (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

- GTO *Multi* (3 gardu)
- Menggunakan WP = 9 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda$  = 1248 kendaraan/jam  
 $\mu$  = 400  
 $N$  = 3 gardu (2,14, dan 16)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{1248/3}{400 - (1248/3)} = -26 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(1248/3)^2}{400(400 - (1248/3))} = -27 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{400 - (1248/3)} \times 3600 = -224 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(1248/3)}{400(400 - (1248/3))} \times 3600 = -233 \text{ detik}$$

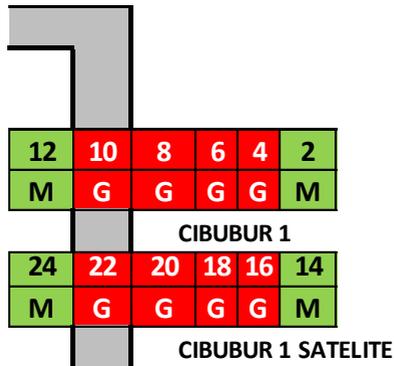
Pada WP 9 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 9 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (3 gardu terbuka sehingga terdapat 3 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.20

**Tabel 5.20: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 1  
GTO Multi**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
3	9	-26	-203	-27	-211	-224	-233
4	9	4	32	3	24	41	32
5	9	2	16	2	16	24	15

Dari Tabel 5.20 nilai q kondisi saat ini (jumlah pintu 3) > 10 sehingga perlu penambahan 1 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai – (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

Berdasarkan hasil perhitungan antrian gerbang tol Cibubur 1, didapatkan skema perencanaan gerbang tol Cibubur 1 pada Gambar 5.8



**Gambar 5.8 Skema Perencanaan Gerbang Tol Cibubur 1  
Tahun 2019**

## 2. Analisa Antrian pada gerbang tol Cibubur 2

Dengan panjang kendaraan golongan I = 7.3 m; golongan II = 10.7 m; golongan III = 13.5 m; golongan IV = 15.4 m; golongan V = 18.3 m

- GTO *Single* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 913$  kendaraan/jam  
 $\mu = 450$   
 $N = 2$  gardu (5 dan 7)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{913/2}{450 - (913/2)} = -70,92 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(913/2)^2}{450(450 - (913/2))} = -71,94 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (913/2)} \times 3600 = -559,41 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(913/2)}{450(450 - (913/2))} \times 3600 = -567,41 \text{ detik}$$

Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (2 gardu terbuka sehingga terdapat 2 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.21

**Tabel 5.21 : Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2  
GTO Single**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
2	8	-71.0	-518.3	-72.0	-525.6	-560.0	-568.0
3	8	3.0	21.9	2.0	14.6	25.0	17.0
4	8	2.0	14.6	1.0	7.3	17.0	9.0

Dari Tabel 5.21 nilai q kondisi saat ini (jumlah pintu 2) > 10 sehingga perlu penambahan 1 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai - (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

- GTO *Multi* (3 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 1188$  kendaraan/jam  
 $\mu = 450$   
 $N = 3$  gardu (1,3, dan 9)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{1188/3}{450 - (1188/3)} = 7,339 = 8 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(1188/3)^2}{450(450 - (1188/3))} = 6,459 = 7 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (1188/3)} \times 3600 = 66,72 = 67 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(1188/3)}{450(450 - (1188/3))} \times 3600 = 58,72 = 59 \text{ detik}$$

Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (3 gardu terbuka sehingga terdapat 3 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.22

**Tabel 5.22: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2  
GTO Multi**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
3	8	8.0	63	7.0	55	67.0	59.0
4	8	2.0	16	2.0	16	24.0	16.0
5	8	2.0	16	1.0	8	17.0	9.0

Dari Tabel 5.22 nilai  $q$  kondisi saat ini (jumlah pintu 3) < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada.

### 3. Analisa Antrian pada gerbang tol Cibubur 2 Satelite

Dengan panjang kendaraan golongan I = 7.3 m; golongan II = 10.7 m; golongan III = 13.5 m; golongan IV = 15.4 m; golongan V = 18.3 m

- GTO *Single* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 898$  kendaraan/jam  
 $\mu = 450$   
 $N = 2$  gardu (11 dan 13)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{898/2}{450 - (898/2)} = 474 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(898/2)^2}{450(450 - (841/2))} = 473 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (898/2)} \times 3600 = 3796 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(898/2)}{450(450 - (898/2))} \times 3600 = 3788 \text{ detik}$$

Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (2 gardu terbuka sehingga terdapat 2 lajur antrian yang terjadi selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.23

**Tabel 5.23: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2  
Satelite GTO Single**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
2	8	474.0	3460.2	473.0	3452.9	3796.0	3788.0
3	8	2.0	14.6	2.0	14.6	24.0	16.0
4	8	1.0	7.3	1.0	7.3	16.0	8.0

Dari Tabel 5.23 nilai q kondisi saat ini (jumlah pintu 2) > 10 sehingga perlu penambahan 1 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai - (minus) menunjukkan tingkat

kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

- GTO *Multi* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 783$  kendaraan/jam  
 $\mu = 450$   
 $N = 2$  gardu (11 dan 13)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{783/2}{450 - (783/2)} = 7 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(783/2)^2}{450(450 - (783/2))} = 6 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (783/2)} \times 3600 = 62 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(783/2)}{450(450 - (783/2))} \times 3600 = 54 \text{ detik}$$

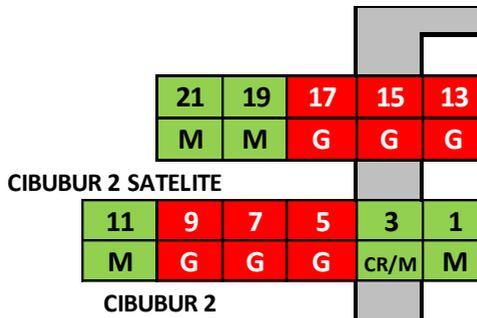
Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (2 gardu terbuka sehingga terdapat 2 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.24

**Tabel 5.24: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2  
Satelite GTO Single**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
2	8	7.0	55.0	6.0	47.0	62.0	54.0
3	8	2.0	16.0	1.0	8.0	20.0	12.0
4	8	1.0	8.0	1.0	8.0	15.0	7.0

Dari Tabel 5.24 nilai q kondisi saat ini (jumlah pintu 2) < 10 sehingga tidak perlu dilakukan penambahan gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada.

Berdasarkan hasil perhitungan antrian gerbang tol Cibubur 2 dan gerbang tol Cibubur 2 Satelite, didapatkan skema perencanaan gerbang tol Cibubur 2 dan gerbang tol Cibubur 2 Satelite pada Gambar 5.9



**Gambar 5.9 Skema Perencanaan Gerbang Tol Cibubur 2 dan Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite Tahun 2019**

## 5.5 Analisa Peramalan (*Forecasting*)

Analisa *forecasting* dilakukan untuk mengetahui kemampuan gerbang melayani kendaraan yang lewat dengan jumlah kendaraan yang meningkat dari tahun-tahun sebelumnya. Perkiraan peningkatan jumlah kendaraan pada gerbang tol diperhitungkan menggunakan data historis jumlah kendaraan dari tahun 2017 dan 2018 menggunakan aplikasi bantuan *Minitab* dengan metode *Time Series Decomposition*. Hasil dari peramalan lalu lintas kendaraan ini digunakan untuk mengetahui jumlah gardu yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada pada tahun 2024 dan 2029.

### 5.5.1 Analisa Tingkat Kedatangan pada Tahun 2024

Analisa tingkat kedatangan dilakukan dengan cara melakukan *forecasting time series* menggunakan aplikasi bantuan *Minitab*. *Forecasting* dilakukan pada data historis lalu lintas gerbang tol Cibubur tahun 2017 dan 2018 untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang melewati gerbang pada tahun 2024.

Hasil perhitungan analisa tingkat kedatangan kendaraan pada tahun 2024 pada gerbang tol yang ditinjau yaitu

1. Gerbang Tol Cibubur 1

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan pada tahun 2024 dilakukan forecasting dari data tahun-tahun sebelumnya menggunakan metode *Time Series Decomposition*.. Data volume lalu lintas tahun 2017 dan 2018 dapat dilihat pada Tabel 5.25 dan Tabel 5.26

**Tabel 5.25: Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2017**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	1.066.817
Februari	949.501
Maret	1.052.800
April	979.161
Mei	984.457
Juni	909.833
Juli	1.020.386
Agustus	1.009.615
September	990.826
Oktober	1.035.516
November	998.249
Desember	1.028.882
Total	12,026,043

(Sumber : Jasa Marga)

**Tabel 5.26: Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2018**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	1.163.102
Febuari	1.149.098
Maret	1.134.338
April	1.079.778
Mei	1.101.558
Juni	1.056.325
Juli	1.118.838
Agustus	1.124.347
September	1.037.649
Oktober	1.060.669
November	1.032.608
Desember	1.056.124
Total	13,114,434

(Sumber : Jasa Marga)

Hasil *forecasting* dengan metode *time series decomposition* dapat dilihat pada Gambar 5.10

## Time Series Decomposition for TK

### Method

Model type Multiplicative Model

Data TK

Length 24

NMissing 0

### Fitted Trend Equation

$$Y_t = 960645 + 6998 \times t$$

### Seasonal Indices

Period	Index
1	1.08298
2	1.06112
3	1.04098
4	0.98818
5	1.00582
6	0.96225
7	1.00854
8	0.98582
9	0.95647
10	0.9923
11	0.9483
12	0.96725

**Gambar 5.10 Hasil *Forecasting Time Series Decomposition* dari Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2017 dan 2018**

(Sumber : Aplikasi *Minitab*)

Berdasarkan hasil *forecasting* dari volume lalu lintas pada Gambar 5.10, maka dapat dihitung volume lalu lintas pada tahun 2019 yaitu sebagai berikut :

Volume lalu lintas bulanan =  $(960645 + 6998 \times \text{bulan ke-t})$   
 $\times$  faktor indeks

Contoh perhitungan volume lalu lintas pada bulan Januari tahun 2024, t = bulan ke 85 dari tahun 2017, i = 1,08298

Volume =  $(960645 + 6998 \times 85) \times 1,08298$   
 $= 1.684.536$  kendaraan

Data volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 1 tahun 2024 dapat dilihat pada Tabel 5.27.

**Tabel 5.27: Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2024**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	1.684.536
Februari	1.657.953
Maret	1.633.775
April	1.557.816
Mei	1.592.658
Juni	1.530.402
Juli	1.611.089
Agustus	1.581.686
September	1.541.295
Oktober	1.605.976
November	1.541.400
Desember	1.578.975
Total	19.117.561

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan per arus jam puncak, maka jumlah kendaraan per tahun harus dibagi 365 hari untuk mendapatkan volume lalu lintas harian  $19.117.561/365$  hari = 52.376,88 kendaraan/hari. Agar menjadi arus jam puncak maka lalu lintas harian perlu dikali faktor k (0,11), sehingga  $52.376,88 \times 0,11 = 5.762$  kendaraan/jam = 721 kendaraan/jam/gardu. Dengan pembagian GTO Multi (29,42%

dari total tingkat kedatangan) = 1.695 kendaraan/jam; GTO Single (70,58% dari total tingkat kedatangan) = 4.067 kendaraan/jam.

## 2. Gerbang Tol Cibubur 2

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan pada tahun 2024 dilakukan forecasting dari data tahun-tahun sebelumnya menggunakan metode *Time Series Decomposition*.. Data volume lalu lintas tahun 2017 dan 2018 dapat dilihat pada Tabel 5.28 dan Tabel 5.29

**Tabel 5.28: Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2017**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	538.608
Februari	474.506
Maret	518.993
April	492.788
Mei	481.463
Juni	450.416
Juli	515.659
Agustus	495.188
September	491.120
Oktober	510.712
November	497.047
Desember	513.861
Total	5.980.361

(Sumber : Jasa Marga)

**Tabel 5.29: Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2018**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	571.122
Febuari	569.507
Maret	571.573
April	539.191
Mei	546.610
Juni	525.375
Juli	555.531
Agustus	561.964
September	506.894
Oktober	526.437
November	512.949
Desember	524.557
Total	6.511.710

(Sumber : Jasa Marga)

Hasil *forecasting* volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 2 tahun 2017 dan 2018 dapat dilihat pada Gambar 5.11

## Time Series Decomposition for TK2

### Method

Model type: Multiplicative Model

Data TK2

Length 24

NMissing 0

### Fitted Trend Equation

$Y_t = 478691 + 3365 \times t$

### Seasonal Indices

Period	Index
1	1.06947
2	1.05759
3	1.05464
4	0.99248
5	1.00368
6	0.96272
7	1.02524
8	0.97418
9	0.95455
10	0.98469
11	0.94977
12	0.971

**Gambar 5.11 Hasil *Forecasting Time Series Decomposition* dari Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2017 dan 2018**

(Sumber : Aplikasi *Minitab*)

Berdasarkan hasil *forecasting* dari volume lalu lintas pada gambar 5.11, maka dapat dihitung volume lalu lintas pada tahun 2019 yaitu sebagai berikut :

$$\text{Volume lalu lintas bulanan} = (957381 + 6731 \times \text{bulan ke-t}) \\ \times \text{faktor indeks}$$

Contoh perhitungan volume lalu lintas pada bulan Januari tahun 2019, t = bulan ke 85 dari tahun 2017, i = 1,06947

$$\text{Volume} = (957381 + 6731 \times 85) \times 1,06947 \\ = 1.635.754 \text{ kendaraan}$$

Data volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 2 tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 5.30

**Tabel 5.30: Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2  
Tahun 2024**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	817.878
Febuari	812.350
Maret	813.639
April	769.016
Mei	781.077
Juni	752.438
Juli	804.752
Agustus	767.953
September	755.694
Oktober	782.865
November	758.304
Desember	778.519
Total	9.394.485

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan per arus jam puncak, maka jumlah kendaraan per tahun harus dibagi 365 hari untuk mendapatkan volume lalu lintas harian  $9.394.485/365 \text{ hari} = 25.738,32 \text{ kendaraan/hari}$ . Agar menjadi arus jam puncak maka lalu lintas harian perlu dikali faktor k (0,11),

sehingga  $25.738,32 \times 0,11 = 2.832$  kendaraan/jam = 567 kendaraan/jam/gardu. Dengan pembagian GTO Multi (56,55% dari total tingkat kedatangan) = 1.602 kendaraan/jam; GTO Single (43,45% dari total tingkat kedatangan) = 1.230 kendaraan/jam.

### 3. Gerbang Tol Cibubur 2

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan pada tahun 2024 dilakukan forecasting dari data tahun-tahun sebelumnya menggunakan metode *Time Series Decomposition*.. Data volume lalu lintas tahun 2017 dan 2018 dapat dilihat pada Tabel 5.31 dan Tabel 5.32

**Tabel 5.31: Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Satellite Tahun 2017**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	430,886
Februari	379,605
Maret	415,194
April	394,230
Mei	385,170
Juni	360,333
Juli	412,527
Agustus	396,150
September	392,896
Oktober	408,570
November	397,638
Desember	411,089
Total	4,784,289

**Tabel 5.32: Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2  
Satelite Tahun 2018**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	456,898
Febuari	455,606
Maret	457,258
April	431,353
Mei	437,288
Juni	420,300
Juli	444,425
Agustus	449,571
September	405,515
Oktober	421,150
November	410,359
Desember	419,646
Total	5,209,368

Hasil *forecasting* volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 2 tahun 2017 dan 2018 dapat dilihat pada Gambar 5.12

## Time Series Decomposition for TK 2 SA

### Method

Model type: Multiplicative Model

Data: TK 2 SA

Length: 24

NMissing: 0

### Fitted Trend Equation

$$Y_t = 382953 + 2692 \times t$$

### Seasonal Indices

Period	Index
1	1.06947
2	1.05759
3	1.05464
4	0.99248
5	1.00368
6	0.96272
7	1.02524
8	0.97418
9	0.95455
10	0.98469
11	0.94977
12	0.971

**Gambar 5.12 Hasil *Forecasting Time Series Decomposition* dari Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Satellite Tahun 2017 dan 2018**

(Sumber : Aplikasi *Minitab*)

Berdasarkan hasil *forecasting* dari volume lalu lintas pada gambar 5.12, maka dapat dihitung volume lalu lintas pada tahun 2019 yaitu sebagai berikut :

$$\text{Volume lalu lintas bulanan} = (382953 + 2692 \times \text{bulan ke-t})$$

Data volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 2 Satellite tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 5.33

**Tabel 5.33: Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Satellite Tahun 2024**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	654,302
Febuari	649,880
Maret	650,911
April	615,213
Mei	624,861
Juni	601,951
Juli	643,802
Agustus	614,362
September	604,555
Oktober	626,292
November	606,643
Desember	622,815
Total	7,515,587

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan per arus jam puncak, maka jumlah kendaraan per tahun harus dibagi 365 hari untuk mendapatkan volume lalu lintas harian  $7,515,587 / 365 \text{ hari} = 20.590,65 \text{ kendaraan/hari}$ . Agar menjadi arus jam puncak maka lalu lintas harian perlu dikali faktor  $k (0,11)$ , sehingga  $20.590,65 \times 0,11 = 2265 \text{ kendaraan/jam} = 453 \text{ kendaraan/jam/gardu}$ .

Untuk mendapatkan proporsi golongan kendaraan I pada GTO *Single* dan *Multi*, digunakan tingkat kedatangan per gardu

pada gerbang tol Cibubur 2. Diketahui tingkat kedatangan gerbang tol Cibubur 2 GTO *Single* = 654 kendaraan/jam = 327 kendaraan/jam/gardu; GTO *Multi* = 851 kendaraan/jam = 284 kendaraan/jam/gardu kemudian dikonversi ke golongan I =  $97.88\% \times 284 = 278$  kendaraan/jam/gardu. Setelah itu dicari proporsi kendaraan golongan I dengan membandingkan nilai tingkat kedatangan kendaraan per gardu dari masing-masing jenis GTO dengan nilai tingkat kedatangan per gardu total. Proporsi kendaraan golongan I GTO *Single* didapatkan  $(327/(327+278)) \times 100 = 54.07\%$  ; Proporsi kendaraan golongan I GTO *Multi* didapatkan  $(278/(327+278) \times 100) = 45.93\%$ .

Kemudian didapatkan nilai tingkat kedatangan untuk GTO *Single* 1210 kendaraan/jam; untuk GTO *Multi* 1055 kendaraan/ jam

### 5.5.2 Analisa Intesitas pada Tahun 2024

Intensitas Lalu Lintas ( $\rho$ ) adalah perbandingan Tingkat Kedatangan ( $\lambda$ ) dan Tingkat Pelayanan ( $\mu$ ) yang memiliki persyaratan bahwa nilai tersebut selalu harus lebih kecil dari 1. Analisa Intensitas dilakukan menggunakan waktu pelayanan rata-rata saat ini pada setiap gerbang yang dianalisa.

#### 1. Gerbang Tol Cibubur 1

Pada tahun 2024 direncanakan untuk GTO *Single* digabung dengan gardu tol *On Board Unit* karena melihat hingga saat ini gardu tol *On Board Unit* masih sepi peminat dan gardu tol *On Board Unit* dapat digabung dengan GTO *Single*. Perencanaan gerbang menggunakan proporsi kendaraan 72,9% golongan I untuk GTO *Single*, dan 27,1% golongan I, II, III, IV, dan V masuk ke GTO *Multi*

- Gardu Tol Otomatis *Single* (5 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan  
S

$$\begin{aligned}\lambda &= 4.067 \text{ kendaraan/jam} \\ N &= 5 \text{ gardu (4,6,8,10, dan 12)}\end{aligned}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{4.067/5}{450} = 1,356 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

- Gardu Tol Otomatis *Multi* (3 gardu)
- Menggunakan WP = 9 detik/kendaraan

$$\begin{aligned}\lambda &= 1.695 \text{ kendaraan/jam} \\ N &= 3 \text{ gardu (2,14, dan 16)}\end{aligned}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{9} = 400$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{1695/3}{400} = 1,412 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

## 2. Gerbang Tol Cibubur 2

Pada tahun 2024 direncanakan untuk GTO *Single* digabung dengan gardu tol *On Board Unit* karena melihat hingga saat ini gardu tol *On Board Unit* masih sepi peminat dan gardu tol *On Board Unit* dapat digabung dengan GTO *Single*. Perencanaan gerbang menggunakan proporsi kendaraan 43,98% golongan I untuk GTO *Single*, dan 56,02% golongan I, II, III, IV, dan V masuk ke GTO *Multi*

- Gardu Tol Otomatis *Single* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan  
 $\lambda = 1230$  kendaraan/jam  
 $N = 2$  gardu (5 dan 7)

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{1230/5}{450} = 1,367 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

- Gardu Tol Otomatis *Multi* (3 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

$$\lambda = 1.602 \text{ kendaraan/jam}$$

$$N = 3 \text{ gardu (1,3, dan 9)}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{1602/3}{450} = 1,186 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

### 3. Gerbang Tol Cibubur 2 Salite

Pada tahun 2024 direncanakan untuk GTO *Single* digabung dengan gardu tol *On Board Unit* karena melihat hingga saat ini gardu tol *On Board Unit* masih sepi peminat dan gardu tol *On Board Unit* dapat digabung dengan GTO *Single*.

- Gardu Tol Otomatis *Single* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan  
 $\lambda = 1210$  kendaraan/jam  
 $N = 2$  gardu (11 dan 13)

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{1210/5}{450} = 1,345 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

- Gardu Tol Otomatis *Multi* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

$$\begin{aligned}\lambda &= 1055 \text{ kendaraan/jam} \\ N &= 2 \text{ gardu (15 dan 17)}\end{aligned}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{1055/3}{450} = 1.172 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

### 5.5.3 Analisa Antrian pada Gerbang Tol (Antrian FIFO) pada Tahun 2024

Analisa antrian dilakukan agar kita dapat melihat seberapa panjang antrian secara hitungan dan dapat melihat jumlah gardu yang dibutuhkan pada tabel hasil analisa. Analisa antrian dilakukan menggunakan waktu pelayanan rata-rata saat ini pada setiap gerbang yang dianalisa

## 1. Analisa Antrian pada gerbang tol Cibubur 1

Dengan panjang kendaraan golongan I = 7.3 m; golongan II = 10.7 m; golongan III = 13.5 m; golongan IV = 15.4 m; golongan V = 18.3 m

- GTO *Single* (5 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 4.067$  kendaraan/jam

$\mu = 450$

$N = 5$  gardu (4,6,8,10, dan 12)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{4067/5}{450 - (4067/5)} = -3,81 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(4067/5)^2}{450(450 - (4067/5))} = -5,16 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (4067/5)} \times 3600 = -16,868 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(4067/5)}{450(450 - (4067/5))} \times 3600 = -22,868 \text{ detik}$$

Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (5 gardu terbuka sehingga terdapat 5 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.34

**Tabel 5.34: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 1  
GTO Single**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
5	8	-3.0	-21.9	-5.0	-36.5	-10.0	-18.0
6	8	-3.0	-21.9	-5.0	-36,5	-16.0	-24.0
7	8	-5.0	-36.5	-6.0	-43.8	-28.0	-36.0
8	8	-9.0	-65.7	-10.0	-73	-62.0	-70.0
9	8	-239.0	-1745	-240.0	-1752	-1897.0	-1905.0
10	8	10.0	73	9.0	65.7	84.0	76.0

Dari Tabel 5.34 nilai q kondisi saat ini (jumlah pintu 5) > 10 sehingga perlu penambahan 5 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai – (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

- GTO *Multi* (3 gardu)
- Menggunakan WP = 9 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 1695$  kendaraan/jam  
 $\mu = 400$   
 $N = 3$  gardu (2,14, dan 16)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{1695/3}{400 - (1695/3)} = -4 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(1695/3)^2}{400(400 - (1695/3))} = -5 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{400 - (1695/3)} \times 3600 = -22 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(1695/3)}{400(400 - (1695/3))} \times 3600 = -31 \text{ detik}$$

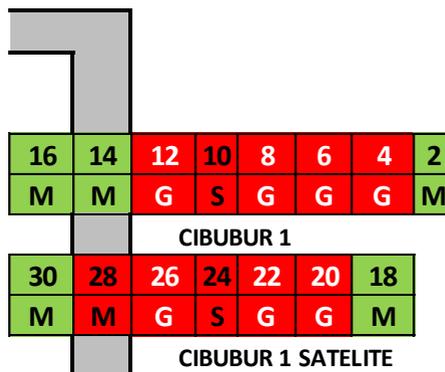
Pada WP 9 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 9 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (3 gardu terbuka sehingga terdapat 3 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.35

**Tabel 5.35: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 1  
GTO Multi**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
3	9	-4	-32	-5	-39	-22	-31
4	9	-18	-141	-19	148	-152	-161
5	9	6	47	5	39	60	51

Dari Tabel 5.35 nilai q kondisi saat ini (jumlah pintu 3) > 10 sehingga perlu penambahan 2 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai – (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

Berdasarkan hasil perhitungan antrian gerbang tol Cibubur 1 Tahun 2024, didapatkan skema perencanaan gerbang tol Cibubur 1 Tahun 2024 pada Gambar 5.13



**Gambar 5.13 Skema Perencanaan Gerbang Tol Cibubur 1  
Tahun 2024**

## 2. Analisa Antrian pada gerbang tol Cibubur 2

Dengan panjang kendaraan golongan I = 7.3 m; golongan II = 10.7 m; golongan III = 13.5 m; golongan IV = 15.4 m; golongan V = 18.3 m

- GTO *Single* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 1230$  kendaraan/jam  
 $\mu = 450$   
 $N = 2$  gardu (5 dan 7)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{1230/2}{450 - (1230/2)} = -3,72 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(1230/2)^2}{450(450 - (1230/2))} = -5,09 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (1230/2)} \times 3600 = -21,786 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(1230/2)}{450(450 - (1230/2))} \times 3600 = -29,786 \text{ detik}$$

Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (2 gardu terbuka sehingga terdapat 2 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.36

**Tabel 5.36: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2  
GTO Single**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
2	8	-4.0	-29.2	-6.0	-43.8	-22.0	-30.0
3	8	11.0	80.3	10.0	73	91.0	83.0
4	8	3.0	21.9	2.0	14.6	26.0	18.0

Dari Tabel 5.36 nilai  $q$  kondisi saat ini (jumlah pintu 2) > 10 sehingga perlu penambahan 1 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai – (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

- GTO *Multi* (3 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 1602$  kendaraan/jam  
 $\mu = 450$   
 $N = 3$  gardu (1,3, dan 9)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{1602/3}{450 - (932/3)} = -6,36 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(1602/3)^2}{450(450 - (1602/3))} = -7,55 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (932/3)} \times 3600 = -42,94 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(1213/3)}{450(450 - (1213/3))} \times 3600 = -50,94 \text{ detik}$$

Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (3 gardu terbuka sehingga terdapat 3 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.37

**Tabel 5.37: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2  
GTO Multi**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
3	8	-7.0	-55	-8.0	-63	-43.0	-51.0
4	8	9.0	71	8.0	63	73.0	65.0
5	8	3.0	24	2.0	16	28.0	20.0

Dari Tabel 5.37 nilai q kondisi saat ini (jumlah pintu 3) > 10 sehingga perlu penambahan 1 gardu untuk menampung volume

kendaraan yang ada. Nilai – (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

### 3. Analisa Antrian pada gerbang tol Cibubur 2 Satellite

Dengan panjang kendaraan golongan I = 7.3 m; golongan II = 10.7 m; golongan III = 13.5 m; golongan IV = 15.4 m; golongan V = 18.3 m

- GTO *Single* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 1210$  kendaraan/jam  
 $\mu = 450$   
 $N = 2$  gardu (11 dan 13)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{1210/2}{450 - (1210/2)} = -4 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(1210/2)^2}{450(450 - (1210/2))} = -6 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (1210/2)} \times 3600 = -24 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(1210/2)}{450(450 - (1210/2))} \times 3600 = -32 \text{ detik}$$

Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (2 gardu terbuka sehingga terdapat 2 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.38

**Tabel 5.38: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2  
Satelite GTO Single**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
2	8	-4.0	-29.2	-6.0	-43.8	-24.0	-32.0
3	8	9.0	65.7	8.0	58.4	78.0	70.0
4	8	3.0	21.9	2.0	14.6	25.0	17.0

Dari Tabel 5.38 nilai q kondisi saat ini (jumlah pintu 2) > 10 sehingga perlu penambahan 1 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai – (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

- GTO *Multi* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 1055$  kendaraan/jam  
 $\mu = 450$   
 $N = 2$  gardu (15 dan 17)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{1055/2}{450 - (1055/2)} = -7 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(1055/2)^2}{450(450 - (1055/2))} = -8 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (1055/2)} \times 3600 = -47 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(1055/2)}{450(450 - (1055/2))} \times 3600 = -55 \text{ detik}$$

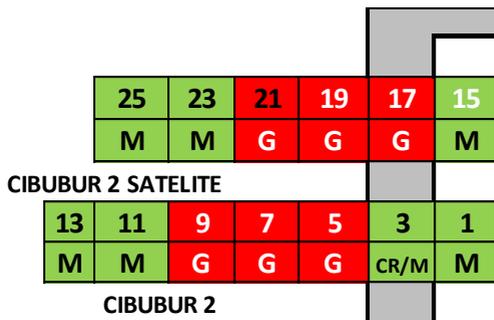
Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (2 gardu terbuka sehingga terdapat 2 lajur antrian yang terjadi selengkapya dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 5.39: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2  
Satelite GTO Single**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
2	8	-7.0	-55.0	-8.0	-63.0	-47.0	-55.0
3	8	4.0	32.0	3.0	24.0	37.0	29.0
4	8	2.0	16.0	1.0	8.0	20.0	12.0

Dari Tabel 5.39 nilai  $q$  kondisi saat ini (jumlah pintu 2) > 10 sehingga perlu penambahan 1 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai – (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

Berdasarkan hasil perhitungan antrian gerbang tol Cibubur 2 dan gerbang tol Cibubur 2 Satelite tahun 2024, didapatkan skema perencanaan gerbang tol Cibubur 2 dan gerbang tol Cibubur 2 Satelite pada Gambar 5.14



**Gambar 5.14 Skema Perencanaan Gerbang Tol Cibubur 2  
dan Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite Tahun 2024**

#### **5.5.4 Analisa Tingkat Kedatangan pada Tahun 2029**

Analisa tingkat kedatangan dilakukan dengan cara melakukan *forecasting time series* menggunakan aplikasi batuan *Minitab*. *Forecasting* dilakukan pada data historis lalu lintas gerbang tol Cibubur tahun 2017 dan 2018 untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang melewati gerbang pada tahun 2029.

Hasil perhitungan analisa tingkat kedatangan kendaraan pada tahun 2024 pada gerbang tol yang ditinjau yaitu :

1. Gerbang Tol Cibubur 1

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan pada tahun 2029 dilakukan *forecasting* dari data tahun-tahun sebelumnya menggunakan metode *Time Series Decomposition*. Hasil *forecasting* dengan metode *time series decompositon* dapat dilihat pada Gambar 5.15

## Time Series Decomposition for TK

### Method

Model type: Multiplicative Model

Data: TK

Length: 24

NMissing: 0

### Fitted Trend Equation

$$Y_t = 960645 + 6998 \times t$$

### Seasonal Indices

Period	Index
1	1.08298
2	1.06112
3	1.04098
4	0.98818
5	1.00582
6	0.96225
7	1.00854
8	0.98582
9	0.95647
10	0.9923
11	0.9483
12	0.96725

**Gambar 5.15 Hasil *Forecasting Time Series Decomposition* dari Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2017 dan 2018**

(Sumber : Aplikasi *Minitab*)

Berdasarkan hasil *forecasting* dari volume lalu lintas, maka dapat dihitung volume lalu lintas pada tahun 2029 yaitu sebagai berikut :

$$\text{Volume lalu lintas bulanan} = (960645 + 6998 \times \text{bulan ke-t}) \times \text{faktor indeks}$$

Contoh perhitungan volume lalu lintas pada bulan Januari tahun 2024, t = bulan ke 145 dari tahun 2017, i = 1,08298

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= (960645 + 6998 \times 145) \times 1,08298 \\ &= 2.139.246 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Data volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 1 tahun 2029 dapat dilihat pada tabel 5.40

**Tabel 5.40: Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2029**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	2.139.246
Februari	2.103.483
Maret	2.070.850
April	1.972.720
Mei	2.014.968
Juni	1.934.419
Juli	2.034.544
Agustus	1.995.599
September	1.942.886
Oktober	2.022.612
November	1.939.560
Desember	1.985.093
Total	24.155.980

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan per arus jam puncak, maka jumlah kendaraan per tahun harus dibagi 365 hari untuk mendapatkan volume lalu lintas harian  $24.155.980/365 \text{ hari} = 66.180,77 \text{ kendaraan/hari}$ . Agar menjadi arus jam puncak maka lalu lintas harian perlu dikali dengan faktor

k (0,11), sehingga  $66.180,77 \times 0,11 = 7.280$  kendaraan/jam = 910 kendaraan/jam/gardu. Dengan pembagian GTO Multi (29,42% dari total tingkat kedatangan) = 2.141 kendaraan/jam; GTO Single (70,58% dari total tingkat kedatangan) = 5.139 kendaraan/jam.

## 2. Gerbang Tol Cibubur 2

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan pada tahun 2029 dilakukan forecasting dari data tahun-tahun sebelumnya menggunakan metode *Time Series Decomposition*. Hasil *forecasting* volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 2 tahun 2017 dan 2018 dapat dilihat pada Gambar 5.16

## Time Series Decomposition for TK2

### Method

Model type: Multiplicative Model

Data: TK2

Length: 24

NMissing: 0

### Fitted Trend Equation

$$Y_t = 478691 + 3365 \times t$$

### Seasonal Indices

Period	Index
1	1.06947
2	1.05759
3	1.05464
4	0.99248
5	1.00368
6	0.96272
7	1.02524
8	0.97418
9	0.95455
10	0.98469
11	0.94977
12	0.971

**Gambar 5.16 Hasil *Forecasting Time Series Decomposition* dari Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2017 dan 2018**

(Sumber : Aplikasi *Minitab*)

Berdasarkan hasil *forecasting* dari volume lalu lintas pada Tabel 5.35, maka dapat dihitung volume lalu lintas pada tahun 2019 yaitu sebagai berikut :

$$\text{Volume lalu lintas bulanan} = (478691 + 3365 \times \text{bulan ke-t}) \\ \times \text{faktor indeks}$$

Contoh perhitungan volume lalu lintas pada bulan Januari tahun 2019, t = bulan ke 145 dari tahun 2017, i = 1,06947

$$\text{Volume} = (478691 + 3365 \times 145) \times 1,06947 \\ = 1.033.830 \text{ kendaraan}$$

Data volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 2 tahun 2029 dapat dilihat pada Tabel 5.41

**Tabel 5.41: Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2  
Tahun 2029**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	1.033.830
Febuari	1.025.903
Maret	1.026.597
April	969.422
Mei	983.745
Juni	946.835
Juli	1.011.772
Agustus	964.663
September	948.442
Oktober	981.698
November	950.086
Desember	974.588
Total	11.817.581

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan per arus jam puncak, maka jumlah kendaraan per tahun harus dibagi 365 hari untuk mendapatkan volume lalu lintas harian  $11.817.581/365 \text{ hari} = 32.376,93 \text{ kendaraan/hari}$ . Agar menjadi arus jam puncak maka lalu lintas harian perlu dikali faktor k (0,11),

sehingga  $32.376,93 \times 0,11 = 3.562$  kendaraan/jam = 713 kendaraan/jam/gardu. Dengan pembagian GTO Multi (56,55% dari total tingkat kedatangan) = 2.014 kendaraan/jam; GTO Single (43,45% dari total tingkat kedatangan) = 1.548 kendaraan/jam.

### 3. Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan pada tahun 2029 dilakukan forecasting dari data tahun-tahun sebelumnya menggunakan metode *Time Series Decomposition*. Hasil *forecasting* volume lalu lintas gerbang tol Cibubur 2 tahun 2017 dan 2018 dapat dilihat pada Tabel 5.42

**Tabel 5.42: Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2029**

Bulan	Jumlah Kendaraan
Januari	827,064
Februari	820,723
Maret	821,278
April	775,537
Mei	786,996
Juni	757,468
Juli	809,418
Agustus	771,731
September	758,753
Oktober	785,358
November	760,069
Desember	779,670
Total	9,454,065

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan per arus jam puncak, maka jumlah kendaraan per tahun harus dibagi 365 hari untuk mendapatkan volume lalu lintas harian  $9.454.065/365 \text{ hari} = 25.901,55$  kendaraan/hari. Agar menjadi arus jam puncak maka lalu lintas harian perlu dikali faktor  $k$  (0,11),

sehingga  $25.901,55 \times 0,11 = 2850$  kendaraan/jam = 570 kendaraan/jam/gardu.

Untuk mendapatkan proporsi golongan kendaraan I pada GTO *Single* dan *Multi*, digunakan tingkat kedatangan per gardu pada gerbang tol Cibubur 2. Diketahui tingkat kedatangan gerbang tol Cibubur 2 GTO *Single* = 654 kendaraan/jam = 327 kendaraan/jam/gardu; GTO *Multi* = 851 kendaraan/jam = 284 kendaraan/jam/gardu kemudian dikonversi ke golongan I =  $97.88\% \times 284 = 278$  kendaraan/jam/gardu. Setelah itu dicari proporsi kendaraan golongan I dengan membandingkan nilai tingkat kedatangan kendaraan per gardu dari masing-masing jenis GTO dengan nilai tingkat kedatangan per gardu total. Proporsi kendaraan golongan I GTO *Single* didapatkan  $(327/(327+278)) \times 100 = 54.07\%$  ; Proporsi kendaraan golongan I GTO *Multi* didapatkan  $(278/(327+278) \times 100) = 45.93\%$ .

Kemudian didapatkan nilai tingkat kedatangan untuk GTO *Single* 1523 kendaraan/jam; untuk GTO *Multi* 1327 kendaraan/ jam

### 5.5.5 Analisa Intesitas pada Tahun 2029

Intensitas Lalu Lintas ( $\rho$ ) adalah perbandingan Tingkat Kedatangan ( $\lambda$ ) dan Tingkat Pelayanan ( $\mu$ ) yang memiliki persyaratan bahwa nilai tersebut selalu harus lebih kecil dari 1. Analisa Intensitas dilakukan menggunakan waktu pelayanan rata-rata saat ini pada setiap gerbang yang dianalisa.

#### 1. Gerbang Tol Cibubur 1

Pada tahun 2029 direncanakan untuk GTO *Single* digabung dengan gardu tol *On Board Unit* karena melihat hingga saat ini gardu tol *On Board Unit* masih sepi peminat dan gardu tol *On Board Unit* dapat digabung dengan GTO *Single*. Perencanaan gerbang menggunakan proporsi kendaraan 72,9% golongan I untuk

GTO *Single*, dan 27,1% golongan I, II, III, IV, dan V masuk ke GTO *Multi*

- Gardu Tol Otomatis *Single* (5 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

$$\begin{aligned}\lambda &= 5.139 \text{ kendaraan/jam} \\ N &= 5 \text{ gardu (4,6,8,10, dan 12)}\end{aligned}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{5.139/5}{450} = 2,283 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

- Gardu Tol Otomatis *Multi* (3 gardu)
- Menggunakan WP = 9 detik/kendaraan

$$\begin{aligned}\lambda &= 2141 \text{ kendaraan/jam} \\ N &= 3 \text{ gardu (2,14, dan 16)}\end{aligned}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{9} = 400$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{2141/3}{400} = 1,785 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

## 2. Gerbang Tol Cibubur

Pada tahun 2029 direncanakan untuk GTO *Single* digabung dengan gardu tol *On Board Unit* karena melihat hingga saat ini gardu tol *On Board Unit* masih sepi peminat dan gardu tol *On Board Unit* dapat digabung dengan GTO *Single*. Perencanaan gerbang menggunakan proporsi kendaraan 43,98% golongan I untuk GTO *Single*, dan 56,02% golongan I, II, III, IV, dan V masuk ke GTO *Multi*

- Gardu Tol Otomatis *Single* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

$$\lambda = 1548 \text{ kendaraan/jam}$$

$$N = 2 \text{ gardu (5 dan 7)}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{1548/5}{450} = 1,719 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

- Gardu Tol Otomatis *Multi* (3 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

$$\lambda = 2.014 \text{ kendaraan/jam}$$

$$N = 3 \text{ gardu (1,3, dan 9)}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{2014/3}{450} = 1,492 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

### 3. Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite

Pada tahun 2029 direncanakan untuk GTO *Single* digabung dengan gardu tol *On Board Unit* karena melihat hingga saat ini gardu tol *On Board Unit* masih sepi peminat dan gardu tol *On Board Unit* dapat digabung dengan GTO *Single*.

- Gardu Tol Otomatis *Single* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

$$\lambda = 1523 \text{ kendaraan/jam}$$

$$N = 2 \text{ gardu (11 dan 13)}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{1523/5}{450} = 1.692 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

- Gardu Tol Otomatis *Multi* (2 gardu)
- Menggunakan  $WP = 8$  detik/kendaraan  
 $\lambda = 1327$  kendaraan/jam  
 $N = 2$  gardu (15 dan 17)

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{3600}{8} = 450$$

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{1327/5}{450} = 1.72 > 1$$

Dengan  $\rho > 1$ , berarti intensitas lalu lintas yang terjadi sudah tidak bisa menampung kendaraan yang ada

### 5.5.6 Analisa Antrian pada Gerbang Tol (Antrian FIFO) pada Tahun 2029

Analisa antrian dilakukan agar kita dapat melihat seberapa panjang antrian secara hitungan dan dapat melihat jumlah gardu yang dibutuhkan pada tabel hasil analisa. Analisa antrian dilakukan menggunakan waktu pelayanan rata-rata saat ini pada setiap gerbang yang dianalisa

#### 1. Analisa Antrian pada gerbang tol Cibubur 1

Dengan panjang kendaraan golongan I = 5,8 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m

- GTO *Single* (5 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 5.139$  kendaraan/jam

$\mu = 450$

$N = 5$  gardu (4,6,8,10, dan 12)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{5139/5}{450 - (5139/5)} = -1778 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(5139/5)^2}{450(450 - (5139/5))} = -4,063 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (5139/5)} \times 3600 = -6,23 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(5139/5)}{450(450 - (5139/5))} \times 3600 = -14,23 \text{ detik}$$

Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (5 gardu terbuka sehingga terdapat 5 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.43

**Tabel 5.43: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 1  
GTO Single**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
5	8	-2.0	-14.6	-5.0	-36.5	-7.0	-15.0
10	8	-9.0	-65.7	-10.0	-73	-57.0	-65.0
11	8	-28.0	-204.4	-29.0	-211.7	-211.0	-219.0
12	8	20.0	146	19.0	138.7	166.0	158.0
13	8	8.0	58.4	7.0	51.1	66.0	58.0

Dari Tabel 5.43 nilai q kondisi saat ini ( jumlah pintu 5 ) > 10 sehingga perlu penambahan 8 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai - (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

- GTO *Multi* (3 gardu)
- Menggunakan WP = 9 detik/kendaraan  
Diketahui :  $\lambda = 2141$  kendaraan/jam  
 $\mu = 400$   
 $N = 3$  gardu (2,14, dan 16)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{2141/3}{400 - (2141/3)} = -3 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(2141/3)^2}{400(400 - (2141/3))} = -5 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{400 - (2141/3)} \times 3600 = -12 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(2141/3)}{400(400 - (2141/3))} \times 3600 = -21 \text{ detik}$$

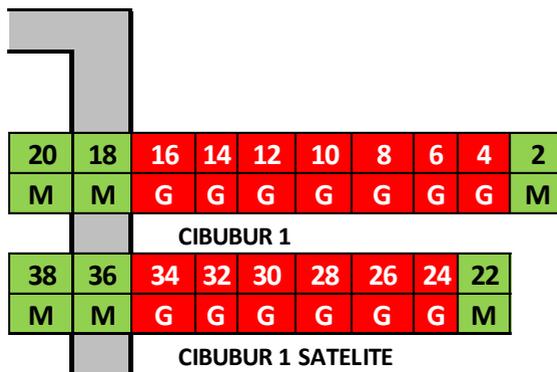
Pada WP 9 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 9 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (5 gardu terbuka sehingga terdapat 5 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.44

**Tabel 5.44: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 1  
GTO Multi**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
3	9	-3	-24	-5	-39	-12	-21
4	9	-4	-32	-6	-47	-27	-36
5	9	-16	-125	-17	-133	-128	-137
6	9	9	71	8	63	84	75

Dari Tabel 5.44 nilai q kondisi saat ini (jumlah pintu 3) > 10 sehingga perlu penambahan 3 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai – (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

Berdasarkan hasil perhitungan antrian gerbang tol Cibubur 1 tahun 2029, didapatkan skema perencanaan gerbang tol Cibubur 1 Tahun 2029 pada Gambar 5.17



**Gambar 5.17 Skema Perencanaan Gerbang Tol 1 Tahun 2029**

## 2. Analisa Antrian pada gerbang tol Cibubur 2

Dengan panjang kendaraan golongan I = 5,8 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m

- GTO *Single* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 1548$  kendaraan/jam  
 $\mu = 450$   
 $N = 2$  gardu (5 dan 7)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{1548/2}{450 - (1548/2)} = -4,45 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(1548/2)^2}{450(450 - (1548/2))} = -5,7 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (1548/2)} \times 3600 = -20,71 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(1548/2)}{450(450 - (1548/2))} \times 3600 = -26,71 \text{ detik}$$

Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (2 gardu terbuka sehingga terdapat 2 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.45

**Tabel 5.45: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2  
GTO Single**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
2	8	-3.0	-21.9	-5.0	-36.5	-12.0	-20.0
3	8	-8.0	-58.4	-9.0	-65.7	-55.0	-63.0
4	8	7.0	51.1	6.0	43.8	58.0	50.0

Dari Tabel 5.45 nilai q kondisi saat ini (jumlah pintu 2) > 10 sehingga perlu penambahan 2 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai – (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

- GTO *Multi* (3 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 2014$  kendaraan/jam  
 $\mu = 450$   
 $N = 3$  gardu (1,3, dan 9)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{2014/3}{450 - (2014/3)} = -3,03 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(2014/3)^2}{450(450 - (2014/3))} = -4,52 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (2014/3)} \times 3600 = -16,25 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(2014/3)}{450(450 - (2014/3))} \times 3600 = -24,25 \text{ detik}$$

Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (3 gardu terbuka sehingga terdapat 3 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.46

**Tabel 5.46: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2  
GTO Multi**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
3	8	-4.0	-32	-5.0	-39	-17.0	-25.0
4	8	-10.0	-78	-11.0	-86	-68.0	-76.0
5	8	9.0	71	8.0	63	77.0	69.0

Dari Tabel 5.46 nilai  $q$  kondisi saat ini (jumlah pintu 3) > 10 sehingga perlu penambahan 2 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai – (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

### 3. Analisa Antrian pada gerbang tol Cibubur 2 Satellite

Dengan panjang kendaraan golongan I = 5,8 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m

- GTO *Single* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 1523$  kendaraan/jam  
 $\mu = 450$   
 $N = 2$  gardu (11 dan 13)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{1523/2}{450 - (1523/2)} = -3 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(1523/2)^2}{450(450-(1425/2))} = -5 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (1523/2)} \times 3600 = -12 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(1523/2)}{450(450-(1523/2))} \times 3600 = -20 \text{ detik}$$

Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (2 gardu terbuka sehingga terdapat 2 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.47

**Tabel 5.47: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2  
Satelite GTO Single**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
2	8	-3.0	-21.9	-5.0	-36.5	-12.0	-20.0
3	8	-9.0	-65.7	-10.0	-73.0	-63.0	-71.0
4	8	6.0	43.8	5.0	36.5	52.0	44.0

Dari Tabel 5.47 nilai q kondisi saat ini (jumlah pintu 2) > 10 sehingga perlu penambahan 2 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai - (minus) menunjukkan tingkat

kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

- GTO *Multi* (2 gardu)
- Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan

Diketahui :  $\lambda = 1327$  kendaraan/jam  
 $\mu = 450$   
 $N = 2$  gardu (15 dan 17)

$$n = \frac{\lambda/N}{\mu - (\lambda/N)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)}$$

$$n = \frac{1327/2}{450 - (1327/2)} = -4 \text{ kendaraan}$$

$$q = \frac{(\lambda/N)^2}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)}$$

$$q = \frac{(1327/2)^2}{450(450 - (1327/2))} = -5 \text{ kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{\mu - (\lambda/N)} \times 3600$$

$$d = \frac{1}{450 - (1327/2)} \times 3600 = -17 \text{ detik}$$

$$w = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} = d - \frac{1}{\mu}$$

$$w = \frac{(1327/2)}{450(450 - (1327/2))} \times 3600 = -25 \text{ detik}$$

Pada WP 8 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian dengan menggunakan berbagai jumlah gardu untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan. Hasil perhitungan antrian menggunakan WP 8 detik dengan kondisi gerbang tol yang beroperasi penuh (2 gardu terbuka sehingga terdapat 2 lajur antrian yang terjadi) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.48

**Tabel 5.48: Perhitungan Antrian Gerbang Tol Cibubur 2  
Satelite GTO Multi**

Jumlah Pintu (N)	WP	Antrian FIFO					
		n (kend)	n (meter)	q (kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
2	8	-4.0	-32.0	-5.0	-39.0	-17.0	-25.0
3	8	59.0	460.0	58.0	452.0	477.0	469.0
4	8	3.0	24.0	3.0	24.0	31.0	23.0

Dari Tabel 5.48 nilai q kondisi saat ini (jumlah pintu 2) > 10 sehingga perlu penambahan 2 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai – (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga

Berdasarkan hasil perhitungan antrian gerbang tol Cibubur 2 dan Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite tahun 2029, didapatkan skema perencanaan gerbang tol Cibubur 2 dan Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite Tahun 2029 pada Gambar 5.18



## **BAB VI PENUTUP**

### **6.1 Kesimpulan**

Tugas akhir ini merupakan evaluasi kapasitas dan pelayanan gerbang tol Cibubur 1 dan gerbang tol Cibubur 2. Dari hasil analisis, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Panjang antrian yang terjadi pada gerbang tol yang ditinjau pada tahun 2019 adalah sebagai berikut :
  - a. Pada gerbang tol Cibubur 1, panjang antrian yang terjadi dengan hasil analisa antrian dimana gardu tol eksisting yaitu 3 GTO Multi dan 5 GTO Single menjadi 4 GTO Multi dan 8 GTO Single menggunakan waktu pelayanan rata-rata yaitu :
    - Gardu Tol Otomatis Single untuk golongan I :  
 $n$  (jumlah kendaraan dalam sistem) = 5 kendaraan  
= 36.5 meter ;  $q$  (jumlah kendaraan dalam antrian) = 5 kendaraan = 36.5 meter.
    - Gardu Tol Otomatis Multi untuk golongan I, II, III, IV, dan V :  
 $n$  (jumlah kendaraan dalam sistem) = 4 kendaraan  
= 32 meter ;  $q$  (jumlah kendaraan dalam antrian) = 3 kendaraan = 24 meter.
  - b. Pada gerbang tol Cibubur 2, panjang antrian yang terjadi dengan hasil analisa antrian dimana gardu tol eksisting yaitu 3 GTO Multi dan 2 GTO Single menjadi yaitu 3 GTO Multi dan 3 GTO Single menggunakan waktu pelayanan rata-rata yaitu :
    - Gardu Tol Otomatis Single untuk golongan I :  
 $n$  (jumlah kendaraan dalam sistem) = 3 kendaraan  
= 21.9 meter ;  $q$  (jumlah kendaraan dalam antrian) = 2 kendaraan = 14,6 meter.
    - Gardu Tol Otomatis Multi untuk golongan I, II, III, IV, dan V :

- $n$  (jumlah kendaraan dalam sistem) = 8 kendaraan  
 = 63 meter ;  $q$  (jumlah kendaraan dalam antrian) =  
 7 kendaraan = 55 meter.
- c. Pada gerbang tol Cibubur 2 Satelite, panjang antrian yang terjadi dengan hasil analisa antrian dimana gardu tol eksisting yaitu 2 GTO Multi dan 2 GTO Single menjadi yaitu 2 GTO Multi dan 3 GTO Single menggunakan waktu pelayanan rata-rata yaitu :
- Gardu Tol Otomatis Single untuk golongan I :  
 $n$  (jumlah kendaraan dalam sistem) = 2 kendaraan  
 = 14.6 meter ;  $q$  (jumlah kendaraan dalam antrian) = 2 kendaraan = 14,6 meter.
  - Gardu Tol Otomatis Multi untuk golongan I, II, III, IV, dan V :  
 $n$  (jumlah kendaraan dalam sistem) = 7 kendaraan  
 = 55 meter ;  $q$  (jumlah kendaraan dalam antrian) = 6 kendaraan = 47 meter.
2. Dari hasil analisis tingkat kedatangan, diketahui tingkat kedatangan pada gerbang tol Cibubur 1 sebesar 531 kendaraan/jam/gardu; pada gerbang tol Cibubur 2 sebesar 421 kendaraan/jam/gardu; pada gerbang tol Cibubur 2 Satelite sebesar 337 kendaraan/jam/gardu. Tingkat kedatangan gerbang tol Cibubur 2 dan Cibubur 2 Satelite sudah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM) sedangkan tingkat kedatangan gerbang tol Cibubur 1 belum memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM) dimana syaratnya adalah tingkat kedatangan  $< 450$  kendaraan/jam/gardu.
3. Dengan jumlah tingkat kedatangan yang ada maka jumlah gardu yang perlu dibuka untuk masing-masing gerbang tol yaitu untuk gerbang tol Cibubur 1 = 12 gardu (4 GTO *Multi* dan 8 GTO *Single*); untuk gerbang tol Cibubur 2 = 6 gardu (3 GTO *Multi* dan 3 GTO *Single*) untuk gerbang tol

Cibubur 2 Satelite = 5 gardu (2 GTO *Multi* dan 3 GTO *Single*).

4. Dengan jumlah tingkat kedatangan yang sudah diramalkan maka jumlah gardu yang perlu dibuka untuk masing masing gerbang tol, didapatkan sebagai berikut :
  - a. Pada tahun 2024 yaitu untuk gerbang tol Cibubur 1 = 15 gardu (5 GTO *Multi* dan 10 GTO *Single*); untuk gerbang tol Cibubur 2 = 7 gardu (3 GTO *Single* dan 4 GTO *Multi*); untuk gerbang tol Cibubur 2 Satelite = 6 gardu (3 GTO *Single* dan 3 GTO *Multi*).
  - b. pada tahun 2029 yaitu untuk gerbang tol Cibubur 1 = 19 gardu (6 GTO *Multi* dan 13 GTO *Single*); untuk gerbang tol Cibubur 2 = 9 gardu (5 GTO *Multi* dan 4 GTO *Single*); untuk gerbang tol Cibubur 2 Satelite = 8 gardu (4 GTO *Single* dan 4 GTO *Multi*).

## 6.2 Saran

Untuk dapat tercapainya kelancaran arus lalu lintas pada gerbang tol, ada beberapa hal yang dapat dilakukan pengelola untuk tercapainya situasi arus lalu lintas kendaraan yang baik, halhal yang dapat dilakukan sebagai berikut :

- a. Sosialisasi kepada pengguna jalan tol terkait kesadaran saldo e-toll agar sudah cukup sebelum memasuki jalan tol
- b. Meningkatkan sistem atau memperbaiki sistem pada tiap jenis gardu supaya bisa memperpendek waktu transaksi
- c. Mempermudah pengisian (top up) dan pembelian e-toll card.
- d. Penerapan sistem mesin tol otomatis, yaitu dalam satu lajur terdapat beberapa mesin tol yang sudah mulai diterapkan di tol dalam kota Jakarta.

- e. Pelayanan seharusnya dihitung setiap golongan kendaraan dan analisis panjang antrian duhitung berdasarkan lama pelayanan dan jumlah kendaraan sesuai dengan golongannya

## DAFTAR PUSTAKA

BPS. 2015. **Jumlah Penduduk Menurut Kelompok Umur dan Jenis Kelamin di Provinsi DKI Jakarta**, <URL: <https://jakarta.bps.go.id/statictable/2017/01/30/142/jumlah-penduduk-menurut-kelompok-umur-dan-jenis-kelamin-di-provinsi-dki-jakarta-2015.html>>, 30 Januari 2019.

BPS. 2018. **Penduduk Menurut Kelurahan dan Jenis Kelamin Kecamatan Ciracas**, <URL: <http://pan-jaktim.tripod.com/ciracas>>, 30 Januari 2019.

Meliansyah, E. 2015. **Pengertian Tinjauan Pustaka dan Penyusunan Kerangka Pikir**, <URL: <http://penkesnas.blogspot.com/2015/01/pengertian-tinjauan-pustaka-dan.html>>, 11 Februari 2019.

BPJT. 2005. *Standar Pelayanan Minimal (SPM)*, <URL: <http://bpjt.pu.go.id/spm>>, 13 Februari 2019.

BPJT. 2007. **Tujuan dan Manfaat Jalan Tol**, <URL: <http://bpjt.pu.go.id/konten/jalan-tol/tujuan-dan-manfaat>>, 13 Februari 2019.

BPJT. 2018. **Jalan Tol dengan Volume Lalu Lintas Tertinggi Tahun 2017**, <URL: <http://bpjt.pu.go.id/berita/5-jalan-tol-dengan-volume-lalu-lintas-tertinggi-tahun-2017>>, 20 Desember 2018.

Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. **Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)**. Jakarta. Bina Karya.

Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. **Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol**. Bina Marga

Heizer, J. dan Render, B. 2005. **Manajemen Operasi**. Jakarta: Salemba.

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 Penetapan Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Ruas Jalan Tol Yang Sudah Beroperasi Dan Besarnya Tarif Tol Pada Beberapa Ruas Jalan Tol**. Jakarta.

Kementerian Pekerjaan Umum. 2017. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2017 Tentang Transaksi Tol Nontunai Di Jalan Tol**. Jakarta.

Pemerintah Indonesia. 2005. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 15 Tahun 2005 Tentang Jalan Tol**. Lembaran Negara RI Tahun 2005. Sekretariat Negara. Jakarta.

Pemerintah Indonesia. 2004. **Undang-Undang No. 38 Tahun 2004 Tentang Jalan**. Lembaran Negara RI Tahun 2004. Sekretariat Negara. Jakarta.

Siagian, P. 1987. **Penelitian Operasional : Teori dan Praktek**. Jakarta : Universitas Indonesia Press.

Subagyo, Pangestu, dkk. 2000. **Dasar – Dasar Operations Research**. Yogyakarta: BPFE.

Walpole, R. E. 1995. **Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan**. Bandung. Institute Teknologi Bandung.

Wasistha, M. Z. dan Widyastuti, H. 2017. **Perencanaan Gerbang Tol Pandaan-Malang**. Surabaya.

Winarsih, N. dan Kusumaningrum, J. 2013. **Analisis Kapasitas Gerbang Tol Karawang Barat**. Jakarta.

## **LAMPIRAN**





### Lampiran 3 Hasil Survey Waktu Pelayanan (detik) Gerbang Tol Cibubur 1 Gardu 6

Gardu 6 (GTO Single)																														
16.00 - 19.00																														
8	7	7	7	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	7	8	8	7	7	7	9	7	8	8	7	8	7	8			
8	7	8	9	8	7	7	14	7	7	9	7	12	9	8	8	8	7	7	8	8	8	8	8	9	8	7	8	8		
11	10	8	9	8	8	8	6	8	10	7	12	7	8	7	8	8	8	7	8	7	11	6	8	7	7	9	7	7	7	
9	7	7	7	8	7	18	7	8	8	13	8	8	8	7	8	7	7	7	8	8	8	8	7	9	8	9	7	8	6	
7	17	8	7	9	8	11	10	8	7	8	14	9	11	7	7	8	7	8	7	13	7	7	11	6	8	7	7	8	9	
7	8	8	6	7	10	8	7	7	8	9	8	8	7	7	8	7	8	8	9	8	7	8	7	6	7	8	7	6	8	
7	7	8	10	9	8	6	11	8	6	9	8	7	6	8	9	9	7	6	7	10	8	8	7	7	7	8	8	9	7	
6	7	8	7	8	8	9	8	7	7	7	8	8	9	7	8	7	11	7	8	7	8	8	7	8	7	10	7	8	8	
8	8	7	7	8	7	8	7	9	6	8	8	9	6	7	8	8	7	7	8	7	7	9	6	17	8	7	10	8	7	
9	7	7	8	8	7	7	8	7	9	7	7	6	8	8	8	7	10	7	7	6	10	15	8	7	7	7	9	7	8	
9	8	7	9	7	8	8	8	7	7	14	8	8	7	9	7	8	7	7	7	7	8	7	8	7	9	7	6	7	7	
9	7	7	8	8	7	8	8	6	9	8	11	8	8	7	7	8	8	7	10	7	7	10	7	7	7	7	7	8	7	8
13	8	10	8	7	8	12	6.5	9	8	8	7	8	6	9	9	8	8	8	8	9	7	8	8	7	8	7	10	8	7	
8	8	8	8	7	20	8	8	7	7	9	9	8	8	7	7	18	7	7	7	8	7	8	8	9	7	9	8	8	9	
7	7	8	8	8	14	7	8	7	9	10	7	8	7	7	8	7	7	8	6	8	7	7	8	8	7	7	10	7	8	
8	8	8	9	8	8	7	8	7	8	6	7	7	7	8	8	7	8	7	7	11	8	8	6	8	8	9	11	8	8	
8	11	7	9	8	8	7	7	8	7	8	8	6.5	8	11	10	8	8	9	7	8	7	7	8	7	8	8	8	8	8	
8	9	8	9	8	8	7	8	7	9	11	7	7	8	12	7	7	9	8	7	8	10	7	7	7	7	7	6	8	8	
9	6	7	7	8	8	8	8	7	8	9	8	7	7	8	7	8	8	9	9	9	6	7	8	8	8	8	7	8	7	8
7	8	8	9	6	7	6	10	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	7	9	7	7	7	7	8	9	6	8	11	
9	8	9	8	9	7	9	7	7	7	7	6	8	7	9	7	8	8	7	7	8	7	9	7	7	12	7	7	6	11	
																8	11	8	7	7	8	7	8	9	7					





## Lampiran 6 Hasil Survey Waktu Pelayanan (detik) Gerbang Tol Cibubur 1 Gardu 12

Gardu 12 (GTO Single)																														
16.00 - 19.00																														
8	7	7	8	7	9	8	8	9	7	10	20	7	9	7	8	7	11	9	7	7	7	10	7	7	9	8	8	9	9	
8	7	9	12	9	7	7	8	8	7	13	12	8	9	9	8	12	9	8	7	8	8	9	7	7	9	7	8	8	7	
9	8	8	8	9	8	8	7	7	8	7	9	8	14	8	10	8	7	8	8	10	7	7	7	8	7	7	7	10	7	
9	9	8	8	8	9	9	13	9	7	7	9	7	7	15	9	8	7	9	9	7	7	8	7	7	7	9	8	7	7	
8	8	8	7	7	8	15	8	9	18	7	8	8	8	8	7	8	9	8	19	7	8	7	8	8	8	8	7	9	8	7
7	7	9	7	7	12	9	8	7	8	10	7	7	7	8	9	8	7	8	7	7	7	7	7	8	7	10	7	10	7	8
7	7	9	7	13	8	8	7	7	9	9	7	9	7	8	7	9	7	9	8	8	13	10	11	11	8	7	10	7	9	
10	8	8	9	7	11	8	8	10	7	8	9	8	7	9	7	8	7	8	7	8	8	7	8	7	7	7	8	9	8	
8	11	8	9	10	9	8	7	13	10	8	8	8	8	7	7	7	8	8	7	9	7	7	8	8	8	8	7	9	9	
9	7	9	10	7	7	8	8	7	8	9	7	9	9	7	8	8	7	7	7	8	7	9	7	7	7	7	7	9	7	
9	7	8	8	10	7	11	27	7	8	7	11	13	7	7	8	8	7	7	8	7	9	7	7	7	8	7	9	8	8	
8	8	9	11	7	8	9	10	9	9	7	17	7	8	8	8	7	7	7	8	7	8	7	11	7	7	8	7	8	7	7
10	8	8	7	7	10	8	10	8	7	8	8	10	9	8	8	7	8	8	7	8	8	8	7	8	7	10	8	9	8	
7	8	7	12	8	8	7	8	8	8	13	7	10	10	8	8	7	7	9	9	7	8	8	7	7	7	8	8	10	8	
15	7	7	7	7	7	7	8	10	9	8	8	9	7	7	8	7	9	7	8	7	9	7	8	8	7	8	7	7	7	
8	9	8	8	8	8	8	8	9	9	7	8	7	10	7	8	7	9	7	8	7	10	8	8	9	7	9	10	8	7	
9	8	8	7	7	8	9	7	9	8	8	8	7	7	7	8	7	7	8	9	8	9	7	8	7	8	8	8	8	7	
9	8	9	8	8	9	8	8	11	7	10	9	8	7	9	7	9	8	8	8	7	8	7	7	8	9	10	7	7	8	
															9	8	8	9	7	7	9	9	8	7	7	7	7	10	7	
															8	9	9	11	11	8	8	10	8	8	8	8				





### Lampiran 9 Hasil Survey Waktu Pelayanan (detik) Gerbang Tol Cibubur 2 Gardu 1

Gardu 1 (GTO Multi)																													
06.00 - 09.00																													
13	11	8	13	7	8	14	14	7	9	12	8	7	7	7	10	7	10	8	14	7	7	7	12	8	11	7	7	10	14
11	7	9	11	8	8	24	7	9	7	16	7	7	7	8	7	15	8	8	7	14	11	8	7	14	9	7	7	9	7
9	9	8	11	8	9	10	8	9	10	13	8	17	8	8	8	10	11	9	7	7	8	8	16	9	7	10	6	10	8
8	8	8	10	9	8	18	8	7	12	8	7	14	9	7	9	7	8	10	8	7	9	10	10	9	10	16	8	11	8
8	7	8	8	9	7	12	9	9	8	7	10	8	10	8	7	10	12	8	8	7	7	6	7	7	7	24	14	8	10
8	7	8	11	7	7	8	10	8	7	8	8	8	8	7	11	12	14	10	9	13	7	7	7	9	10	18	11	8	7
9	7	7	10	7	9	8	8	8	9	7	7	8	7	8	7	8	13	10	10	8	11	14	13	7	9	17	8	11	9
10	8	7	9	7	8	15	11	7	11	9	9	9	7	8	9	8	7	40	6	8	9	6	7	8	9	12	7	13	9
8	9	7	8	8	7	9	11	8	9	7	8	11	10	20	8	7	7	8	10	8	13	7	10	7	9	17	10	8	9
12	9	9	8	9	7	16	35	8	10	12	8	9	7	7	7	8	8	11	9	7	11	10	8	8	7	7	10	10	14
8	16	7	9	9	7	8	8	7	8	8	7	10	7	8	7	7	8	12	8	11	8	13	11	8	14	8	7	7	16
11	14	8	12	16	8	21	12	7	8	9	8	9	8	9	7	8	8	16	7	8	7	10	8	7	11	9	10	8	7
11	7	11	7	7	11	8	7	7	10	9	7	9	7	7	8	8	9	13	9	10	10	8	10	11	10	9	10	9	17
12	14	9	9	8	7	19	7	8	11	7	13	12	8	8	9	9	10	8	11	7	12	7	7	8	10	14	7	8	9
10	8	9	9	7	7	22	7	24	10	7	7	7	7	10	9	10	10	7	7	7	7	7	7	9	7	9	10	9	11
20	9	16	7	8	7	10	8	7	9	10	7	12	9	7	16	9	9	8	16	8	11	9	8	9	11	7	7	8	11
9	7	10	8	10	7	7	7	13	9	7	7	9	13	7	14	8	8	7	10	12	8	7	9	10	7	8	12	14	8
11	7	11	8	9	7	8	7	7	12	8	8	17	7	8	7	10	7	9	8	9	10	7	7	12	7	9	8	12	12
9	7	9	10	7	24	8	9	10	7	11	9	8	7	7	10	10	7	8	11	9	8	8	7	8	9	19			







### Lampiran 13 Hasil Survey Waktu Pelayanan (detik) Gerbang Tol Cibubur 2 Gardu 9

Gardu 9 (GTO Multi)																										
06.00 - 09.00																										
7	7	7	8	7	8	8	8	8	8	7	17	7	7	7	8	8	7	8	8	7	7	7	8	9	7	
15	7	7	9	8	7	7	7	7	28	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	7	
7	11	9	7	7	15	7	10	7	7	7	8	7	7	8	7	7	8	7	7	8	7	6	7	8	7	
8	8	8	10	7	9	7	9	7	8	7	7	8	7	7	8	8	7	7	8	8	8	7	9	8	8	9
8	7	8	7	8	7	10	7	7	7	8	7	8	8	7	7	11	7	7	6	9	8	7	7	7	8	7
7	8	7	9	9	8	7	8	8	7	8	7	9	8	9	7	7	9	7	10	18	7	8	8	7	7	
7	8	7	7	8	8	7	7	7	7	8	7	8	8	8	7	7	7	8	7	12	7	8	6	8	7	8
7	7	7	10	7	8	15	7	8	8	7	8	7	7	7	8	7	7	7	9	7	7	7	7	7	10	
8	7	8	6	9	7	8	9	10	7	7	13	7	7	7	9	7	7	7	7	7	7	15	9	7	8	8
7	7	7	8	8	7	7	7	9	7	7	8	8	7	11	7	8	7	13	10	11	8	7	8	7		
17	8	7	7	8	7	7	7	8	7	8	8	7	7	8	7	7	7	8	7	7	8	7	8	7		
7	7	7	7	7	7	7	11	7	8	7	7	7	7	8	7	10	7	7	9	8	9	7	7	7	10	
8	7	7	8	8	8	7	8	8	8	7	9	11	10	7	7	7	8	8	8	9	7	9	8	10		
8	7	9	8	7	15	7	7	8	8	9	9	8	9	7	7	7	15	7	7	7	8	8	7	7		
8	7	8	8	7	7	7	7	8	9	7	7	7	7	9	7	7	7	7	8	8	7	8	8	7		
7	8	8	7	8	7	8	8	7	7	8	7	7	8	7	7	8	7	7	8	8	8	7	12	8		
8	8	7	7	8	10	7	7	8	7	7	7	8	7	7	8	7	7	8	8	9	7	7	7	7		
8	7	7	7	8	7	7	7	8	7	9	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	17		
8	7	7	7	7	7	7	7	8	7	8	8	7	10	7	21	7	9	17	8	7	8	7	8	10		
7	8	7	7	7	7	7	8	7	7	8	8	7	9	48	8	7	7	10	8	7	7	7	7	7		
8	8	9	7	8	7	7	7	7	8	8	8	7	8	8	7	7	9	7	8	7	7	7	9	7		
7	8	7	7	7	7	8	7	8	7	7	7	7	9	9	7	8	13	7	7	10	7	7	7	8		

**Lampiran 14** Data Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 1 Tahun 2017

BULAN	VOLUME LALU LINTAS TRANSAKSI CIBUBUR 1					
	1	2	3	4	5	TOTAL
JANUARI	1,005,104	42,521	16,224	1,810	1,158	1,066,817
FEBRUARI	896,248	38,441	12,054	1,770	988	949,501
MARET	991,006	44,591	13,879	2,118	1,206	1,052,800
APRIL	917,552	41,522	16,747	2,087	1,253	979,161
MEI	922,033	43,550	15,491	2,223	1,160	984,457
JUNI	873,810	26,407	7,755	1,209	652	909,833
JULI	945,483	49,673	20,818	2,643	1,769	1,020,386
AGUSTUS	936,047	49,416	19,468	2,858	1,826	1,009,615
SEPTEMBER	921,870	46,454	17,916	2,806	1,780	990,826
OKTOBER	955,707	54,414	20,721	3,018	1,656	1,035,516
NOVEMBER	916,957	57,491	18,082	3,333	2,386	998,249
DESEMBER	958,193	51,395	14,650	2,922	1,722	1,028,882
<b>TOTAL</b>	<b>11,240,010</b>	<b>545,875</b>	<b>193,805</b>	<b>28,797</b>	<b>17,556</b>	<b>12,026,043</b>

**Lampiran 15** Data Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Tahun 2017

BULAN	VOLUME LALU LINTAS TRANSAKSI CIBUBUR 2					
	1	2	3	4	5	TOTAL
JANUARI	511,193	18,227	8,030	705	454	538,608
FEBRUARI	451,628	16,441	5,439	630	369	474,506
MARET	492,298	19,150	6,339	755	452	518,993
APRIL	464,552	19,215	7,806	754	462	492,788
MEI	452,765	20,171	7,258	813	457	481,463
JUNI	434,394	11,478	3,767	528	249	450,416
JULI	482,358	22,985	8,662	1,072	583	515,659
AGUSTUS	461,833	23,855	7,792	1,100	609	495,188
SEPTEMBER	460,048	22,062	7,302	1,135	574	491,120
OKTOBER	474,216	24,988	9,574	1,300	634	510,712
NOVEMBER	459,185	26,756	8,617	1,589	901	497,047
DESEMBER	481,684	23,438	6,732	1,342	666	513,861
<b>TOTAL</b>	<b>5,626,154</b>	<b>248,764</b>	<b>87,316</b>	<b>11,721</b>	<b>6,406</b>	<b>5,980,361</b>

**Lampiran 16** Data Lalu Lintas Gerbang Tol Cibubur 2 Satelite Tahun 2017

BULAN	VOLUME LALU LINTAS TRANSAKSI CIBUBUR 2					
	1	2	3	4	5	TOTAL
JANUARI	408,954	14,582	6,424	564	363.2	430,887
FEBRUARI	361,302	13,153	4,351	504.8	292	379,603
MARET	393,838	15,320	5,071	601.6	361.6	415,193
APRIL	371,642	15,372	6,245	603.2	369.6	394,231
MEI	362,212	16,137	5,805	650.4	365.6	385,170
JUNI	347,515	9,181	3,014	422.4	199.2	360,331
JULI	385,886	18,388	6,930	858	466.4	412,528
AGUSTUS	369,466	19,084	6,234	880	487.2	396,151
SEPTEMBER	368,038	17,650	5,842	908	459.2	392,897
OKTOBER	379,373	19,990	7,659	1,040	507.2	408,570
NOVEMBER	367,348	21,405	6,894	1,271	720.8	397,638
DESEMBER	385,347	18,750	5,386	1,074	532.8	411,090
<b>TOTAL</b>	<b>4,500,923</b>	<b>199,011</b>	<b>69,853</b>	<b>9,377</b>	<b>5,125</b>	<b>4,784,289</b>

## **LAMPIRAN GAMBAR**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUHNOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI KINERJA DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG  
TOL CIBUBUR 1 DAN GERBANG  
TOL CIBUBUR 2)

**DOSEN ASISTENSI**

Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.  
Anak Agung Gde Kartika, ST, MSc

**MAHASISWA**

KEVIN NENDRA  
(NRP. 0311154000108)

**JUDUL GAMBAR**

**SKALA**

GAMBAR GT.  
CIBUBUR 1 KONDISI  
EKSISTING

1 : 100

**KETERANGAN**

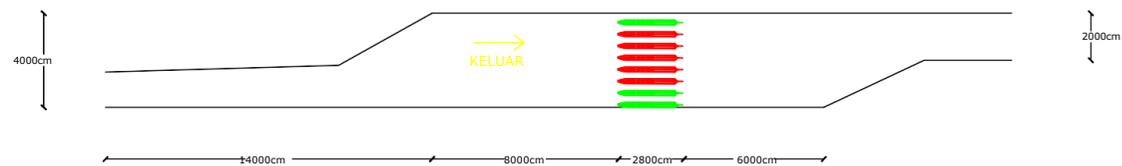
-  : SINGELGATE
-  : MULTIGATE

**JUMLAH GAMBAR**

**NOMOR GAMBAR**

12

1



**ILUSTRASI ANTRIAN**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMAHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUHNOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI KINERJA DAN  
 PELAYANAN GERBANG TOL  
 CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG  
 TOL CIBUBUR 1 DAN GERBANG  
 TOL CIBUBUR 2)

**DOSEN ASISTENSI**

Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.  
 Anak Agung Gde Kartika, ST. MSc

**MAHASISWA**

**KEVIN NENDRA**  
 (NRP. 0311154000108)

**JUDUL GAMBAR**

GAMBAR GT.  
 CIBUBUR 1 TAHUN  
 2019

**SKALA**

1 : 100

**KETERANGAN**

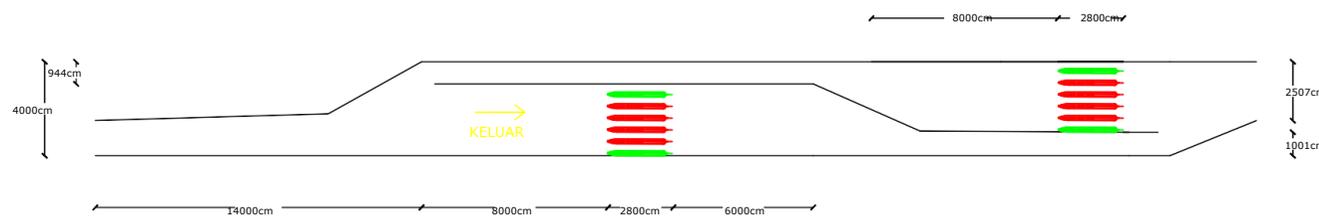
- : SINGELGATE
- : MULTIGATE

**JUMLAH GAMBAR**

12

**NOMOR GAMBAR**

2



**ILUSTRASI ANTRIAN**





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KERUMAHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI KINERJA DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG  
TOL CIBUBUR 1 DAN GERBANG  
TOL CIBUBUR 2)

**DOSEN ASISTENSI**

Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.  
Anak Agung Gde Kartika, ST, MSc

**MAHASISWA**

**KEVIN NENDRA**  
(NRP. 03111540000108)

**JUDUL GAMBAR**

**SKALA**

LAYOUT GT.  
CIBUBUR 1 TAHUN  
2024

1 : 100

**KETERANGAN**

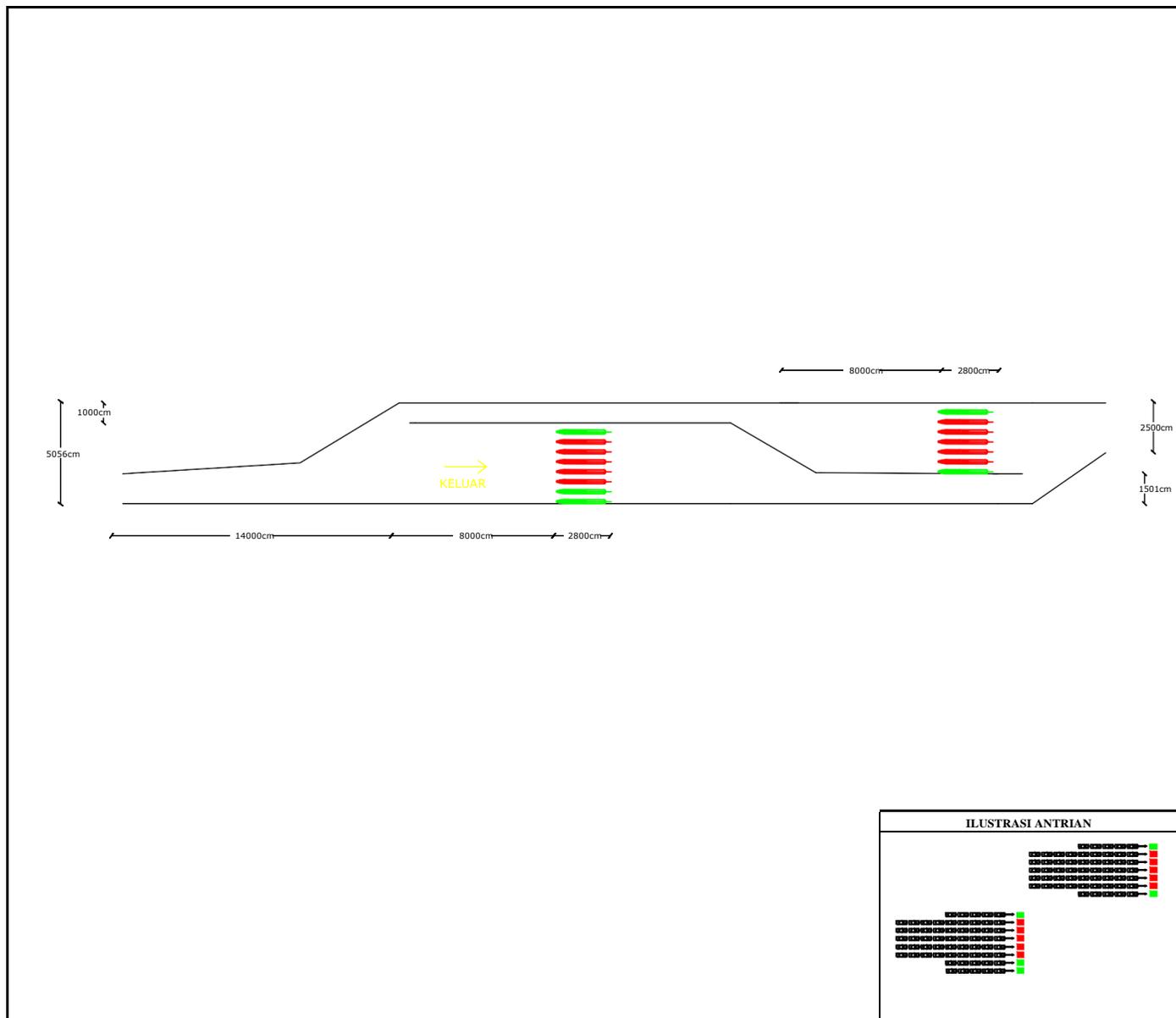
-  : SINGELGATE
-  : MULTIGATE

**JUMLAH GAMBAR**

**NOMOR GAMBAR**

12

3



**ILUSTRASI ANTRIAN**





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMAHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI KINERJA DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG  
TOL CIBUBUR 1 DAN GERBANG  
TOL CIBUBUR 2)

**DOSEN ASISTENSI**

Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.  
Anak Agung Gde Kartika, ST. MSc

**MAHASISWA**

**KEVIN NENDRA**  
(NRP. 03111540000108)

**JUDUL GAMBAR**

**SKALA**

LAYOUT GT.  
CIBUBUR 1 TAHUN  
2029

1 : 100

**KETERANGAN**

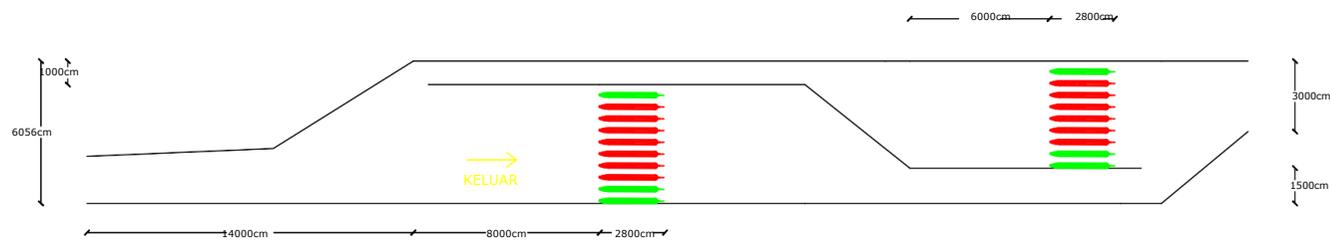
 : SINGELGATE  
 : MULTIGATE

**JUMLAH GAMBAR**

**NOMOR GAMBAR**

12

4



**ILUSTRASI ANTRIAN**





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI KINERJA DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG  
TOL CIBUBUR 1 DAN GERBANG  
TOL CIBUBUR 2)

**DOSEN ASISTENSI**

Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.  
Anak Agung Gde Kartika, ST, MSc

**MAHASISWA**

**KEVIN NENDRA**  
(NRP. 0311154000108)

**JUDUL GAMBAR**      **SKALA**

LAYOUT GT.  
CIBUBUR 2 KONDISI  
EKSISTING

1 : 100

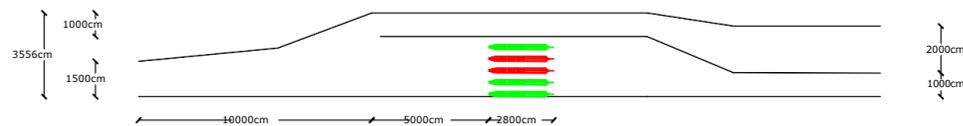
**KETERANGAN**

-  : SINGELGATE
-  : MULTIGATE

**JUMLAH GAMBAR**      **NOMOR GAMBAR**

12

5



**ILUSTRASI ANTRIAN**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI KINERJA DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG  
TOL CIBUBUR 1 DAN GERBANG  
TOL CIBUBUR 2)

**DOSEN ASISTENSI**

Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.  
Anak Agung Gde Kartika, ST. MSc

**MAHASISWA**

KEVIN NENDRA  
(NRP. 031111540000108)

**JUDUL GAMBAR**

**SKALA**

LAYOUT GT.  
CIBUBUR 2 TAHUN  
2019

1 : 100

**KETERANGAN**

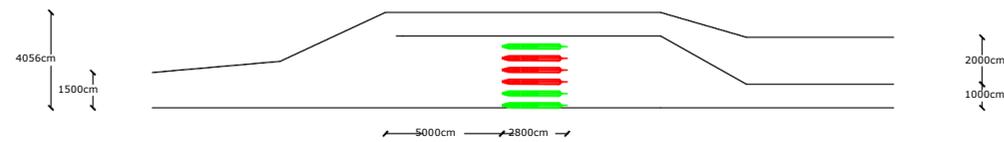
 : SINGELGATE  
 : MULTIGATE

**JUMLAH GAMBAR**

**NOMOR GAMBAR**

12

6



**ILUSTRASI ANTRIAN**





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KERUMAHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG  
TOL CIBUBUR 1 DAN GERBANG  
TOL CIBUBUR 2)

DOSEN ASISTENSI

Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.  
Anak Agung Gde Kartika, ST. MSc

MAHASISWA

KEVIN NENDRA  
(NRP. 0311154000108)

JUDUL GAMBAR

LAYOUT GT.  
CIBUBUR 2 TAHUN  
2024

SKALA

1 : 100

KETERANGAN

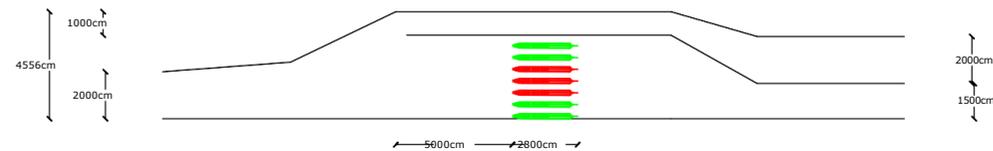
-  : SINGELGATE
-  : MULTIGATE

JUMLAH GAMBAR

12

NOMOR GAMBAR

7



ILUSTRASI ANTRIAN





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUHNOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI KINERJA DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG  
TOL CIBUBUR 1 DAN GERBANG  
TOL CIBUBUR 2)

**DOSEN ASISTENSI**

Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.  
Anak Agung Gde Kartika, ST, MSc

**MAHASISWA**

**KEVIN NENDRA**  
(NRP. 0311154000108)

**JUDUL GAMBAR**

**SKALA**

LAYOUT GT.  
CIBUBUR 2 TAHUN  
2029

1 : 100

**KETERANGAN**

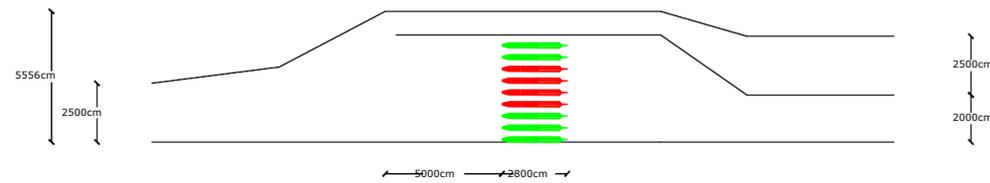
-  : SINGELGATE
-  : MULTIGATE

**JUMLAH GAMBAR**

**NOMOR GAMBAR**

12

8



**ILUSTRASI ANTRIAN**





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUHNOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI KINERJA DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG  
TOL CIBUBUR 1 DAN GERBANG  
TOL CIBUBUR 2)

**DOSEN ASISTENSI**

Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.  
Anak Agung Gde Kartika, ST, MSc

**MAHASISWA**

**KEVIN NENDRA**  
(NRP. 0311154000108)

**JUDUL GAMBAR**      **SKALA**

**LAYOUT GT.  
CIBUBUR 2 SATELITE  
KONDISI EKSTING**

**1 : 100**

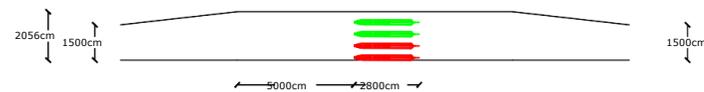
**KETERANGAN**

 : SINGELGATE  
 : MULTIGATE

**JUMLAH GAMBAR**      **NOMOR GAMBAR**

**12**

**9**



**ILUSTRASI ANTRIAN**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUHNOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI KINERJA DAN  
 PELAYANAN GERBANG TOL  
 CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG  
 TOL CIBUBUR 1 DAN GERBANG  
 TOL CIBUBUR 2)

**DOSEN ASISTENSI**

Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.  
 Anak Agung Gde Kartika, ST. MSc

**MAHASISWA**

**KEVIN NENDRA**  
 (NRP. 0311154000108)

**JUDUL GAMBAR**

**SKALA**

LAYOUT GT.  
 CIBUBUR 2 SATELITE  
 TAHUN 2019

1 : 100

**KETERANGAN**

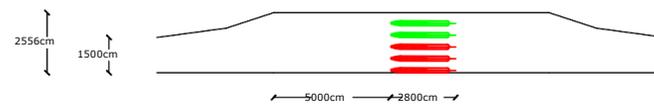
-  : SINGELGATE
-  : MULTIGATE

**JUMLAH GAMBAR**

**NOMOR GAMBAR**

12

10



**ILUSTRASI ANTRIAN**





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI KINERJA DAN  
 PELAYANAN GERBANG TOL  
 CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG  
 TOL CIBUBUR 1 DAN GERBANG  
 TOL CIBUBUR 2)

**DOSEN ASISTENSI**

Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.  
 Anak Agung Gde Kartika, ST, MSc

**MAHASISWA**

**KEVIN NENDRA**  
 (NRP. 0311154000108)

**JUDUL GAMBAR**

**SKALA**

LAYOUT GT.  
 CIBUBUR 2 SATELITE  
 TAHUN 2024

1 : 100

**KETERANGAN**

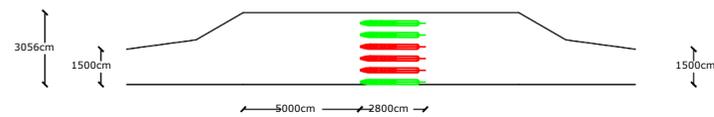
-  : SINGELGATE
-  : MULTIGATE

**JUMLAH GAMBAR**

**NOMOR GAMBAR**

12

11



**ILUSTRASI ANTRIAN**





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMAHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI KINERJA DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
CIBUBUR (STUDI KASUS GERBANG  
TOL CIBUBUR 1 DAN GERBANG  
TOL CIBUBUR 2)

**DOSEN ASISTENSI**

Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.  
Anak Agung Gde Kartika, ST. MSc

**MAHASISWA**

**KEVIN NENDRA**  
(NRP. 0311154000108)

**JUDUL GAMBAR**

**SKALA**

LAYOUT GT.  
CIBUBUR 2 SATELITE  
TAHUN 2029

1 : 100

**KETERANGAN**

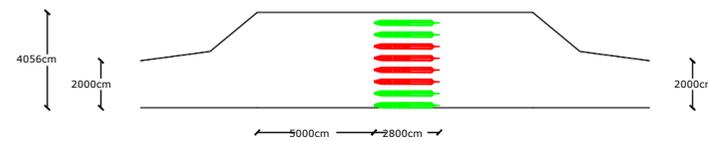
-  : SINGELGATE
-  : MULTIGATE

**JUMLAH GAMBAR**

**NOMOR GAMBAR**

12

12



**ILUSTRASI ANTRIAN**





Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir Hera Widayastuti, MT PhD
NAMA MAHASISWA	: Keun Nendra
NRP	: 08111540000108
JUDUL TUGAS AKHIR	: Evaluasi Kinerja dan Pelayanan Gerbang Tol Cipubur
TANGGAL PROPOSAL	: 31 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 1684

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	5/4/2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>Survey data primer dan pengambilan data sekunder pada lokasi studi</li> <li>Data primer:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Waktu pelayanan</li> <li>- Panjang Antrian</li> <li>- Jumlah Kendaraan</li> </ul> </li> <li>Data sekunder: Volume lalu lintas tahun 2017 s.d 2018</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rekap data primer dan data sekunder pada program bantu excel</li> </ul>	W
	7/5/2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rekap data primer dan sekunder yg telah didapat dari hasil survey ke dlm excel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mencari mean, median dan modus waktu pelayanan kendaraan tiap gerbang</li> </ul>	W
	28/5/2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menghitung mean, median dan modus waktu pelayanan tiap gerbang tol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menganalisa tingkat kedatangan dan waktu pelayanan pada gerbang tol</li> </ul>	W
	15/6/2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analisis tingkat kedatangan dan waktu pelayanan tiap gerbang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menganalisa antrian pada gerbang tol dgn metode FIFO</li> </ul>	W



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Anak Agung Gde K , ST . MSc
NAMA MAHASISWA	: Kevin Nendra
NRP	: 03111540000168
JUDUL TUGAS AKHIR	: Evaluasi Kinerja dan Pelayanan Gerbang Tol Cikubur
TANGGAL PROPOSAL	: 31 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 1684

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	28/3/2019	Analisis waktu pelayanan dan tingkat kedatangan kendaraan hanya menggunakan volume kendaraan tolk perlu memakai satuan mobil penumpang (SMP)		f
	15/6/2019	Perhitungan analisis waktu pelayanan dan panjang antrian dipisah antara gardu (single gate) dan gardu (multi gate)		f
	20/6/2019	Analisa forecasting tolk menggunakan metode regresi linear dikarenakan data volume yang naik turun. Digunakan metode time series utk forecasting selama 5 tahun dgn program bantu minitab		f



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Heru Widyanata, MT Ph D
NAMA MAHASISWA	: Kevin Nendra
NRP	: 0311154000108
JUDUL TUGAS AKHIR	: Evaluasi Kinerja dan Pelayanan Gerbang Tol Cibiru
TANGGAL PROPOSAL	: 31 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 1684

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	<del>18/12/2019</del> 12/12/2019	<p>Perbaikan metode yang dipakai pada pengerjaan tugas akhir, karena metode yang tidak sesuai dengan metode yang dipakai pada perhitungan analisis. Metodologi yg perlu dilengkapi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analisis tingkat Kecepatan</li> <li>- Analisis Intensitas</li> <li>- Analisis Antrian</li> </ul>	<p>Melengkapi metodologi yang sesuai dengan perhitungan analisis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Melengkapi Metodologi Analisis tingkat Kecepatan, Analisis Intensitas, dan Analisis antrian</li> </ul>	W
		<p>Perbaikan pada Bab 1 Pendahuluan → Latar belakang diganti cara inovasi baru</p>	<p>Mencari inovasi baru untuk perbaikan pada Latar belakang</p>	W



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Hena Widyastuti, MT Ph D
NAMA MAHASISWA	: Kevin Nendra
NRP	: 0311154000100
JUDUL TUGAS AKHIR	: Evaluasi Kinerja dan Pelayanan Gerbang Tol Cakrabur
TANGGAL PROPOSAL	: 31 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 1684

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	<del>Presab</del> 8/12/2019	Perbaiki metode yang dipakai pada pengerjaan tugas akhir, karena metodologi tidak sesuai dengan metode yang dipakai pada perhitungan analisis. Metodologi yg perlu diteliti: - Analisis tingkat Kedatangan - Analisis Intesitas - Analisis Antrian	Melengkapi metodologi yang sesuai dengan perhitungan analisis - Melengkapi Metodologi Analisis tingkat keblatangan, Analisis Intesitas, dan Analisis antrian	W
	12/01/2019	Perbaiki pada Bab 1 Pendahuluan → Latar belakang dipan ti cara inovasi baru	Mencari inovasi baru untuk perbaikan pada Latar belakang	W

## BIODATA PENULIS



Kevin Nendra.

Penulis dilahirkan di Banjarmasin pada tanggal 14 November 1997, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal dari TK Aisyiah Lubuk Linggau, SDN 24 Parupuk Tabing Padang, SMPN 2 Padang, dan SMAN 1 Padang, penulis melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Departemen Teknik Sipil FTSPK – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2015 melalui jalur program SBMPTN,

terdaftar dengan NRP 03111540000108. Penulis pernah aktif dalam berbagai kegiatan seminar dan talk show baik tingkat institute, regional maupun internasional. Jika pembaca ingin berdiskusi dengan penulis harap menghubungi melalui email: [kevinnendra@gmail.com](mailto:kevinnendra@gmail.com)