



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**PERENCANAAN KAPASITAS DAN PELAYANAN  
GERBANG TOL KARANG TENGAH, TANGERANG**

MADHYASTARA GAUDENSHI  
NRP. 3112 100 131

Dosen Pembimbing  
Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**PERENCANAAN KAPASITAS DAN PELAYANAN  
GERBANG TOL KARANG TENGAH, TANGERANG**

MADHYASTARA GAUDENSHI  
NRP. 3112 100 131

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

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”



FINAL PROJECT (RC14-1501)

**DESIGN OF CAPACITY AND SERVICE KARANG  
TENGAH TOLL GATE, TANGERANG**

MADHYASTARA GAUDENSHI  
NRP. 3112 100 131

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

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”



**PERENCANAAN KAPASITAS DAN PELAYANAN  
GERBANG TOL KARANG TENGAH, TANGERANG**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Perhubungan

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MADHYASTARA GAUDENSHI**

Nrp. 3112 100 131

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Hera Widyastuti, M.T, Ph.D ..... (Pembimbing)



**SURABAYA  
JULI 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

# **PERENCANAAN KAPASITAS DAN PELAYANAN GERBANG TOL KARANG TENGAH, TANGERANG**

**Nama** : Madhyastara Gaudenshi  
**NRP** : 3112 100 131  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Dosen Konsultasi** : Ir. Hera Widyastuti, M.T, Ph.D

## **Abstrak**

Jalan tol merupakan jalan bebas hambatan bagi kendaraan bermotor yang kepada pemakainya dikenakan kewajiban membayar tarif tol sesuai dengan tipe kendaraan dan jarak yang ditempuh. Pada suatu sistem jaringan jalan tol kelambatan atau kemacetan sering terjadi di pintu gerbang tol

Studi kasus penelitian masalah ini dilakukan pada gerbang tol Karang Tengah yang merupakan salah satu pintu masuk bagi kendaraan yang akan memasuki ataupun keluar dari kota Jakarta dan Tangerang. Sering terjadi antrian yang panjang pada gerbang tol terutama pada jam-jam sibuk.

Tugas akhir ini mengevaluasi antrian yang terjadi pada gerbang tol dengan tingkat kedatangan kendaraan dan tingkat pelayanan gerbang. Maksud dari penelitian ini adalah untuk melihat kapasitas dan tingkat kinerja gerbang tol Karang Tengah apakah masih memadai ditahun-tahun mendatang dalam menghadapi lonjakan arus jalan tol yang selalu meningkat.

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder, data primer yaitu dari survei lapangan yaitu waktu pelayanan dan panjang antrian. Sementara data sekunder adalah data yang diambil dari PT. Jasa Marga sebagai pengelola jalan tol, data yang diambil adalah data volume lalu lintas, peta jalan tol. Metode forecasting juga digunakan dalam tugas akhir ini untuk mendapatkan volume lalu lintas hingga 30 tahun kedepan. Parameter yang digunakan dalam penganalisaan kapasitas gerbang tol adalah panjang antrian dan waktu antrian. Teori antrian yang digunakan adalah teori antrian *First In First Out* (FIFO) dan untuk struktur antrian digunakan



metode *Single channel Single phase* pada gerbang tol ini. Sistem gardu tol yang digunakan pada tahun 2017 yaitu konvensional dan Gardu Tol Otomatis (GTO), sedangkan untuk 15-30 tahun kedepan tidak menggunakan transaksi tunai, digunakan Gardu Tol Otomatis (GTO) dan *On Board Unit* (OBU).

Hasil dari perencanaan gerbang tol Karang tengah ini yaitu perencanaan panjang antrian yang terjadi di tiap gerbang tol sudah sesuai dengan Standart Pelayanan Minimum (SPM) menurut Peraturan Menteri PU no. 16/PRT/M/2014. Untuk jumlah gardu tahun 2027 adalah gerbang Karang Tengah Barat GTO 1 dan OBU 1, Karang Tengah Barat 2 GTO 3 dan OBU 1, Kunciran 1 gardu GTO 5 dan OBU 1, Kunciran 2 GTO 4 dan OBU 1, Tangerang 1 GTO 6 dan OBU 2, Tangerang 2 GTO dan OBU 1, Karawaci 1 GTO 1 dan OBU 1, Karawaci 2 GTO 4 dan OBU 1, Karawaci 3 GTO 5 dan OBU 1, Karawaci 4 GTO 6 dan OBU 1, Bitung 1 GTO 5 dan OBU 1, Bitung 2 GTO 5 dan OBU 1. Untuk tahun 2017 sampai tahun 2027 komposisi jumlah gardu tol masih mencukupi dengan lahan yang tersedia, namun teknologi Gardu Tol Otomatis dan *On Board Unit* harus ditingkatkan lagi dari yang ada pada saat ini supaya waktu pelayanan bisa lebih cepat. Waktu pelayanan Gardu Tol Otomatis (GTO) maksimal 5 detik, lalu untuk *On Board Unit* maksimal 1 detik lamanya transaksi. Sementara untuk perencanaan tahun 2032 dan tahun 2047 sulit direalisasikan karena lahan yang tersedia untuk jumlah gardu yang direncanakan sudah tidak bisa dibangun gerbang tol lagi. Maka untuk tahun 2032 dan tahun 2047 disarankan harus dibangun jalan tol keluar dan masuk baru atau membangun gerbang tol *elevated* untuk dapat merealisasikan perencanaan sampai 30 tahun kedepan.

***Kata kunci: Gerbang Tol, Perencanaan Pelayanan, Kapasitas,***

# **DESIGN OF CAPACITY AND SERVICE KARANG TENGAH TOLL GATE, TANGERANG**

**Student Name** : Madhyastara Gaudenshi  
**NRP** : 3112100131  
**Department** : Teknik Sipil FTSP ITS  
**Academic Supervisor** : Ir. Hera Widyastuti, M.T, Ph.D

## ***Abstract***

*Toll road is essentially a free-of-congestion road for four or more wheeled vehicles paying the charge based on the distance they take. However, there are some cases for a certain toll system that can cause traffic or congestion on the toll entrance or exit.*

*The case study of this research was conducted on Karang Tengah toll entrance, an entrance toll for vehicles coming in and out to Jakarta from Tangerang. Every year, the number of traffic on that location increase significantly, especially on rush hour.*

*This thesis evaluates the queue of vehicles on the toll entrance by examining the number of cars and the level of toll road entrance service. The aim of this research is to determine the capacity of the service done by the toll system and to analyze the future capacity of this toll entrance.*

*Data to be used in this research is primary data and secondary data, primary data that is from. While secondary data is data taken from PT. Jasa Marga as the toll road manager, the data taken is traffic volume data, toll road map. Forecasting method is also used in this final project for traffic volume volume up to 30 years ahead. Next parameter used in analyzing gate capacity is hi queue length and queue time. The queuing theory used is queuing theory. First at the beginning (FIFO) and for the structure. The toll booth system used in 2017 is conventional and Automatic Toll Gate (GTO), while for the next 15-30 years do not use cash transactions, used Automatic Tend Off (GTO) and On Board Unit (OBU).*

*The result of planning of this Karang Tengah toll gate is the planning of queue length that occurs in each toll gate is in accordance with Minimum Service Standards (SPM) according to Minister of Public Works Regulation no. 16 / PRT / M / 2014. The use of an integration system with transactions at each exit of the Jakarta-Tangerang toll road has benefited from reducing the queuing of queues at the Karang Tengah toll gate. The number of gate for the year 2027 is the Karang Tengah West 1 GTO 1 and OBU 1, Karang Tengah West 2 GTO 3 and OBU 1, Kunciran 1 gate GTO 5 and OBU 1, Kunciran 2 GTO 4 and OBU 1, Tangerang 1 GTO 6 and OBU 2, Tangerang 2 GTO and OBU 1, Karawaci 1 GTO 1 and OBU 1, Karawaci 2 GTO 4 and OBU 1, Karawaci 3 GTO 5 and OBU 1, Karawaci 4 GTO 6 and OBU 1, Bitung 1 GTO 5 and OBU 1, Bitung 2 GTO 5 and OBU 1. Toll Road is to integrate the transaction on the exit Jakarta-Tangerang to reduce the traffic. For 2017-2027, the number of the gate will be still sufficient, but the number of GTO and OBU should be increased to speed up the transaction time. It takes 5 seconds to do transaction through GTO and 1 second through OBU. However, 2032 and 2047 plan are difficult to implement due to the limitation in the availability of land. Therefore, in 2032 and 2047, it is suggested that the new entrance is built or build an elevated toll entrance to make the plan happen in 30 years ahead.*

**Keywords: Toll Gate, Service Planning, Capacity,**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir “*Perencanaan Kapasitas dan Kinerja Gerbang Tol Karang Tengah, Tangerang*” dengan lancar.

Proposal Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk menempuh Tugas Akhir di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam penyusunan Tugas Akhir :

1. Orang tua, adik dan keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini
2. Ibu Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D. selaku dosen konsultasi, atas bimbingan dan pengarahan yang telah diberikan.
3. Irvina Amalia Dewasa dan para sahabat yang selalu memberi dukungan dan mendoakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini
4. Teman-teman Livic Senirlia, angkatan S-55, teman Reccindforz dan para junior S-56 yang telah banyak memberikan dukungan dan bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir, mungkin masih terdapat kekurangan yang dibuat oleh penulis. Untuk itu, kritik dan saran akan sangat membantu dalam menyempurnakan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat berguna, bermanfaat serta menambah wawasan dan pengetahuan.

Surabaya, Juni 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

## **LEMBAR TERIMAKASIH**

Kepada orang tua saya Bapak Sonny Harsono, Ibu Liliek Kartikawati dan adik saya Artsilia Refdasella atas semua doa dan dukungan untuk kelancaran tugas akhir ini.

Irvina Amalia Dewasa yang selalu menyemangati, membantu, dan mendokan dalam penyusunan tugas akhir ini.

Sahabat-sahabat saya dari Livic Senilria, Reccindforz dan sahabat-sahabat saya di Jakarta, terutama juga kepada Magistra, Astrie atas bantuan, semangat, doa dan dukungan yang selalu diberikan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Keluarga Besar HMS FTSP ITS, seluruh angkatan 2012 S-55 untuk segala ilmu-ilmu akademis maupun pembelajaran hidup yang sangat berharga.

Adik-adik junior, senior-senior, dan para dosen atas pengalaman hidup semasa perkuliahan ini.

Dan semua pihak yang telah membantu dan tak dapat disebutkan satu persatu.

Terimakasih!

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>TITLE PAGE.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN...Error! Bookmark not defined.</b>	
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>LEMBAR TERIMAKASIH.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xx</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xxiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Lokasi Studi.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Definisi Jalan Tol .....	9
2.2 Jenis Kendaraan pada Jalan Tol .....	9
2.3 Kapasitas Gerbang Tol .....	10
2.4 Definisi Waktu Pelayanan.....	11
2.5 Pelayanan Jalan Tol.....	11
2.6 Teori Antrian .....	12
2.6.1 Proses pada Sistem Antrian.....	13



2.6.2 Karakteristik Sistem Antrian.....	15
2.6.2.1 Kedatangan Populasi yang akan dilayani ( <i>calling population</i> ).....	15
2.6.2.2 Tingkat Pelayanan.....	18
2.6.2.3 Mekanisme dan Jumlah Gerbang Pelayanan .....	19
2.6.2.4 Disiplin Antrian.....	19
2.6.3 Parameter Antrian .....	22
2.6.3.1 Disiplin Antrian FIFO .....	22
2.7 Proses Antrian .....	25
2.8 Analisis Kebijakan yang dapat dilakukan .....	27
2.8.1 Kebijakan Menambah Pintu Tol .....	27
2.8.2 Kebijakan Mengurangi Waktu Pelayanan.....	27
2.8.3 Kebijakan Sistem Tandem .....	27
2.8.4 Kebijakan Sistem Pembayaran Tol Elektrik (GTO) dan <i>On Board Unit</i> (OBU).....	29
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>31</b>
3.1 Studi Pustaka.....	31
3.2 Studi Awal.....	31
3.3 Penentuan Lokasi .....	31
3.4 Pengambilan Data Primer .....	32
3.5 Pengambilan Data Sekunder .....	32
3.6 Penyusunan Data.....	32
3.7 Analisis dan Perencanaan.....	33

3.8 Bagian Alir .....	33
<b>BAB IV DATA.....</b>	<b>37</b>
4.1 Umum.....	37
4.2 Data Primer .....	37
4.2.1 Waktu Pelayanan.....	37
4.2.1.1 Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional .....	37
4.2.1.2 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (GTO).....	42
4.2.1.3 Waktu Pelayanan Gardu Tol <i>On Board</i> <i>Unit</i> .....	46
4.3 Data Sekunder .....	47
4.3.1 Data Volume Lalu Lintas .....	48
4.3.2 Forecasting.....	49
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>55</b>
5.1 Analisis Tingkat Kedatangan .....	55
5.2 Analisis Jumlah Kendaraan Masuk dan Keluar Gerbang .....	57
5.3 Analisis Waktu Pelayanan.....	60
5.4 Analisis Intensitas Lalu Lintas .....	66
5.4.1 Contoh Perhitungan Intensitas Gerbang Tol .	66
5.5 Analisis Antrian pada Gerbang Tol (Antrian First In First Out).....	70
5.5.1 Contoh Perhitungan Antrian Gerbang Tol ....	70

5.6 Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2022 .....	77
5.6.1 Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2022.....	78
5.6.2 Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2022...	80
5.6.2.1 Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2027.....	80
5.6.3 Analisis Antrian Gerbang Tol (Antrian FIFO) Tahun 2022 .....	82
5.6.3.1 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2022 .....	82
5.7 Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2027 .....	85
5.7.1 Analisis Tingkat Kedatangan Tahun 2027 .....	85
5.7.2 Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2027...	87
5.7.2.1 Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2027.....	87
5.7.3 Analisis Antrian Gerbang Tol (Antrian FIFO) Tahun 2027 .....	89
5.7.3.1 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2027 .....	89
5.8 Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2032 .....	95
5.8.1 Analisis Tingkat Kedatangan Tahun 2032.....	95
5.8.2 Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2032...	97
5.8.2.1 Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2032.....	97
5.8.3 Analisis Antrian Gerbang Tol (Antrian FIFO) Tahun 2032 .....	99

5.8.3.1 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2032.....	99
5.9 Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2047 .....	102
5.9.1 Analisis Tingkat Kedatangan Tahun 2047 ..	102
5.9.2 Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2047	104
5.9.2.1 Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2047 .....	104
5.9.3 Analisis Antrian Gerbang Tol (Antrian FIFO) Tahun 2047.....	106
5.9.3.1 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2047.....	106
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>109</b>
6.1 Kesimpulan.....	109
6.2 Saran.....	120
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>121</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>123</b>

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1Peta Jalan Tol Jakarta-Merak .....	5
Gambar 1. 2 Gerbang Tol Karang Tengah .....	5
Gambar 1. 3Tarif Tol Karang Tengah.....	6
Gambar 1. 4Kemacetan antrian di Tol Karang Tengah .....	6
Gambar 1. 5 Gerbang Tol Karang Tengah .....	7
Gambar 1. 6Gerbang Tol Karang Tengah .....	7
Gambar 2. 1Model <i>Single Channel-Single Phase</i> .....	13
Gambar 2. 2Model <i>Single Channel-Multi Phase</i> .....	14
Gambar 2. 3Model <i>Multi Channel-Single Phase</i> .....	14
Gambar 2. 4Model <i>Multi Channel-Multi Phase</i> .....	15
Gambar 2. 5Disiplin antrian FIFO .....	20
Gambar 2. 6Disiplin Antrian LIFO .....	21
Gambar 2. 7Disiplin Antrian FVFS .....	21
Gambar 2. 8Tahapan dalam Proses Antrian.....	25
Gambar 2. 9Sistem Tandem .....	28
Gambar 2. 10Sistem tandem dengan waktu pelayanan antar kendaraan tidak sama .....	28
Gambar 3. 1Bagan Alir Penelitian ( <i>flow chart</i> ) .....	35
Gambar 5. 1 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional.....	61
Gambar 5. 2 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional .....	62
Gambar 5. 3 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis .....	63
Gambar 5. 4 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis.....	64
Gambar 5. 5 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol <i>On Board Unit</i> .....	65

Gambar 5. 6 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan  
Gardu Tol *On Board Unit* .....66

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Golongan Jenis Kendaraan Bermotor .....	10
Tabel 4. 1 Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional Jakarta - Tangerang .....	38
Tabel 4. 2 Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional Tangerang – Jakarta .....	40
Tabel 4. 3 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Ruas Jakarta – Tangerang .....	42
Tabel 4. 4 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Ruas Tangerang – Jakarta .....	44
Tabel 4. 5 Waktu Pelayanan Gardu Tol <i>On Board Unit</i> ....	46
Tabel 4. 6 Volume Lalu Lintas Harian Tol Jakarta – Tangerang per Hari.....	48
Tabel 4. 7 Pertumbuhan PDRB per Kapita Provinsi Banten .....	49
Tabel 4. 8 Volume Lalu Lintas Harian Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2022.....	50
Tabel 4. 9 Volume Lalu Lintas Harian Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2027.....	51
Tabel 4. 10 Volume Lalu Lintas Harian Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2032.....	52
Tabel 4. 11 Volume Lalu Lintas Harian Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2042.....	53
Tabel 5. 1 Faktor K .....	55
Tabel 5. 2 Arus Jam Puncak Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2017 .....	56
Tabel 5. 3 Jumlah Kendaraan Keluar Tol Jakarta – Tangerang Gardu Tol Konvensional .....	57



Tabel 5. 4Jumlah Kendaraan Keluar Tol Jakarta – Tangerang Gardu Tol Otomatis (GTO) .....	57
Tabel 5. 5Jumlah Kendaraan Masuk Tol Jakarta – Tangerang Gardu Tol Konvensional.....	57
Tabel 5. 6Jumlah Kendaraan Masuk Tol Jakarta – Tangerang Gardu Tol Otomatis (GTO) .....	57
Tabel 5. 7 Ekvivalen Kendaraan Ringan untuk Jalan Bebas Hambatan 4/2 .....	58
Tabel 5. 8Ekvivalen Kendaraan Ringan untuk Jalan Bebas Hambatan 6/2 .....	58
Tabel 5. 9 Jumlah Kendaraan Keluar ke Gerbang Tol Konvensional Yang Sudah Menggunakan EKR .....	59
Tabel 5. 10 Jumlah Kendaraan Keluar ke Gerbang Tol Gardu Tol Otomatis (GTO) Yang Sudah Menggunakan EKR.....	59
Tabel 5. 11Jumlah Kendaraan Masuk ke Gerbang Tol Konvensional Yang Sudah Menggunakan EKR .....	60
Tabel 5. 12Jumlah Kendaraan Masuk ke Gerbang Tol Gardu Tol Otomatis (GTO) Yang Sudah Menggunakan EKR .....	60
Tabel 5. 13 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional .....	61
Tabel 5. 14 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (GTO).....	62
Tabel 5. 15 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol <i>On Board Unit</i> .....	64
Tabel 5. 16Hasil Perhitungan Analisis Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah .....	69
Tabel 5. 17 Hasil perhitungan antrian gerbang tol di jalan tol Jakarta – Tangerang gardu konvensional.....	72

Tabel 5. 18 Hasil perhitungan antrian gerbang tol di jalan tol Jakarta – Tangerang gardu tol otomatis (GTO) .....	73
Tabel 5. 19 Total Panjang Antrian Kendaraan di Gerbang Tol Tahun 2017 .....	76
Tabel 5. 20 Total Jumlah Gardu Tol Tahun 2017 .....	77
Tabel 5. 21 Arus Jam Puncak Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2022.....	79
Tabel 5. 22 Hasil Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2022 .....	81
Tabel 5. 23 Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol Otomatis Tahun 2022 .....	82
Tabel 5. 24 Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol <i>On Board Unit</i> Tahun 2022 .....	83
Tabel 5. 25 Total Panjang Antrian Kendaraan di Gerbang Tol Tahun 2022 .....	84
Tabel 5. 26 Total Jumlah Gardu Tol Tahun 2022 .....	84
Tabel 5. 27 Arus Jam Puncak Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2027 .....	86
Tabel 5. 28 Hasil Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2027 .....	88
Tabel 5. 29 Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol Otomatis.....	90
Tabel 5. 30 Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol <i>On Board Unit</i> .....	90
Tabel 5. 31 Total Panjang Antrian Kendaraan di Gerbang Tol Tahun 2027 .....	94
Tabel 5. 32 Total Jumlah Gardu Tol Tahun 2027 .....	94
Tabel 5. 33 Arus Jam Puncak Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2032.....	96

Tabel 5. 34 Hasil Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2032.....	98
Tabel 5. 35 Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol Otomatis Tahun 2032 .....	100
Tabel 5. 36 Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol <i>OnBoard Unit</i> Tahun 2032.....	100
Tabel 5. 37 Total Panjang Antrian Kendaraan di Gerbang Tol Tahun 2032.....	101
Tabel 5. 38 Total Jumlah Gardu Tol Tahun 2032.....	101
Tabel 5. 39 Arus Jam Puncak Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2047 .....	103
Tabel 5. 40 Hasil Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2047 .....	105
Tabel 5. 41 Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol Otomatis Tahun 2047 .....	107
Tabel 5. 42 Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol <i>OnBoard Unit</i> Tahun 2047.....	107
Tabel 5. 43 Total Panjang Antrian Kendaraan di Gerbang Tol Tahun 2047 .....	108
Tabel 5. 44 Total Jumlah Gardu Tol Tahun 2047.....	108

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Transportasi saat ini telah menjadi hal yang sangat penting. Setiap individu pasti akan membutuhkan transportasi. Karena transportasi merupakan suatu sarana yang sangat penting untuk mempelancar roda perekonomian masyarakat di suatu wilayah. Selain itu juga transportasi sudah menjadi bagian yang tak terpisahkan bagi kehidupan manusia jaman sekarang. sebagai contoh salah satu fungsi dasar transportasi yaitu meghubungkan suatu wilayah dengan wilayah lain. Semakin berkembangnya wilayah itu maka arus transportasi akan semakin padat pula. Maka untuk mengatasi masalah kepadatan itu dibangun jalan-jalan tol baik di dalam maupun di luar kota.

Jalan tol adalah jalan bebas hambatan (*freeway*) yang berbayar. Merupakan suatu fasilitas jalan raya yang dikhususkan bagi kendaraan beroda empat ataupun lebih. Pembuatan jalan tol bertujuan untuk mempersingkat waktu dan jarak dari suatu wilayah ke wilayah lain. Oleh sebab itu jalan tol sebagaimana fungsinya harus menyediakan arus yang bebas hambatan. Maka untuk mewujudkan itu jalan tol memiliki tingkat minimal pelayanan yang mencakup kondisi jalan, kecepatan tempuh rata-rata, akseibilitas, mobilitas dan keselamatan.

Mengingat fungsi jalan tol sebagai jalan bebas hambatan, maka diperlukan tinjauan terhadap kinerja jalan tol. Salah satu permasalahan yang sering terjadi adalah kemacetan khususnya pada gerbang tol. Kemacetan di gerbang tol biasanya terjadi karena proses antrian yang terjadi di gerbang tol. Dengan demikian waktu proses yang terjadi di gerbang tol mempengaruhi arus kendaraan, maka akan menimbulkan kemacetan pada gerbang tol. Tapi, jika terlalu banyak menggunakan gerbang tol akan bertambah pula biaya operasi.

Kota Tangerang merupakan salah satu kota yang berkembang sangat cepat. Kota Tangerang menjadi salah satu

kota yang memiliki penduduk yang cukup padat. Di Kota Tangerang terdapat jalan tol Jakarta – Tangerang yang menjadi jalan tol yang menghubungkan masyarakat Jakarta menuju ke kota Tangerang maupun ke pelabuhan Merak begitu pula sebaliknya masyarakat tangerang menuju ke daerah perkantoran di Jakarta.

Jalan tol Jakarta – Tangerang adalah jalan tol menuju dan keluar kota Tangerang.. Dari tahun ke tahun pertumbuhan lalu lintas di jalan tol Jakarta - Tangerang ini selalu meningkat dikarenakan semakin berkembangnya kota Tangerang dari tahun ke tahun. Banyaknya masyarakat yang tinggal di daerah Tangerang dan bekerja di Jakarta membuat jalan tol ini selalu ramai setiap hari. Kawasan BSD Tangerang dan Alam Sutera yang saat ini semakin maju juga menjadi salah satu tujuan warga Jakarta dan sekitarnya untuk bepergian sehingga menambah padat arus kendaraan di jalan tol ini yang menyebabkan antrian di gerbang-gerbang tol cukup panjang, terutama pada *peak hour*.

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 menjadi objek perencanaan adalah gerbang tol Karang Tengah, yang akan direncanakan menggunakan 3 sistem gardu yaitu gardu tunai, Gerbang Tol Otomatis (GTO) dan *On Board Unit* (OBU). Dipilihnya gerbang Tol Karang Tengah disini dikarenakan disetiap waktu disaat *peak hour* maupun di jam-jam biasa gerbang tol ini selalu mengalami antrian yang cukup panjang bisa mencapai 1 km. Maka tugas akhir ini sekaligus bertujuan untuk mengetahui kapasitas dan tingkat kinerja pelayanan gerbang tol saat ini dan untuk tahun-tahun mendatang dalam menghadapi pertumbuhan arus lalu lintas di jalan tol.

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Berapa panjang antrian yang terjadi pada gardu tol dilihat dari tingkat kedatangan dan waktu pelayanan pada gerbang tol Karang Tengah
2. Merencanakan gerbang tol Karang Tengah yang memenuhi Standar Pelayanan Minimum (SPM)?
3. Berapa jumlah *gate* yang dibutuhkan untuk menampung *volume* kendaraan yang ada pada gerbang tol Karang Tengah dengan menggunakan sistem bayar tunai, Gerbang Tol Otomatis (GTO), dan *On Board Unit* (OBU).

## 1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui seberapa panjang antrian yang terjadi pada gardu tol dilihat dari tingkat kedatangan dan waktu pelayanan pada gerbang tol Karang Tengah
2. Untuk merencanakan gerbang tol Karang Tengah yang telah memenuhi Standar Pelayanan Minimum (SPM).
3. Untuk mengetahui jumlah *gate* yang dibutuhkan untuk menampung *volume* kendaraan yang ada pada gerbang tol Karang Tengah menggunakan sistem bayar tunai, Gerbang Tol Otomatis (GTO), dan *On Board Unit* (OBU).

## 1.4 Manfaat

Diharapkan studi ini bisa menjadi salah satu rujukan bagi pemerintah dalam menentukan jumlah gardu yang efektif dan efisien atau perlunya tambahan teknologi di gerbang tol tersebut dalam 30 tahun kedepan.

### 1.5 Batasan Masalah

Supaya tidak terjadi penyimpangan dalam pembahasan masalah ada penyusun tugas akhir ini, maka diperlukan adanya batasan masalah sebagai berikut:

1. Arus kendaraan yang akan ditinjau yaitu:
  - a. Kendaraan yang keluar pada gerbang tol Karang Tengah
  - b. Kendaraan yang masuk pada gerbang tol Karang Tengah
2. Waktu pelayanan (*service time*) ditinjau pada saat mengadakan transaksi terhadap pengguna berdasarkan jenis kendaraan dikaitkan dengan struktur loket pelayanan di tiap gardu. Dimana jenis kendaraan akan di golongkan menjadi beberapa golongan, yaitu:
  - a. Golongan I : Sedan, jip, pickup, bus kecil, truk kecil, dan bus
  - b. Golongan II : Truk dengan 2 (dua) gandar
  - c. Golongan III : Truk dengan 3 (tiga) gandar
  - d. Golongan IV : Truk dengan 4 (empat) gandar
  - e. Golongan V : Truk dengan 5 (lima) gandar atau lebih
3. Tidak membahas faktor-faktor yang menentukan kondisi akhir lalu lintas seperti kondisi jalan dan mobil, perilaku pengendara dan profil pengendara (kesiapan dalam membayar, usia, emosi pengemudi)
4. Tidak membahas biaya tarif tol dan geometri jalan

### 1.6 Lokasi Studi

Lokasi yang ditinjau dalam penyusunan tugas akhir ini adalah berupa gerbang tol yang berada di jalan tol Jakarta – Merak. Gerbang tol yang menjadi lokasi studi yaitu gerbang tol Karang Tengah. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 1. 1**Peta Jalan Tol Jakarta-Merak  
(Sumber: : [www.jasamarga.com](http://www.jasamarga.com), 11/4/20)



**Gambar 1. 2** Gerbang Tol Karang Tengah  
(Sumber: *Google Earth*, 09/10/2016)

Jumlah gerbangyang ada di gerbang tol Karang Tengah ini sebanyak total 1 gerbang utama untuk kendaraan golongan 1 ke arah Jakarta dan juga Tangerang. Terdapat juga 4 gerbangsatelite, 2 gerbang satelit ke arah Jakarta, 2 gerbang satelit ke arah Tangerang. Gerbang tol satelit ini diperuntukkan untuk kendaraan besar golongan 2-5.





**Gambar 1. 3Tarif Tol Karang Tengah  
(Sumber: Dok. Pribadi, 13/4/2016)**



**Gambar 1. 4Kemacetan antrian di Tol Karang Tengah  
(Sumber: Dok. Pribadi, 13/4/2016)**



**Gambar 1. 5 Gerbang Tol Karang Tengah  
(Sumber: Dok. Pribadi, 13/4/2016)**



**Gambar 1. 6 Gerbang Tol Karang Tengah  
(Sumber: Dok. Pribadi, 13/4/2016)**

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Jalan Tol**

Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 mengenai jalan, jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Jalan tol sendiri diselenggarakan untuk:

- a. Memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang;
- b. Meningkatkan hasil guna dan daya guna pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi;
- c. Meringankan beban dana pemerintah melalui partisipasi pengguna jalan;
- d. Meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan.

Pengusahaan jalan tol dilakukan oleh pemerintahan dan/atau badan usaha yang telah memenuhi persyaratan. Penggunaan jalan tol diwajibkan membayar tol yang digunakan untuk pengembalian investasi, pemeliharaan dan pengembangan jalan tol. Jalan tol harus memiliki spesifikasi dan pelayanan yang lebih tinggi daripada jalan umum yang ada.

#### **2.2 Jenis Kendaraan pada Jalan Tol**

Struktur beton Menurut keputusan dari Menteri Pekerjaan Umum No. 370 Tahun 2007 tentang penetapan golongan jenis kendaraan bermotor pada ruas jalan tol yang sudah beroperasi dan besarnya tarif tol pada beberapa ruas jalan tol, golongan jenis kendaraan bermotor pada jalan tol yang sudah beroperasi adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1Golongan Jenis Kendaraan Bermotor

<b>GOLONGAN</b>	<b>JENIS KENDARAAN</b>
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 ataulebih

(Sumber: <http://bpjt.pu.go.id>)

### 2.3 Kapasitas Gerbang Tol

Data kapasitas suatu gerbang tol bisa diperoleh dengan cara survei tujuan dan sistem *Trial and Error*, dimana data nantinya diperoleh untuk memprediksi kapasitas suatu gerbang tol pada tahun yang akan datang. Namun karena semakin banyaknya pengguna jalan maka jumlah data diperkirakan tidak mampu menampung lagi dan diperlukan penambahan gerbang tol.

Untuk mengatasi masalah bertambahnya kapasitas akibat bertambahnya pengguna jalan tol, maka diperlukan suatu data untuk mengetahui kapasitas gerbang tol. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara (*counting*). Setiap gerbang tol memiliki kapasitas yang berbeda tergantung dari tingkat pelayanan. Dengan pelayanan yang singkat dan tepat akan menambah kapasitas suatu gerbang tol (**Hutahean, 2007**)

Definisi mengenai kapasitas menurut beberapa ahli:

1. Menurut Wohl dan Martin:

*“The quantitative measurement of the volume (per unit of time) that a particular facility can accommodate (at the limit), and this usually provides a measure of maximum volume carrying capabilities”.*

2. Menurut Freedy Rangkuti:

“Kapasitas adalah tingkat kemampuan memproduksi secara optimum dari sebuah fasilitas biasanya dinyatakan sebagai jumlah output pada suatu periode waktu tertentu”

Dari beberapa definisi diatas, dapat disimpulkan kapasitas dari gerbang tol adalah nilai maksimum dari jumlah kendaraan

yang melewati gerbang tol dalam waktu tertentu. Faktor yang mempengaruhi nilai maksimum adalah jalan, kontrol operasional, fasilitas, perilaku pengendara, dan beberapa faktor lingkungan seperti cuaca.

## **2.4 Definisi Waktu Pelayanan**

Waktu pelayanan didefinisikan dengan apa yang dilayani. Pelayanan artinya memberikan kepuasan bagi konsumen atas apa yang telah konsumen berikan kepada pemberi jasa.

Waktu adalah sesuatu yang berharga dan tidak bisa kembali lagi. Jadi waktu pelayanan harus digunakan secara efektif dan efisien. Dengan waktu yang tepat dan cepatnya pelayanan maka konsumen pun akan merasa puas.

## **2.5 Pelayanan Jalan Tol**

Pelayanan jalan tol dibagi menjadi tiga poin (**Hutahean, 2007**), yaitu:

### **1. Pelayanan Transaksi**

Pelayanan transaksi terjadi karena pengumpul tol langsung berhadapan dengan pengemudi. Jadi perlu diberikan kesan baik pada masyarakat mengenai pelayanan transaksi. Seperti memberikan pembatas jalan di depan pintu tol dan layanan terbaik. Sehingga pengguna jalan tol bisa langsung merasakan bagaimana layanan transaksi yang diberikan.

### **2. 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 sepanjang jalan tol. Misalnya menurunnya angka kecelakaan pada jalan tol. Disediakkannya fasilitas patrol, rambu-rambu lalu lintas. Juga penanggulangan tanah longsor/banjir yang terjadi pada beberapa bagian jalan tol.

### **3. Layanan Terhadap Pemeliharaan**

Layanan terhadap pemeliharaan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu pemeliharaan rutin, pemeliharaan periodic dan

pemeliharaan khusus. Pemeliharaan rutin dilakukan setiap waktu terhadap seluruh aset jalan tol. Seperti contohnya garis pembatas, pembatas jalan dan pengaspalan jalan rusak.

## 2.6 Teori Antrian

Teori antrian (*queeing*) sangat perlu dipelajari dalam usaha mengenal perilaku pergerakan arus lalu lintas baik manusia maupun kendaraan (**Morlok, 1978** dan **Hobbs, 1979**). Hal ini disebabkan sangat banyak kejadian yang terjadi di sektor transportasi dan permasalahan lalu lintas yang terjadi sehari-hari pada sistem jaringan jalan dapat dijelaskan dan dipecahkan dengan bantuan analisis teori antrian, seperti misalnya:

1. Terjadinya antrian kendaraan selama waktu kemacetan adalah sumber utama keterlambatan yang perlu dipertimbangkan yang akan berakibat pada menurunnya kinerja sistem jaringan jalan.
2. Antrian kendaraan yang terjadi di depan pintu gerbang tol atau antrian kendaraan yang terjadi pada setiap lengan persimpangan berlampu lalu lintas.
3. Antrian kendaraan truk pada saat bongkar/muat barang di pelabuhan.
4. Antrian kapal laut yang ingin merapat di dermaga.
5. Antrian kendaraan yang terjadi pada saat kendaraan ingin memasuki kapal feri di terminal penyebrangan.
6. Antrian manusia pada loket pembelian karcis di bandara, stasiun kereta api, dan lain-lain.
7. Antrian manusia pada loket pelayanan bank, loket pembayaran listrik atau telepon, serta pasar swalayan; dan
8. Sangat banyak kejadian lainnya yang terjadi sehari-hari yang dapat dijelaskan dengan bantuan analisis teori antrian.

Antrian pada dasarnya terjadi karena adanya gangguan yang terjadi pada pergerakan suatu arus lalu lintas. Tingkat kecepatan pelayanan sangat mempengaruhi waktu menunggu saat terjadinya antrian. Terjadinya antrian ini salah satunya adalah

akibat kapasitas dari gardu dan pelayanan yang sudah tidak memenuhi syarat.

Teori antrian ini adalah salah satu cara untuk menganalisa masalah terjadinya antrian panjang yang terjadi. Teori ini dibutuhkan untuk mengambil keputusan tiap karakteristik sistem antrian tersebut.

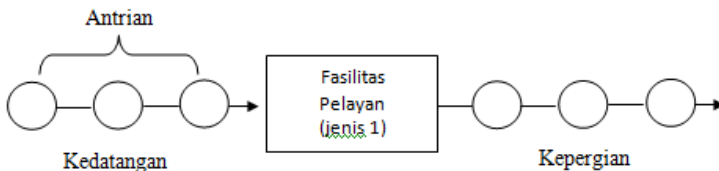
### 2.6.1 Proses pada Sistem Antrian

Sistem antrian adalah suatu sistem yang mencakup barisan dan gerbang pelayanan. Sedangkan populasi yang terbentuk dari waktu ke waktu berasal dari suatu sumber disebut *calling population*. Populasi tersebut datang ke sistem dan bergabung membentuk barisan antrian. Pada waktu tertentu, salah satu atau beberapa anggota dari barisan antrian tersebut dipilih untuk mendapat pelayanan. Pemilihan ini berdasarkan pada aturan-aturan tertentu yang disebut disiplin antrian. Populasi yang telah dilayani selanjutnya pergi meninggalkan gerbang pelayanan.

Struktur antrian dapat diklasifikasikan berdasarkan banyaknya gerbang atau jalur dan banyaknya tahap pelayanan yang ada. Inilah beberapa klasifikasinya, sebagai berikut:

#### A. Sistem antrian jalur tunggal (*single channel-single phase*)

*Single Channel* berarti hanya ada satu jalur yang memasuki system pelayanan atau ada satu fasilitas pelayanan. *Single Phase* berarti hanya ada satu pelayanan.



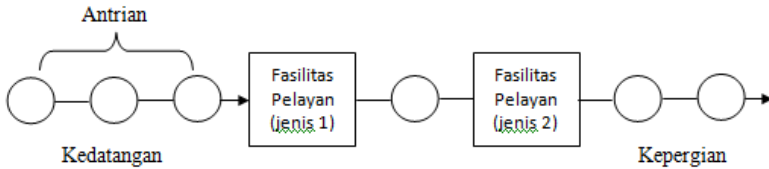
Gambar 2. 1 Model *Single Channel-Single Phase*

(Sumber: <https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>)



B. Sistem antrian jalur tunggal tahapan berganda (*single channel-multi phase*)

*Multi Phase* menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan (dalam phasephase). Sebagai contoh : pencucian mobil.

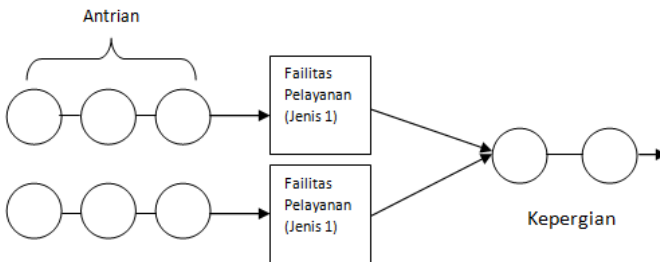


**Gambar 2. 2**Model *Single Channel-Multi Phase*

(Sumber: <https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>)

C. Sistem antrian jalur berganda satu tahap (*multi channel-single phase*)

*Multi Channel – Single Phase* terjadi kapan saja di mana ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal, sebagai contoh teller sebuah bank.



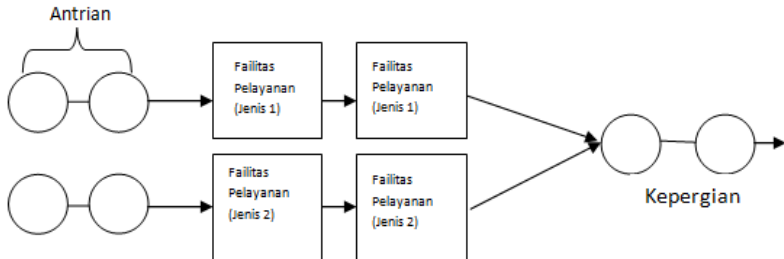
**Gambar 2. 3**Model *Multi Channel-Single Phase*

(Sumber: <https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>)

D. Sistem antrian jalur berganda dengan tahapan berganda (*multi channel-multi phase*)

*Multi Channel – Multi Phase* Sebagai contoh, registrasi para mahasiswa di universitas, pelayanan kepada pasien di rumah

sakit mulai dari pendaftaran, diagnosa, penyembuhan sampai pembayaran.



**Gambar 2. 4** Model *Multi Channel-Multi Phase*

(Sumber: <https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>)

## 2.6.2 Karakteristik Sistem Antrian

Karakteristik antrian adalah bahwa terdapat kedatangan, pelayanan, antrian. Untuk dapat menjelaskan proses antrian dengan baik, diperlukan penjelasan mengenai 4 (empat) komponen utama dalam teori antrian yang harus benar-benar diketahui dan dipahami, yaitu :

1. Kedatangan populasi, yang meliputi tingkat kedatangan rata-rata dan probabilitas distribusi pelayanan.
2. Tingkat pelayanan, yang meliputi tingkat layanan rata-rata dan probabilitas distribusi waktu pelayanan.
3. Jumlah dan susunan gerbang pelayanan.
4. Disiplin antrian, yaitu menentukan antrian dimana satuan lalu lintas yang tiba akan dilayani.

Masing-masing komponen dalam sistem antrian tersebut mempunyai karakteristik sendiri-sendiri. Karakteristik dari masing-masing komponen tersebut adalah:

### 2.6.2.1 Kedatangan Populasi yang akan dilayani (*calling population*)

Karakteristik dari populasi yang akan dilayani (*calling population*) dapat dilihat menurut ukurannya, pola kedatangan, serta perilaku dari populasi yang akan dilayani. Menurut

ukurannya, populasi yang akan dilayani bisa terbatas (*finite*) bisa juga tidak terbatas (*infinite*).

Distribusi *headway* dari kedatangan lalu lintas, yang mungkin saja merata (yaitu dengan *headway* konstan) atau dapat mengikuti pola kedatangan acak (*Poisson*). Kedatangan yang teratur sering kita jumpai pada proses pembuatan/pengemasan produk yang sudah distandarisasi. Pada proses semacam ini, kedatangan produk untuk diproses pada bagian selanjutnya biasanya sudah ditentukan waktunya. Sedangkan pola kedatangan yang sifatnya acak (*random*) banyak kita jumpai misalnya kedatangan nasabah di bank. Pola kedatangan yang sifatnya acak dapat digambarkan dengan distribusi statistik dan dapat ditentukan dengan dua cara yaitu kedatangan per satuan waktu dan distribusi waktu antar kedatangan.

Jika kedatangan diasumsikan terjadi dengan kecepatan rata-rata yang konstan dan bebas satu sama lain disebut distribusi probabilitas Poisson. Ahli matematika dan fisika, Simeon Poisson (1781 – 1840), menemukan sejumlah aplikasi manajerial, seperti kedatangan pasien di RS, sambungan telepon melalui central switching system, kedatangan kendaraan di pintu tol, dan lain-lain. Semua kedatangan tersebut digambarkan dengan variabel acak yang terputus-putus dan nonnegatif integer (0, 1, 2, 3, 4, 5, dst). Selama 10 menit mobil yang antri di pintu tol bisa 3, 5, 8, dst.

Ada beberapa ciri-ciri Distribution Poisson:

1. Rata-rata jumlah kedatangan setiap interval waktu bisa diestimasi dari data sebelumnya.
2. Bila interval waktu diperkecil misalnya dari 10 menit menjadi 5 menit, maka pernyataan berikut ini benar :
  - a. Probabilitas bahwa seorang pasien datang merupakan angka yang sangat kecil dan konstan untuk setiap interval.
  - b. Probabilitas bahwa 2 atau lebih pasien akan datang dalam waktu interval sangat kecil sehingga probabilitas untuk 2 atau lebih dikatakan 0 (nol).

- c. Jumlah pasien yang datang pada interval waktu bersifat independen.
- d. Jumlah pasien yang datang pada satu interval tidak tergantung pada interval yang lain.

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

$$P(n) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} \quad (2.1)$$

Dimana:

$P(n)$  = peluang terdapat sejumlah  $n$  kendaraan yang tiba dalam selang waktu  $t$

$\lambda$  = tingkat kedatangan kendaraan dalam satu satuan waktu tertentu

$t$  = selang waktu kedatangan kendaraan

$e$  = bilangan natural ( $e=2,718$ )

$n$  = jumlah kendaraan dalam waktu  $t$ ; ( $n=0,1,2, \dots$ )

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

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

Dimana:

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

$\lambda$  = rata-rata kedatangan persatuan waktu

$t$  = waktu rata-rata dalam sistem (detik)

Suatu faktor yang mempengaruhi penilaian distribusi kedatangan adalah ukuran populasi panggilan

Perilaku kedatangan. Populasi yang akan dilayani mempunyai perilaku yang berbeda-beda dalam membentuk antrian. Ada tiga jenis perilaku : *reneging*, *balking*, dan *jockeying*.

*Reneging* menggambarkan situasi dimana seseorang masuk dalam antrian, namun belum memperoleh pelayanan, kemudian meninggalkan tempat antrian tersebut. *Balking* menggambarkan orang yang tidak masuk dalam antrian dan langsung meninggalkan tempat antrian. *Jockeying* menggambarkan orang yang pindah-pindah antrian.

### 2.6.2.2 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan yang dinyatakan dengan notasi ( $\mu$ ) adalah jumlah kendaraan atau manusia yang dapat dilayani oleh satu tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit.

Selain tingkat pelayanan, juga dikenal Waktu Pelayanan (WP) yang dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh satu tempat pelayanan untuk dapat melayani satu kendaraan atau satu orang, biasa dinyatakan dalam satuan menit/kendaraan atau menit/orang, sehingga bisa disimpulkan bahwa (May, 1991):

$$WP = \frac{1}{\mu} \quad (2.3)$$

Dimana:

WP = waktu pelayanan

$\mu$  = tingkat pelayanan

Selain itu dikenal juga notasi  $\rho$  yang didefinisikan sebagai nisbah antara tingkat kedatangan ( $\lambda$ ) dengan tingkat pelayanan ( $\mu$ ) dengan persyaratan bahwa nilai tersebut selalu harus lebih kecil dari 1 (May, 1991).

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1 \quad (2.4)$$

Dimana:

$\rho$  = intensitas lalu lintas atau faktor pemakaian

$\lambda$  = tingkat kedatangan

$\mu$  = tingkat pelayanan

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 selalu bertambah panjang (tidak terhingga).

### **2.6.2.3 Mekanisme dan Jumlah Gerbang Pelayanan**

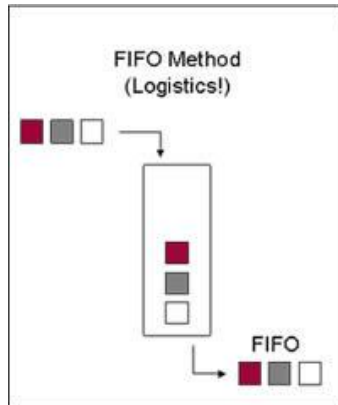
Mekanisme pelayanan terdiri dari satu atau lebih fasilitas yang seri. Setiap fasilitas dapat mempunyai satu atau lebih gerbang pelayanan yang paralel. Jika sistem mempunyai lebih dari satu fasilitas pelayanan maka populasi akan menerima pelayanan secara seri yaitu harus melewati rangkaian pelayanan lebih dahulu, baru boleh meninggalkan sistem. Jika sistem mempunyai lebih dari satu gerbang pelayanan yang paralel, maka beberapa populasi dapat melayani secara simultan.

Suatu model antrian disebut layanan tunggal, apabila sistem hanya mempunyai satu gerbang pelayanan dan disebut model pelayanan ganda apabila sistem mempunyai sejumlah satuan pelayanan paralel yang masing-masing dilayani oleh seperangkat pelayanan.

### **2.6.2.4 Disiplin Antrian**

Disiplin antrian mempunyai pengertian bagaimana tata cara kendaraan atau manusia mengantri. Beberapa jenis antrian yang sering digunakan dalam bidang transportasi atau arus lalu lintas adalah (**Wohl Martin, 1967; Morlok, 1978; dan Hobbs, 1979**):

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



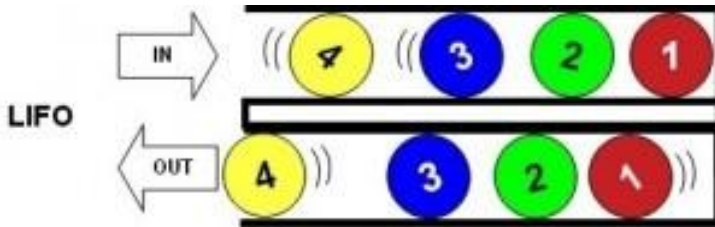
**Gambar 2. 5**Disiplin antrian FIFO

(Sumber: <http://www.differencebetween.info/difference-between-fifo-and-lifo>)

Gambar tersebut diatas memperlihatkan bagaimana tata cara disiplin antrian FIFO. Disiplin antrian FIFO sangat sering digunakan dalam bidang transportasi dimana orang dan/atau kendaraan yang pertama tiba pada suatu tempat pelayanan akan dilayani pertama.

2. *Last In First Out* (LIFO)

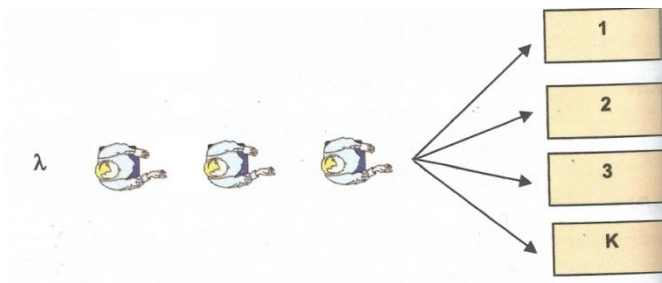
Gambar berikut memperlihatkan ilustrasi bagaimana tata cara disiplin antrian LIFO. Terlihat pada gambar bahwa berkas laporan yang pertama tiba akan terletak paling bawah sehingga akan diproses paling akhir. Sedangkan berkas laporan yang masuk paling akhir akan terletak paling atas, sehingga akan diproses paling awal.



Gambar 2. 6 Disiplin Antrian LIFO

(Sumber: <http://www.accounting-tutorial.com/costing-method-accounting>)

### 3. First Vacant First Served (FVFS)



Gambar 2. 7 Disiplin Antrian FVFS

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

Dapat dilihat pada gambar, disiplin antrian FVFS sangat sering digunakan pada beberapa loket pelayanan bank, loket pembayaran listrik atau telepon, dan banyak contoh lainnya. Dengan disiplin antrian FVFS ini, orang yang pertama tiba akan dilayani oleh tempat pelayanan yang pertama tiba akan dilayani oleh tempat pelayanan yang pertama kosong. Dalam kasus FVFS, hanya akan terbentuk 1 (satu) antrian tunggal saja, tetapi jumlah tempat pelayanan bisa lebih dari 1 (satu).

Kinerja disiplin antrian FVFS akan sangat baik jika waktu pelayanan di setiap tempat pelayanan sangat bervariasi (atau dengan kata lain jika standar deviasi waktu pelayanan antartempat pelayanan relatif besar). Hal ini disebabkan penggunaan disiplin FIFO akan menjadi sangat tidak efektif jika waktu pelayanan sangat bervariasi antar tempat pelayanan, yang akan mengakibatkan panjang antrian yang tidak merata untuk setiap



lajur antrian. Contoh kegiatan pelayanan yang mempunyai standar deviasi waktu pelayanan antartempat pelayanan yang sangat bervariasi adalah: loket pelayanan bank, imigrasi atau pabean, pasar swalayan, dan lain – lain.

Salah satu kelebihan utama dalam penerapan disiplin antrian FVFS adalah hanya akan terbentuk 1 (satu) lajur antrian saja (lajur-tunggal). Pada prakteknya, antrian tersebut dapat digantikan dengan sistem kartu tunggu sehingga secara fisik antrian tersebut tidak perlu terbentuk, karena dapat digantikan dengan nomor urut kartu.

### 2.6.3 Parameter Antrian

Terdapat 4 (empat) parameter utama yang selalu digunakan dalam menganalisis antrian, yaitu :  $n$  ,  $q$  ,  $d$ , dan  $w$ . Defenisi dari setiap parameter tersebut adalah (**Tamin, 2008**):

$n$  = jumlah kendaraan atau orang dalam sistem (kendaraan atau orang per satuan waktu)

$q$  = jumlah kendaraan atau orang dalam antrian (kendaraan atau orang per satuan waktu)

$d$  = waktu kendaraan atau orang dalam sistem (satuan waktu)

$w$  = waktu kendaraan atau orang dalam antrian (satuan waktu)

#### 2.6.3.1 Disiplin Antrian FIFO

Persamaan (2.5) – (2.8) berikut merupakan yang dapat digunakan untuk menghitung  $n$  ,  $q$  ,  $d$ , dan  $w$  untuk disiplin antrian FIFO. (**Tamin, 2008**)

$$n = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)} \quad (2.5)$$

$$q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)} \quad (2.6)$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \quad (2.7)$$

$$w = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = d - \frac{1}{\mu} \quad (2.8)$$

Dimana:

$\lambda$  = tingkat kedatangan rata-rata

$\mu$  = tingkat pelayanan rata-rata

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

$n$  = jumlah kendaraan atau orang dalam sistem (kendaraan atau orang per satuan waktu)

$q$  = jumlah kendaraan atau orang dalam antrian (kendaraan atau orang per satuan waktu)

$d$  = waktu kendaraan atau orang dalam sistem (satuan waktu)

$w$  = waktu kendaraan atau orang dalam antrian (satuan waktu)

Beberapa asumsi yang diperlukan dalam penggunaan disiplin antrian FIFO:

- a) Persamaan (2.5) – (2.8) hanya berlaku untuk lajur-tunggal dan dengan nilai  $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$ . Jika nilai  $\rho > 1$ , maka diharuskan menambah beberapa lajur-tunggal (multilajur).
- b) Jika terdapat lebih dari 1 (satu) lajur (katakana N lajur), maka diasumsikan bahwa tingkat kedatangan ( $\lambda$ ) akan membagi dirinya secara merata untuk setiap lajur sebesar  $\frac{\lambda}{N}$  dimana N adalah jumlah lajur. Dengan demikian, dapat diasumsikan akan terbentuk N buah antrian berlajur-tunggal dimana setiap antrian berlajur-tunggal akan dapat menggunakan persamaan (2.5) – (2.8).
- c) Kendaraan yang sudah antri pada suatu lajur antrian diasumsikan tidak boleh berpindah antrian ke lajur lainnya.
- d) Waktu pelayanan antartempat pelayanan diasumsikan relatif sama (atau dengan kata lain standar deviasi waktu pelayanan antartempat pelayanan relatif kecil).

### 2.6.3.1 Disiplin Antrian FVFS

Persamaan (2.10) – (2.14) berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung  $n$ ,  $q$ ,  $d$ , dan  $w$  untuk disiplin antrian FVFS.

$$p(0) = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{K-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] + \left[ \frac{1}{K!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right) \left(\frac{K\mu}{K\mu - \lambda}\right) \right]} \quad (2.9)$$

Dimana  $p(0)$  adalah besarnya peluang terjadinya kondisi dimana tidak ada kendaraan dalam sistem antrian dan  $K$  adalah jumlah tempat pelayanan.

$$n = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K}{(K-1)!(K\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.10)$$

$$q = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K}{(K-1)!(K\mu - \lambda)^2} P_0 = n - \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.11)$$

$$d = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K}{(K-1)!(K\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.12)$$

$$w = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K}{(K-1)!(K\mu - \lambda)^2} P_0 = d - \frac{1}{\mu} \quad (2.13)$$

dimana:

$\lambda$  = tingkat kedatangan rata-rata

$\mu$  = tingkat pelayanan rata-rata

$K$  = jumlah gerbang pelayanan

$p(0)$  = besarnya peluang terjadinya kondisi dimana tidak ada kendaraan dalam sistem antrian

$n$  = jumlah kendaraan atau orang dalam sistem (kendaraan atau orang per satuan waktu)

$q$  = jumlah kendaraan atau orang dalam antrian (kendaraan atau orang per satuan waktu)

$d$  = waktu kendaraan atau orang dalam sistem (satuan waktu)

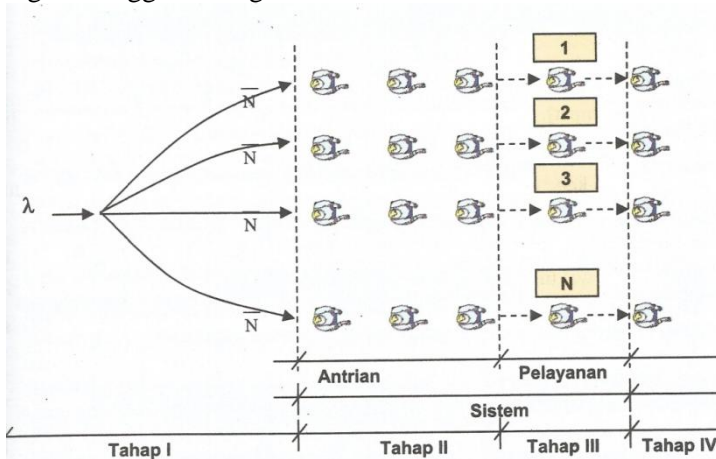
$w$  = waktu kendaraan atau orang dalam antrian (satuan waktu)

Asumsi yang diperlukan dalam penggunaan disiplin antrian FVFS adalah terdapat hanya 1 (satu) antrian (lajur-tunggal) dimana kendaraan atau orang yang berada pada antrian terdepan akan dilayani oleh suatu tempat pelayanan yang pertama kosong (*vacant*).

Penurunan secara matematis untuk kondisi tetap ini disebut hasil-hasil (rumusan rumusan) keadaan tetap (*steady state result*) yang berarti bahwa ini merupakan hasil yang diamati sesudah sistem beroperasi pada waktu yang lama hingga nilai rata-rata atau probabilitasnya tidak akan berubah. Persamaan tersebut diturunkan dari situasi dengan periode operasi tidak terhingga. Pendekatan dengan cara ini logis digunakan untuk evaluasi efektif berbagai segi perencanaan jalan tol.

## 2.7 Proses Antrian

Pada dasarnya untuk lebih memahami lebih lanjut mengenai antrian, hal utama yang sangat diperlukan adalah mengertibagaimana sebenarnya proses terjadinya antrian. Proses terjadinya antrian terdiri dari 4 (empat) tahap yang akan dijelaskan dengan menggunakan gambar berikut:



**Gambar 2. 8 Tahapan dalam Proses Antrian**

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

## a) Tahap I

Tahap dimana arus lalu lintas (misalkan kendaraan) bergerak dengan kecepatan tertentu menuju suatu tempat pelayanan. Besarnya arus lalu lintas yang datang disebut dengan tingkat kedatangan ( $\lambda$ ). Jika digunakan disiplin antrian FIFO dan terdapat lebih dari 1 (satu) tempat pelayanan (multilajur) maka dapat diasumsikan bahwa tingkat kedatangan ( $\lambda$ ) tersebut akan membagi dirinya secara merata untuk setiap pelayanan sebesar  $\lambda/N$  dimana  $N$  adalah jumlah tempat pelayanan. Dengan demikian, dapat diasumsikan akan terbentuk  $N$  buah antrian berlajur-tunggal dimana setiap antrian berlajur-tunggal akan berlaku disiplin antrian FIFO.

## b) Tahap II

Tahap dimana arus lalu lintas (kendaraan) mulai bergabung dengan antrian menunggu untuk dilayani. Jadi, waktu antrian dapat didefinisikan sebagai waktu sejak kendaraan mulai bergabung dengan antrian sampai dengan waktu kendaraan mulai dilayani oleh suatu tempat pelayanan.

## c) Tahap III

Tahap dimana arus lalu lintas (kendaraan) dilayani oleh satu tempat pelayanan. Jadi, waktu pelayanan (WP) dapat didefinisikan sebagai waktu sejak dimulainya kendaraan dilayani sampai dengan waktu kendaraan selesai dilayani.

## d) Tahap IV

Tahap dimana arus lalu lintas (kendaraan) meninggalkan tempat pelayanan melanjutkan perjalanannya.

Gabungan tahap II dan III disebut sistem antrian. Jadi waktu dalam sistem antrian dapat didefinisikan sebagai waktu sejak kendaraan mulai bergabung dengan antrian sampai dengan waktu kendaraan selesai dilayani (atau meninggalkan waktu pelayanan).

## **2.8 Analisis Kebijakan yang dapat dilakukan**

Dalam usaha untuk meminimumkan nilai  $n$ ,  $q$ ,  $d$ , dan  $w$ , terdapat beberapa kebijakan yang dapat dilakukan, yaitu :

- a) Kebijakan menambah pintu tol
- b) Kebijakan mengurangi waktu pelayanan
- c) Kebijakan sistem tandem
- d) Kebijakan sistem pembayaran tol elektrik (GTO) atau *On Board Unit* (OBU)

### **2.8.1 Kebijakan Menambah Pintu Tol**

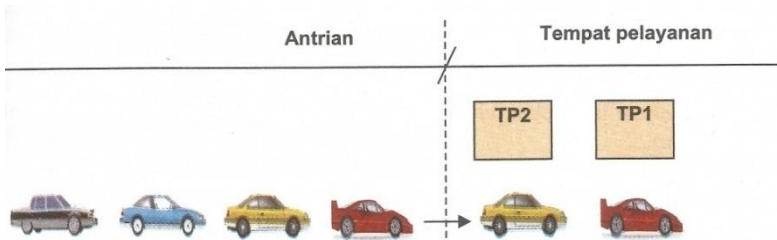
Kebijakan menambah pintu tol merupakan suatu kebijakan yang berbiaya besar, karena penambahan pintu berarti menambah lahan baru untuk pintu tol tersebut, menambah bangunan pintu tol, peralatan baru, tenaga manusia, dan cukup banyak biaya terkait lainnya. Permasalahan lahan merupakan permasalahan kritis bagi daerah perkotaan, karena ketersediaan lahan yang sudah sangat terbatas dan harga lahan yang sudah sangat mahal tentunya.

### **2.8.2 Kebijakan Mengurangi Waktu Pelayanan**

Kebijakan ini merupakan pilihan terbaik, karena dapat dikatakan tidak membutuhkan biaya besar (mungkin hanya berupa dana insentif bagi karyawan yang dapat menurunkan waktu pelayanan). Akan tetapi, waktu pelayanan tersebut hanya bisa ditekan seminimal mungkin, tidak bisa dihilangkan sama sekali.

### **2.8.3 Kebijakan Sistem Tandem**

Kebijakan sistem tandem merupakan usaha untuk meningkatkan kinerja pintu tol, karena dapat menurunkan waktu pelayanan sampai 50 % (Morlok,1978 dan Hobbs,1079). Gambar berikut memperlihatkan bagaimana proses sistem tandem.

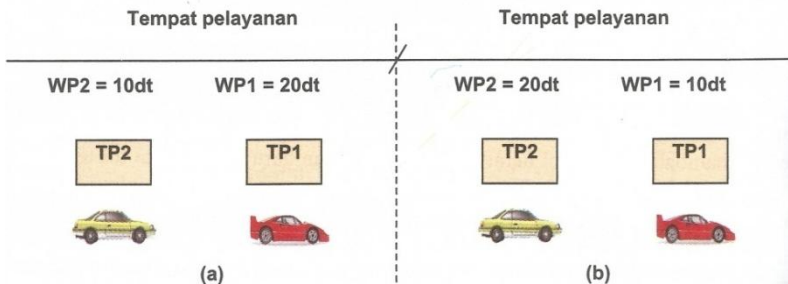


**Gambar 2. 9Sistem Tandem**

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

Sebagai ilustrasi dengan waktu pelayanan 10 detik, tanpa sistem tandem pintu tol tersebut hanya dapat melayani 1 (satu) buah kendaraan dalam 10 detik. Akan tetapi dengan sistem tandem, dalam 10 detik yang sama pintu tol tersebut akan dapat melayani 2 (dua) buah kendaraan sekaligus. Sehingga, dapat dikatakan bahwa waktu pelayanan seakan-akan dapat ditekan menjadi 5 detik. Dengan kata lain, tingkat pelayanan pintu tol tersebut meningkat dari 360 kendaraan/jam menjadi 720 kendaraan/jam.

Akan tetapi, penggunaan sistem tandem hanya akan menguntungkan dengan persyaratan bahwa pelayanan kendaraan tersebut harus relatif sama. Jika tidak sama, maka dampaknya akan jauh lebih merugikan dari sistem antrian biasa. Hal ini dapat dijelaskan dengan gambar berikut.



**Gambar 2. 10Sistem tandem dengan waktu pelayanan antar kendaraan tidak sama**

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

Pada gambar terlihat kendaraan (1) membutuhkan waktu 20 detik untuk dilayani sedangkan kendaraan (2) hanya membutuhkan waktu 10 detik. Pada saat kendaraan (2) telah selesai dilayani, kendaraan (1) masih belum selesai dilayani, sehingga kendaraan (1) akan menghalangi pergerakan kendaraan (2) dan akhirnya waktu pelayanan kendaraan (2) berubah menjadi 20 detik. Dengan demikian, tingkat pelayanan sistem tandem tersebut menjadi hanya sebesar 180 kendaraan /jam jauh lebih buruk dibandingkan dengan sistem antrian biasa (360 kendaraan/jam). Hal yang sama sebaliknya terlihat pada gambar (b). Kendaraan (1) hanya membutuhkan waktu 10 detik untuk dilayani sedangkan kendaraan (2) membutuhkan waktu 20 detik. Pada saat kendaraan (1) telah selesai dilayani, kendaraan (2) masih belum selesai, sehingga kendaraan (2) akan menghalangi pergerakan kendaraan urutan berikutnya. Dengan demikian, tingkat pelayanan sistem tandem tersebut tetap hanya sebesar 180 kendaraan/jam jauh lebih buruk dibandingkan dengan sistem antrian biasa (360 kendaraan/jam).

#### **2.8.4 Kebijakan Sistem Pembayaran Tol Elektrik (GTO) dan *On Board Unit* (OBU)**

Pembayaran tol elektronik, adalah sebuah adaptasi dari teknologi militer identifikasi teman atau lawan, yang bertujuan untuk menghilangkan kemacetan di jalan tol. Metode tersebut merupakan implementasi teknologi konsep pembayaran jalan dan menentukan apakah mobil-mobil yang melewati terdaftar dalam program, alarm bagi yang tidak terdaftar, dan mendebit secara elektronik rekening dari mobil terdaftar tanpa harus berhenti, atau membuka jendela. ETC (*Electronic Tol Collection*) pertama kali diperkenalkan pada 1987 di Aalesund, Norwegia. Di Indonesia sendiri terkenal dengan GTO (Gerbang Tol Otomatis).

Penggunaan teknologi sistem pembayaran elektronik seperti penggunaan *smart card* sebagai alat pembayaran sudah digunakan pada ruas tol di Singapura dan Malaysia. Dengan kartu ini, pengguna jalan tol tidak perlu membayar tiket di gerbang tol



tujuan, tetapi cukup menyentuh kartu ke sensor (*touch and pass*) sehingga secara lansung akan mendebit biaya tol. Pengguna tol tidak perlu lagi berhenti lama untuk membayar tol namun secara otomatis mengurangi *account* yang dimiliki pengguna tol melalui mekanisme *scanning* yang sangat cepat. Smart card seperti ini di negara maju digunakan tidak hanya untuk pembayaran suatu ruas jalan tol, tetapi juga digunakan untuk berbagai keperluan transportasi, misalnya bisa digunakan untuk kereta api, parkir dan sebagainya. Di Indonesia sudah banyak gerbang tol yang menggunakan GTO.

Sementara untuk 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 Otomatis (GTO), dan akan langsung membuka *barrier*, sehingga pengguna jalan tol tidak harus membuka kaca jendela dan melakukan tap kartu untuk bertransaksi di GTO. Namun untuk gerbang tol khusus sistim OBU masih belum terlalu banyak digunakan di gerbang tol di Jakarta

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Studi Pustaka**

Studi pustaka dari penelitian ini adalah mengenai teori antrian, seperti yang sudah dijelaskan di BAB II. Dimana kendaraan yang menjadi objek diklasifikasikan ke dalam:

- Golongan I :  
Sedan, jip, pick up, bus kecil, truk kecil (3/4), 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

Data yang akan diambil adalah:

1. Tingkat kedatangan ( $\lambda$ )
2. Panjang antrian ( $q$ )
3. Waktu pelayanan (*service time*) ( $t$ )

### **3.2 Studi Awal**

Studi awal akan dilakukan dengan cara survei ke lapangan di gerbang tol yang akan ditinjau. Dimana survei akan berguna untuk mengetahui jam-jam puncak kemacetan yang terjadi di gerbang tol.

### **3.3 Penentuan Lokasi**

Setelah melakukan survei awal, maka dapat ditentukan lokasi yang akan menjadi objek permasalahan. Dalam studi kasus ini lokasi yang akan ditinjau adalah gerbang tol Karang Tengah. Gerbang tol ini berada di jalan tol Jakarta – Tangerang.

### 3.4 Pengambilan Data Primer

Data primer merupakan sumber data yang diperoleh dari sumber asli tidak melalui perantara. Data primer bisa berupa opini, dan hasil observasi. Metode yang digunakan menggunakan data primer yaitu:

1. Metode Survei
2. Metode Observasi

Dalam studi ini pengambilan data primer dilakukan langsung di lapangan dengan melakukan survei lapangan. Survei dilakukan pada tiap gerbang tol yang akan ditinjau. Data yang diambil saat melakukan survei adalah:

- Waktu pelayanan (*service time*): saat kendaraan berhenti di depan gardu tol untuk melakukan transaksi sampai kendaraan meninggalkan gardu 50 kendaraan di setiap gerbang tol.
- Panjang antrian: dilakukan dengan cara mengukur panjang antrian yang sedang terjadi dimulai dari mobil yang berada dibelakang mobil yang sedang bertransaksi.

### 3.5 Pengambilan Data Sekunder

Data sekunder merupakan sumber data penelitian yang diperoleh peneliti melalui media perantara. Data sekunder umumnya berupa bukti catatan atau laporan historis yang telah ada didalam arsip

Dalam studi ini data sekunder didapat dari pihak PT. Jasa Marga selaku pengelola jalan tol Jakarta – Tangerang. Data yang akan diambil adalah data volume kendaraan yang melewati jalan tol, konfigurasi gerbang tol, dan peta jalan tol.

### 3.6 Penyusunan Data

Setelah data-data telah didapatkan maka akan disusun ke dalam komputer dan diolah menggunakan Microsoft Excel sebagai data base. Beberapa data yang akan disusun:

1. Tingkat Kedatangan ( $\lambda$ )
2. Tingkat Pelayanan ( $\mu$ )

3. Panjang Antrian ( $q$ )
4. Analisis antrian FIFO

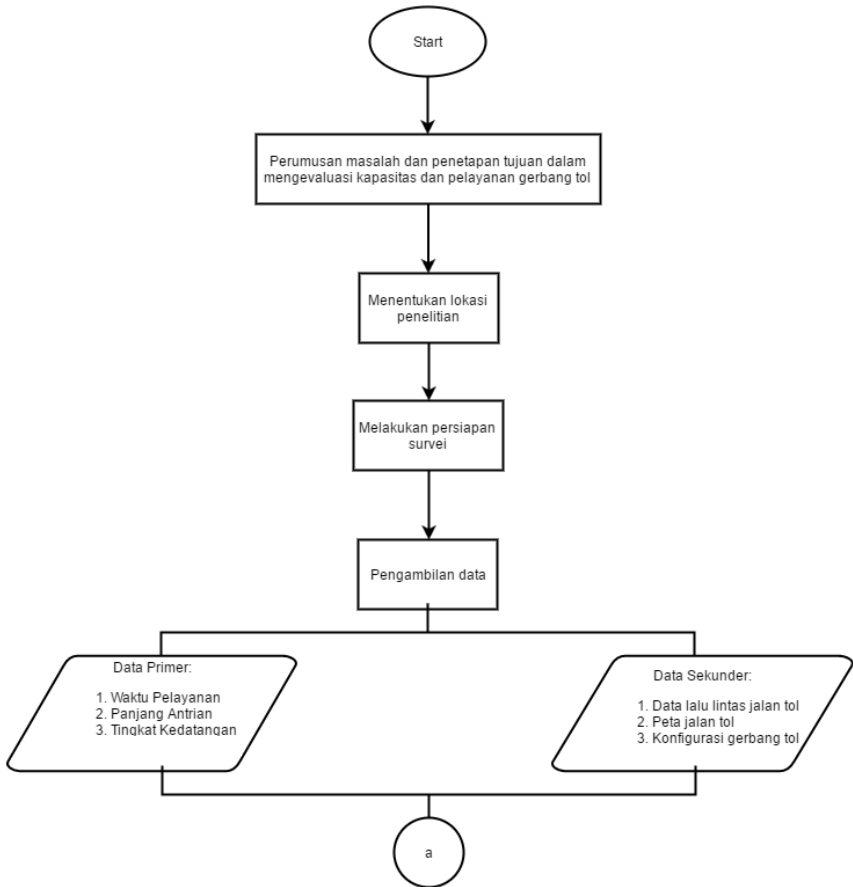
### **3.7 Analisis dan Perencanaan**

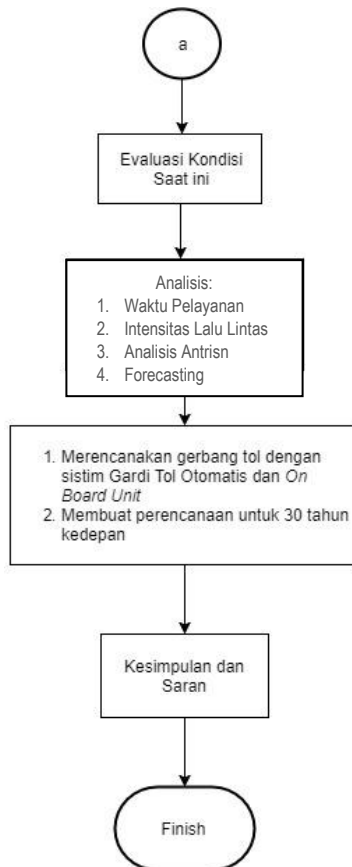
Setelah data berhasil disusun maka akan dilakukan analisis dari hasil survei yang telah dilakukan.

Setelah itu akan dilakukan pula perencanaan simulasi yang menggunakan 3 sistem, yaitu pembayaran tunai, Gerbang Tol Otomatis (GTO), *On Board Unit* (OBU). Akan dibuat simulasi gerbang tol untuk 30 tahun kedepan. Analisis simulasi terbaik akan dibuat perencanaan layout gate tol tersebut.

### **3.8 Bagian Alir**

Dalam pengerjaan penelitian ini diperlukan suatu metodologi yang akan membantu penelitian agar tidak menyimpang dari tujuan dan juga mempermudah pekerjaan. Untuk itu dibuat sebuah metodologi penelitian yang dapat dibuat melalui bagian alir (*flow chart*) seperti di **Gambar 3.1**





**Gambar 3. 1** Bagan Alir Penelitian (*flow chart*)

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

## **BAB IV DATA**

### **4.1 Umum**

Tugas akhir ini memerlukan data pendukung untuk dianalisis, terdapat dua macam data pada tugas akhir ini yaitu data primer dan data sekunder.

Sedangkan data sekunder adalah data yang didapatkan dari instansi, buku, yang terkait dengan tugas akhir ini.

### **4.2 Data Primer**

Data primer adalah data yang langsung diambil dari objek penelitian tugas akhir ini yaitu di gerbang tol Karang Tengah Utama, Tangerang.

#### **4.2.1 Waktu Pelayanan**

Data waktu pelayanan dibutuhkan untuk merencanakan gerbang tol Karang Tengah Utama, Tangerang. Data yang diambil dari gerbang tol Karang Tengah Utama adalah waktu pelayanan gardu konvensional dan gardu tol otomatis (GTO). Sedangkan gardu OBU (*on board unit*) diambil di gerbang tol Cililitan.

##### **4.2.1.1 Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional**

Data waktu pelayanan gardu tol konvensional mulai dihitung saat mobil dalam keadaan berhenti dan melakukan transaksi, sampai mobil meninggalkan gardu melewati palang.



**Tabel 4. 1 Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional Jakarta - Tangerang**

Tipe Gardu : Konvensional

No. Gardu : 3

Ruas : Jakarta - Tangerang

Waktu : 14.00 (10 Maret 2017)

no	Gol. Kendaraan	Waktu transaksi	Panjangantrian
1	I	8	+ 2km
2	I	3	
3	I	5	
4	I	6	
5	I	8	
6	II	6	
7	I	5	
8	I	8	
9	I	6	
10	I	4	
11	I	8	
12	I	5	
13	I	7	
14	I	5	
15	I	4	
16	II	6	
17	II	8	
18	I	6	
19	I	6	
20	I	7	
21	I	5	
22	I	8	
23	I	9	

no	Gol. Kendaraan	Waktu transaksi	Panjangantrian
24	II	8	
25	I	8	
26	I	7	
27	I	7	
28	I	3	
29	I	7	
30	I	8	
31	I	7	
32	I	3	
33	I	7	
34	I	4	
35	I	8	
36	I	7	
37	I	8	
38	I	7	
39	I	6	
40	I	3	
41	I	8	
42	I	6	
43	I	8	
44	I	3	
45	I	8	
46	I	5	
47	I	4	
48	I	7	
49	I	5	
50	I	7	

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 2 Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional Tangerang – Jakarta**

Tipe Gardu : Konvensional

No. Gardu : 21

Ruas : Tangerang - Jakarta

Waktu : 14.00 (10 Maret 2017)

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	4	+ 1km
2	I	7	
3	I	7	
4	II	5	
5	I	5	
6	I	4	
7	I	5	
8	I	6	
9	I	4	
10	I	3	
11	I	6	
12	I	2	
13	I	7	
14	I	7	
15	I	4	
16	I	6	
17	I	5	
18	I	7	
19	I	4	
20	I	2	
21	I	5	
22	I	2	
23	I	7	

no	Gol. Kendaraan	Waktu transaksi	Panjangantrian
24	I	5	
25	I	5	
26	I	7	
27	I	12	
28	I	8	
29	I	5	
30	I	7	
31	I	3	
32	I	8	
33	I	7	
34	I	13	
35	I	3	
36	I	7	
37	I	3	
38	I	4	
39	I	2	
40	I	5	
41	I	5	
42	I	6	
43	I	6	
44	I	6	
45	I	5	
46	I	2	
47	I	7	
48	I	9	
49	I	5	
50	I	12	

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.2.1.2 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (GTO)

Data waktu pelayanan gardu tol otomatis (GTO) diambil pada saat mobil dalam keadaan berhenti dan melakukan transaksi dengan menempelkan kartu *e-toll* sampai mobil melintas melewati palang gardu.

**Tabel 4. 3 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Ruas Jakarta –  
Tangerang**

Tipe Gardu : GTO

No. Gardu : 6

Ruas : Jakarta - Tangerang

Waktu : 14.00 (10 Maret 2017)

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	4	+ 2km
2	I	8	
3	I	11	
4	I	4	
5	I	6	
6	I	5	
7	I	5	
8	I	6	
9	I	5	
10	I	9	
11	I	6	
12	I	5	
13	I	5	
14	I	5	
15	I	5	
16	I	4	
17	I	5	

no	Gol. Kendaraan	Waktu transaksi	Panjangantrian
18	I	6	
19	I	5	
20	I	5	
21	I	4	
22	I	5	
23	I	10	
24	I	4	
25	I	3	
26	I	6	
27	I	6	
28	I	4	
29	I	8	
30	I	3	
31	I	5	
32	I	7	
33	I	6	
34	I	6	
35	I	3	
36	I	5	
37	I	5	
38	I	4	
39	I	4	
40	I	7	
41	I	3	
42	I	5	
43	I	6	
44	I	4	
45	I	5	

no	Gol. Kendaraan	Waktu transaksi	Panjang antrian
46	I	5	
47	I	9	
48	I	5	
49	I	8	
50	I	4	

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 4 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Ruas Tangerang – Jakarta**

Tipe Gardu : GTO  
 No. Gardu : 22  
 Ruas : Tangerang - Jakarta  
 Waktu : 14.00 (10 Maret 2017)

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	5	+ 2km
2	I	6	
3	I	7	
4	I	7	
5	I	5	
6	I	5	
7	I	6	
8	I	5	
9	I	4	
10	I	4	
11	I	5	
12	I	10	
13	I	8	
14	I	4	

no	Gol. Kendaraan	Waktu transaksi	Panjangantrian
15	I	6	
16	I	4	
17	I	5	
18	I	5	
19	I	5	
20	I	6	
21	I	3	
22	I	5	
23	I	9	
24	I	4	
25	I	5	
26	I	5	
27	I	8	
28	I	5	
29	I	5	
30	I	7	
31	I	6	
32	I	5	
33	I	5	
34	I	4	
35	I	5	
36	I	6	
37	I	5	
38	I	3	
39	I	4	
40	I	5	
41	I	7	
42	I	4	



no	Gol. Kendaraan	Waktu transaksi	Panjang antrian
43	I	9	
44	I	4	
45	I	5	
46	I	5	
47	I	4	
48	I	3	
49	I	4	
50	I	5	

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.2.1.3 Waktu Pelayanan Gardu Tol *On Board Unit*

Data waktu pelayanan gardu tol *On Board Unit* diambil di gerbang tol Cililitan dikarenakan gerbang tol Karang Tengah Utama belum menggunakan sistem *On Board Unit*. Survei waktu pelayanan mulai dihitung pada saat kendaraan mulai melambat untuk dapat terbaca oleh mesin *OBU* untuk melakukan transaksi pembayaran, sampai mobil melewati palang gardu.

**Tabel 4. 5 Waktu Pelayanan Gardu Tol *On Board Unit***

Tipe Gardu : *On Board Unit*

Waktu : 11.40 (2 Maret 2017)

no	Gol. Kendaraan	Waktu Transaksi	Panjang antrian
1	I	3	0
2	I	3	0
3	I	3	1
4	I	4	0
5	I	3	0
6	I	4	0

Sumber: Hasil Perhitungan

### **4.3 Data Sekunder**

Data yang didapatkan dari didapatkan dari instansi, buku, yang terkait dengan tugas akhir ini, salah satunya yaitu PT. Jasa Marga Cabang Jakarta Tangerang selaku pengelola gerbang tol Karang Tengah. Data yang didapatkan adalah data volume kendaraan yang melintasi gerbang tol Karang Tengah. Berikut adalah data volume lalu lintas kendaraan yang melintas.

### 4.3.1 Data Volume Lalu Lintas

**Tabel 4. 6 Volume Lalu Lintas HarianTol Jakarta – Tangerangper Hari**

No	Gerbang	I	II	III	IV	V	Etoll Gol I	Etoll Gol II	Etoll Gol III	Etoll Gol IV	Etoll Gol V
01	TANGERANG ON RAMP	14.717	442	70	17	18	8.012	1	-	-	-
02	TANGERANG OFF RAMP	13.924	1.535	348	142	106	8.153	13	-	-	-
03	KARAWACI 2 ( ON RAMP)	-	-	-	-	-	15.062	15	4	-	-
04	KARAWACI 1 ( OFF RAMP)	1.340	154	374	101	35	1.070	2	1	-	-
05	KARAWACI 3 ( OFF RAMP)	14.429	480	35	49	16	8.118	10	-	-	-
06	KARAWACI 4 ( ON RAMP)	11.673	589	475	66	39	13.406	21	-	-	-
07	KARANG TENGAH BARAT 1 (ON RAMP)	6.016	185	48	-	-	3.168	24	10	-	-
08	KARANG TENGAH BARAT 2 (OFF RAMP)	6.954	161	36	4	1	3.479	29	9	1	-
09	KUNCIRAN 2 (ON RAMP)	7.785	309	159	14	24	9.436	89	95	-	8
10	KUNCIRAN 1 (OFF RAMP)	8.569	230	69	9	20	13.096	73	82	2	5
11	BITUNG 2 (ON RAMP)	9.985	3.692	936	565	336	1.888	30	-	-	-
12	BITUNG 1 (OFF RAMP)	9.593	3.608	976	834	428	2.514	57	2	-	1
	SUB TOTAL	104.985	11.385	3.526	1.801	1.023	87.402	364	203	3	14
	RATA - RATA	8.749	1.752	542	277	157	13.446	56	31	0	2

Sumber: PT. Jasa Marga

### 4.3.2 Forecasting

Dalam perencanaan gardu tol ini direncanakan pula perencanaan untuk 30 tahun kedepan. Untuk mendapatkan data lalu lintas kendaraan sampai 30 tahun kedepan digunakan cara forecasting. Forecasting ini dilakukan dengan cara mengkalikan dala volume lalu lintas harian pada tabel 4.6 dengan koefisien rata – rata Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) per Kapita Provinsi Banten.

**Tabel 4. 7 Pertumbuhan PDRB per Kapita Provinsi Banten**

Tahun	Pertumbuhan PDRB per Kapita
2011	10,16%
2012	7,95%
2013	9,23%
2014	10,96%
2015	9,21%
Rata-rata	9,50%

Sumber: *banten.bps.go.id*

Koefisien yang digunakan untuk forecast volume lalu lintas harian rata-rata kendaraan pada perencanaan ini adalah rata-rata dari PDRB Provinsi Banten yaitu 9,5%. Contoh perhitungan forecasting volume kendaraan golongan 1 tahun 2022:

$$\begin{aligned}
 \text{Forecasting} &= \text{Vol.Kendaraan 2017} (1 + 9,5\%)^{\text{Tahun yang diforecast}} \\
 &= 14.717 (1 + 9,5\%)^5 \\
 &= 23.168 \text{ Kendaraan}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil forecasting lalu lintas harian rata-rata kendaraan yang melintas di jalan tol Jakarta – Tangerang untuk perencanaan gerbang tol Karang Tengah 30 tahun kedepan.

**Tabel 4. 8 Volume Lalu Lintas Harian Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2022**

No	Gerbang	I	II	III	IV	V	Etoll Gol I	Etoll Gol II	Etoll Gol III	Etoll Gol IV	Etoll Gol V
01	TANGERANG ON RAMP	23.168	696	110	27	28	12.613	2	-	-	-
02	TANGERANG OFF RAMP	21.920	2.416	548	224	167	12.835	20	-	-	-
03	KARAWACI 2 ( ON RAMP)	-	-	-	-	-	23.711	24	6	-	-
04	KARAWACI 1 ( OFF RAMP)	2.109	242	589	159	55	1.684	3	2	-	-
05	KARAWACI 3 ( OFF RAMP)	22.715	756	55	77	25	12.780	16	-	-	-
06	KARAWACI 4 ( ON RAMP)	18.376	927	748	104	61	21.104	33	-	-	-
07	KARANG TENGAH BARAT 1 (ON RAMP)	9.471	291	76	-	-	4.987	38	16	-	-
08	KARANG TENGAH BARAT 2 (OFF RAMP)	10.947	253	57	6	2	5.477	46	14	2	-
09	KUNCIRAN 2 (ON RAMP)	12.255	486	250	22	38	14.855	140	150	-	13
10	KUNCIRAN 1 (OFF RAMP)	13.490	362	109	14	31	20.616	115	129	3	8
11	BITUNG 2 (ON RAMP)	15.719	5.812	1.473	889	529	2.972	47	-	-	-
12	BITUNG 1 (OFF RAMP)	15.102	5.680	1.536	1.313	674	3.958	90	3	-	2
	SUB TOTAL	165.271	17.923	5.551	2.835	1.610	137.592	573	320	5	22
	RATA - RATA	13.773	1.494	463	236	134	11.466	48	27	0	2

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 9 Volume Lalu Lintas Harian Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2027**

No	Gerbang	I	II	III	IV	V	Etoll Gol I	Etoll Gol II	Etoll Gol III	Etoll Gol IV	Etoll Gol V
01	TANGERANG ON RAMP	36.472	1.095	173	42	45	19.856	2	-	-	-
02	TANGERANG OFF RAMP	34.507	3.804	862	352	263	20.205	32	-	-	-
03	KARAWACI 2 ( ON RAMP)	-	-	-	-	-	37.327	37	10	-	-
04	KARAWACI 1 ( OFF RAMP)	3.321	382	927	250	87	2.652	5	2	-	-
05	KARAWACI 3 ( OFF RAMP)	35.758	1.190	87	121	40	20.118	25	-	-	-
06	KARAWACI 4 ( ON RAMP)	28.928	1.460	1.177	164	97	33.223	52	-	-	-
07	KARANG TENGAH BARAT 1 (ON RAMP)	14.909	458	119	-	-	7.851	59	25	-	-
08	KARANG TENGAH BARAT 2 (OFF RAMP)	17.234	399	89	10	2	8.622	72	22	2	-
09	KUNCIRAN 2 (ON RAMP)	19.293	766	394	35	59	23.385	221	235	-	20
10	KUNCIRAN 1 (OFF RAMP)	21.236	570	171	22	50	32.455	181	203	5	12
11	BITUNG 2 (ON RAMP)	24.745	9.150	2.320	1.400	833	4.679	74	-	-	-
12	BITUNG 1 (OFF RAMP)	23.774	8.941	2.419	2.067	1.061	6.230	141	5	-	2
SUB TOTAL		260.177	28.215	8.738	4.463	2.535	216.602	902	503	7	35
RATA - RATA		21.681	2.351	728	372	211	18.050	75	42	1	3

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 10 Volume Lalu Lintas Harian Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2032**

No	Gerbang	I	II	III	IV	V	Etoll Gol I	Etoll Gol II	Etoll Gol III	Etoll Gol IV	Etoll Gol V
01	TANGERANG ON RAMP	57.416	1.724	273	66	70	31.257	4	-	-	-
02	TANGERANG OFF RAMP	54.322	5.989	1.358	554	414	31.807	51	-	-	-
03	KARAWACI 2 ( ON RAMP)	-	-	-	-	-	58.762	59	16	-	-
04	KARAWACI 1 ( OFF RAMP)	5.228	601	1.459	394	137	4.174	8	4	-	-
05	KARAWACI 3 ( OFF RAMP)	56.292	1.873	137	191	62	31.671	39	-	-	-
06	KARAWACI 4 ( ON RAMP)	45.540	2.298	1.853	257	152	52.301	82	-	-	-
07	KARANG TENGAH BARAT 1 (ON RAMP)	23.470	722	187	-	-	12.359	94	39	-	-
08	KARANG TENGAH BARAT 2 (OFF RAMP)	27.130	628	140	16	4	13.573	113	35	4	-
09	KUNCIRAN 2 (ON RAMP)	30.372	1.206	620	55	94	36.813	347	371	-	31
10	KUNCIRAN 1 (OFF RAMP)	33.430	897	269	35	78	51.092	285	320	8	20
11	BITUNG 2 (ON RAMP)	38.955	14.404	3.652	2.204	1.311	7.366	117	-	-	-
12	BITUNG 1 (OFF RAMP)	37.425	14.076	3.808	3.254	1.670	9.808	222	8	-	4
SUB TOTAL		409.580	44.417	13.756	7.026	3.991	340.983	1.420	792	12	55
RATA - RATA		34.132	3.701	1.146	586	333	28.415	118	66	1	5

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 11 Volume Lalu Lintas Harian Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2042**

No	Gerbang	I	II	III	IV	V	Etoll Gol I	Etoll Gol II	Etoll Gol III	Etoll Gol IV	Etoll Gol V
01	TANGERANG ON RAMP	223.997	6.727	1.065	259	274	121.945	15	-	-	-
02	TANGERANG OFF RAMP	211.928	23.363	5.297	2.161	1.613	124.091	198	-	-	-
03	KARAWACI 2 ( ON RAMP)	-	-	-	-	-	229.248	228	61	-	-
04	KARAWACI 1 ( OFF RAMP)	20.395	2.344	5.692	1.537	533	16.286	30	15	-	-
05	KARAWACI 3 ( OFF RAMP)	219.614	7.306	533	746	244	123.558	152	-	-	-
06	KARAWACI 4 ( ON RAMP)	177.667	8.965	7.230	1.005	594	204.044	320	-	-	-
07	KARANG TENGAH BARAT 1 (ON RAMP)	91.565	2.816	731	-	-	48.218	365	152	-	-
08	KARANG TENGAH BARAT 2 (OFF RAMP)	105.842	2.450	548	61	15	52.951	441	137	15	-
09	KUNCIRAN 2 (ON RAMP)	118.490	4.703	2.420	213	365	143.619	1.355	1.446	-	122
10	KUNCIRAN 1 (OFF RAMP)	130.423	3.501	1.050	137	304	199.325	1.111	1.248	30	76
11	BITUNG 2 (ON RAMP)	151.975	56.193	14.246	8.599	5.114	28.736	457	-	-	-
12	BITUNG 1 (OFF RAMP)	146.008	54.915	14.855	12.694	6.514	38.264	868	30	-	15
SUB TOTAL		1.597.905	173.283	53.667	27.412	15.570	1.330.286	5.540	3.090	46	213
RATA - RATA		133.159	14.440	4.472	2.284	1.298	110.857	462	257	4	18

Sumber: Hasil Perhitungan



“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

## **BAB V**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Analisis Tingkat Kedatangan**

Pada bab sebelumnya terdapat jumlah volume kendaraan per hari yang melintas di jalan tol Jakarta – Tangerang. Menurut tabel A.6 Jalan Bebas Hambatan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia no.3, Untuk mendapatkan arus jam puncak kendaraan yang melintas maka volume kendaraan yang ada harus dikalikan dengan faktor K.

**Tabel 5. 1 Faktor K**

Faktor K = 0,11 (qjp = 0,11 LHRT)
-----------------------------------

Sumber: PKJI 2014

Contoh perhitungan jumlah kendaraan untuk mendapatkan arus jam puncak.

Jumlah kendaraan golongan I gerbang tol Tangerang

$$14.717 \times 0,11 = 1.619 \text{ Kendaraan}$$

Berikut adalah total jumlah kendaraan yang melintas di tol Jakarta - Tangerang tahun 2017 yang sudah dikalikan dengan faktor arus jam puncak.

**Tabel 5. 2 Arus Jam Puncak Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2017**

No	Gerbang	I	II	III	IV	V	Etoll Gol I	Etoll Gol II	Etoll Gol III	Etoll Gol IV	Etoll Gol V
01	TANGERANG ON RAMP	1.619	49	8	2	2	881	0	-	-	-
02	TANGERANG OFF RAMP	1.532	169	38	16	12	897	1	-	-	-
03	KARAWACI 2 ( ON RAMP)	-	-	-	-	-	1.657	2	0	-	-
04	KARAWACI 1 ( OFF RAMP)	147	17	41	11	4	118	0	0	-	-
05	KARAWACI 3 ( OFF RAMP)	1.587	53	4	5	2	893	1	-	-	-
06	KARAWACI 4 ( ON RAMP)	1.284	65	52	7	4	1.475	2	-	-	-
07	KARANG TENGAH BARAT 1 (ON RAMP)	662	20	5	-	-	348	3	1	-	-
08	KARANG TENGAH BARAT 2 (OFF RAMP)	765	18	4	0	0	383	3	1	0	-
09	KUNCIRAN 2 (ON RAMP)	856	34	17	2	3	1.038	10	10	-	1
10	KUNCIRAN 1 (OFF RAMP)	943	25	8	1	2	1.441	8	9	0	1
11	BITUNG 2 (ON RAMP)	1.098	406	103	62	37	208	3	-	-	-
12	BITUNG 1 (OFF RAMP)	1.055	397	107	92	47	277	6	0	-	0
SUB TOTAL		11.548	1.252	388	198	113	9.614	40	22	0	2
RATA - RATA		962	193	60	30	17	1.479	6	3	0	0

Sumber: Hasil Perhitungan

## 5.2 Analisis Jumlah Kendaraan Masuk dan Keluar Gerbang

Analisis jumlah kendaraan yang masuk dan keluar gerbang merupakan data jumlah kendaraan total pada bab IV yang sudah dikalikan dengan faktor K dan dibagi berdasarkan arah tujuannya.

Berikut adalah data jumlah kendaraan yang masuk dan keluar di jalan tol Jakarta – Tangerang :

**Tabel 5. 3 Jumlah Kendaraan Keluar Tol Jakarta – Tangerang Gardu Tol Konvensional**

No	Keluar (arah jakarta)	I	II	III	IV	V
1	TANGERANG (ON RAMP)	1.619	49	8	2	2
2	KARAWACI 2 ( ON RAMP)	-	-	-	-	-
3	KARAWACI 4 ( ON RAMP)	1.284	65	52	7	4
4	KARANG TENGAH BARAT 1 (ON RAMP)	662	20	5	-	-
5	KUNCIRAN 2 (ON RAMP)	856	34	17	2	3
6	BITUNG 2 (ON RAMP)	1.098	406	103	62	37

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 5. 4Jumlah Kendaraan Keluar Tol Jakarta – Tangerang Gardu Tol Otomatis (GTO)**

No	Keluar (arah jakarta)	E Toll I	E Toll II	E Toll III	E Toll IV	E Toll V
1	TANGERANG (ON RAMP)	881	0	-	-	-
2	KARAWACI 2 ( ON RAMP)	1.657	2	0	-	-
3	KARAWACI 4 ( ON RAMP)	1.475	2	-	-	-
4	KARANG TENGAH BARAT 1 (ON RAMP)	348	3	1	-	-
5	KUNCIRAN 2 (ON RAMP)	1.038	10	10	-	1
6	BITUNG 2 (ON RAMP)	208	3	-	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 5. 5Jumlah Kendaraan Masuk Tol Jakarta – Tangerang Gardu Tol Konvensional**

No	Masuk (arah tangerang)	I	II	III	IV	V
1	TANGERANG OFF RAMP	1.532	169	38	16	12
2	KARAWACI 1 ( OFF RAMP)	147	17	41	11	4
3	KARAWACI 3 ( OFF RAMP)	1.587	53	4	5	2
4	KARANG TENGAH BARAT 2 (OFF RAMP)	765	18	4	0	0
5	KUNCIRAN 1 (OFF RAMP)	943	25	8	1	2
6	BITUNG 1 (OFF RAMP)	1.055	397	107	92	47

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 5. 6Jumlah Kendaraan Masuk Tol Jakarta – Tangerang Gardu Tol Otomatis (GTO)**

No	Masuk (arah tangerang)	E Toll I	E Toll II	E Toll III	E Toll IV	E Toll V
1	TANGERANG OFF RAMP	897	1	-	-	-
2	KARAWACI 1 ( OFF RAMP)	118	0	0	-	-
3	KARAWACI 3 ( OFF RAMP)	893	1	-	-	-
4	KARANG TENGAH BARAT 2 (OFF RAMP)	383	3	1	0	-
5	KUNCIRAN 1 (OFF RAMP)	1.441	8	9	0	1
6	BITUNG 1 (OFF RAMP)	277	6	0	-	0

Sumber: Hasil Perhitungan

Tetapi jumlah kendaraan yang masuk dan keluar di jalan tol Jakarta – Tangerang harus dikalikan lagi dengan ekr (Ekivalen Kendaraan Ringan) atau emp (Ekivalen Mobil Penumpang). Berikut adalah tabel ekr jalan bebas hambatan menurut PKJI tahun 2014 :

**Tabel 5. 7 Ekivalen Kendaraan Ringan untuk Jalan Bebas Hambatan 4/2**

Tipe alenemen	q per arah (kend/jam)	EKR		
		KS	BB	TB
Datar	0	1,2	1,2	1,6
	1250	1,4	1,4	2,0
	2250	1,6	1,7	2,5
	≥ 2800	1,3	1,5	2,0
Bukit	0	1,8	1,6	4,8
	1250	2,0	2,0	4,6
	2250	2,2	2,3	4,3
	≥ 2250	1,8	1,9	3,5
Gunung	0	3,2	2,2	5,5
	1250	2,9	2,6	5,5
	2250	2,6	2,9	4,8
	≥ 2000	2,0	2,4	3,8

Sumber: PKJI 2014

**Tabel 5. 8Ekivalen Kendaraan Ringan untuk Jalan Bebas Hambatan 6/2**

Tipe alenemen	q per arah (kend/jam)	EKR		
		KS	BB	TB
Datar	0	1,2	1,2	1,6
	1500	1,4	1,4	2,0
	2750	1,6	1,7	2,5
	≥ 3250	1,3	1,5	2,0
Bukit	0	1,8	1,6	4,8
	1100	2,0	2,0	4,6
	2100	2,2	2,3	4,3

Sumber: PKJI 2014

Digunakan tabel 5.7 EKR jalan bebas hambatan 4/2 menurut PKJI 2014, dikarenakan pada jalan tol ini di setiap pintu keluar atau masuk tidak ada yang memiliki lajur diatas 4, maka digunakanlah EKR jalan bebas hambatan 4/2.

Contoh perhitungan jumlah kendaraan menggunakan ekr (Ekivalensi Kendaraan Ringan) yaitu, golongankendaraan Iyang melintas di gerbang tol Tangerang memiliki jumlah 1619

kendaraan, karena jalan tol Jakarta – Tangerang bertipe datar. Maka jika menggunakan ekr digunakan nilai I, jadi kendraan golongan I gerbang tol Tangerang adalah  $1619 \times 1 = 1619$  kendaraan/jam. Untuk golongan kendaraan II berjumlah 49 kendaraan, maka menggunakan koefisien EKR 1,2 karena masih tergolong jenis kendaraan sedang (KS). Jadi perhitungan kendaraan golongan II adalah  $49 \times 1,2 = 58$  kendaraan/jam. Sedangkan untuk golongan kendaraan III berjumlah 8 kendaraan, golongan IV berjumlah 2 kendaraan, golongan V berjumlah 2 kendaraan. Karena golongan III,IV, dan V tergolong TB (Truk Besar) maka digunakan koefisien EKR yang sama yaitu 1,6. Jadi perhitungan golongan III adalah  $8 \times 1,6 = 12$  kendaraan/jam. Golongan kendaraan IV adalah  $2 \times 1,6 = 3$  kendaraan/jam. Golongan kendaraan V adalah  $2 \times 1,6 = 3$  kendaraan/jam. Contoh perhitungan tersebut digunakan di tiap gerbang masuk dan juga keluar. Berikut adalah tabel total jumlah kendaraan yang sudah ditambahkan EKR.

**Tabel 5. 9 Jumlah Kendaraan Keluar ke Gerbang Tol Konvensional Yang Sudah Menggunakan EKR**

Gerbang On Ramp Konv (emp/jam)	Golongan					Total
	1	2	3	4	5	
Tangerang	1619	58	12	3	3	1696
Karawaci 2	0	-	-	-	-	0
Karawaci 4	1284	78	84	12	7	1464
Kr. Tengah 1	662	24	8	-	-	695
Kunciran 2	856	41	28	2	4	932
Bitung 2	1098	487	165	99	59	1909
Jumlah	5519	689	297	117	73	6695

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 5. 10 Jumlah Kendaraan Keluar ke Gerbang Tol Gardu Tol Otomatis (GTO) Yang Sudah Menggunakan EKR**

Gerbang On Ramp GTO (emp/jam)	Golongan					Total
	1	2	3	4	5	
Tangerang	881	0	-	-	-	881
Karawaci 2	1657	2	0	-	-	1659
Karawaci 4	1475	3	-	-	-	1477
Kr. Tengah 1	348	3	2	0	-	353
Kunciran 2	1038	12	14	0	1	1066
Bitung 2	208	4	0	-	-	212
Jumlah	5607	12	2	0	0	5621

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 5. 11Jumlah Kendaraan Masuk ke Gerbang Tol Konvensional Yang Sudah Menggunakan EKR**

Gerbang Off Ramp Konv (emp/jam)	Golongan					Total
	1	2	3	4	5	
Tangerang	1.532	203	61	25	19	1839
Karawaci 1	147	20	66	18	6	257
Karawaci 3	1.587	63	6	9	3	1668
Kr. Tengah 2	765	21	6	1	0	793
Kunciran 1	943	30	12	2	4	990
Bitung 1	1.055	476	172	147	75	1925
Jumlah	6029	814	262	200	107	7413

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 5. 12Jumlah Kendaraan Masuk ke Gerbang Tol Gardu Tol Otomatis (GTO) Yang Sudah Menggunakan EKR**

Gerbang Off Ramp GTO (emp/jam)	Golongan					Total
	1	2	3	4	5	
Tangerang	897	2	-	-	-	899
Karawaci 1	118	0	0	-	-	118
Karawaci 3	893	1	-	-	-	894
Kr. Tengah 2	383	4	2	0	-	388
Kunciran 1	1.441	10	14	0	1	1466
Bitung 1	277	8	0	-	0	285
Jumlah	4007	15	2	0	0	4024

Sumber: Hasil Perhitungan

### 5.3 Analisis Waktu Pelayanan

Untuk merencanakan suatu gerbang tol diperlukan waktu pelayanan di tiap gardu tol. Dalam perencanaan ini analisis waktu pelayanan yang diperlukan adalah waktu pelayanan gardu tol konvensional, gardu tol otomatis (GTO), dan gardu tol *On Board Unit* (OBU). Dalam menganalisis waktu pelayanan ini dibutuhkan pula survei langsung di lapangan, survei ini dilakukan pada tanggal 10 maret 2017 di gerbang tol Karang Tengah dan gardu tol *On Board Unit* di gardu tol Cililitan.

Analisis waktu pelayanan ini dibutuhkan untuk mencari frekuensi kumulatif dan presentase kumulatif, menggunakan frekuensi kendaraan yang melintas di gardu tol Karang Tengah. Berikut adalah tabel frekuensi gardu tol konvensional, gardu tol otomatis (GTO) dan gardu tol *On Board Unit* hasil dari survei yang telah dilakukan:

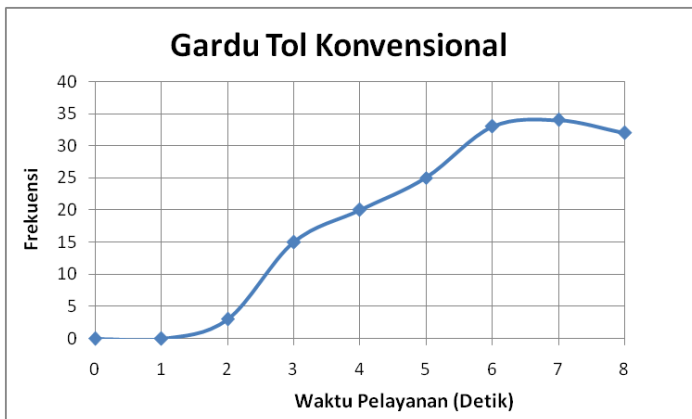
**Tabel 5. 13 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional**

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	3	3	2	2
3	15	18	9	11
4	20	38	12	23
5	25	63	15	39
6	33	96	20	59
7	34	130	21	80
8	32	162	20	100

Sumber: Hasil Perhitungan

Dalam melakukan perhitungan waktu pelayanan harus dilakukan analisis lagi untuk melihat apakah ada atau tidaknya gardu yang sampai *out of layer*.

Setelah dianalisis lalu akan didapatkan grafik frekuensi waktu pelayanan. Berikut adalah garfik frekuensi waktu pelayanan gardu tol konvensional:

**Gambar 5. 1 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional**

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.13 dan juga grafik 5.1, maka di dapatkan pula beberapa nilai yaitu:

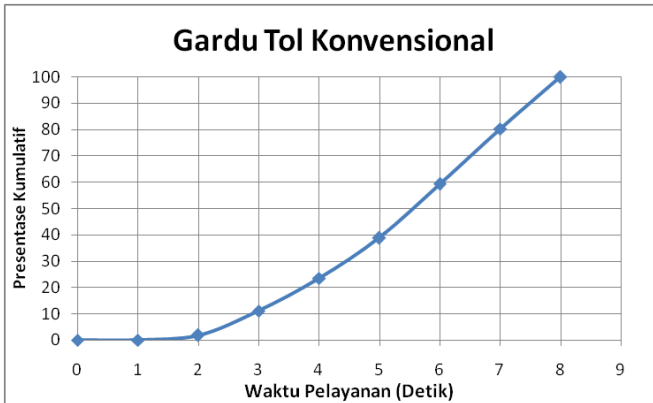
Rata-rata : 5,85  
 Median : 4,5  
 Modus : 7  
 Presentase kumulatif : 50% = 4,36



Waktu Pelayanan : 75% = 6  
: 6 Detik

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah presentase kumulatif 75% yaitu 6 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median.

Berikut adalah grafik presentase kumulatif waktu pelayanan:



**Gambar 5. 2 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional**

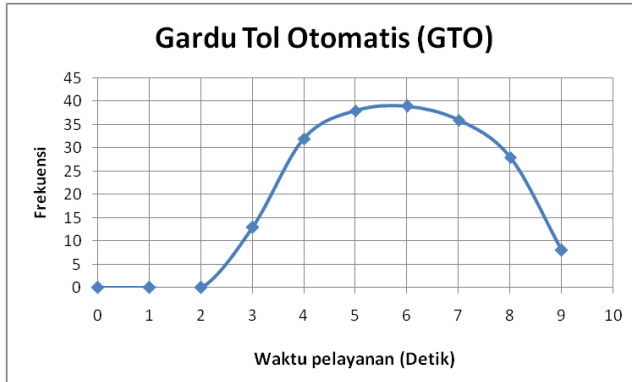
Selanjutnya adalah menganalisis waktu pelayanan gardu tol otomatis (GTO). Cara yang digunakan sama dengan menganalisis waktu pelayanan gardu tol konvensional dan juga dianalisis apakah ada gardu yang *out of layer* atau tidak. Berikut adalah hasil survei gardu tol otomatis:

**Tabel 5. 14 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (GTO)**

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	13	13	7	7
4	32	45	16	23
5	38	83	20	43
6	39	122	20	63
7	36	158	19	81
8	28	186	14	96
9	8	194	4	100

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah didapat nilai waktu pelayanan dan sudah dianalisis gardu yang *out of layer* maka dibuat grafik frekuensi waktu pelayanan. Berikut adalah grafik frekuensi pelayanan gardu tol otomatis:

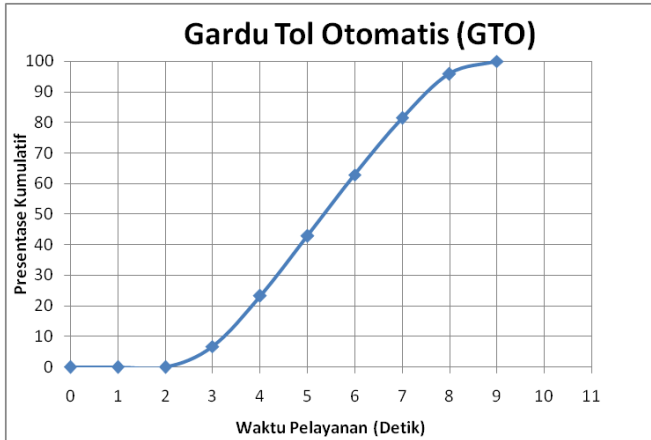


**Gambar 5.3 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis**

Lalu setelah mendapat grafik 5.3 dan tabel 5.14 didapatkan nilai nilai sebagai berikut:

Rata-rata	: 5,87
Median	: 6
Modus	: 5
Presentase kumulatif	: 50% = 4,77
	75% = 6,44
Waktu Pelayanan	: 6 Detik

Waktu pelayanan yang digunakan pada gardu tol otomatis ini adalah 6 detik. Karena setelah dianalisis nilai modus dan median lebih dekat ke presentase kumulatif 75%, maka yang digunakan sebagai waktu pelayanan adalah nilai presentase kumulatif 75% yaitu 6 detik. Berikut adalah grafik presentase kumulatif gardu tol otomatis:



**Gambar 5. 4 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis**

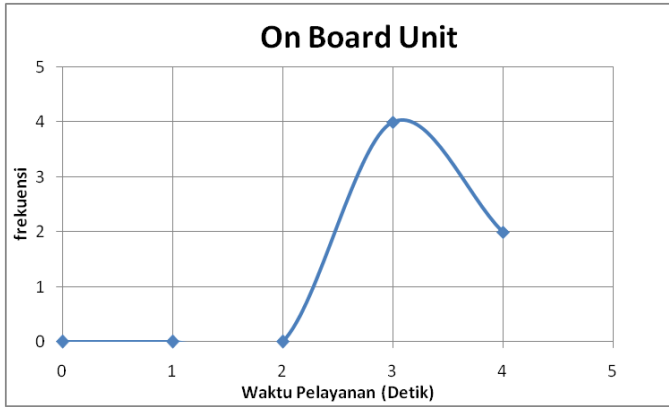
Setelah mendapatkan nilai waktu pelayanan gardu tol konvensional dan gardu tol otomatis, maka yang akan dianalisis selanjutnya adalah gardu tol *on board unit*. Cara menganalisis gardu tol ini sama dengan menganalisis gardu konvensional dan gardu tol otomatis. Berikut adalah hasil analisis yang telah ditentukan:

**Tabel 5. 15 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol On Board Unit**

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	4	4	66,66666667	66,66666667
4	2	6	33,33333333	100

Sumber: Hasil Perhitungan

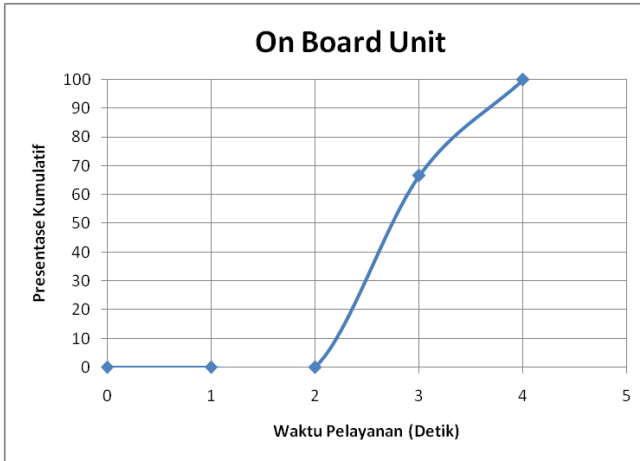
Setelah didapatkan nilai frekuensi dan waktu pelayanan dari gardu tol *on board unit*, selanjutnya akan dianalisis lagi untuk mencari adakah gardu yang *out of layer*. Berikut adalah grafik frekuensi pelayanan gardu tol *on board unit*:



**Gambar 5. 5 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol *On Board Unit***  
 Didapatkan nilai-nilai waktu pelayanan di gardu tol *on board unit* adalah berikut:

Rata-rata	: 3,33
Median	: 2
Modus	: 3
Presentase kumulatif	: 50% = 2,25
	75% = 3
Waktu Pelayanan	: 3 Detik

Pada analisis waktu pelayanan *on board unit* ditentukan menggunakan waktu pelayanan 75% yaitu 3 detik. Karena dekat dengan angka modus dan media, maka yang digunakan adalah presentase kumulatif 75% yaitu 3 detik. Berikut adalah grafik presentase kumulatif gardu tol *on board unit*:



**Gambar 5. 6** Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Gardu Tol *On Board Unit*

#### 5.4 Analisis Intensitas Lalu Lintas

Tahap selanjutnya dalam perencanaan gerbang tol adalah menganalisis intensitas lalu lintas di gerbang yang akan di rencanakan dan juga tipe gardu yang akan di gunakan. Dalam menganalisis intensitas lalu lintas, standart pelayanan minimum yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 yang berisi tentang standar pelayanan minimal jalan tol dan menggunakan data hasil survey yang dilakukan di gerbang tol Karang Tengah dan gerbang tol Cililitan. Gardu tol Karang Tengah ini direncanakan dibuat sistim integrasi, semua transaksi dari arah Jakarta menuju Tangerang dilakukan di pintu keluar sedangkan dari arah sebaliknya yaitu Tangerang menuju Jakarta transaksi dilakukan saat di pintu masuk. Seluruh gerbang tol di tol Jakarta - Tangerang bersifat terbuka dan pengelola membuat tarif sama di tiap gerbang masuk atau keluar.

##### 5.4.1 Contoh Perhitungan Intensitas Gerbang Tol

Perencanaan gerbang tol Karang Tengah utama ini setelah dibongkar menjadi sistim integrasi, yaitu seluruh transaksi

dilakukan di setiap pintu keluar tol Jakarta-Tangerang. Nantinya akan ada 12 gerbang tol baru untuk arah Jakarta dan Tangerang yaitu Gerbang tol Karang Tengah Barat 1 & 2, Gerbang tol Kunciran 1 & 2, Gerbang tol Tangerang 1 & 2, Gerbang tol Karawaci 1, 2, 3, 4, dan Gerbang tol Bitung 1 & 2. Berikut ini adalah contoh perhitungan intensitas gerbang tol Karang Tengah Barat.

Gerbang tol Karang Tengah Barat dibagi menjadi 2, yaitu Karang Tengah Barat 1 untuk kearah Jakarta dan Karang Tengah Barat 2 untuk kearah Tangerang. Gerbang tol ini hanya menggunakan gardu tol otomatis tanpa menggunakan gardu konvensional lagi, sementara gardu tol *On Board Unit* belum digunakan karena masih minimnya pengguna. Berikut adalah contoh perhitungan analisis intensitas gerbang tol di gerbang tol Karang Tengah Barat:

- **Gardu Tol Karang Tengah Barat 1**

Diketahui:

$\lambda$  = Banyaknya kendaraan yang melintas

$\mu$  = Waktu pelayanan gardu tol

$\lambda$  Gardu Tol Otomatis (GTO) = 1048 emp/jam

Waktu pelayanan GTO = 6 detik

$\mu$  GTO =  $\frac{1 \times 3600}{6} = 600$

Direncanakan:

Jumlah gardu tol otomatis (N) : 3 gardu

Analisa:

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

$$\rho = \frac{1048/3}{600} < 1 = 0,582 < 1 \text{ (OK)}$$

Dari hasil analisis terhadap gerbang tol Karang Tengah Barat 1 diperoleh hasil  $\rho < 1$ , sehingga gerbang tol ini termasuk kategori aman.

- **Gardu Tol Karang Tengah Barat 2**

$\lambda$  Gardu Tol Otomatis (GTO) = 1048 emp/jam

Waktu pelayanan GTO = 6 detik

$$\mu \text{ GTO} = \frac{1 \times 3600}{6} = 600$$

Direncanakan:

Jumlah gardu tol otomatis (N) : 3 gardu

Analisa:

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

$$\rho = \frac{1182/3}{600} < 1 = 0,656 < 1 \text{ (OK)}$$

Dari hasil analisis terhadap gerbangtol Karang Tengah Barat 2 diperoleh hasil  $\rho < 1$ , sehingga gerbang tol ini juga termasuk kategori aman.

Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan analisis intensitas gerbang tol Karang Tengah:

Diketahui:

$\lambda$  = Banyak Kendaraan

$\mu_1$  = Tingkat Pelayanan Konvensional = 6 detik

$\mu_2$  = Tingkat Pelayanan GTO = 6 detik

$\mu_3$  = Tingkat Pelayanan OBU = 3 detik

N1 = Jumlah Gardu Tol Konvensional

N2 = Jumlah Gardu Tol Otomatis

N3 = Jumlah Gardu Tol *On Board Unit*

$\rho_1$  = Intensitas Lalu Lintas Konvensional

$\rho_2$  = Intensitas Lalu Lintas Gardu Tol Otomatis

$\rho_3$  = Intensitas Lalu Lintas Gardu *On Board Unit*

Tabel 5. 16 Hasil Perhitungan Analisis Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah

Gerbang Tol	$\lambda$ Gol Konv	$\lambda$ Gol GTO	Eksisting			$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	Direncanakan			1	2	< 1 (syarat)
			N1	N2	N3				N1	N2	N3			
Tangerang 1	1839	899	5	2	-	600	600	-	5	2	-	0,613052	0,748788	OK
Tangerang 2	1696	881	6	2	-	600	600	-	6	2	-	0,471026	0,734543	OK
Karawaci 1	257	118	1	1	-	600	600	-	1	1	-	0,429147	0,196900	OK
Karawaci 2	-	1659	0	2	-	600	600	-	0	4	-	-	0,691240	OK
Karawaci 3	1668	894	2	2	-	600	600	-	4	2	-	0,695063	0,745000	OK
Karawaci 4	1464	1477	1	1	-	600	600	-	3	3	-	0,813254	0,820796	OK
Karang Tengah 1	-	1048	0	3	-	600	600	-	0	3	-	-	0,582242	OK
Karang Tengah 2	-	1182	0	2	-	600	600	-	0	3	-	-	0,656492	OK
Kunciran 1	932	1466	3	3	-	600	600	-	3	3	-	0,550110	0,814367	OK
Kunciran 2	990	1066	4	2	-	600	600	-	4	2	-	0,388254	0,888250	OK
Bitung 1	1925	285	3	2	-	600	600	-	4	2	-	0,802239	0,237160	OK
Bitung 2	1909	212	3	2	-	600	600	-	4	2	-	0,795419	0,176660	OK



## 5.5 Analisis Antrian pada Gerbang Tol (Antrian First In First Out)

Dalam merencanakan gerbang tol diperlukan pula menganalisis antrian yang terjadi. Teori yang digunakan di gerbang tol yaitu teori antrian FIFO (*First In First Out*). Analisis ini diperlukan untuk mengetahui panjang dan lamanya antrian yang terjadi di gerbang tol yang menjadi objek tugas akhir ini. Gardu yang dianalisis adalah gardu yang sudah direncanakan dan dianalisis intensitasnya.

### 5.5.1 Contoh Perhitungan Antrian Gerbang Tol

Perencanaan gerbang tol Karang Tengah ini dibagi menjadi 2, yaitu Karang Tengah Barat 1 untuk kearah Jakarta dan Karang Tengah Barat 2 untuk kearah Tangerang. Gerbang tol ini hanya menggunakan gardu tol otomatis tanpa menggunakan gardu konvensional lagi, sementara gardu tol *On Board Unit* belum digunakan karena masih minimnya pengguna. Berikut adalah contoh perhitungan analisis antrian gerbang tol di gerbang tol Karang Tengah Barat:

- **Gerbang Tol Karang Tengah Barat 1**

Setelah dilakukan perhitungan intensitas lalu lintas gerbang tol Karang Tengah Barat, maka didapatkan nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\lambda &= 1048 \text{ emp/jam} \\ \mu &= 6 \text{ detik} \\ &= \frac{1 \times 3600}{6} = 600 \\ N &= 3 \text{ gardu} \\ \rho &= 0,582\end{aligned}$$

Analisis:

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,582}{1-0,582} = 1,393 \approx 2 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,582^2}{1-0,582} = 0,81149 \approx 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \frac{\lambda}{N}} \times 3600 = \frac{1}{600 - \frac{1048}{3}} \times 3600 = 14 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 14 - \frac{1}{600} \times 3600 = 8,362 \text{ detik}$$

• **Gerbang Tol Karang Tengah Barat 2**

Diketahui:

$$\lambda = 1182 \text{ emp/jam}$$

$$\mu = 6 \text{ detik}$$

$$= \frac{1 \times 3600}{6} = 600$$

$$N = 3 \text{ gardu}$$

$$\rho = 0,656$$

Analisis:

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,656}{1-0,656} = 1,911 \approx 2 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,656^2}{1-0,656} = 1,254 \approx 2 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \frac{\lambda}{N}} \times 3600 = \frac{1}{600 - \frac{1182}{3}} \times 3600 = 17,467 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 17,467 - \frac{1}{600} \times 3600 = 11,467 \text{ detik}$$

Dari hasil analisis antrian gerbang tol Karang Tengah didapatkan bahwa gerbang tol masih cukup aman untuk menampung antrian yang terjadi

Berikut adalah hasil perhitungan antrian gerbang tol di jalan tol Jakarta – Tangerang menggunakan metode *First In First Out* (FIFO) yang sudah sesuai dengan standart pelayanan minimum

Diketahui:

$\lambda$  = Banyak Kendaraan

$\mu_1$  = Tingkat Pelayanan Konvensional = 6 detik

$\mu_2$  = Tingkat Pelayanan GTO = 6 detik

$\mu_3$  = Tingkat Pelayanan OBU = 3 detik

**Tabel 5. 17 Hasil perhitungan antrian gerbang tol di jalan tol Jakarta – Tangerang gardu konvensional**

Gerbang Tol	Gardu Tol Konvensional			
	n	q (< 10)	d	w
Tangerang 1	1,584327	0,971275	15,50596	9,505959
Tangerang 2	0,890452	0,419426	11,34271	5,342715
Karawaci 1	0,751763	0,322617	10,51	4,510581
Karawaci 2	-	-	-	-
Karawaci 3	2,279361	1,584298	19,68	13,67616
Karawaci 4	4,35488	3,541625	32,13	26,12928
Karang Tengah 1	-	-	-	-
Karang Tengah 2	-	-	-	-
Kunciran 1	1,222766	0,672656	13,33659	7,336593
Kunciran 2	0,634666	0,246412	9,807995	3,807995
Bitung 1	4,056613	3,254374	30,34	24,33968
Bitung 2	3,888043	3,092624	29,33	23,32826

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 5. 18 Hasil perhitungan antrian gerbang tol di jalan tol Jakarta – Tangerang gardu tol otomatis (GTO)**

Gerbang Tol	Gardu Tol Otomatis			
	n	q (< 10)	d	w
Tangerang 1	2,980707	2,231919	24	17,88424
Tangerang 2	2,767093	2,03255	23	16,60256
Karawaci 1	0,245175	0,048275	7,47	1,47105
Karawaci 2	2,238761	1,547521	19	13,43257
Karawaci 3	2,921569	2,176569	23,53	17,52941
Karawaci 4	4,580219	3,759423	33,48	27,48131
Karang Tengah 1	1,393732	0,811489	14	8,36239
Karang Tengah 2	1,911142	1,25465	17,46685	11,46685
Kunciran 1	4,386964	3,572597	32,32178	26,32178
Kunciran 2	7,948546	7,060296	54	47,69128
Bitung 1	0,310891	0,073731	7,865345	1,865345
Bitung 2	0,214565	0,037905	7,28739	1,28739

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan analisis antrian gerbang tol Karang Tengah didapatkan komposisi jumlah gardu yang aman, sesuai dengan syarat dan standart untuk menampung antrian yang akan terjadi tahun 2017.

Berikut adalah hasil perencanaan gerbang tol tahun 2017:

- **Gerbang Tol Karang Tengah Barat 1**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 3 gardu tol, dan semua gardu sudah tidak menggunakan transaksi tunai. Semua gardu direncanakan menggunakan gardu tol otomatis.

- **Gerbang Tol Karang Tengah Barat 2**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 3 gardu tol dan

semua gardu sudah tidak menggunakan transaksi tunai. Semua gardu direncanakan menggunakan gardu tol otomatis.

Sebelumnya gerbang tol ini memiliki 2 gardu, namun setelah dilakukan perhitungan ternyata 2 gardu masih kurang dan harus ditambah 1 gardu lagi, tetapi dikarenakan lahan pada gerbang tol ini minim, maka 2 gardu tol digabung dan dibuat menjadi sistim tandem. Dimana pelaksanaan gardu tandem dilapangan yaitu dengan adanya portal di bagian paling depan gardu yang akan tertutup pada saat kendaraan melakukan transaksi, setelah semua kendaraan selesai melakukan transaksi pembayaran barulah portal akan terbuka dan kendaraan meninggalkan gerbang tol.

- **Gerbang Tol Kunciran 1**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 6 gardu. 3 gardu menggunakan sistim tunai dan 3 gardu menggunakan sistim non tunai atau gardu tol otomatis.

- **Gerbang Tol Kunciran 2**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 6 gardu. Dengan 4 gardu tunai dan 2 gardu non tunai atau gardu tol otomatis.

- **Gerbang Tol Tangerang 1**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 7 gardu tol. Yang terdiri dari 5 gardu tunai dan 2 gardu non tunai.

- **Gerbang Tol Tangerang 2**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 8 gardu tol. Terdiri dari 6 gardu tol tunai dan 2 gardu non tunai.

- **Gerbang Tol Karawaci 1**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 2 gardu tol. 1 gardu tol tunai dan 1 gardu tol non tunai.

- **Gerbang Tol Karawaci 2**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 4 gardu tol. Dan semua gardu menggunakan sistim non tunai atau gardu tol otomatis. Sebelumnya gerbang tol ini memiliki 2 gardu, namun setelah dilakukan perhitungan ternyata 2 gardu masih kurang dan harus ditambah 2 gardu lagi, tetapi dikarenakan lahan pada gerbang tol ini minim, maka 4 gardu tol digabung dan dibuat menjadi sistim tandem sehingga menjadi 2 gardu saja namun di tiap gardu memiliki 4 mesin e-toll. Dimana pelaksanaan gardu tandem dilapangan yaitu dengan adanya portal di bagian paling depan gardu yang akan tertutup pada saat kendaraan melakukan transaksi, setelah semua kendaraan selesai melakukan transaksi pembayaran barulah portal akan terbuka dan kendaraan meninggalkan gerbang tol.

- **Gerbang Tol Karawaci 3**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 6 gardu tol. Terdiri dari 4 gardu tunai dan 2 gardu tunai. Sebelumnya gerbang tol ini memiliki 4 gardu, namun setelah dilakukan perhitungan ternyata 4 gardu masih kurang dan harus ditambah 2 gardu lagi.

- **Gerbang Tol Karawaci 4**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 6 gardu tol. Terdiri dari 3 gardu tunai dan 3 gardu non tunai. Sebelumnya gerbang tol ini hanya memiliki 2 gardu, namun setelah dilakukan perhitungan ternyata 2 gardu masih kurang untuk bisa menampung kendaraan yang akan melintas dan harus ditambah 4 gardu lagi.

- **Gerbang Tol Bitung 1**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 6 gardu, dengan 4 gardu tunai dan 2 gardu non tunai. Sebelumnya gerbang tol ini hanya memiliki 5 gardu, namun setelah dilakukan perhitungan ternyata 5 gardu masih kurang untuk bisa menampung kendaraan yang akan melintas dan harus ditambah 1 gardu lagi.

- **Gerbang Tol Bitung 2**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 6 gardu. 4 gardu tunai dan 2 gardu non tunai. Sebelumnya gerbang tol ini hanya memiliki 5 gardu, namun setelah dilakukan perhitungan ternyata 5 gardu masih kurang untuk bisa menampung kendaraan yang akan melintas dan harus ditambah 1 gardu lagi

Berikut adalah hasil panjang antrian kendaraan dan jumlah gardu tol tahun 2017:

**Tabel 5. 19 Total Panjang Antrian Kendaraan di Gerbang Tol Tahun 2017**

Gerbang Tol	Panjang Antrian Konvensional (emp)		Panjang Antrian Gardu Tol Otomatis (emp)	
	n	q (<10)	n	q (<10)
Tangerang 1	2	1	3	2
Tangerang 2	1	0	3	2
Karawaci 1	1	0	1	0
Karawaci 2	-	-	2	2
Karawaci 3	3	2	3	2
Karawaci 4	5	4	5	4
Karang Tengah Barat 1	-	-	2	1
Karang Tengah Barat 2	-	-	2	1
Kunciran 1	2	1	5	4
Kunciran 2	1	0	8	7
Bitung 1	4	3	1	0
Bitung 2	4	3	1	0

**Tabel 5. 20 Total Jumlah Gardu Tol Tahun 2017**

Gerbang Tol	Jumlah Gardu	
	Gardu Konvensional	Gardu Tol Otomatis (GTO)
Tangerang 1	5	2
Tangerang 2	6	2
Karawaci 1	1	1
Karawaci 2	0	4
Karawaci 3	4	2
Karawaci 4	3	3
Karang Tengah 1	0	3
Karang Tengah 2	0	3
Kunciran 1	3	3
Kunciran 2	4	2
Bitung 1	4	2
Bitung 2	4	2

### 5.6 Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2022

Dalam perencanaan gerbang tol ini direncanakan hingga 30 tahun kedepan, namun akan di analisis secara bertahap. Analisis kali ini akan di coba untuk mengetahui kemampuan gerbang tol untuk tahun 2022 apakah masih mampu menampung jumlah kendaraan yang melintas tiap harinya atau tidak.

Data yang dibutuhkan untuk menganalisis gerbang tol ini sama dengan perencanaan sebelumnya yaitu data lalu lintas harian tahun 2022 yang sudah didapatkan dengan metode forecasting pada tabel 4.8 dan juga waktu pelayanan gardu tol. Karena direncanakan gerbang tol pada tahun 2027 semua menggunakan transaksi otomatis, maka waktu pelayanan yang digunakan adalah waktu pelayanan gardu tol otomatis (GTO) dan *On Board Unit*. Namun untuk mempercepat pelayanan, maka waktu pelayanan yang digunakan adalah 5 detik untuk gardu tol otomatis dan 1 detik untuk *On Board Unit*. Berikut adalah analisis tingkat kedatangan pada tahun 2022:



### **5.6.1 Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2022**

Seperti pada perhitungan sebelumnya. Menurut tabel A.6 Jalan Bebas Hambatan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia no.3, Untuk mendapatkan arus jam puncak kendaraan yang melintas maka volume kendaraan yang ada harus dikalikan dengan faktor K. Maka lalu lintas harian rata-rata yang melintas dikalikan dengan 0,11. Berikut hasil lalu lintas harian rata-rata yang sudah dikalikan dengan faktor K.

**Tabel 5. 21 Arus Jam Puncak Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2022**

No	Gerbang	I	II	III	IV	V	Etoll Gol I	Etoll Gol II	Etoll Gol III	Etoll Gol IV	Etoll Gol V	Total
01	TANGERANG ON RAMP	2.548	92	19	5	5	1.387	0	-	-	-	4.057
02	TANGERANG OFF RAMP	2.411	319	96	39	29	1.412	3	-	-	-	4.310
03	KARAWACI 2 ( ON RAMP)	-	-	-	-	-	2.608	3	1	-	-	2.612
04	KARAWACI 1 ( OFF RAMP)	232	32	104	28	10	185	0	0	-	-	591
05	KARAWACI 3 ( OFF RAMP)	2.499	100	10	14	4	1.406	2	-	-	-	4.034
06	KARAWACI 4 ( ON RAMP)	2.021	122	132	18	11	2.321	4	-	-	-	4.630
07	KARANG TENGAH BARAT 1 (ON RAMP)	1.042	38	13	-	-	549	5	3	-	-	1.650
08	KARANG TENGAH BARAT 2 (OFF RAMP)	1.204	33	10	1	0	602	6	2	0	-	1.860
09	KUNCIRAN 2 (ON RAMP)	1.348	64	44	4	7	1.634	18	26	-	2	3.148
10	KUNCIRAN 1 (OFF RAMP)	1.484	48	19	2	6	2.268	15	23	1	1	3.866
11	BITUNG 2 (ON RAMP)	1.729	767	259	157	93	327	6	-	-	-	3.338
12	BITUNG 1 (OFF RAMP)	1.661	750	270	231	119	435	12	1	-	0	3.479
SUB TOTAL		18.180	2.366	977	499	283	15.135	76	56	1	4	37.577
RATA - RATA		1.515	197	81	42	24	1.261	6	5	0	0	3.131

Sumber: Hasil Perhitungan

## 5.6.2 Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2022

Tahap selanjutnya dalam perencanaan gerbang tol adalah menganalisis intensitas lalu lintas di gerbang yang akan di rencanakan dan juga tipe gardu yang akan di gunakan. Dalam menganalisis intensitas lalu lintas, standart pelayanan minimum yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 yang berisi tentang standar pelayanan minimal jalan tol. Data yang digunakan adalah data waktu pelayanan gardu tol otomatis (GTO) dan *On Board Unit*, karena direncanakan gerbang tol pada tahun 2022 semua menggunakan transaksi otomatis. Untuk mempercepat pelayanan, maka waktu pelayanan yang digunakan adalah 5 detik untuk gardu tol otomatis dan 1 detik untuk *On Board Unit*.

### 5.6.2.1 Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2027

Perencanaan gerbang tol Karang Tengah untuk tahun 2022 direncanakan memiliki proporsi jumlah gardu 50% Gardu Tol Otomatis dan 50% *On Board Unit*. Pada perencanaan tahun ini transaksi tunai direncanakan dihilangkan, seluruh transaksi menggunakan non tunai. Berikut adalah hasil perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol karang Tengah tahun 2022:

Diketahui:

- $\lambda$  = Banyak Kendaraan
- $\mu_1$  = Tingkat Pelayanan Konvensional = 6 detik
- $\mu_2$  = Tingkat Pelayanan GTO = 5 detik
- $\mu_3$  = Tingkat Pelayanan OBU = 1 detik
- $N_1$  = Jumlah Gardu Tol Konvensional
- $N_2$  = Jumlah Gardu Tol Otomatis
- $N_3$  = Jumlah Gardu Tol *On Board Unit*
- $\rho_1$  = Intensitas Lalu Lintas Konvensional
- $\rho_2$  = Intensitas Lalu Lintas Gardu Tol Otomatis
- $\rho_3$  = Intensitas Lalu Lintas Gardu *On Board Unit*

**Tabel 5. 22 Hasil Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2022**

Gerbang Tol	$\lambda$ . GTO	$\lambda$ . OBU	$\mu$ 1	$\mu$ 2	$\mu$ 3	N1	N2	N3	1	2	3	< 1 (syarat)
Tangerang 1	3232	1077	600	720	3600	-	6	1	-	0,748229	0,299291	OK
Tangerang 2	3043	1014	600	720	3600	-	5	1	-	0,845217	0,281739	OK
Karawaci 1	443	148	600	720	3600	-	1	1	-	0,615967	0,041064	OK
Karawaci 2	1959	653	600	720	3600	-	3	1	-	0,907103	0,181421	OK
Karawaci 3	3025	1008	600	720	3600	-	5	1	-	0,840398	0,280133	OK
Karawaci 4	3473	1158	600	720	3600	-	6	1	-	0,803870	0,321548	OK
Karang Tengah 1	1237	412	600	720	3600	-	2	1	-	0,859301	0,114574	OK
Karang Tengah 2	1395	465	600	720	3600	-	3	1	-	0,645922	0,129184	OK
Kunciran 1	2900	967	600	720	3600	-	6	1	-	0,671254	0,268502	OK
Kunciran 2	2361	787	600	720	3600	-	4	1	-	0,819771	0,218606	OK
Bitung 1	2609	870	600	720	3600	-	5	1	-	0,724795	0,241598	OK
Bitung 2	2504	835	600	720	3600	-	4	1	-	0,869376	0,231834	OK

Sumber: Hasil Perhitungan

### 5.6.3 Analisis Antrian Gerbang Tol (Antrian FIFO) Tahun 2022

Dalam merencanakan gerbang tol untuk tahun 2027 ini diperlukan pula menganalisis antrian yang terjadi. Teori yang digunakan di gerbang tol yaitu teori antrian FIFO (*First In First Out*). Analisis ini diperlukan untuk mengetahui panjang dan lamanya antrian yang terjadi di gerbang tol yang menjadi objek tugas akhir ini. Gardu yang dianalisis adalah gardu yang sudah direncanakan dan dianalisis intensitasnya

#### 5.6.3.1 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2022

Perencanaan gerbang tol Karang Tengah direncanakan menggunakan gardu tol otomatis dan gardu *On Board Unit*. Berikut adalah tabel hasil perhitungan analisis antrian gerbang tol Karang Tengah menggunakan metode *First In First Out* (FIFO):

**Tabel 5. 23 Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol Otomatis Tahun 2022**

Gerbang Tol	Gardu Tol Otomatis			
	n	q (< 10)	d	w
Tangerang 1	2,971856	2,223628	19,85928	14,85928
Tangerang 2	5,460671	4,615453	32,30335	27,30335
Karawaci 1	1,603942	0,987975	13,01971	8,019708
Karawaci 2	9,764564	8,857461	53,82282	48,82282
Karawaci 3	5,265567	4,425169	31,32783	26,32783
Karawaci 4	4,098666	3,294795	25,49333	20,49333
Karang Tengah 1	6,107396	5,248095	35,53698	30,53698
Karang Tengah 2	1,824238	1,178316	26,67931	21,67931
Kunciran 1	2,04186	1,370606	15,2093	10,2093
Kunciran 2	4,548493	3,728722	27,74247	22,74247
Bitung 1	2,63365	1,908855	18,16825	13,16825
Bitung 2	6,65555	5,786174	38,27775	33,27775

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 5. 24 Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol On Board Unit Tahun 2022**

Gerbang Tol	Gardu Tol On Board Unit			
	n	q (< 10)	d	w
Tangerang 1	0,427127	0,127835	1,427127	0,427127
Tangerang 2	0,392252	0,110513	1,392252	0,392252
Karawaci 1	0,042823	0,001759	1,042823	0,042823
Karawaci 2	0,221628	0,040208	1,221628	0,221628
Karawaci 3	0,389145	0,109012	1,389145	0,389145
Karawaci 4	5,265567	4,425169	31,32783	26,32783
Karang Tengah 1	0,129399	0,014826	1,129399	0,129399
Karang Tengah 2	0,148349	0,019164	1,148349	0,148349
Kunciran 1	0,367057	0,098555	1,367057	0,367057
Kunciran 2	0,279763	0,061158	1,279763	0,279763
Bitung 1	0,301801	0,076964	1,318562	0,318562
Bitung 2	0,301801	0,069968	1,301801	0,301801

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan analisis antrian gerbang tol Karang Tengah didapatkan komposisi jumlah gardu yang aman, sesuai dengan syarat dan standart untuk menampung antrian yang akan terjadi tahun 2027.

Berikut adalah hasil panjang antrian kendaraan dan jumlah gardu tol tahun 2022:

**Tabel 5. 25 Total Panjang Antrian Kendaraan di Gerbang Tol Tahun 2022**

Gerbang Tol	Panjang Antrian Gardu Tol Otomatis (emp)		Panjang Antrian <i>On Board Unit</i> (emp)	
	n	q (< 10)	n	q (< 10)
Tangerang 1	3	2	1	0
Tangerang 2	6	5	1	0
Karawaci 1	2	1	1	0
Karawaci 2	10	9	1	0
Karawaci 3	5	4	1	0
Karawaci 4	4	3	5	4
Karang Tengah Barat 1	6	5	1	0
Karang Tengah Barat 2	2	1	1	0
Kunciran 1	2	1	1	0
Kunciran 2	5	4	1	0
Bitung 1	3	2	1	0
Bitung 2	7	6	1	0

**Tabel 5. 26 Total Jumlah Gardu Tol Tahun 2022**

Gerbang Tol	Jumlah Gardu	
	Gardu Tol Otomatis (GTO)	Gardu <i>On Board Unit</i> (OBU)
Tangerang 1	6	2
Tangerang 2	5	1
Karawaci 1	1	1
Karawaci 2	4	1
Karawaci 3	5	1
Karawaci 4	6	2
Karang Tengah 1	2	1
Karang Tengah 2	3	1
Kunciran 1	5	1
Kunciran 2	4	1
Bitung 1	5	1
Bitung 2	5	1

## **5.7 Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2027**

Data yang dibutuhkan untuk menganalisis gerbang tol ini sama dengan perencanaan sebelumnya. Karena direncanakan gerbang tol pada tahun 2027 semua menggunakan transaksi otomatis, maka waktu pelayanan yang digunakan adalah waktu pelayanan gardu tol otomatis (GTO) dan *On Board Unit*. Namun untuk mempercepat pelayanan, maka waktu pelayanan yang digunakan adalah 5 detik untuk gardu tol otomatis dan 1 detik untuk *On Board Unit*. Berikut adalah analisis tingkat kedatangan pada tahun 2027:

### **5.7.1 Analisis Tingkat Kedatangan Tahun 2027**

Seperti pada perhitungan sebelumnya. Menurut tabel A.6 Jalan Bebas Hambatan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia no.3, Untuk mendapatkan arus jam puncak kendaraan yang melintas maka volume kendaraan yang ada harus dikalikan dengan faktor K. Maka lalu lintas harian rata-rata yang melintas dikalikan dengan 0,11. Berikut hasil lalu lintas harian rata-rata yang sudah dikalikan dengan faktor K.



**Tabel 5. 27 Arus Jam Puncak Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2027**

No	Gerbang	I	II	III	IV	V	Etoll Gol I	Etoll Gol II	Etoll Gol III	Etoll Gol IV	Etoll Gol V	Jumlah
01	TANGERANG ON RAMP	4.012	145	31	7	8	2.184	0	-	-	-	6.387
02	TANGERANG OFF RAMP	3.796	502	152	62	46	2.223	4	-	-	-	6.785
03	KARAWACI 2 ( ON RAMP)	-	-	-	-	-	4.106	5	2	-	-	4.113
04	KARAWACI 1 ( OFF RAMP)	365	50	163	44	15	292	1	0	-	-	931
05	KARAWACI 3 ( OFF RAMP)	3.933	157	15	21	7	2.213	3	-	-	-	6.350
06	KARAWACI 4 ( ON RAMP)	3.182	193	207	29	17	3.655	7	-	-	-	7.289
07	KARANG TENGAH BARAT 1 (ON RAMP)	1.640	61	21	-	-	864	8	4	-	-	2.597
08	KARANG TENGAH BARAT 2 (OFF RAMP)	1.896	53	16	2	0	948	9	4	0	-	2.928
09	KUNCIRAN 2 (ON RAMP)	2.122	101	69	6	10	2.572	29	41	-	-	4.956
10	KUNCIRAN 1 (OFF RAMP)	2.336	75	30	4	9	3.570	24	36	1	2	6.087
11	BITUNG 2 (ON RAMP)	2.722	1.208	408	246	147	515	10	-	-	-	5.255
12	BITUNG 1 (OFF RAMP)	2.615	1.180	426	364	187	685	19	1	-	-	5.477
SUB TOTAL		28.619	3.724	1.538	786	446	23.826	119	89	1	6	59.155
RATA - RATA		2.385	310	128	65	37	1.986	10	7	0	1	4.930

Sumber: Hasil Perhitungan

### 5.7.2 Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2027

Tahap selanjutnya dalam perencanaan gerbang tol adalah menganalisis intensitas lalu lintas di gerbang yang akan di rencanakan dan juga tipe gardu yang akan di gunakan. Dalam menganalisis intensitas lalu lintas, standart pelayanan minimum yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 yang berisi tentang standar pelayanan minimal jalan tol. Data yang digunakan adalah data waktu pelayanan gardu tol otomatis (GTO) dan *On Board Unit*, karena direncanakan gerbang tol pada tahun 2027 semua menggunakan transaksi otomatis. Untuk mempercepat pelayanan, maka waktu pelayanan yang digunakan adalah 5 detik untuk gardu tol otomatis dan 1 detik untuk *On Board Unit*.

#### 5.7.2.1 Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2027

Perencanaan gerbang tol Karang Tengah untuk tahun 2027 direncanakan memiliki proporsi jumlah gardu 50% Gardu Tol Otomatis dan 50% *On Board Unit*. Pada perencanaan tahun ini transaksi tunai direncanakan dihilangkan, seluruh transaksi menggunakan non tunai. Berikut adalah hasil perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol karang Tengah tahun 2027:

Diketahui:

$\lambda$	= Banyak Kendaraan	
$\mu_1$	= Tingkat Pelayanan Konvensional	= 6 detik
$\mu_2$	= Tingkat Pelayanan GTO	= 5 detik
$\mu_3$	= Tingkat Pelayanan OBU	= 1 detik
$N_1$	= Jumlah Gardu Tol Konvensional	
$N_2$	= Jumlah Gardu Tol Otomatis	
$N_3$	= Jumlah Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	
$\rho_1$	= Intensitas Lalu Lintas Konvensional	
$\rho_2$	= Intensitas Lalu Lintas Gardu Tol Otomatis	
$\rho_3$	= Intensitas Lalu Lintas Gardu <i>On Board Unit</i>	

**Tabel 5. 28 Hasil Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2027**

Gerbang Tol	$\lambda$ GTO	$\lambda$ OBU	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	N1	N2	N3	1	2	3	< 1 (syarat)
Tangerang 1	3392	3392	600	720	3600	-	6	2	-	0,785260	0,47115616	OK
Tangerang 2	3193	3193	600	720	3600	-	5	1	-	0,887049	0,887049	OK
Karawaci 1	465	465	600	720	3600	-	1	1	-	0,646453	0,129291	OK
Karawaci 2	2056	2056	600	720	3600	-	4	1	-	0,713998	0,571198	OK
Karawaci 3	3175	3175	600	720	3600	-	5	1	-	0,881991	0,881991	OK
Karawaci 4	3645	3645	600	720	3600	-	6	2	-	0,843656	0,506193	OK
Karang Tengah 1	1299	1299	600	720	3600	-	2	1	-	0,901830	0,36073219	OK
Karang Tengah 2	1464	1464	600	720	3600	-	3	1	-	0,677890	0,40673429	OK
Kunciran 1	3043	3043	600	720	3600	-	5	1	-	0,845371	0,845371	OK
Kunciran 2	2478	2478	600	720	3600	-	4	1	-	0,860343	0,688275	OK
Bitung 1	2738	2738	600	720	3600	-	5	1	-	0,7606665	0,7606665	OK
Bitung 2	2628	2628	600	720	3600	-	5	1	-	0,7299227	0,7299227	OK

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan analisis terhadap gerbang tol Karang Tengah tahun 2027 pada **tabel 5.20** diperoleh semua hasil telah memenuhi syarat yaitu  $\rho < 1$ , sehingga perencanaan gerbang tol ini memenuhi syarat aman.

### **5.7.3 Analisis Antrian Gerbang Tol (Antrian FIFO) Tahun 2027**

Dalam merencanakan gerbang tol untuk tahun 2027 ini diperlukan pula menganalisis antrian yang terjadi. Teori yang digunakan di gerbang tol yaitu teori antrian FIFO (*First In First Out*). Analisis ini diperlukan untuk mengetahui panjang dan lamanya antrian yang terjadi di gerbang tol yang menjadi objek tugas akhir ini. Gardu yang dianalisis adalah gardu yang sudah direncanakan dan dianalisis intensitasnya.

#### **5.7.3.1 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2027**

Perencanaan gerbang tol Karang Tengah direncanakan menggunakan gardu tol otomatis dan gardu *On Board Unit*. Berikut adalah tabel hasil perhitungan analisis antrian gerbang tol Karang Tengah menggunakan metode *First In First Out* (FIFO):

**Tabel 5. 29** Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol Otomatis

Gerbang Tol	Gardu Tol Otomatis			
	n	q (< 10)	d	w
Tangerang 1	3,6568	2,87154	23,284	18,284
Tangerang 2	7,853414	6,966365	44,26707	39,26707
Karawaci 1	0,148489	0,019198	1,148489	0,148489
Karawaci 2	1,828475	1,182022	14,14237	9,142374
Karawaci 3	7,473921	6,591931	8,473921	7,473921
Karawaci 4	1,025085	0,518891	2,025085	1,025085
Karang Tengah 1	9,18646	8,28463	50,9323	45,9323
Karang Tengah 2	2,104534	1,426644	32,16616	27,16616
Kunciran 1	5,46709	4,621719	32,33545	27,33545
Kunciran 2	6,16042	5,300077	35,8021	30,8021
Bitung 1	3,17827	2,417603	20,89135	15,89135
Bitung 2	2,702644	1,972721	18,51322	13,51322

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 5. 30** Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol On Board Unit

Gerbang Tol	Gardu Tol On Board Unit			
	n	q (< 10)	d	w
Tangerang 1	0,890917	0,419761	1,890917	0,890917
Tangerang 2	7,853414	6,966365	8,853414	7,853414
Karawaci 1	1,828475	1,182022	14,14237	9,142374
Karawaci 2	1,332081	0,760883	2,332081	1,332081
Karawaci 3	7,473921	6,591931	42,36961	37,36961
Karawaci 4	5,396144	4,552488	31,98072	26,98072
Karang Tengah 1	0,56429	0,203557	1,56429	0,56429
Karang Tengah 2	0,685585	0,278851	1,685585	0,685585
Kunciran 1	5,46709	4,621719	6,46709	5,46709
Kunciran 2	2,207953	1,519678	3,207953	2,207953
Bitung 1	2,702644	2,417603	4,17827	3,17827
Bitung 2	2,702644	1,972721	3,702644	2,702644

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan analisis antrian gerbang tol Karang Tengah didapatkan komposisi jumlah gardu yang aman, sesuai

dengan syarat dan standart untuk menampung antrian yang akan terjadi tahun 2027.

Berikut adalah perencanaan gerbang tol tahun 2027 dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, dengan proporsi gardu 50% Gardu Tol Otomatis dan 50% gardu *On Board Unit*:

- **Gerbang Tol Karang Tengah Barat 1**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 3 gardu tol seperti tahun 2017, dan semua gardu sudah tidak menggunakan transaksi tunai. 2gardu direncanakan menggunakan gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*.

- **Gerbang Tol Karang Tengah Barat 2**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 4 gardu tol, menambah 1 gardu dari tahun 2017 yang hanya 3 gardu dan semua gardu sudah tidak menggunakan transaksi tunai. 3 gardu direncanakan menggunakan gardu tol otomatis dan 1 gardu OBU.

Tetapi dikarenakan lahan pada gerbang tol ini minim, maka 3 gardu tol otomatis digabung menjadi 1 gardu saja dan dibuat menjadi sistim tandem. Dimana pelaksanaan gardu tandem dilapangan yaitu dengan adanya portal di bagian paling depan gardu yang akan tertutup pada saat kendaraan melakukan transaksi, setelah semua kendaraan selesai melakukan transaksi pembayaran barulah portal akan terbuka dan kendaraan meninggalkan gerbang tol.

- **Gerbang Tol Kunciran 1**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 6 gardu seperti tahun 2017 namun diganti sistimnya menggunakan non tunai. 5 gardu menggunakan sistim GTO dan 1 gardu menggunakan sistim *On Board Unit* (OBU).

- **Gerbang Tol Kunciran 2**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 5 gardu. Dengan 4 gardu non tunai atau GTO dan 1 gardu *On Board Unit*.

- **Gerbang Tol Tangerang 1**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 8 gardu tol, menambah 1 gardu karena sebelumnya di tahun 2017 hanya 7 gardu. Yang terdiri dari 6 gardu tol otomatis dan 2 gardu *On Board Unit*.

- **Gerbang Tol Tangerang 2**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 6 gardu tol. Terdiri dari 5 gardu tol otomatis (GTO) dan 1 gardu tol *On Board Unit*.

- **Gerbang Tol Karawaci 1**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 2 gardu tol. 1 gardu tol otomatis (GTO) dan 1 gardu tol *On Board Unit*.

- **Gerbang Tol Karawaci 2**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 5 gardu tol, sebelumnya di tahun 2017 hanya 4 gardu makaharus ditambah 1 gardu lagi. Dan semua gardu menggunakan sistim non tunai gardu tol otomatis dan *On Board Unit*. Tetapi dikarenakan lahan pada gerbang tol ini minim, maka 4 gardu tol otomatis (GTO) digabung dan dibuat menjadi sistim tandem sehingga menjadi 1 gardu saja namun di tiap gardu memiliki 4 mesin e-toll. Dimana pelaksanaan gardu tandem dilapangan yaitu dengan adanya portal di bagian paling depan gardu yang akan tertutup pada saat kendaraan melakukan transaksi, setelah semua kendaraan selesai

melakukan transaksi pembayaran barulah portal akan terbuka dan kendaraan meninggalkan gerbang tol.

- **Gerbang Tol Karawaci 3**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 6 gardu tol. Terdiri dari 5 gardu tol otomstid dan 2 gardu tol *On Board Unit*.

- **Gerbang Tol Karawaci 4**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 8 gardu tol, menambah 2 gardu karena pada tahun 2017 hanya terdapat 6 gardu. Terdiri dari 6 gardu tol otomatis (GTO) dan 2 gardu *On Board Unit*.

- **Gerbang Tol Bitung 1**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 6 gardu seperti pada tahun 2017. Dengan 5 gardu tol otomatis (GTO) dan 1 gardu tol *On Board Unit*.

- **Gerbang Tol Bitung 2**

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, gerbang tol ini direncanakan memiliki total gardu sebanyak 6 gardu sama seperti pada tahun 2017. Dengan 5 gardu tol otomatis (GTO) dan 1 gardu tol *On Board Unit*



Berikut adalah hasil panjang antrian kendaraan dan jumlah gardu tol tahun 2027:

**Tabel 5. 31 Total Panjang Antrian Kendaraan di Gerbang Tol Tahun 2027**

Gerbang Tol	Panjang Antrian Gardu Tol Otomatis (emp)		Panjang Antrian <i>On Board Unit</i> (emp)	
	n	q (< 10)	n	q (< 10)
Tangerang 1	4	3	1	0
Tangerang 2	8	7	8	7
Karawaci 1	1	0	2	1
Karawaci 2	2	1	2	1
Karawaci 3	8	7	8	7
Karawaci 4	2	1	6	5
Karang Tengah Barat 1	9	8	1	0
Karang Tengah Barat 2	2	1	1	0
Kunciran 1	6	5	6	5
Kunciran 2	6	5	3	2
Bitung 1	3	2	3	2
Bitung 2	3	2	3	2

**Tabel 5. 32 Total Jumlah Gardu Tol Tahun 2027**

Gerbang Tol	Jumlah Gardu	
	Gardu Tol Otomatis (GTO)	Gardu <i>On Board Unit</i> (OBU)
Tangerang 1	6	2
Tangerang 2	5	1
Karawaci 1	1	1
Karawaci 2	4	1
Karawaci 3	5	1
Karawaci 4	6	2
Karang Tengah 1	2	1
Karang Tengah 2	3	1
Kunciran 1	5	1
Kunciran 2	4	1
Bitung 1	5	1
Bitung 2	5	1

## **5.8 Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2032**

Dalam perencanaan gerbang tol ini direncanakan hingga 30 tahun kedepan, namun akan di analisis secara bertahap. Analisis kali ini akan di coba untuk mengetahui kemampuan gerbang tol untuk tahun ke 15 yaitu tahun 2032 apakah masih mampu menampung jumlah kendaraan yang melintas tiap harinya atau tidak.

Data yang dibutuhkan untuk menganalisis gerbang tol ini sama dengan perencanaan sebelumnya yaitu data lalu lintas harian tahun 2032 yang sudah didapatkan dengan metode forecasting pada tabel 4.8 dan juga waktu pelayanan gardu tol. Karena direncanakan gerbang tol pada tahun 2027 semua menggunakan transaksi otomatis, maka waktu pelayanan yang digunakan adalah waktu pelayanan gardu tol otomatis (GTO) dan *On Board Unit*. Namun untuk mempercepat pelayanan, maka waktu pelayanan yang digunakan adalah 5 detik untuk gardu tol otomatis dan 1 detik untuk *On Board Unit*. Berikut adalah analisis tingkat kedatangan pada tahun 2032:

### **5.8.1 Analisis Tingkat Kedatangan Tahun 2032**

Seperti pada perhitungan sebelumnya. Menurut tabel A.6 Jalan Bebas Hambatan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia no.3, Untuk mendapatkan arus jam puncak kendaraan yang melintas maka volume kendaraan yang ada harus dikalikan dengan faktor K. Maka lalu lintas harian rata-rata yang melintas dikalikan dengan 0,11. Berikut hasil lalu lintas harian rata-rata yang sudah dikalikan dengan faktor K.

**Tabel 5. 33 Arus Jam Puncak Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2032**

No	Gerbang	I	II	III	IV	V	Etoll Gol I	Etoll Gol II	Etoll Gol III	Etoll Gol IV	Etoll Gol V	Jumlah
01	TANGERANG ON RAMP	6.316	228	48	12	12	3.438	1	-	-	-	10.054
02	TANGERANG OFF RAMP	5.975	790	239	98	73	3.499	7	-	-	-	10.681
03	KARAWACI 2 ( ON RAMP)	-	-	-	-	-	6.464	8	3	-	-	6.474
04	KARAWACI 1 ( OFF RAMP)	575	79	257	69	24	459	1	1	-	-	1.465
05	KARAWACI 3 ( OFF RAMP)	6.192	247	24	34	11	3.484	5	-	-	-	9.997
06	KARAWACI 4 ( ON RAMP)	5.009	303	326	45	27	5.753	11	-	-	-	11.475
07	KARANG TENGAH BARAT 1 (ON RAMP)	2.582	95	33	-	-	1.360	12	7	-	-	4.089
08	KARANG TENGAH BARAT 2 (OFF RAMP)	2.984	83	25	3	1	1.493	15	6	1	-	4.610
09	KUNCIRAN 2 (ON RAMP)	3.341	159	109	10	16	4.049	46	65	-	5	7.801
10	KUNCIRAN 1 (OFF RAMP)	3.677	118	47	6	14	5.620	38	56	1	3	9.582
11	BITUNG 2 (ON RAMP)	4.285	2.218	643	388	231	810	15	-	-	-	8.590
12	BITUNG 1 (OFF RAMP)	4.117	2.168	670	573	294	1.079	29	1	-	1	8.931
	SUB TOTAL	45.054	6.490	2.421	1.237	702	37.508	187	139	2	10	93.750
	RATA - RATA	3.754	541	202	103	59	3.126	16	12	0	1	7.813

Sumber: Hasil Perhitungan

### 5.8.2 Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2032

Tahap selanjutnya dalam perencanaan gerbang tol adalah menganalisis intensitas lalu lintas di gerbang yang akan di rencanakan dan juga tipe gardu yang akan di gunakan. Dalam menganalisis intensitas lalu lintas, standart pelayanan minimum yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 yang berisi tentang standar pelayanan minimal jalan tol. Data yang digunakan adalah data waktu pelayanan gardu tol otomatis (GTO) dan *On Board Unit*, karena direncanakan gerbang tol pada tahun 2027 semua menggunakan transaksi otomatis. Namun untuk mempercepat pelayanan, maka waktu pelayanan yang digunakan adalah 5 detik untuk gardu tol otomatis dan 1 detik untuk *On Board Unit*.

#### 5.8.2.1 Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2032

Perencanaan gerbang tol Karang Tengah untuk tahun 2032 direncanakan memiliki proporsi jumlah gardu 50% Gardu Tol Otomatis dan 50% *On Board Unit*. Berikut adalah hasil perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol karang Tengah tahun 2032:

Diketahui:

$\lambda$	= Banyak Kendaraan	
$\mu_1$	= Tingkat Pelayanan Konvensional	= 6 detik
$\mu_2$	= Tingkat Pelayanan GTO	= 5 detik
$\mu_3$	= Tingkat Pelayanan OBU	= 1 detik
$N_1$	= Jumlah Gardu Tol Konvensional	
$N_2$	= Jumlah Gardu Tol Otomatis	
$N_3$	= Jumlah Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	
$\rho_1$	= Intensitas Lalu Lintas Konvensional	
$\rho_2$	= Intensitas Lalu Lintas Gardu Tol Otomatis	
$\rho_3$	= Intensitas Lalu Lintas Gardu <i>On Board Unit</i>	

**Tabel 5. 34 Hasil Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2032**

Gerbang Tol	$\lambda$ GTO	$\lambda$ OBU	$\mu$ 1	$\mu$ 2	$\mu$ 3	N1	N2	N3	1	2	3	< 1 (syarat)
Tangerang 1	5340	5340	600	720	3600	-	9	2	-	0,824125	0,74171228	OK
Tangerang 2	5027	5027	600	720	3600	-	8	2	-	0,872767	0,698214	OK
Karawaci 1	733	733	600	720	3600	-	2	1	-	0,508835	0,203534	OK
Karawaci 2	3237	3237	600	720	3600	-	5	1	-	0,899203	0,899203	OK
Karawaci 3	4998	4998	600	720	3600	-	8	2	-	0,867790	0,694232	OK
Karawaci 4	5737	5737	600	720	3600	-	9	2	-	0,885410	0,796869	OK
Karang Tengah 1	2044	2044	600	720	3600	-	4	1	-	0,709848	0,56787859	OK
Karang Tengah 2	2305	2305	600	720	3600	-	4	1	-	0,831760	0,665408	OK
Kunciran 1	4791	4791	600	720	3600	-	8	2	-	0,831760	0,665408	OK
Kunciran 2	3901	3901	600	720	3600	-	7	2	-	0,773935	0,541754	OK
Bitung 1	4466	4466	600	720	3600	-	7	2	-	0,886057552	0,62024029	OK
Bitung 2	4295	4295	600	720	3600	-	7	2	-	0,852202747	0,59654192	OK

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan analisis terhadap gerbang tol Karang Tengah tahun 2032 pada **tabel 5.24** diperoleh semua hasil telah memenuhi syarat yaitu  $\rho < 1$ , sehingga perencanaan gerbang tol ini memenuhi syarat aman.

### **5.8.3 Analisis Antrian Gerbang Tol (Antrian FIFO) Tahun 2032**

Dalam merencanakan gerbang tol untuk tahun 2032 ini diperlukan pula menganalisis antrian yang terjadi. Teori yang digunakan di gerbang tol yaitu teori antrian FIFO (*First In First Out*). Analisis ini diperlukan untuk mengetahui panjang dan lamanya antrian yang terjadi di gerbang tol yang menjadi objek tugas akhir ini. Gardu yang dianalisis adalah gardu yang sudah direncanakan dan dianalisis intensitasnya.

#### **5.8.3.1 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2032**

Perencanaan gerbang tol ini direncanakan menggunakan gardu tol otomatis dan gardu *On Board Unit*. Berikut adalah hasil perhitungan analisis antrian gerbang tol Karang Tengah menggunakan metode *First In First Out* (FIFO):

**Tabel 5. 35 Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol Otomatis Tahun 2032**

Gerbang Tol	Gardu Tol Otomatis			
	n	q (< 10)	d	w
Tangerang 1	4,685848	3,861724	28,42924	23,42924
Tangerang 2	6,859598	5,986831	39,29799	34,29799
Karawaci 1	0,255547	0,052012	1,255547	0,255547
Karawaci 2	8,920899	8,021696	49,6045	44,6045
Karawaci 3	2,270455	1,576222	3,270455	2,270455
Karawaci 4	3,922941	3,126071	4,922941	3,922941
Karang Tengah 1	2,446472	1,736624	17,23236	12,23236
Karang Tengah 2	4,009295	3,208923	25,04647	20,04647
Kunciran 1	4,943883	4,112123	29,71941	24,71941
Kunciran 2	3,423503	2,649568	22,11751	17,11751
Bitung 1	7,77636	6,890303	43,8818	38,8818
Bitung 2	5,766026	4,913823	33,83013	28,83013

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 5. 36 Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol OnBoard Unit Tahun 2032**

Gerbang Tol	Gardu Tol On Board Unit			
	n	q (< 10)	d	w
Tangerang 1	2,871651	2,129939	3,871651	2,871651
Tangerang 2	2,313602	1,615389	3,313602	2,313602
Karawaci 1	1,035977	0,527142	10,17989	5,179885
Karawaci 2	8,920899	8,021696	49,6045	44,6045
Karawaci 3	6,563732	5,695942	37,81866	32,81866
Karawaci 4	7,726798	6,841387	43,63399	38,63399
Karang Tengah 1	1,314164	0,746286	2,314164	1,314164
Karang Tengah 2	1,78007	1,139773	2,78007	1,78007
Kunciran 1	1,182236	0,640481	2,182236	1,182236
Kunciran 2	1,988713	1,323305	2,988713	1,988713
Bitung 1	1,478572	1,013004	2,633244	1,633244
Bitung 2	1,478572	0,88203	2,478572	1,478572

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan analisis antrian gerbang tol Karang Tengah didapatkan komposisi jumlah gardu yang aman, sesuai dengan syarat dan standart untuk menampung antrian yang akan terjadi tahun 2032.

Berikut adalah hasil panjang antrian kendaraan dan jumlah gardu tol tahun 2047:

**Tabel 5. 37 Total Panjang Antrian Kendaraan di Gerbang Tol Tahun 2032**

Gerbang Tol	Panjang Antrian Gardu Tol Otomatis (emp)		Panjang Antrian <i>On Board Unit</i> (emp)	
	n	q (< 10)	n	q (< 10)
Tangerang 1	5	4	3	2
Tangerang 2	7	6	3	2
Karawaci 1	1	0	2	1
Karawaci 2	9	8	9	8
Karawaci 3	3	2	7	6
Karawaci 4	4	3	8	7
Karang Tengah Barat 1	3	2	2	1
Karang Tengah Barat 2	4	3	2	1
Kunciran 1	5	4	2	1
Kunciran 2	4	3	2	1
Bitung 1	8	7	2	1
Bitung 2	6	5	2	1

**Tabel 5. 38 Total Jumlah Gardu Tol Tahun 2032**

Gerbang Tol	Jumlah Gardu	
	Gardu Tol Otomatis (GTO)	Gardu <i>On Board Unit</i> (OBU)
Tangerang 1	9	2
Tangerang 2	8	2
Karawaci 1	2	1
Karawaci 2	5	1
Karawaci 3	8	2
Karawaci 4	9	2
Karang Tengah 1	4	1
Karang Tengah 2	4	1
Kunciran 1	8	2
Kunciran 2	7	2
Bitung 1	7	2
Bitung 2	7	2



## **5.9 Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2047**

Dalam perencanaan gerbang tol ini direncanakan hingga 30 tahun kedepan, namun akan di analisis secara bertahap. Analisis kali ini akan di coba untuk mengetahui kemampuan gerbang tol untuk tahun ke 30 yaitu tahun 2047 apakah masih mampu menampung jumlah kendaraan yang melintas tiap harinya atau tidak.

Data yang dibutuhkan untuk menganalisis gerbang tol ini sama dengan perencanaan sebelumnya yaitu data lalu lintas harian tahun 2047 yang sudah didapatkan dengan metode forecasting pada tabel 4.8 dan juga waktu pelayanan gardu tol. Karena direncanakan gerbang tol pada tahun 2027 semua menggunakan transaksi otomatis, maka waktu pelayanan yang digunakan adalah waktu pelayanan gardu tol otomatis (GTO) dan *On Board Unit*. Namun untuk mempercepat pelayanan, maka waktu pelayanan yang digunakan adalah 5 detik untuk gardu tol otomatis dan 1 detik untuk *On Board Unit*. Berikut adalah analisis tingkat kedatangan pada tahun 2047:

### **5.9.1 Analisis Tingkat Kedatangan Tahun 2047**

Seperti pada perhitungan sebelumnya. Menurut tabel A.6 Jalan Bebas Hambatan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia no.3, Untuk mendapatkan arus jam puncak kendaraan yang melintas maka volume kendaraan yang ada harus dikalikan dengan faktor K. Maka lalu lintas harian rata-rata yang melintas dikalikan dengan 0,11. Berikut hasil lalu lintas harian rata-rata yang sudah dikalikan dengan faktor K.

**Tabel 5. 39 Arus Jam Puncak Tol Jakarta – Tangerang Tahun 2047**

No	Gerbang	I	II	III	IV	V	Etoll Gol I	Etoll Gol II	Etoll Gol III	Etoll Gol IV	Etoll Gol V	Jumlah
01	TANGERANG ON RAMP	24.640	888	188	46	48	13.414	2	-	-	-	39.225
02	TANGERANG OFF RAMP	23.312	3.084	932	380	284	13.650	26	-	-	-	41.669
03	KARAWACI 2 ( ON RAMP)	-	-	-	-	-	25.217	30	11	-	-	25.258
04	KARAWACI 1 ( OFF RAMP)	2.243	309	1.002	271	94	1.791	4	3	-	-	5.717
05	KARAWACI 3 ( OFF RAMP)	24.158	964	94	131	43	13.591	20	-	-	-	39.001
06	KARAWACI 4 ( ON RAMP)	19.543	1.183	1.272	177	104	22.445	42	-	-	-	44.767
07	KARANG TENGAH BARAT 1 (ON RAMP)	10.072	372	129	-	-	5.304	48	27	-	-	15.951
08	KARANG TENGAH BARAT 2 (OFF RAMP)	11.643	323	96	11	3	5.825	58	24	3	-	17.986
09	KUNCIRAN 2 (ON RAMP)	13.034	621	426	38	64	15.798	179	254	-	21	30.435
10	KUNCIRAN 1 (OFF RAMP)	14.347	462	185	24	54	21.926	147	220	5	13	37.382
11	BITUNG 2 (ON RAMP)	16.717	8.036	3.134	946	900	3.161	60	-	-	-	32.954
12	BITUNG 1 (OFF RAMP)	16.061	7.853	3.268	2.793	1.147	4.209	115	5	-	3	35.453
	SUB TOTAL	175.769	24.096	10.726	4.815	2.740	146.331	731	544	8	38	365.799
	RATA - RATA	14.647	2.008	894	401	228	12.194	61	45	1	3	30.483

Sumber: Hasil Perhitungan

### 5.9.2 Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2047

Tahap selanjutnya dalam perencanaan gerbang tol adalah menganalisis intensitas lalu lintas di gerbang yang akan di rencanakan dan juga tipe gardu yang akan di gunakan. Dalam menganalisis intensitas lalu lintas, standart pelayanan minimum yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 yang berisi tentang standar pelayanan minimal jalan tol. Data yang digunakan adalah data waktu pelayanan gardu tol otomatis (GTO) dan *On Board Unit*, karena direncanakan gerbang tol pada tahun 2027 semua menggunakan transaksi otomatis. Namun untuk mempercepat pelayanan, maka waktu pelayanan yang digunakan adalah 5 detik untuk gardu tol otomatis dan 1 detik untuk *On Board Unit*.

#### 5.9.2.1 Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2047

Perencanaan gerbang tol Karang Tengah ini direncanakan memiliki proporsi jumlah gardu 25% Gardu Tol Otomatis dan 75% *On Board Unit*. Pada perencanaan tahun ini seluruh transaksi menggunakan non tunai. Berikut adalah perhitungan intensitas lalu lintas gerbang tol karang Tengah tahun 2047:

Diketahui:

- $\lambda$  = Banyak Kendaraan
- $\mu_1$  = Tingkat Pelayanan Konvensional = 6 detik
- $\mu_2$  = Tingkat Pelayanan GTO = 5 detik
- $\mu_3$  = Tingkat Pelayanan OBU = 1 detik
- $N_1$  = Jumlah Gardu Tol Konvensional
- $N_2$  = Jumlah Gardu Tol Otomatis
- $N_3$  = Jumlah Gardu Tol *On Board Unit*
- $\rho_1$  = Intensitas Lalu Lintas Konvensional
- $\rho_2$  = Intensitas Lalu Lintas Gardu Tol Otomatis
- $\rho_3$  = Intensitas Lalu Lintas Gardu *On Board Unit*

**Tabel 5. 40 Hasil Perhitungan Intensitas Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2047**

Gerbang Tol	$\lambda$ GTO	$\lambda$ OBU	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	N1	N2	N3	1	2	3	< 1 (syarat)
Tangerang 1	10417	31252	600	720	3600	-	17	10	-	0,851076	0,868098	OK
Tangerang 2	9806	29419	600	720	3600	-	16	10	-	0,851236	0,817187	OK
Karawaci 1	1429	4288	600	720	3600	-	3	2	-	0,661710	0,595539	OK
Karawaci 2	6315	18944	600	720	3600	-	10	6	-	0,877020	0,877020	OK
Karawaci 3	9750	29251	600	720	3600	-	16	10	-	0,846382	0,812527	OK
Karawaci 4	11192	33576	600	720	3600	-	18	11	-	0,863568	0,847867	OK
Karang Tengah 1	3988	11964	600	720	3600	-	7	4	-	0,791242	0,830804	OK
Karang Tengah 2	4496	13489	600	720	3600	-	7	5	-	0,892144	0,749401	OK
Kunciran 1	9345	28036	600	720	3600	-	15	9	-	0,865323	0,865323	OK
Kunciran 2	7609	22826	600	720	3600	-	12	8	-	0,880649	0,792584	OK
Bitung 1	8863	26589	600	720	3600	-	14	9	-	0,879280	0,820662	OK
Bitung 2	8239	24716	600	720	3600	-	13	8	-	0,880189	0,858185	OK

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan analisis terhadap gerbang tol Karang Tengah tahun 2047 pada **tabel 5.28** diperoleh semua hasil telah memenuhi syarat yaitu  $\rho < 1$ , sehingga perencanaan gerbang tol ini memenuhi syarat aman.

### **5.9.3 Analisis Antrian Gerbang Tol (Antrian FIFO) Tahun 2047**

Dalam merencanakan gerbang tol untuk tahun 2047 ini diperlukan pula menganalisis antrian yang terjadi. Teori yang digunakan di gerbang tol yaitu teori antrian FIFO (*First In First Out*). Analisis ini diperlukan untuk mengetahui panjang dan lamanya antrian yang terjadi di gerbang tol yang menjadi objek tugas akhir ini. Gardu yang dianalisis adalah gardu yang sudah direncanakan dan dianalisis intensitasnya.

#### **5.9.3.1 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Karang Tengah Tahun 2047**

Perencanaan gerbang tol Karang Tengah ini direncanakan menggunakan gardu tol otomatis dan gardu *On Board Unit*. Berikut adalah perhitungan analisis antrian gerbang tol Karang Tengah Barat metode *First In First Out* (FIFO)::

**Tabel 5. 41** Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol Otomatis Tahun 2047

Gerbang Tol	Gardu Tol Otomatis			
	n	q (< 10)	d	w
Tangerang 1	5,714834	4,863758	33,57417	28,57417
Tangerang 2	5,722069	4,870833	33,61035	28,61035
Karawaci 1	1,472427	0,876888	2,472427	1,472427
Karawaci 2	7,131389	6,25437	40,65695	35,65695
Karawaci 3	4,334098	3,521571	5,334098	4,334098
Karawaci 4	5,573176	4,72531	6,573176	5,573176
Karang Tengah 1	3,790232	2,99899	23,95116	18,95116
Karang Tengah 2	8,271653	7,379509	46,35826	41,35826
Kunciran 1	6,425195	5,559871	37,12597	32,12597
Kunciran 2	7,378664	6,498015	41,89332	36,89332
Bitung 1	7,283654	6,404374	41,41827	36,41827
Bitung 2	7,346506	6,466316	41,73253	36,73253

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 5. 42** Hasil perhitungan antrian gerbang tol Karang Tengah Gardu Tol OnBoard Unit Tahun 2047

Gerbang Tol	Gardu Tol On Board Unit			
	n	q (< 10)	d	w
Tangerang 1	6,581358	5,713261	7,581358	6,581358
Tangerang 2	4,470066	3,652879	5,470066	4,470066
Karawaci 1	1,956045	1,294335	14,78022	9,780224
Karawaci 2	7,131389	6,25437	8,131389	7,131389
Karawaci 3	5,509661	4,663279	32,5483	27,5483
Karawaci 4	6,329647	5,466079	36,64823	31,64823
Karang Tengah 1	4,910303	4,079499	5,910303	4,910303
Karang Tengah 2	2,990443	2,241042	3,990443	2,990443
Kunciran 1	6,425195	5,559871	7,425195	6,425195
Kunciran 2	3,821236	3,028652	4,821236	3,821236
Bitung 1	4,576052	3,75539	5,576052	4,576052
Bitung 2	6,051423	5,193238	7,051423	6,051423

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan analisis antrian gerbang tol Karang Tengah didapatkan komposisi jumlah gardu yang aman, sesuai dengan syarat dan standart untuk menampung antrian yang akan terjadi tahun 2047.

Berikut adalah hasil panjang antrian kendaraan dan jumlah gardu tol tahun 2047:

**Tabel 5. 43 Total Panjang Antrian Kendaraan di Gerbang Tol Tahun 2047**

Gerbang Tol	Panjang Antrian Gardu Tol Otomatis (emp)		Panjang Antrian <i>On Board Unit</i> (emp)	
	n	q (< 10)	n	q (< 10)
Tangerang 1	6	5	7	6
Tangerang 2	6	5	5	4
Karawaci 1	2	1	2	1
Karawaci 2	7	6	7	6
Karawaci 3	5	4	6	5
Karawaci 4	6	5	6	5
Karang Tengah Barat 1	4	3	5	4
Karang Tengah Barat 2	8	7	3	2
Kunciran 1	7	6	7	6
Kunciran 2	7	6	4	3
Bitung 1	7	6	5	4
Bitung 2	7	6	6	5

**Tabel 5. 44 Total Jumlah Gardu Tol Tahun 2047**

Gerbang Tol	Jumlah Gardu	
	Gardu Tol Otomatis (GTO)	Gardu <i>On Board Unit</i> (OBU)
Tangerang 1	17	10
Tangerang 2	16	10
Karawaci 1	3	2
Karawaci 2	10	6
Karawaci 3	16	10
Karawaci 4	18	11
Karang Tengah 1	7	4
Karang Tengah 2	7	5
Kunciran 1	15	9
Kunciran 2	12	8
Bitung 1	14	9
Bitung 2	13	8

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari perhitungan dan analisis pada bab – bab sebelumnya, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Panjang antrian yang terjadi di tiap gerbang tol di ruas tol Jakarta – Tangerang:
  - a. Panjang antrian tahun 2017 menggunakan sistim Gardu Tol Konvensional dan Gardu Tol Otomatis (GTO):
    - Gerbang Tol Karang Tengah Barat 1:
      - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 2$  emp,  $q= 1$  emp
    - Gerbang Tol Karang Tengah Barat 2:
      - i. Gardu tol Otomatis :  $n= 2$  emp,  $q= 1$  emp
    - Gerbang Tol Kunciran 1
      - i. Gardu Tol Konvensional :  $n= 2$  emp,  $q= 1$  emp
      - ii. Gardu Tol Otomatis :  $n= 5$  emp,  $q= 4$  emp
    - Gerbang Tol Kunciran 2
      - i. Gardu Tol Konvensional :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
      - ii. Gardu Tol Otomatis :  $n= 8$  emp,  $q= 7$  emp
    - Gerbang Tol Tangerang 1
      - i. Gardu Tol Konvensional :  $n= 2$  emp,  $q= 1$  emp
      - ii. Gardu Tol Otomatis :  $n= 3$  emp,  $q= 2$  emp
    - Gerbang Tol Tangerang 2
      - i. Gardu Tol Konvensional :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
      - ii. Gardu Tol Otomatis :  $n= 3$  emp,  $q= 2$  emp
    - Gerbang Tol Karawaci 1
      - i. Gardu Tol Konvensional :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
      - ii. Gardu Tol Otomatis :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
    - Gerbang Tol Karawaci 2
      - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 2$  emp,  $q= 2$  emp
    - Gerbang Tol Karawaci 3
      - i. Gardu Tol Konvensional :  $n= 3$  emp,  $q= 2$  emp
      - ii. Gardu Tol Otomatis :  $n= 3$  emp,  $q= 2$  emp



- Gerbang Tol Karawaci 4
    - i. Gardu Tol Konvensional :  $n= 5$  emp,  $q= 4$  emp
    - ii. Gardu Tol Otomatis :  $n= 5$  emp,  $q= 4$  emp
  - Gerbang Tol Bitung 1
    - i. Gardu Tol Konvensional :  $n= 4$  emp,  $q= 3$  emp
    - ii. Gardu Tol Otomatis :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
  - Gerbang Tol Bitung 2
    - i. Gardu Tol Konvensional :  $n= 4$  emp,  $q= 3$  emp
    - ii. Gardu Tol Otomatis :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
- b. Panjang antrian tahun 2022, menggunakan sistim Gardu Tol Otomatis (GTO) dan *On Board Unit* (OBU):
- Gerbang Tol Karang Tengah Barat 1:
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 6$  emp,  $q= 5$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
  - Gerbang Tol Karang Tengah Barat 2:
    - i. Gardu tol Otomatis :  $n= 2$  emp,  $q= 1$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
  - Gerbang Tol Kunciran 1
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 2$  emp,  $q= 1$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
  - Gerbang Tol Kunciran 2
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 5$  emp,  $q= 4$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
  - Gerbang Tol Tangerang 1
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 2$  emp,  $q= 1$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 3$  emp,  $q= 2$  emp
  - Gerbang Tol Tangerang 2
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 3$  emp,  $q= 2$  emp
  - Gerbang Tol Karawaci 1
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 2$  emp,  $q= 1$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp

- Gerbang Tol Karawaci 2
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 10$  emp,  $q= 9$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
  - Gerbang Tol Karawaci 3
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 5$  emp,  $q= 4$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
  - Gerbang Tol Karawaci 4
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 4$  emp,  $q= 3$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 5$  emp,  $q= 4$  emp
  - Gerbang Tol Bitung 1
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 3$  emp,  $q= 2$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
  - Gerbang Tol Bitung 2
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 7$  emp,  $q= 6$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
- c. Panjang antrian tahun 2027 menggunakan sistim Gardu Tol Otomatis (GTO) dan *On Board Unit* (OBU):
- Gerbang Tol Karang Tengah Barat 1:
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 9$  emp,  $q= 8$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
  - Gerbang Tol Karang Tengah Barat 2:
    - i. Gardu tol Otomatis :  $n= 2$  emp,  $q= 1$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
  - Gerbang Tol Kunciran 1
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 6$  emp,  $q= 5$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 6$  emp,  $q= 5$  emp
  - Gerbang Tol Kunciran 2
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 6$  emp,  $q= 5$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 3$  emp,  $q= 2$  emp
  - Gerbang Tol Tangerang 1
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 4$  emp,  $q= 3$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp

- Gerbang Tol Tangerang 2
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 8 \text{ emp, } q= 7 \text{ emp}$
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 8 \text{ emp, } q= 7 \text{ emp}$
  - Gerbang Tol Karawaci 1
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 1 \text{ emp, } q= 0 \text{ emp}$
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 2 \text{ emp, } q= 1 \text{ emp}$
  - Gerbang Tol Karawaci 2
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 2 \text{ emp, } q= 1 \text{ emp}$
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 2 \text{ emp, } q= 1 \text{ emp}$
  - Gerbang Tol Karawaci 3
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 8 \text{ emp, } q= 7 \text{ emp}$
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 8 \text{ emp, } q= 7 \text{ emp}$
  - Gerbang Tol Karawaci 4
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 2 \text{ emp, } q= 1 \text{ emp}$
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 6 \text{ emp, } q= 5 \text{ emp}$
  - Gerbang Tol Bitung 1
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 3 \text{ emp, } q= 2 \text{ emp}$
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 3 \text{ emp, } q= 2 \text{ emp}$
  - Gerbang Tol Bitung 2
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 3 \text{ emp, } q= 2 \text{ emp}$
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 3 \text{ emp, } q= 2 \text{ emp}$
- d. Panjang antrian tahun 2032 menggunakan sistim Gardu Tol Otomatis (GTO) dan *On Board Unit* (OBU):
- Gerbang Tol Karang Tengah Barat 1:
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 3 \text{ emp, } q= 2 \text{ emp}$
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 2 \text{ emp, } q= 1 \text{ emp}$
  - Gerbang Tol Karang Tengah Barat 2:
    - i. Gardu tol Otomatis :  $n= 4 \text{ emp, } q= 3 \text{ emp}$
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 2 \text{ emp, } q= 1 \text{ emp}$
  - Gerbang Tol Kunciran 1
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 5 \text{ emp, } q= 4 \text{ emp}$
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 2 \text{ emp, } q= 1 \text{ emp}$

- Gerbang Tol Kunciiran 2
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 4$  emp,  $q= 3$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 2$  emp,  $q= 1$  emp
  - Gerbang Tol Tangerang 1
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 5$  emp,  $q= 4$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 3$  emp,  $q= 2$  emp
  - Gerbang Tol Tangerang 2
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 7$  emp,  $q= 6$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 3$  emp,  $q= 2$  emp
  - Gerbang Tol Karawaci 1
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 1$  emp,  $q= 0$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 2$  emp,  $q= 1$  emp
  - Gerbang Tol Karawaci 2
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 9$  emp,  $q= 8$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 9$  emp,  $q= 8$  emp
  - Gerbang Tol Karawaci 3
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 3$  emp,  $q= 2$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 7$  emp,  $q= 6$  emp
  - Gerbang Tol Karawaci 4
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 4$  emp,  $q= 3$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 8$  emp,  $q= 7$  emp
  - Gerbang Tol Bitung 1
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 8$  emp,  $q= 7$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 2$  emp,  $q= 1$  emp
  - Gerbang Tol Bitung 2
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 6$  emp,  $q= 5$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 2$  emp,  $q= 1$  emp
- e. Panjang antrian tahun 2047 menggunakan sistim Gardu Tol Otomatis (GTO) dan *On Board Unit* (OBU):
- Gerbang Tol Karang Tengah Barat 1:
    - i. Gardu Tol Otomatis :  $n= 4$  emp,  $q= 3$  emp
    - ii. Gardu Tol OBU :  $n= 5$  emp,  $q= 4$  emp

- Gerbang Tol Karang Tengah Barat 2:
  - i. Gardu tol Otomatis : n= 8 emp, q= 7 emp
  - ii. Gardu Tol OBU : n= 3 emp, q= 2 emp
- Gerbang Tol Kunciiran 1
  - i. Gardu Tol Otomatis : n= 7 emp, q= 6 emp
  - ii. Gardu Tol OBU : n= 7 emp, q= 6 emp
- Gerbang Tol Kunciiran 2
  - i. Gardu Tol Otomatis : n= 7 emp, q= 6 emp
  - ii. Gardu Tol OBU : n= 4 emp, q= 3 emp
- Gerbang Tol Tangerang 1
  - i. Gardu Tol Otomatis : n= 6 emp, q= 5 emp
  - ii. Gardu Tol OBU : n= 7 emp, q= 6 emp
- Gerbang Tol Tangerang 2
  - i. Gardu Tol Otomatis : n= 6 emp, q= 5 emp
  - ii. Gardu Tol OBU : n= 5 emp, q= 4 emp
- Gerbang Tol Karawaci 1
  - i. Gardu Tol Otomatis : n= 2 emp, q= 1 emp
  - ii. Gardu Tol OBU : n= 2 emp, q= 1 emp
- Gerbang Tol Karawaci 2
  - i. Gardu Tol Otomatis : n= 7 emp, q= 6 emp
  - ii. Gardu Tol OBU : n= 7 emp, q= 6 emp
- Gerbang Tol Karawaci 3
  - i. Gardu Tol Otomatis : n= 5 emp, q= 4 emp
  - ii. Gardu Tol OBU : n= 6 emp, q= 5 emp
- Gerbang Tol Karawaci 4
  - i. Gardu Tol Otomatis : n= 6 emp, q= 5 emp
  - ii. Gardu Tol OBU : n= 6 emp, q= 5 emp
- Gerbang Tol Bitung 1
  - i. Gardu Tol Otomatis : n= 7 emp, q= 6 emp
  - ii. Gardu Tol OBU : n= 5 emp, q= 4 emp
- Gerbang Tol Bitung 2
  - i. Gardu Tol Otomatis : n= 7 emp, q= 6 emp
  - ii. Gardu Tol OBU : n= 6 emp, q= 5 emp

2. Dari hasil perhitungan analisis intensitas lalu lintas dan kinerja pelayanan, seluruh gerbang tol sudah dirancang maksimal dengan komposisi jumlah gardu yang memenuhi standar pelayanan minimum (SPM) Peraturan Menteri PU no. 16/PRT/M/2014.
3. Hasil analisis perhitungan total jumlah gardu di tiap gerbang tol Jakarta – Tangerang:
  - a. Total jumlah gardu tahun 2017, dengan sistim Gardu Tol Konvensional dan Gardu Tol otomatis:
    - Gerbang tol Karang Tengah Barat:
      - i. Karang Tengah Barat 1 = 3 Gardu Tol Otomatis
      - ii. Karang Tengah Barat 2 = 3 Gardu Tol Otomatis
    - Gerbang tol Kunciran:
      - i. Kunciran 1 = 3 Gardu Konvensional, 3 Gardu Tol Otomatis
      - ii. Kunciran 2 = 4 Gardu Konvensional, 3 Gardu Tol Otomatis
    - Gerbang tol Tangerang:
      - i. Tangerang 1 = 6 Gardu Tol Konvensional, 2 Gardu Tol Otomatis.
      - ii. Tangerang 2 = 5 Gardu Tol Konvensional, 2 Gardu Tol Otomatis.
    - Gerbang tol Karawaci:
      - i. Karawaci 1 = 1 Gardu Tol Konvensional, 1 Gardu Tol Otomatis.
      - ii. Karawaci 2 = 4 Gardu Tol Otomatis.
      - iii. Karawaci 3 = 4 Gardu Tol Konvensional, 2 Gardu Tol Otomatis.
      - iv. Karawaci 4 = 3 Gardu Tol Konvensional, 3 Gardu Tol Otomatis

- Gerbang tol Bitung didapatkan:
  - i. Bitung 1 = 4 Gardu Tol Konvensional, 2 Gardu Tol Otomatis.
  - ii. Bitung 2 = 4 Gardu Tol Konvensional, 2 Gardu Tol Otomatis.
  
- b. Hasil analisis perhitungan total jumlah gardu di tiap gerbang tol Jakarta – Tangerang pada tahun 2022 dengan proporsi 50% Gardu Tol Otomatis (GTO) dan 50% Gardu *On Board Unit* (OBU), dengan waktu pelayanan 5 detik gardu tol otomatis dan 1 detik gardu tol *On Board Unit*:
  - Gerbang tol Karang Tengah Barat:
    - i. Karang Tengah Barat 1 = 2 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU
    - ii. Karang Tengah Barat 2 = 3 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU
  - Gerbang tol Kunciran:
    - i. Kunciran 1 = 5 Gardu GTO, 1 Gardu Tol OBU
    - ii. Kunciran 2 = 4 Gardu GTO, 1 Gardu Tol OBU
  - Gerbang tol Tangerang:
    - i. Tangerang 1 = 6 Gardu Tol GTO, 2 Gardu Tol OBU.
    - ii. Tangerang 2 = 5 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU.
  - Gerbang tol Karawaci:
    - i. Karawaci 1 = 1 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU.
    - ii. Karawaci 2 = 4 Gardu Tol OBU, 1 Gardu OBU
    - iii. Karawaci 3 = 5 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU.
    - iv. Karawaci 4 = 6 Gardu Tol GTO, 2 Gardu Tol OBU

- Gerbang tol Bitung didapatkan:
  - i. Bitung 1 = 5 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU.
  - ii. Bitung 2 = 5 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU.
  
- c. Hasil analisis perhitungan total jumlah gardu di tiap gerbang tol Jakarta – Tangerang pada tahun 2027 dengan proporsi 50% Gardu Tol Otomatis (GTO) dan 50% Gardu *On Board Unit* (OBU), dengan waktu pelayanan 5 detik gardu tol otomatis dan 1 detik gardu tol *On Board Unit*:
  - Gerbang tol Karang Tengah Barat:
    - i. Karang Tengah Barat 1 = 2 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU
    - ii. Karang Tengah Barat 2 = 3 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU
  - Gerbang tol Kunciran:
    - i. Kunciran 1 = 5 Gardu GTO, 1 Gardu Tol OBU
    - ii. Kunciran 2 = 4 Gardu GTO, 1 Gardu Tol OBU
  - Gerbang tol Tangerang:
    - i. Tangerang 1 = 6 Gardu Tol GTO, 2 Gardu Tol OBU.
    - ii. Tangerang 2 = 5 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU.
  - Gerbang tol Karawaci:
    - i. Karawaci 1 = 1 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU.
    - ii. Karawaci 2 = 4 Gardu Tol OBU, 1 Gardu OBU
    - iii. Karawaci 3 = 5 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU.
    - iv. Karawaci 4 = 6 Gardu Tol GTO, 2 Gardu Tol OBU
  - Gerbang tol Bitung didapatkan:
    - i. Bitung 1 = 5 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU.
    - ii. Bitung 2 = 5 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU.



- d. Hasil analisis perhitungan total jumlah gardu di tiap gerbang tol Jakarta – Tangerang pada tahun 2032 dengan proporsi 50% Gardu Tol Otomatis (GTO) dan 50% Gardu *On Board Unit* (OBU) dengan waktu pelayanan 5 detik gardu tol otomatis dan 1 detik gardu tol *On Board Unit*:
- Gerbang tol Karang Tengah Barat:
    - i. Karang Tengah Barat 1 = 4 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU
    - ii. Karang Tengah Barat 2 = 4 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU
  - Gerbang tol Kunciran:
    - i. Kunciran 1 = 8 Gardu GTO, 2 Gardu Tol OBU
    - ii. Kunciran 2 = 7 Gardu GTO, 2 Gardu Tol OBU
  - Gerbang tol Tangerang:
    - i. Tangerang 1 = 9 Gardu Tol GTO, 2 Gardu Tol OBU.
    - ii. Tangerang 2 = 8 Gardu Tol GTO, 2 Gardu Tol OBU.
  - Gerbang tol Karawaci:
    - i. Karawaci 1 = 2 Gardu Tol GTO, 1 Gardu Tol OBU.
    - ii. Karawaci 2 = 5 Gardu Tol OBU, 1 Gardu OBU
    - iii. Karawaci 3 = 8 Gardu Tol GTO, 2 Gardu Tol OBU.
    - iv. Karawaci 4 = 9 Gardu Tol GTO, 2 Gardu Tol OBU
  - Gerbang tol Bitung didapatkan:
    - i. Bitung 1 = 7 Gardu Tol GTO, 2 Gardu Tol OBU.
    - ii. Bitung 2 = 7 Gardu Tol GTO, 2 Gardu Tol OBU.

- e. Hasil analisis perhitungan total jumlah gardu di tiap gerbang tol Jakarta – Tangerang pada tahun 2047 dengan proporsi 25% Gardu Tol Otomatis (GTO) dan 75% Gardu *On Board Unit* (OBU) dengan waktu pelayanan 5 detik gardu tol otomatis dan 1 detik gardu tol *On Board Unit*:
- Gerbang tol Karang Tengah Barat:
    - i. Karang Tengah Barat 1 = 7 Gardu Tol GTO, 4 Gardu Tol OBU
    - ii. Karang Tengah Barat 2 = 7 Gardu Tol GTO, 5 Gardu Tol OBU
  - Gerbang tol Kunciran:
    - i. Kunciran 1 = 15 Gardu GTO, 9 Gardu Tol OBU
    - ii. Kunciran 2 = 12 Gardu GTO, 8 Gardu Tol OBU
  - Gerbang tol Tangerang:
    - i. Tangerang 1 = 17 Gardu Tol GTO, 10 Gardu Tol OBU.
    - ii. Tangerang 2 = 16 Gardu Tol GTO, 10 Gardu Tol OBU.
  - Gerbang tol Karawaci:
    - i. Karawaci 1 = 3 Gardu Tol GTO, 2 Gardu Tol OBU.
    - ii. Karawaci 2 = 10 Gardu Tol OBU, 6 Gardu OBU
    - iii. Karawaci 3 = 16 Gardu Tol GTO, 10 Gardu Tol OBU.
    - iv. Karawaci 4 = 18 Gardu Tol GTO, 11 Gardu Tol OBU
  - Gerbang tol Bitung didapatkan:
    - i. Bitung 1 = 14 Gardu Tol GTO, 9 Gardu Tol OBU.
    - ii. Bitung 2 = 13 Gardu Tol GTO, 8 Gardu Tol OBU.

## 6.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran yang dapat diberikan oleh pemerintah atau pengelola jalan tol supaya gerbang tol dapat memenuhi standar pelayanan minimum yang sesuai dan di realisasikan untuk perencanaan 30 tahun kedepan:

1. Perlu memperbanyak dan mempermudah pembelian alat transaksi tol elektronik, sosialisasi juga diperlukan karena direncanakan untuk beberapa tahun kedepan seluruh transaksi sudah non tunai tidak menggunakan transaksi tunai lagi.
2. Meningkatkan performa atau memperbaiki gardu tol otomatis supaya bisa melakukan transaksi dibawah 5 detik tiap transaksi. Dan gardu *On Board Unit* supaya bisa bertransaksi dalam waktu 1 detik tiap kendaraan.
3. Pembangunan jalan keluar dan masuk jalan tol yang baru, atau membangun gerbang tol *elevated*. Karena untuk perencanaan diatas tahun 2027 sulit untuk direalisasikan, kondisi saat ini untuk penambahan gardu dan ketersediaannya lahan sudah tidak memungkinkan untuk ditambahnya gardu dibeberapa gerbang tol.
4. Untuk di tahun 2022, 2027, 2032 dan 2047 semua transaksi sudah elektronik berlaku untuk seluruh golongan kendaran maka kendaraan golongan 2 sampai 5 juga harus bertransaksi elektronik. Maka gardu untuk golongan kendaraan 2 sampai 5 harus dibuat tanpa portal batas ketinggian, sedangkan mesin gardu otomatis dibuat tumpuk ada yang lebih tinggi sehingga pengemudi kendarangolongan 2 sampai 5 bisa menjangkau mesin gardu tol otomatis untuk melakukan transaksi.
5. Perlu studi yang lebih detail lagi dalam setiap perencanaan gerbang tol. Supaya tidak terjadi penumpukan di gerbang tol dan juga gerbang tol mampu menampung kendaraan yang melintas hingga beberapa tahun kedepan.

## DAFTAR PUSTAKA

Badan Pengaturan Jalan Tol. 2013. **Standar Pelayanan Minimum**. Jakarta: Kementerian PU RI.

### **Data Sekunder dan Data**

**Primer.**<https://nagabiru86.wordpress.com/2009/06/12/data-sekunder-dan-data-primer/> 25 Mei 2016

Detik.2014. **New e-toll pass, Bisa bayar Tol Cuma 1 Detik Hingga Untuk ERP**<http://m.detik.com/finance/ekonomi-bisnis/2708791/new-e-toll-pass-bisa-bayar-tol-cuma-1-detik-hingga-untuk-erp>, 2 Mei 2017

Hutahaean, M. 2007. **Evaluasi Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Tanjung Morawa**. Medan, Universitas Sumatera Utara

Kementerian Pekerjaan Umum. 2014. **Pedoman Kapasitas Jalan Bebas Hambatan**. Bandung

Liputan 6. 2017. **Gerbang Tol Karang Tengah Siap Dibongkar** <https://m.liputan6.com/amp/2882149/gerbang-tol-karang-tengah-siap-dibongkar> 10 April 2017

Maulana, Arman. 2012. **Teori Antrian**.  
<http://armandjexo.blogspot.co.id/2012/04/teori-antrian.html>.25 Mei 2016

Morlok, E.K. 1988.**Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi**. Jakarta: Erlangga.

Rahayu, S. 2013. **Seputar Pengertian Jalan Tol**.  
<http://seputarpengertian.blogspot.co.id/2014/03/seputar-pengertian-jalan-tol.html>. 25 Mei 2016

Tamin, O.Z. 1997. **Perencanaan dan Pemodelan Transportasi**. Bandung, Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung.

Wohl Mand B.V, Martin. 1967. **Traffic System Analisis For Engineers and Planners**. New York

## LAMPIRAN

**Lampiran 1** Data Survey Waktu Pelayanan Gerbang Tol Karang Tengah Arah Jakarta - Tangerang Gardu Tol Konvensional:  
No. Gardu: 4

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	7	+ 2km
2	I	4	
3	I	3	
4	I	6	
5	I	7	
6	II	5	
7	I	6	
8	I	5	
9	I	5	
10	I	3	
11	I	6	
12	I	7	
13	I	5	
14	I	4	
15	I	12	
16	II	6	
17	II	4	
18	I	7	
19	I	8	
20	I	5	
21	I	5	
22	I	2	
23	I	3	
24	II	6	
25	I	6	
26	I	11	
27	I	5	
28	I	16	
29	I	6	
30	II	7	
31	I	5	
32	I	7	
33	I	8	
34	II	6	
35	I	7	
36	II	12	
37	I	3	
38	I	7	
39	I	2	
40	I	5	
41	I	5	
42	I	6	
43	I	5	
44	I	5	
45	I	3	
46	I	6	
47	I	7	
48	I	3	
49	I	6	
50	I	3	

## No. Gardu: 9

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1		7	+ 2km
2		8	
3		8	
4		6	
5		4	
6		4	
7		9	
8		7	
9		8	
10		5	
11		4	
12		9	
13		6	
14		3	
15		8	
16		3	
17		7	
18		7	
19		3	
20		8	
21		9	
22		6	
23		4	
24		4	
25		4	
26		8	
27		8	
28		6	
29		6	
30		4	
31		4	
32		9	
33		7	
34		4	
35		6	
36		4	
37		9	
38		5	
39		7	
40		6	
41		4	
42		5	
43		5	
44		6	
45		6	
46		4	
47		7	
48		4	
49		6	
50		5	

No. Gardu : 10

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	10	+ 2km
2	I	6	
3	I	6	
4	I	10	
5	I	12	
6	I	7	
7	I	7	
8	I	7	
9	I	7	
10	I	7	
11	I	10	
12	I	8	
13	I	11	
14	I	11	
15	I	9	
16	I	9	
17	I	10	
18	I	9	
19	I	8	
20	I	8	
21	II	15	
22	II	12	
23	I	10	
24	I	8	
25	I	8	
26	I	5	
27	I	11	
28	II	14	
29	I	7	
30	II	7	
31	II	9	
32	I	2	
33	I	15	
34	I	8	
35	II	14	
36	II	11	
37	I	10	
38	II	8	
39	II	10	
40	I	11	
41	I	8	
42	I	9	
43	I	12	
44	I	8	
45	I	6	
46	II	12	
47	I	10	
48	I	10	
49	I	11	
50	I	6	



## No. Gardu: 11

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	6	+ 2km
2	I	8	
3	I	4	
4	I	5	
5	I	5	
6	I	6	
7	II	8	
8	I	6	
9	I	8	
10	I	4	
11	II	9	
12	I	5	
13	I	7	
14	I	4	
15	I	3	
16	I	4	
17	I	5	
18	I	4	
19	I	5	
20	I	8	
21	II	8	
22	I	7	
23	I	4	
24	I	8	
25	I	4	
26	I	5	
27	I	5	
28	II	9	
29	I	6	
30	I	5	
31	I	8	
32	I	7	
33	I	8	
34	I	4	
35	I	4	
36	I	6	
37	I	6	
38	I	7	
39	I	8	
40	I	8	
41	I	6	
42	I	5	
43	I	6	
44	I	7	
45	I	6	
46	I	6	
47	I	4	
48	I	5	
49	I	3	
50	I	3	

## No. Gardu: 12

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	6	+ 2km
2	II	6	
3	I	7	
4	II	3	
5	II	3	
6	II	3	
7	I	9	
8	I	5	
9	I	4	
10	II	5	
11	II	5	
12	I	4	
13	I	4	
14	I	4	
15	I	5	
16	IV	4	
17	I	5	
18	I	3	
19	I	4	
20	IV	6	
21	II	4	
22	I	6	
23	II	2	
24	II	4	
25	I	4	
26	III	4	
27	V	11	
28	I	5	
29	I	5	
30	I	4	
31	I	4	
32	I	4	
33	I	4	
34	I	5	
35	I	4	
36	I	3	
37	I	6	
38	I	4	
39	I	3	
40	III	4	
41	I	3	
42	I	3	
43	II	3	
44	I	4	
45	III	3	
46	I	3	
47	I	4	
48	II	5	
49	I	3	
50	I	4	

## No. Gardu: 13

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	5	+ 2km
2	I	3	
3	I	3	
4	I	3	
5	II	8	
6	I	6	
7	I	2	
8	I	7	
9	I	7	
10	I	5	
11	I	3	
12	I	4	
13	I	3	
14	I	7	
15	I	5	
16	I	6	
17	I	3	
18	I	4	
19	I	8	
20	I	7	
21	I	8	
22	I	7	
23	I	5	
24	I	5	
25	I	5	
26	I	6	
27	I	7	
28	I	5	
29	I	7	
30	I	8	
31	I	4	
32	I	5	
33	I	5	
34	I	6	
35	I	8	
36	I	6	
37	IV	9	
38	I	4	
39	I	4	
40	II	8	
41	III	9	
42	I	7	
43	I	8	
44	I	6	
45	I	3	
46	II	8	
47	I	7	
48	I	4	
49	I	5	
50	I	6	

## No. Gardu: 14

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	6	+ 2km
2	I	7	
3	III	10	
4	I	10	
5	I	3	
6	I	9	
7	I	8	
8	IV	11	
9	II	10	
10	I	8	
11	I	10	
12	I	8	
13	I	9	
14	I	7	
15	I	5	
16	III	13	
17	I	7	
18	I	6	
19	I	3	
20	I	8	
21	I	9	
22	I	9	
23	I	4	
24	II	10	
25	I	9	
26	II	11	
27	I	5	
28	I	5	
29	II	10	
30	I	3	
31	IV	13	
32	I	6	
33	I	8	
34	I	11	
35	I	8	
36	II	11	
37	I	8	
38	I	5	
39	I	4	
40	I	7	
41	II	10	
42	I	8	
43	I	8	
44	III	13	
45	I	12	
46	I	7	
47	II	12	
48	I	8	
49	I	8	
50	I	4	

## No. Gardu: 15

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	4	+ 2km
2	I	4	
3	I	3	
4	I	7	
5	I	3	
6	I	7	
7	II	9	
8	I	6	
9	I	6	
10	I	5	
11	I	5	
12	I	4	
13	II	8	
14	I	4	
15	II	9	
16	I	4	
17	I	3	
18	I	4	
19	I	8	
20	I	7	
21	III	9	
22	I	5	
23	I	6	
24	I	4	
25	I	5	
26	I	7	
27	I	4	
28	II	9	
29	II	9	
30	I	6	
31	I	6	
32	I	7	
33	I	8	
34	I	7	
35	III	9	
36	I	6	
37	I	7	
38	II	8	
39	I	7	
40	I	6	
41	I	4	
42	I	6	
43	I	8	
44	I	8	
45	I	4	
46	II	9	
47	II	8	
48	I	4	
49	I	3	
50	I	5	

## No. Gardu: 16

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	6	+ 2km
2	I	6	
3	I	7	
4	I	3	
5	I	3	
6	I	3	
7	II	9	
8	I	5	
9	I	4	
10	I	5	
11	I	5	
12	I	4	
13	I	4	
14	I	4	
15	I	5	
16	I	4	
17	I	5	
18	I	3	
19	I	4	
20	I	6	
21	I	4	
22	I	6	
23	I	2	
24	I	4	
25	I	4	
26	I	4	
27	III	11	
28	I	5	
29	I	5	
30	I	4	
31	I	4	
32	I	4	
33	I	4	
34	I	5	
35	I	4	
36	I	3	
37	I	6	
38	I	4	
39	I	3	
40	I	4	
41	I	3	
42	I	3	
43	I	3	
44	I	4	
45	I	3	
46	I	3	
47	I	4	
48	I	5	
49	I	3	
50	I	4	

## No. Gardu: 17

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	6	+ 2km
2	I	8	
3	III	10	
4	II	10	
5	I	4	
6	I	4	
7	I	5	
8	II	9	
9	I	8	
10	I	7	
11	I	9	
12	I	5	
13	I	5	
14	I	5	
15	I	4	
16	IV	11	
17	I	4	
18	I	9	
19	I	5	
20	I	9	
21	I	8	
22	I	4	
23	I	9	
24	I	6	
25	III	10	
26	I	4	
27	I	8	
28	I	9	
29	I	8	
30	I	3	
31	I	6	
32	I	8	
33	II	10	
34	I	9	
35	II	10	
36	II	10	
37	I	7	
38	I	4	
39	I	4	
40	I	7	
41	I	8	
42	I	7	
43	I	4	
44	II	9	
45	I	6	
46	I	8	
47	II	11	
48	I	10	
49	III	11	
50	I	8	

**Lampiran 2** Data Survey Waktu Pelayanan Gerbang Tol Karang  
Tengah Arah Jakarta - Tangerang Gardu Tol Otomatis:  
No. Gardu: 7

no	gol. kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1		7	+ 2km
2		9	
3		6	
4		6	
5		8	
6		7	
7		8	
8		8	
9		10	
10		8	
11		10	
12		8	
13		8	
14		7	
15		9	
16		9	
17		7	
18		5	
19		8	
20		6	
21		8	
22		7	
23		3	
24		10	
25		8	
26		7	
27		9	
28		5	
29		7	
30		8	
31		4	
32		5	
33		7	
34		9	
35		4	
36		5	
37		6	
38		8	
39		9	
40		7	
41		6	
42		4	
43		4	
44		8	
45		5	
46		7	
47		7	
48		6	
49		10	
50		8	



## No. Gardu: 5

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian + 2km
1		3	
2		8	
3		7	
4		3	
5		6	
6		7	
7		4	
8		6	
9		3	
10		4	
11		5	
12		6	
13		4	
14		4	
15		4	
16		4	
17		7	
18		8	
19		4	
20		8	
21		4	
22		3	
23		7	
24		5	
25		7	
26		7	
27		8	
28		8	
29		5	
30		7	
31		6	
32		4	
33		7	
34		7	
35		6	
36		8	
37		3	
38		5	
39		7	
40		5	
41		4	
42		5	
43		6	
44		6	
45		8	
46		6	
47		7	
48		7	
49		4	
50		6	

## No. Gardu: 8

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	7	+ 2km
2	I	5	
3	I	8	
4	I	6	
5	I	7	
6	I	6	
7	I	7	
8	I	6	
9	I	6	
10	I	7	
11	I	7	
12	I	8	
13	I	6	
14	I	7	
15	I	8	
16	I	4	
17	I	6	
18	I	5	
19	I	4	
20	I	3	
21	I	7	
22	I	4	
23	I	6	
24	I	5	
25	I	6	
26	I	6	
27	I	4	
28	I	5	
29	I	6	
30	I	7	
31	I	4	
32	I	8	
33	I	5	
34	I	5	
35	I	6	
36	I	7	
37	I	6	
38	I	6	
39	I	8	
40	I	3	
41	I	4	
42	I	7	
43	I	4	
44	I	5	
45	I	3	
46	I	6	
47	I	6	
48	I	5	
49	I	5	
50	I	7	

**Lampiran 3** Data Survey Waktu Pelayanan Gerbang Tol Karang  
Tengah Arah Tangerang - Jakarta Gardu Tol Konvensional:  
No. Gardu: 22

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	7	+ 2km
2	I	9	
3	I	7	
4	I	6	
5	I	4	
6	I	4	
7	I	5	
8	I	4	
9	I	4	
10	I	8	
11	I	4	
12	I	3	
13	I	10	
14	I	4	
15	I	8	
16	I	10	
17	I	7	
18	I	10	
19	I	8	
20	I	4	
21	I	5	
22	I	6	
23	I	7	
24	I	4	
25	I	4	
26	I	8	
27	I	6	
28	I	8	
29	I	7	
30	I	4	
31	I	5	
32	I	6	
33	I	3	
34	I	8	
35	I	6	
36	I	7	
37	I	8	
38	I	5	
39	I	9	
40	I	7	
41	I	8	
42	I	8	
43	I	8	
44	I	7	
45	I	6	
46	I	10	
47	I	5	
48	I	9	
49	I	4	
50	I	6	

No.Gardu: 27

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	7	+ 2km
2	I	7	
3	I	10	
4	I	4	
5	II	10	
6	I	7	
7	I	7	
8	I	7	
9	I	5	
10	I	5	
11	I	9	
12	I	6	
13	I	4	
14	I	9	
15	I	4	
16	I	4	
17	II	10	
18	I	9	
19	I	7	
20	I	8	
21	I	6	
22	I	5	
23	I	7	
24	I	9	
25	I	5	
26	I	6	
27	I	10	
28	I	7	
29	I	7	
30	I	5	
31	I	5	
32	I	9	
33	I	9	
34	I	5	
35	I	7	
36	I	7	
37	I	5	
38	I	6	
39	I	9	
40	I	5	
41	I	10	
42	I	9	
43	I	3	
44	I	7	
45	I	7	
46	I	4	
47	I	4	
48	I	7	
49	I	6	
50	I	5	

## No. Gardu: 28

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	4	+ 2km
2	I	8	
3	I	6	
4	I	7	
5	I	9	
6	I	5	
7	I	6	
8	I	7	
9	I	5	
10	I	3	
11	I	8	
12	I	7	
13	I	8	
14	I	7	
15	I	3	
16	I	5	
17	I	8	
18	I	7	
19	I	3	
20	I	5	
21	I	8	
22	I	4	
23	I	3	
24	I	6	
25	I	4	
26	I	5	
27	I	6	
28	I	8	
29	I	5	
30	I	6	
31	I	5	
32	I	7	
33	II	11	
34	II	10	
35	I	7	
36	I	9	
37	I	9	
38	I	3	
39	I	9	
40	I	8	
41	II	11	
42	I	7	
43	I	9	
44	I	9	
45	I	3	
46	II	10	
47	I	6	
48	I	9	
49	I	7	
50	I	10	

## No. Gardu: 29

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	2	+ 2km
2	I	6	
3	I	7	
4	I	6	
5	I	4	
6	I	8	
7	I	4	
8	I	4	
9	I	2	
10	I	5	
11	II	9	
12	I	5	
13	I	5	
14	I	6	
15	I	2	
16	I	4	
17	I	4	
18	I	6	
19	I	2	
20	I	2	
21	I	8	
22	I	4	
23	I	4	
24	I	3	
25	I	5	
26	I	7	
27	I	8	
28	I	5	
29	I	5	
30	I	3	
31	I	7	
32	I	4	
33	I	3	
34	I	9	
35	I	7	
36	II	12	
37	II	11	
38	I	6	
39	I	5	
40	I	10	
41	I	6	
42	I	4	
43	I	9	
44	I	9	
45	I	5	
46	I	3	
47	I	8	
48	I	7	
49	III	12	
50	I	9	

## No. Gardu: 30

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian + 2km
1	I	6	
2	I	5	
3	I	7	
4	I	4	
5	I	5	
6	II	6	
7	I	6	
8	I	4	
9	I	4	
10	I	7	
11	I	5	
12	I	4	
13	I	6	
14	I	7	
15	I	8	
16	I	3	
17	I	5	
18	I	4	
19	II	9	
20	II	23	
21	I	5	
22	III	5	
23	I	5	
24	I	5	
25	I	5	
26	I	5	
27	I	5	
28	IV	8	
29	I	4	
30	I	2	
31	I	5	
32	I	4	
33	I	4	
34	I	7	
35	I	4	
36	I	3	
37	I	3	
38	I	3	
39	I	4	
40	I	5	
41	I	3	
42	I	4	
43	II	2	
44	I	3	
45	I	2	
46	I	3	
47	I	2	
48	I	3	
49	I	5	
50	II	3	

## No. Gardu: 31

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	III	7	+ 2km
2	I	5	
3	I	6	
4	I	5	
5	I	5	
6	I	5	
7	I	3	
8	I	5	
9	I	7	
10	I	5	
11	II	9	
12	I	5	
13	II	9	
14	I	5	
15	I	7	
16	I	6	
17	I	8	
18	II	9	
19	I	7	
20	I	7	
21	I	4	
22	I	6	
23	I	4	
24	I	6	
25	I	6	
26	I	5	
27	I	5	
28	I	6	
29	I	6	
30	II	8	
31	I	7	
32	II	8	
33	I	6	
34	III	9	
35	I	4	
36	I	3	
37	I	3	
38	I	8	
39	I	3	
40	I	7	
41	I	6	
42	I	4	
43	I	7	
44	II	8	
45	I	6	
46	I	7	
47	I	3	
48	I	5	
49	II	8	
50	I	5	



## No. Gardu: 32

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	II	10	+ 2km
2	I	5	
3	IV	10	
4	I	7	
5	I	5	
6	I	5	
7	II	10	
8	I	7	
9	I	8	
10	I	12	
11	I	6	
12	I	6	
13	I	11	
14	IV	14	
15	I	5	
16	I	7	
17	IV	21	
18	I	8	
19	I	5	
20	I	8	
21	II	8	
22	II	6	
23	II	12	
24	I	7	
25	I	4	
26	I	5	
27	I	7	
28	I	6	
29	I	4	
30	II	7	
31	I	6	
32	II	7	
33	I	6	
34	II	9	
35	I	7	
36	I	4	
37	I	6	
38	I	6	
39	III	12	
40	II	11	
41	I	10	
42	III	10	
43	II	6	
44	V	21	
45	I	5	
46	II	12	
47	I	8	
48	II	11	
49	II	9	
50	I	7	

## No. Gardu: 35

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	I	5	+ 2km
2	IV	15	
3	II	10	
4	I	4	
5	I	9	
6	II	11	
7	I	9	
8	I	9	
9	II	10	
10	I	8	
11	I	4	
12	I	6	
13	I	6	
14	I	7	
15	II	12	
16	III	13	
17	I	8	
18	IV	14	
19	I	5	
20	II	12	
21	II	13	
22	I	5	
23	I	5	
24	III	14	
25	I	5	
26	I	6	
27	I	3	
28	I	5	
29	V	14	
30	I	5	
31	I	7	
32	I	8	
33	II	12	
34	II	13	
35	IV	15	
36	I	3	
37	I	4	
38	II	10	
39	I	8	
40	III	13	
41	I	4	
42	II	12	
43	I	9	
44	I	5	
45	I	9	
46	I	6	
47	II	10	
48	III	13	
49	I	4	
50	I	3	

## No. Gardu: 36

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1	V	14	+ 2km
2	I	2	
3	II	4	
4	IV	20	
5	I	4	
6	I	8	
7	I	5	
8	I	6	
9	I	9	
10	I	9	
11	I	3	
12	I	4	
13	I	4	
14	I	4	
15	I	5	
16	V	15	
17	I	10	
18	I	5	
19	II	4	
20	II	2	
21	I	12	
22	I	2	
23	I	5	
24	III	15	
25	I	4	
26	II	6	
27	I	7	
28	I	7	
29	I	8	
30	I	8	
31	I	4	
32	I	3	
33	II	10	
34	I	6	
35	II	12	
36	III	13	
37	I	5	
38	I	7	
39	I	4	
40	II	10	
41	II	11	
42	I	5	
43	I	7	
44	I	6	
45	III	14	
46	II	14	
47	I	7	
48	I	7	
49	I	5	
50	II	11	

**Lampiran 4** Data Survey Waktu Pelayanan Gerbang Tol Karang  
Tengah Arah Tangerang - Jakarta Gardu Tol Otomatis:  
No. Gardu: 23

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1		7	+ 2km
2		3	
3		6	
4		5	
5		8	
6		7	
7		6	
8		8	
9		6	
10		7	
11		7	
12		6	
13		5	
14		5	
15		9	
16		9	
17		5	
18		5	
19		6	
20		6	
21		3	
22		8	
23		4	
24		7	
25		9	
26		6	
27		6	
28		9	
29		7	
30		6	
31		4	
32		6	
33		7	
34		8	
35		7	
36		4	
37		5	
38		5	
39		6	
40		9	
41		7	
42		8	
43		6	
44		6	
45		4	
46		5	
47		5	
48		3	
49		6	
50		5	

No.Gardu: 24

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1		6	+ 2km
2		5	
3		4	
4		4	
5		4	
6		4	
7		4	
8		5	
9		4	
10		4	
11		4	
12		3	
13		6	
14		4	
15		4	
16		5	
17		5	
18		4	
19		5	
20		6	
21		3	
22		4	
23		5	
24		3	
25		4	
26		3	
27		6	
28		4	
29		5	
30		4	
31		6	
32		4	
33		5	
34		4	
35		5	
36		6	
37		5	
38		3	
39		6	
40		4	
41		5	
42		7	
43		5	
44		3	
45		4	
46		4	
47		6	
48		4	
49		8	
50		4	

## No. Gardu: 25

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian + 2km
1	l	4	
2	l	7	
3	l	8	
4	l	6	
5	l	8	
6	l	7	
7	l	4	
8	l	6	
9	l	6	
10	l	6	
11	l	6	
12	l	5	
13	l	8	
14	l	8	
15	l	6	
16	l	5	
17	l	6	
18	l	8	
19	l	7	
20	l	4	
21	l	9	
22	l	4	
23	l	6	
24	l	7	
25	l	9	
26	l	8	
27	l	6	
28	l	6	
29	l	7	
30	l	5	
31	l	7	
32	l	6	
33	l	5	
34	l	4	
35	l	7	
36	l	8	
37	l	3	
38	l	7	
39	l	4	
40	l	6	
41	l	5	
42	l	7	
43	l	7	
44	l	3	
45	l	6	
46	l	6	
47	l	6	
48	l	7	
49	l	5	
50	l	4	

## No. Gardu: 33

no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian
1		6	+ 2km
2		8	
3		7	
4		6	
5		4	
6		4	
7		7	
8		8	
9		5	
10		6	
11		4	
12		6	
13		7	
14		5	
15		5	
16		4	
17		8	
18		8	
19		4	
20		9	
21		6	
22		6	
23		7	
24		3	
25		6	
26		4	
27		6	
28		8	
29		4	
30		5	
31		3	
32		4	
33		6	
34		6	
35		6	
36		9	
37		9	
38		8	
39		8	
40		6	
41		8	
42		9	
43		9	
44		8	
45		8	
46		3	
47		7	
48		7	
49		3	
50		3	

No. Gardu: 34

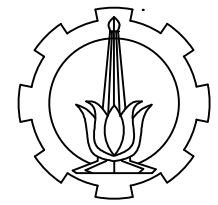
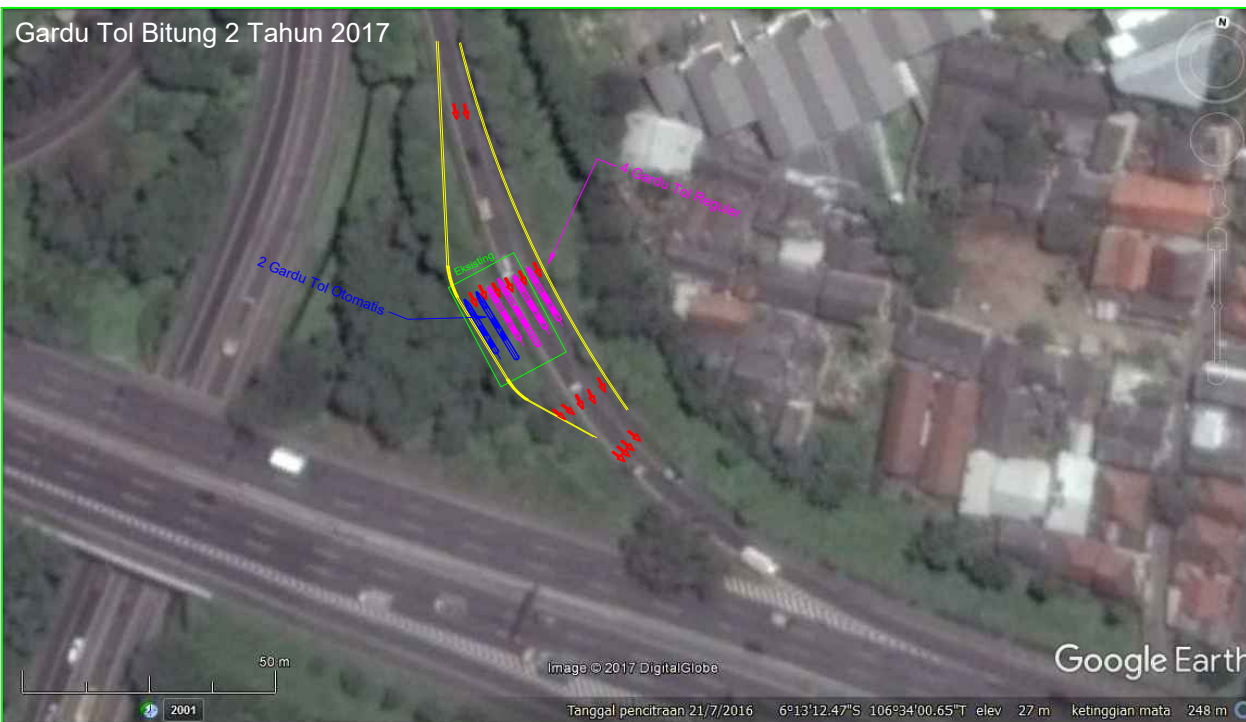
no	gol. Kendaraan	waktu transaksi	panjang antrian + 2km
1	I	4	
2	I	5	
3	I	4	
4	I	4	
5	I	5	
6	I	3	
7	I	5	
8	I	5	
9	I	6	
10	I	3	
11	I	5	
12	I	5	
13	I	6	
14	I	7	
15	I	5	
16	I	7	
17	I	3	
18	I	5	
19	I	5	
20	I	8	
21	I	3	
22	I	8	
23	I	7	
24	I	3	
25	I	5	
26	I	4	
27	I	4	
28	I	8	
29	I	7	
30	I	4	
31	I	9	
32	I	7	
33	I	6	
34	I	4	
35	I	6	
36	I	6	
37	I	4	
38	I	5	
39	I	6	
40	I	7	
41	I	4	
42	I	9	
43	I	8	
44	I	6	
45	I	8	
46	I	7	
47	I	6	
48	I	8	
49	I	8	
50	I	7	



Gardu Tol Bitung 1 Tahun 2017



Gardu Tol Bitung 2 Tahun 2017



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KAPASITAS DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
KARANG TENGAH, TANGERNG

DOSEN ASISTENSI

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

NAMA MAHASISWA

MADHYASTARA GAUDENSHI  
(3112100131)

NAMA GAMBAR

Gardu Tol Bitung 1 Dan Bitung 2  
Tahun 2017

SKALA

1 : 150

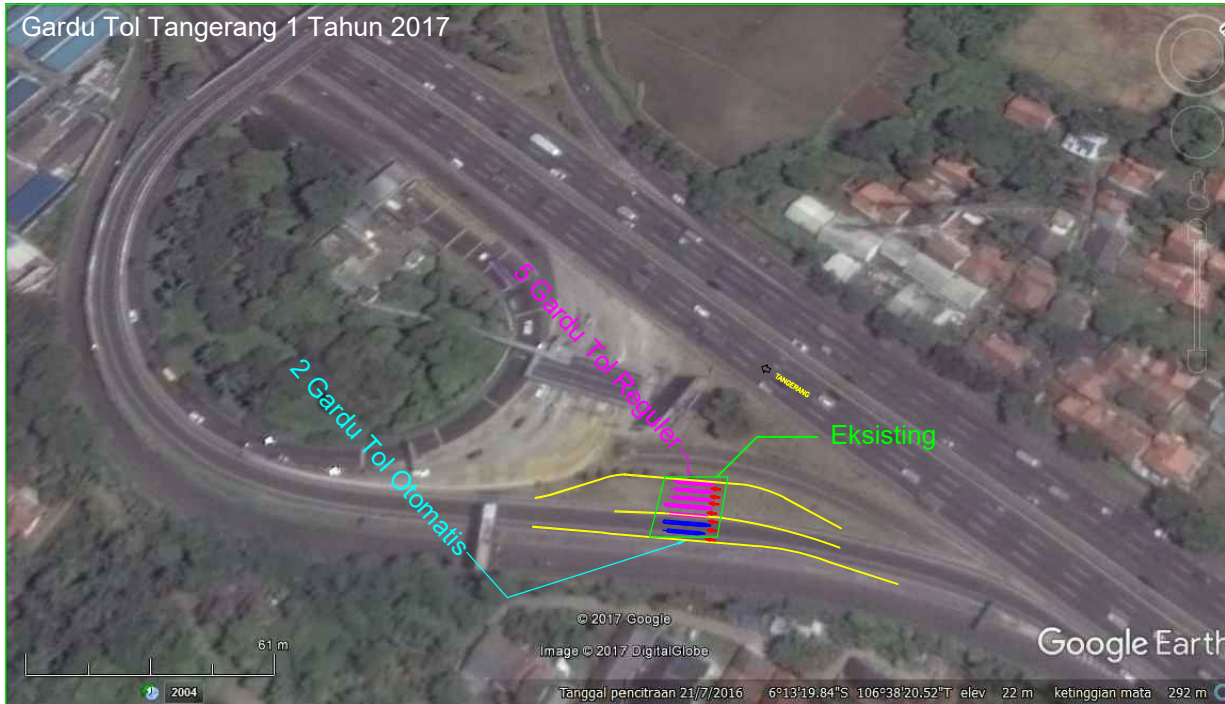
JUMLAH  
GAMBAR

12

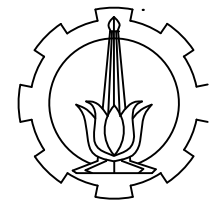
NOMOR  
GAMBAR

1

Gardu Tol Tangerang 1 Tahun 2017



Gardu Tol Tangerang 2 Tahun 2017



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KAPASITAS DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
KARANG TENGAH, TANGERNG

DOSEN ASISTENSI

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

NAMA MAHASISWA

MADHYASTARA GAUDENSHI  
(3112100131)

NAMA GAMBAR

Gardu Tol Tangerang 1 Dan 2  
Tahun 2017

SKALA

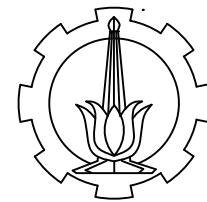
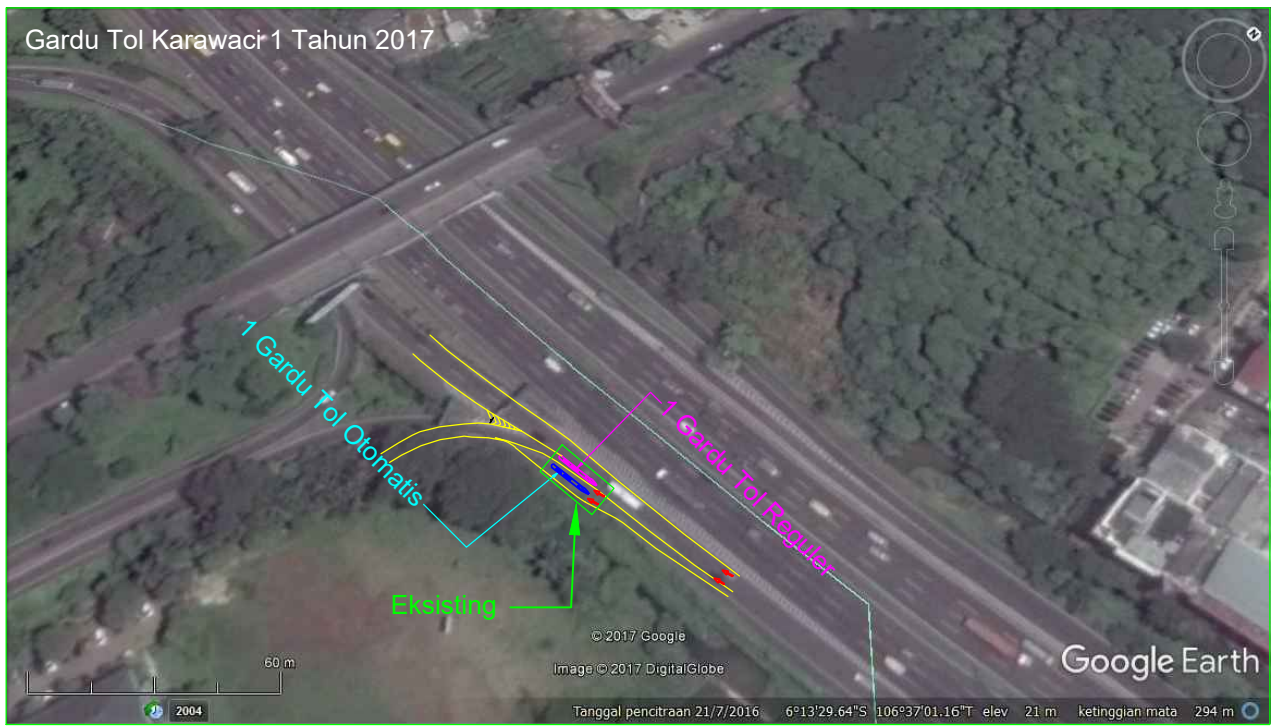
1 : 150

JUMLAH  
GAMBAR

12

NOMOR  
GAMBAR

2



TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KAPASITAS DAN  
 PELAYANAN GERBANG TOL  
 KARANG TENGAH, TANGERNONG

DOSEN ASISTENSI

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

NAMA MAHASISWA

MADHYASTARA GAUDENSHI  
 (3112100131)

NAMA GAMBAR

Gardu Tol Karawaci 1 Dan 2  
 Tahun 2017

SKALA

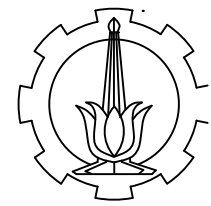
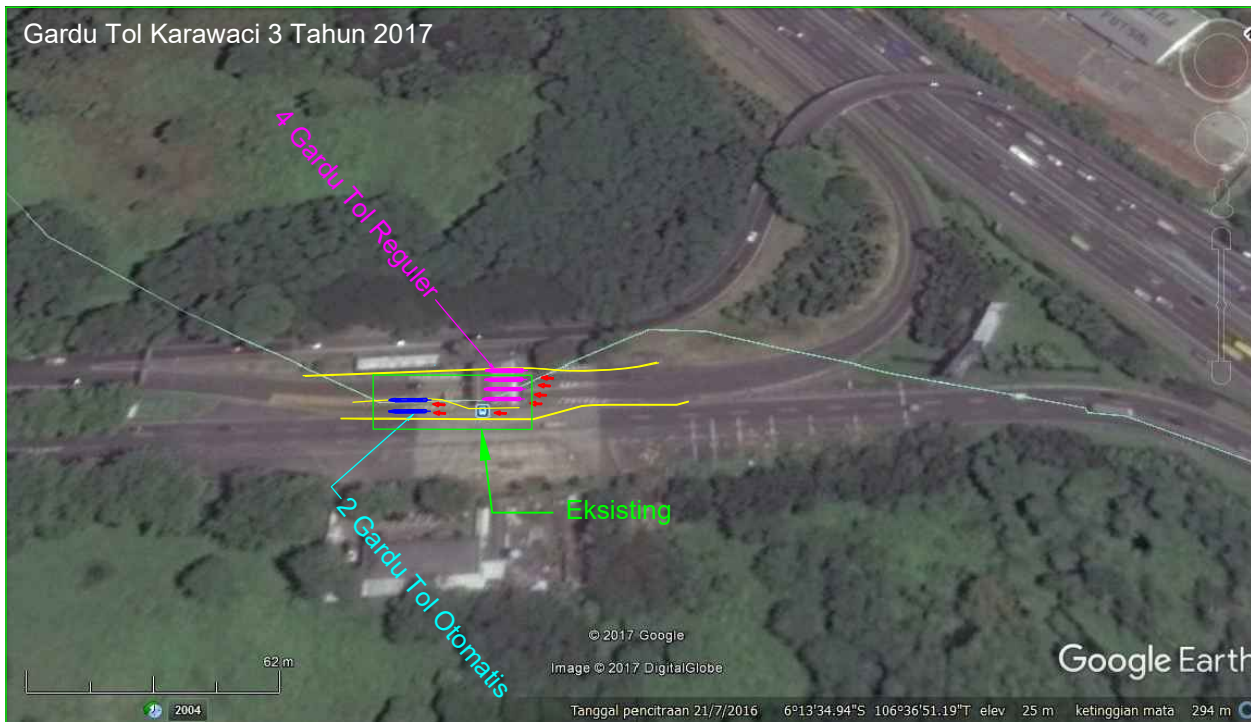
1 : 150

JUMLAH  
 GAMBAR

12

NOMOR  
 GAMBAR

3



TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KAPASITAS DAN  
 PELAYANAN GERBANG TOL  
 KARANG TENGAH, TANGERNG

DOSEN ASISTENSI

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

NAMA MAHASISWA

MADHYASTARA GAUDENSHI  
 (3112100131)

NAMA GAMBAR

Gardu Tol Karawaci 3 Dan 4  
 Tahun 2017

SKALA

1 : 150

JUMLAH  
 GAMBAR

NOMOR  
 GAMBAR

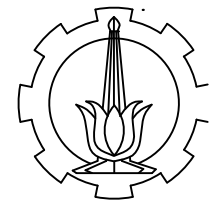
12

4

Gardu Tol Karang Tengah 1  
Tahun 2017



Gardu Tol Karang Tengah 2  
Tahun 2017



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KAPASITAS DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
KARANG TENGAH, TANGERANG

DOSEN ASISTENSI

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

NAMA MAHASISWA

MADHYASTARA GAUDENSHI  
(3112100131)

NAMA GAMBAR

Gardu Tol Karang Tengah 1 Dan 2  
Tahun 2017

SKALA

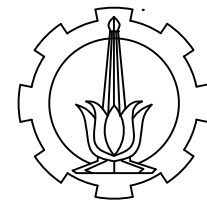
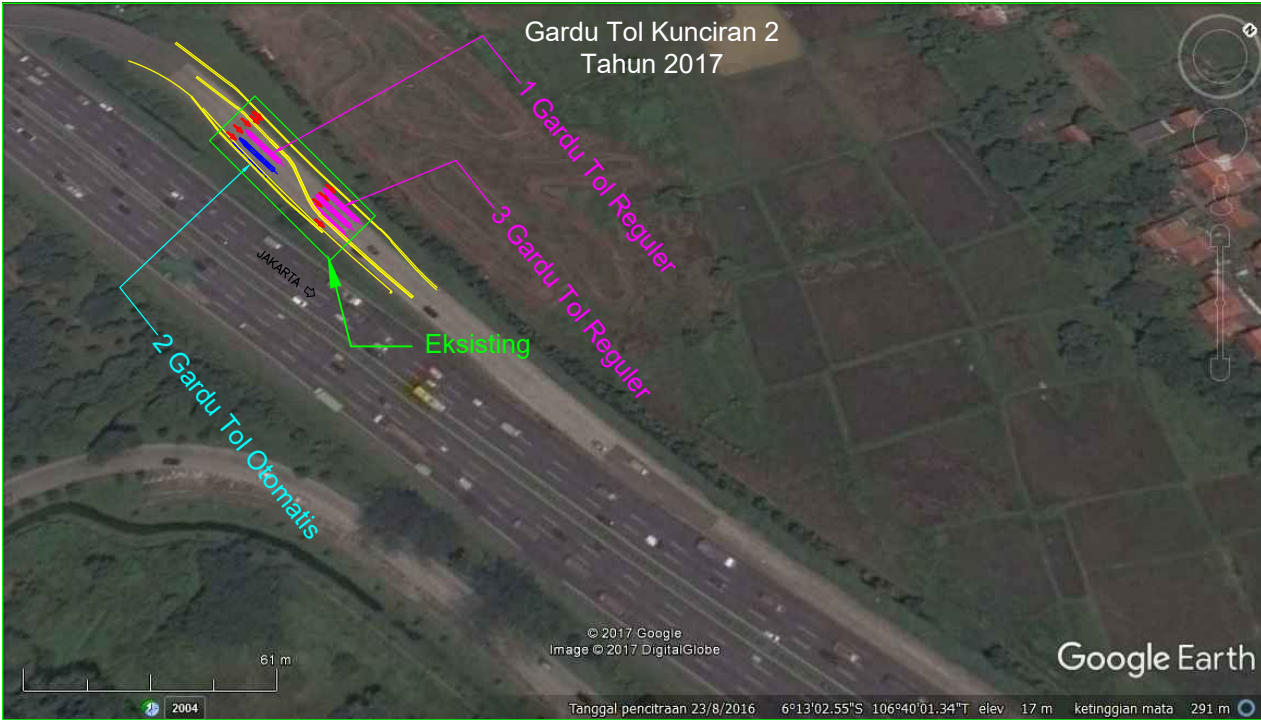
1 : 150

JUMLAH  
GAMBAR

12

NOMOR  
GAMBAR

5



TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KAPASITAS DAN  
 PELAYANAN GERBANG TOL  
 KARANG TENGAH, TANGERNG

DOSEN ASISTENSI

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

NAMA MAHASISWA

MADHYASTARA GAUDENSHI  
 (3112100131)

NAMA GAMBAR

Gardu Tol Kunci 1 Dan 2  
 Tahun 2017

SKALA

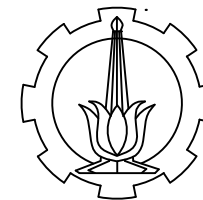
1 : 150

JUMLAH  
 GAMBAR

NOMOR  
 GAMBAR

12

6



TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KAPASITAS DAN  
 PELAYANAN GERBANG TOL  
 KARANG TENGAH, TANGERNG

DOSEN ASISTENSI

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

NAMA MAHASISWA

MADHYASTARA GAUDENSHI  
 (3112100131)

NAMA GAMBAR

Gardu Tol Bitung 1 Dan Bitung 2  
 Tahun 2027

SKALA

1 : 150

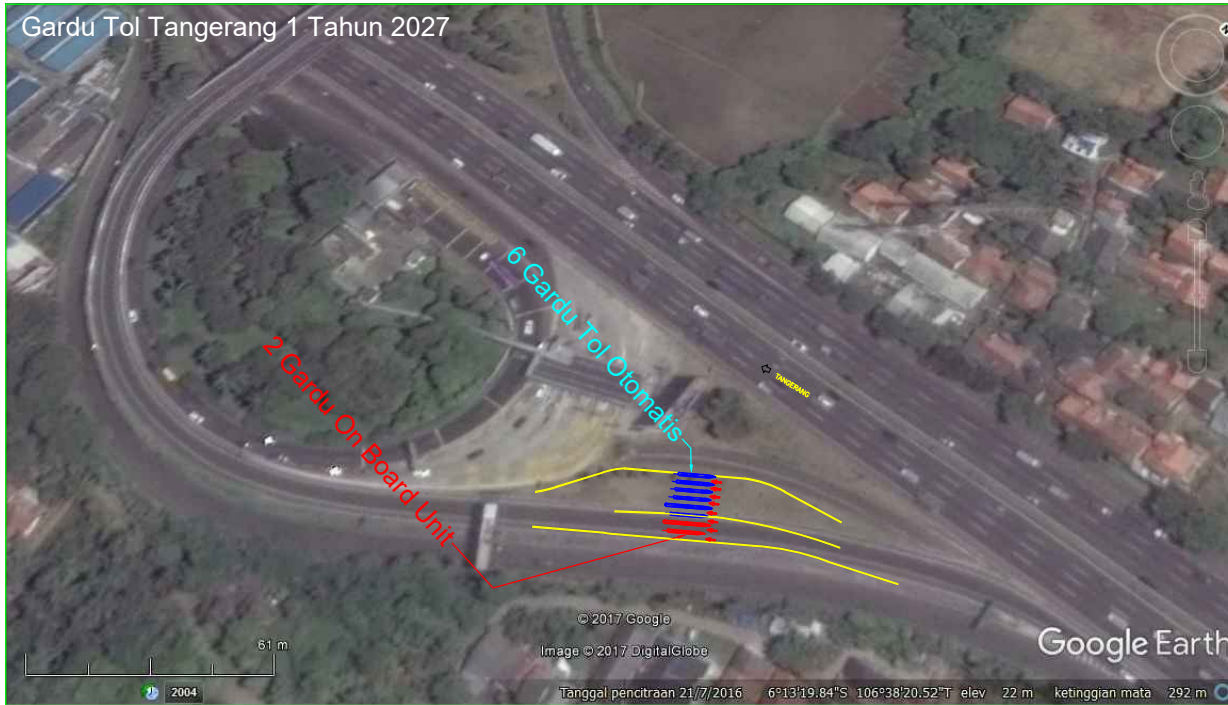
JUMLAH  
 GAMBAR

NOMOR  
 GAMBAR

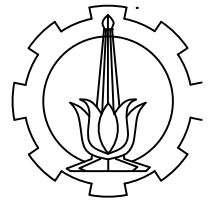
12

7

Gardu Tol Tangerang 1 Tahun 2027



Gardu Tol Tangerang 2 Tahun 2027



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KAPASITAS DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
KARANG TENGAH, TANGERNG

DOSEN ASISTENSI

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

NAMA MAHASISWA

MADHYASTARA GAUDENSHI  
(3112100131)

NAMA GAMBAR

Gardu Tol Tangerang 1 Dan 2  
Tahun 2027

SKALA

1 : 150

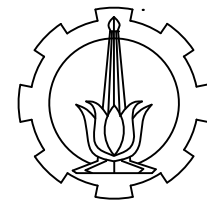
JUMLAH  
GAMBAR

12

NOMOR  
GAMBAR

8





TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KAPASITAS DAN  
 PELAYANAN GERBANG TOL  
 KARANG TENGAH, TANGERNG

DOSEN ASISTENSI

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

NAMA MAHASISWA

MADHYASTARA GAUDENSHI  
 (3112100131)

NAMA GAMBAR

Gardu Tol Karawaci 1 Dan 2  
 Tahun 2027

SKALA

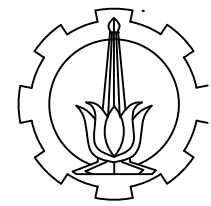
1 : 150

JUMLAH  
 GAMBAR

12

NOMOR  
 GAMBAR

9



TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KAPASITAS DAN  
 PELAYANAN GERBANG TOL  
 KARANG TENGAH, TANGERNG

DOSEN ASISTENSI

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

NAMA MAHASISWA

MADHYASTARA GAUDENSHI  
 (3112100131)

NAMA GAMBAR

Gardu Tol Karawaci 3 Dan 4  
 Tahun 2027

SKALA

1 : 150

JUMLAH  
 GAMBAR

NOMOR  
 GAMBAR

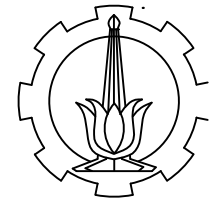
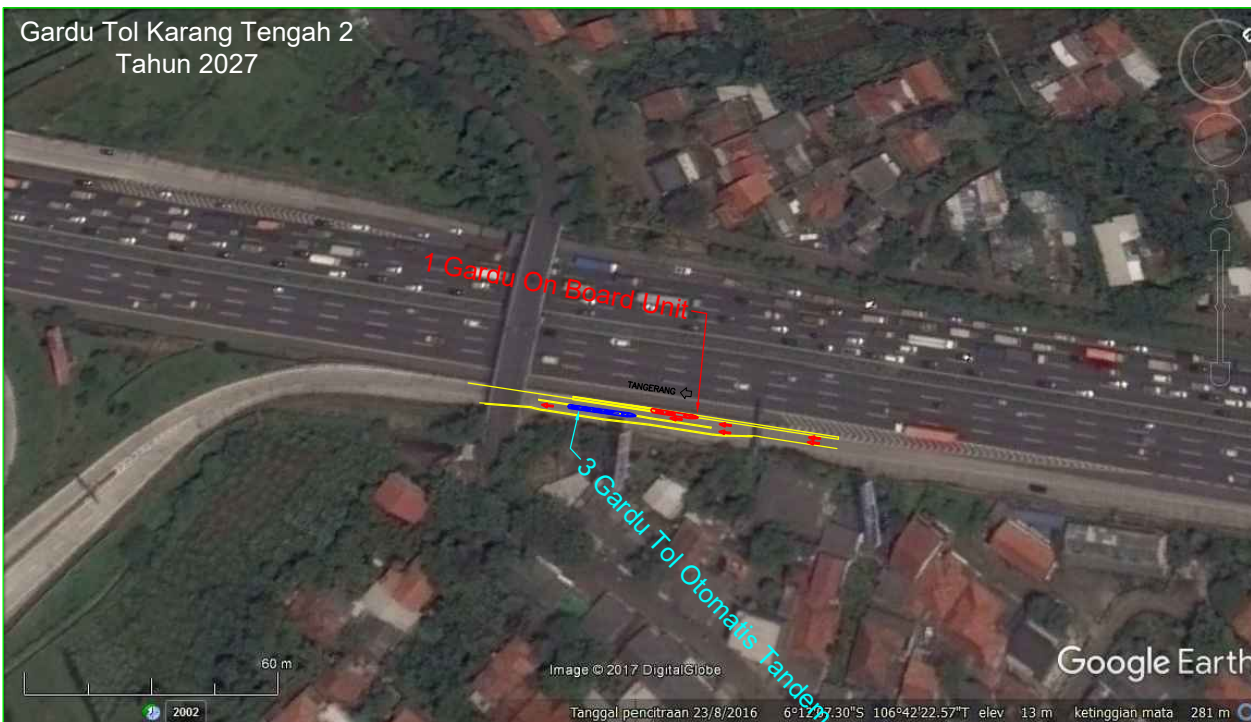
12

10

Gardu Tol Karang Tengah 1  
Tahun 2027



Gardu Tol Karang Tengah 2  
Tahun 2027



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KAPASITAS DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
KARANG TENGAH, TANGERNG

DOSEN ASISTENSI

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

NAMA MAHASISWA

MADHYASTARA GAUDENSHI  
(3112100131)

NAMA GAMBAR

Gardu Tol Karang Tengah 1 Dan 2  
Tahun 2027

SKALA

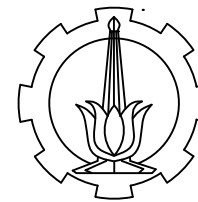
1 : 150

JUMLAH  
GAMBAR

12

NOMOR  
GAMBAR

11



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KAPASITAS DAN  
PELAYANAN GERBANG TOL  
KARANG TENGAH, TANGERNG

DOSEN ASISTENSI

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

NAMA MAHASISWA

MADHYASTARA GAUDENSHI  
(3112100131)

NAMA GAMBAR

Gardu Tol Kunciran 1 Dan 2  
Tahun 2027

SKALA

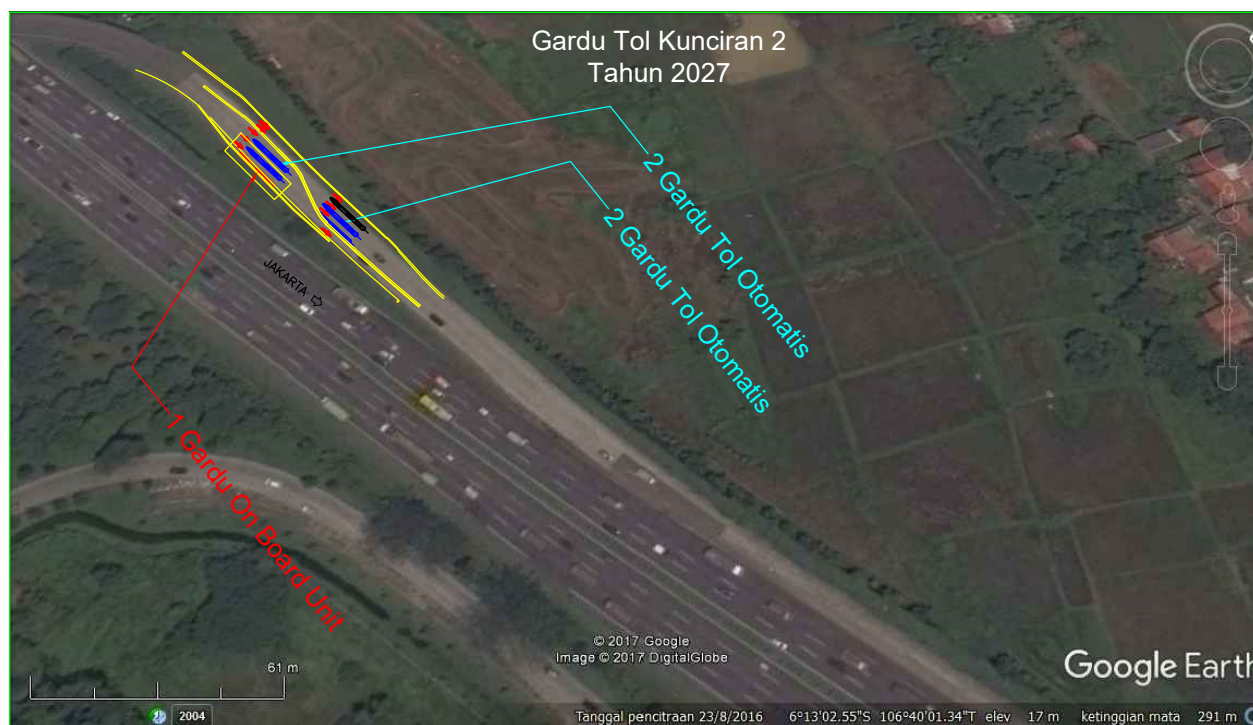
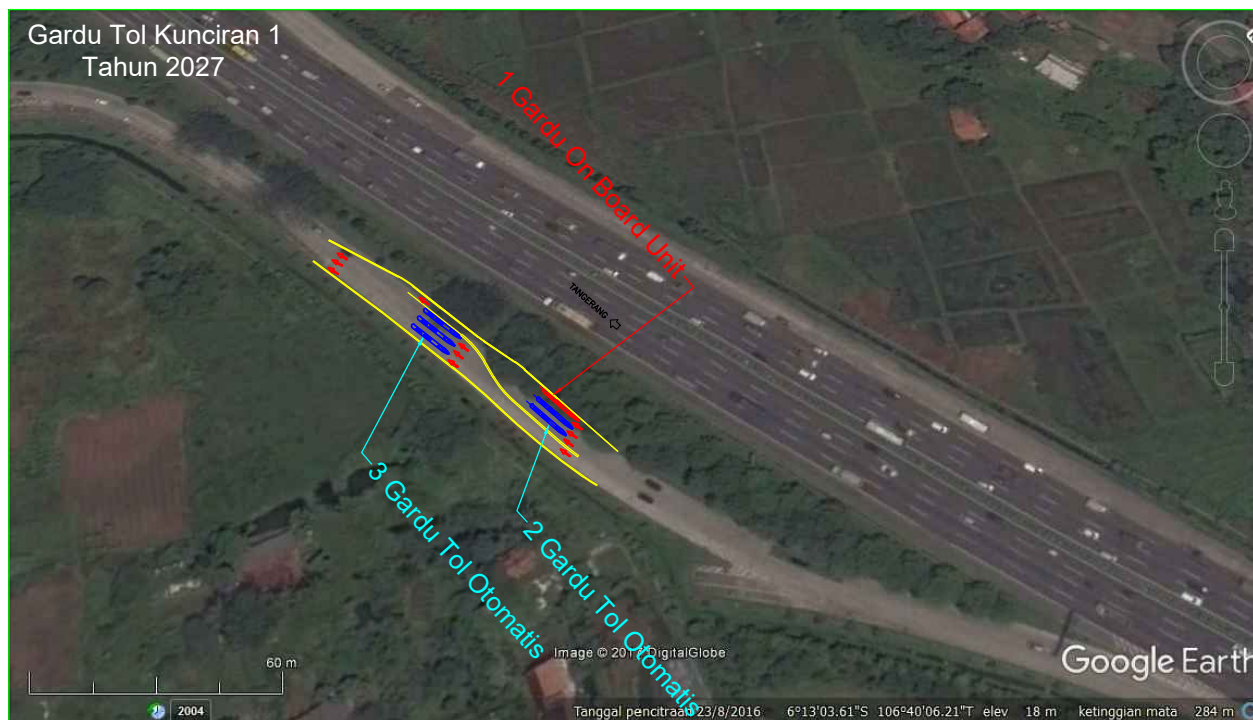
1 : 150

JUMLAH  
GAMBAR

NOMOR  
GAMBAR

12

12





Form AM/TA-04  
rev11

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. Hera Widayastuti, MT-PhD
NAMA MAHASISWA	MADHYASTARA GAMDENSHI
NRP	3112100131
JUDUL TUGAS AKHIR	PERENCANAAN KAPASITAS DAN PELAYANAN GERBANG TOL KABANG TENGAH, TANGERANG
TANGGAL PROPOSAL	4 OKTOBER 2016
NO. SP-MMTA	073334 / IT2.3.1.1 / PP 05.02.00 / 2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	4-4-17	Asistensi hasil survey	Asistensi Waktu pelayanan	✓
2	21-4-17	Asis. grafik waktu pelayanan	Asist. hasil presentase waktu pelayanan di tiap zona	✓
3	25-4-17	Asist. perhitungan waktu pelayanan di setiap zona	- Menghitung median, median 50% dan 75% tiap zona - Mencari outlier tiap zona	✓
4	28-4-17	Mengumpulkan hasil hitung median, median, 50% dan 75% Mencari angka hasil perhitungan outlier tiap gardu dan zona	- Menghitung teori curian dan intensitas lalu lintas	✓
5	2-5-17	Asist. hasil perhitungan intensitas lalu lintas	- Mengubah perencanaan gardu - Mengambil data volume lalu lintas ulang	✓
6	2-6-17	Asist. intensitas lalu lintas sampai tahun ke 30	- Merencanakan ulang intensitas lalu lintas dengan mengubah waktu pelayanan GTO dan OBU - Mencari tahun maksimal	✓
7	13-3-17	Asistensi laporan bab 4-6	- Asistensi bab 1-3 - Asistensi Gambar	✓
8	14-3-17	Asistensi Gambar Gerbang tol Tahun 2017 dan 2027		✓

## BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Madhyastara Gaudenzi ini dilahirkan di Jakarta pada tanggal 17 Oktober 1994. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Budi Luhur Karang Tengah, SMPN 206 Jakarta Barat dan SMAN 78 Jakarta Barat. Lulus dari SMA, penulis kemudian melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sipil ITS pada tahun 2012 melalui Program Kemitraan dan Mandiri dan terdaftar dengan NRP 3112100131. Gelar

Sarjana Teknik diperoleh penulis pada tahun 2017 pada bidang perhubungan, dengan judul Tugas Akhir *“Perencanaan Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Karang Tengah, Tangerang”*.

Email :[gaudenzi.madhyastara@gmail.com](mailto:gaudenzi.madhyastara@gmail.com)