



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERENCANAAN GERBANG TOL PADA JALAN TOL  
SERPONG-CINERE RUAS JORR 2  
JAKARTA**

ANGGRAINY SEPTIANINGRUM  
03111745000036

Dosen Pembimbing  
Ir. Hera Widyastuti ., MT., Ph.D  
NIP. 196006281987012001

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



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERENCANAAN GERBANG TOL PADA  
JALAN TOL SERPONG-CINERE RUAS  
JORR 2 JAKARTA**

ANGGRAINY SEPTIANINGRUM  
03111745000036

Dosen Pembimbing  
Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D  
NIP 196008281987012001

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



FINAL PROJECT – RC18-4803

**TOLL GATE PLANNING OF SERPONG-  
CINERE SECTION JORR 2 JAKARTA**

ANGGRAINY SEPTIANINGRUM  
03111745000036

Supervisor  
Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D  
NIP 196008281987012001

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering, Environment, Geoenvironment  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2019

# PERENCANAAN GERBANG TOL PADA JALAN TOL SERPONG-CINERE RUAS JORR 2 JAKARTA

## TUGAS AKHIR

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

Oleh:

**ANGGRAINY SEPTIANINGRUM**

NRP 03111745000036

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Ir. Hera Widyastuti, MT, Ph.D..... (Pembimbing)



**SURABAYA  
JULI, 2019**

## PERENCANAAN GERBANG TOL PADA JALAN TOL SERPONG-CINERE RUAS JORR 2 JAKARTA

**Nama Mahasiswa** : Anggrainy Septianingrum  
**NRP** : 03111745000036  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSLK-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D

### ABSTRAK

*Jalan tol adalah jalan alternatif untuk mengatasi kemacetan lalu lintas dan untuk mempersingkat jarak serta waktu dari suatu tempat ke tempat lain. Tujuan penyelenggaraan jalan tol adalah untuk mewujudkan pemerataan pembangunan dan hasil-hasilnya serta keseimbangan dalam pengembangan wilayah secara adil, dimana peminanannya memakai dana yang berasal dari masyarakat, dengan melalui pembayaran tol (PP Nomor 8 tahun 1990, Pasal 2). Jalan tol merupakan bagian dari suatu sistem jaringan jalan nasional yang dikhususkan untuk kendaraan minimal 2 gandar (truk, mobil, bis, dll) dan sebelum para pengguna memasuki jalan tol tersebut terdapat gerbang tol dimana pengguna harus membayar sesuai golongan dan tarif yang berlaku.*

*Dalam perhitungan ini, metode disiplin antrian yang digunakan yaitu metode First In First Out dan sistem struktur yang digunakan yaitu Single Channel-Single Phase. Perhitungan perencanaan gerbang tol ini nantinya akan merencanakan gardu tol otomatis (GTO) dan On Board Unit (OBU). Pada perencanaan gerbang tol Serpong-Cinere, merencanakan jumlah gerbang tol yang optimum dalam segi panjang antrian dan tingkat pelayanan untuk perencanaan 10 tahun kedepan yaitu dimulai dari tahun 2019, 2024, dan 2029.*

*Dari hasil perhitungan perencanaan gerbang tol Serpong-Cinere ini didapatkan 5 gerbang tol, yaitu gerbang tol BSD (Ramp*

*1 dan Ramp 3), gerbang tol Jakarta (Ramp 2 dan Ramp 4) dan gerbang tol RE Martadinata. Pada perhitungan di tahun 2019, gerbang tol BSD arah masuk dan arah keluar terdapat 3 gardu tol dimana masing-masing 1 gardu tol (GTO, GTO khusus dan On Board Unit). Untuk gerbang tol Jakarta arah masuk dan arah keluar terdapat 3 gardu tol dimana masing-masing 1 gardu tol (GTO, GTO khusus dan On Board Unit). Untuk gerbang tol RE Martadinata terdapat 6 gardu tol dengan masing-masing 3 gardu tol keluar dan 3 gardu tol masuk. Kemudian untuk tahun 2024, dan 2029 adanya penambahan jumlah gardu tol dari perhitungan tahun 2019.*

***Kata kunci: Perencanaan Gerbang Tol, Jalan Tol Serpong-Cinere, Gardu Tol Otomatis dan On Board Unit***

# **TOLL GATE PLANNING OF SERPONG-CINERE SECTION JORR 2 JAKARTA**

**Name** : Anggrainy Septianingrum  
**NRP** : 03111745000036  
**Department** : Civil Engineering  
**Supervisor** : Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D

## **ABSTRACT**

*Toll road is an alternative road to overcome traffic congestion and to shorten the distance and time from one place to another. The purpose of toll road implementation is to realize equitable to realize equitable development and its results as well as balance in equitable regional development, where the use of funds comes from the community, through toll payments (PP No. 8 of 1990, Article 2). Toll roads are part of a national road network system that is specifically for vehicles with a minimum of 2 axles (trucks, cars, buses, etc.) and before users enter the toll road there is a toll gate where users must pay according to the applicable class and tariff.*

*In this calculation, the discipline queue method used is the First In First Out method and the structural system used is Single Channel-Single Phase. The calculation of the toll gate planning will later plan automatic toll gates and the On Board Unit. In planning the Serpong-Cinere toll gate, planning the optimum number of toll gates in terms of queue length and service level for the next 10 years planning, starting from 2019, 2024 and 2029.*

*From the calculation of planning the Serpong-Cinere toll gate, there are 5 toll gates, namely the BSD toll gate (Ramp 1 and Ramp 3), Jakarta toll road gate (Ramp 2 and Ramp 4) and the RE Martadinata toll gate. In the calculation in 2019, the BSD toll gate*

*in and out direction has 3 toll gate, each with 1 toll booth (GTO, special GTO and On Board Unit). For the Jakarta toll gate, the entrance and exit directions are 3 toll booths, each with 1 toll booth (GTO, special GTO and On Board Unit). For the RE Maratdinata toll gate there are 6 toll booths with each of the 3 toll booths out and 3 toll booths entering. Then for 2024 and 2029 there will be an increase in the number of toll booths from the calculation in 2019.*

***Keyword: Toll Gate Planning, Serpong Cinere Toll Gate, Automatic Toll Gate and On Board Unit***



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkah dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul Perencanaan Gerbang Tol pada Jalan Tol Serpong-Cinere Ruas JORR 2 Jakarta.

Dalam penyusunan proposal tugas akhir ini, saya menyampaikan terima kasih kepada;

1. Ibu Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD dan Bapak Anak Agung Gde Kartika, ST., MSc, selaku dosen mata kuliah teknik penulisan ilmiah kelas transportasi yang telah memberi ilmu cara penulisan proposal dengan baik dan benar
2. Ibu Ir. Hera Widyastuti., MT., PhD, selaku dosen konsultasi proposal yang telah membagikan ilmunya serta memberi saran dan masukan dalam penyusunan proposal tugas akhir ini.
3. Orang tua, saudara-saudara serta Surya DC yang selalu memberikan semangat untuk bisa menyelesaikan kuliah di Teknik Sipil ITS.
4. Semua teman-teman LJ 2017 yang telah berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan tugas akhir masing-masing.

Penyusun menyadari adanya kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Kritik dan saran sangat diharapkan, agar penulis dapat belajar lebih baik lagi. Semoga laporan tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

**Surabaya, 2019**

**Penulis**

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.1. Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Lokasi Studi.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	11
2.1 Definisi Jalan Tol .....	11
2.2 Tujuan dan Manfaat.....	11
2.3 Studi Terdahulu .....	12
2.4 Persyaratan Teknis Jalan Tol.....	18
2.5 Jenis Kendaraan pada Jalan Tol.....	19
2.6 Perencanaan Gerbang Tol.....	20
2.6.1 Kriteria Umum .....	20

2.6.2 Gardu Tol.....	20
2.6.3 Perhitungan Jumlah Kebutuhan Gardu Tol .....	21
2.6.4 Sistem Pembayaran pada Gerbang Tol.....	22
2.6.5 Sistem Transaksi Gerbang Tol .....	25
2.6.6 Perhitungan Data lalu Lintas .....	26
2.7 Teori Antrian .....	27
2.8 Proses pada Sistem Antrian .....	28
2.9 Karakteristik Sistem Antrian .....	31
2.9.1. Tingkat Pelayanan .....	31
2.9.2. Disiplin Antrian .....	32
2.10 Proses Antrian.....	35
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>39</b>
3.1 Umum .....	39
3.2 Uraian Kegiatan.....	39
3.2.1 Tahap Identifikasi Masalah .....	39
3.2.2 Tahap Studi Literatur.....	39
3.3 Kesimpulan.....	41
3.4 Lokasi dan Waktu Survey.....	42
3.4.1 Lokasi Survey.....	42
3.5 Bagan Alir ( <i>Flowchart</i> ) .....	44
<b>BAB IV PENGUMPULAN DATA .....</b>	<b>47</b>
4.1 Umum .....	47
4.2 Data Primer.....	47
4.2.1 Waktu Pelayanan .....	47

4.3	Data Sekunder .....	60
5.1	Analisis Volume Lalu Lintas.....	69
5.2	Matriks Asal Tujuan.....	69
5.3	Analisis Tingkat Kedatangan ( $\lambda$ ).....	77
5.4	Analisis Distribusi Kendaraan.....	82
5.4.1	Analisis Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang .....	82
5.4.2	Analisis Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang .....	83
5.5	Analisis Waktu Pelayanan.....	86
5.6	Analisis Intensitas Lalu Lintas .....	96
5.6.1	Analisis Intensitas Gerbang Serpong-Cinere.....	96
5.7	Analisis Antrian pada gerbang Tol.....	104
5.8	Perencanaan Gerbang Tol Serpong-Cinere tahun 2024	108
5.8.1	Analisis Tingkat Kedatangan .....	112
5.8.2	Analisis Distribusi Kendaraan.....	116
5.8.3	Analisis Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang .....	116
5.8.4	Analisis Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang .....	117
5.8.5	Analisis Intensitas Lalu Lintas .....	120
5.8.6	Analisis Intensitas Gerbang Serpong-Cinere.....	120
5.8.7	Analisis Antrian pada gerbang Tol.....	128
5.9	Perencanaan Gerbang Tol Serpong-Cinere tahun 2029	131
5.9.1	Analisis Tingkat Kedatangan .....	135
5.9.2	Analisis Distribusi Kendaraan.....	139
5.9.3	Analisis Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang .....	139
5.9.4	Analisis Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang .....	140

5.9.5 Analisis Intensitas Lalu Lintas .....	143
5.9.6 Analisis Intensitas Gerbang Serpong-Cinere.....	143
5.9.7 Analisis Antrian pada gerbang Tol.....	151
<b>BAB VI KESIMPULAN.....</b>	<b>155</b>
6.1 Kesimpulan.....	155
6.2 Saran .....	160
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>161</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Hasil analisis matriks asal tujuan golongan I studi terdahulu.....	14
<b>Tabel 2. 2</b> Hasil analisa arus jam puncak golongan 1 studi terdahulu.....	14
<b>Tabel 2. 3</b> Hasil survey volume kendaraan studi terdahulu .....	16
<b>Tabel 2. 4</b> Hasil matriks asal tujuan jalan tol Pasuran- Probolinggo golongan 1 studi terdahulu.....	17
<b>Tabel 2. 5</b> Hasil analisa arus jam puncak golongan 1 studi terdahulu.....	17
<b>Tabel 2. 6.</b> Golongan Jenis Kendaraan Bermotor .....	19
<b>Tabel 4. 1</b> Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I...48	
<b>Tabel 4. 2</b> Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II..50	
<b>Tabel 4. 3</b> Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III 52	
<b>Tabel 4. 4</b> Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV 54	
<b>Tabel 4. 5</b> Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V .56	
<b>Tabel 4. 6</b> Waktu Pelayanan Gardu On Board Unit (OBU) .....	58
<b>Tabel 4. 7</b> Data volume lalu lintas jalan tol Serpong-Cinere (kend/hari) .....	61
<b>Tabel 4. 8</b> Data volume lalu lintas jalan tol Serpong-Cinere (kend/hari) .....	62
<b>Tabel 4. 9</b> Data volume lalu lintas jalan tol Serpong-Cinere (kend/hari) .....	63
<b>Tabel 4. 10</b> Data volume lalu lintas jalan tol Serpong-Cinere (kend/hari) .....	64
<b>Tabel 4. 11</b> Data volume lalu lintas jalan tol Serpong-Cinere (kend/hari) .....	65
<b>Tabel 4. 12</b> Data volume lalu lintas jalan tol Serpong-Cinere (kend/hari) .....	66

<b>Tabel 5. 1</b> Matriks Asal Tujuan Golongan I Jalan Tol Serpong-Cinere .....	70
<b>Tabel 5. 2</b> Hasil Iterasi 1 Golongan I Jalan Tol Serpong-Cinere	71
<b>Tabel 5. 3</b> Hasil Iterasi 2 Golongan I Jalan Tol Serpong-Cinere	72
<b>Tabel 5. 4</b> Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong – Cinere Golongan I.....	74
<b>Tabel 5. 5</b> Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong – Cinere Golongan II.....	74
<b>Tabel 5. 6</b> Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong – Cinere Golongan III .....	75
<b>Tabel 5. 7</b> Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong – Cinere Golongan IV .....	75
<b>Tabel 5. 8</b> Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong – Cinere Golongan V .....	76
<b>Tabel 5. 9</b> Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere Tahun 2019 Golongan I .....	79
<b>Tabel 5. 10</b> Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere Tahun 2019 Golongan II.....	79
<b>Tabel 5. 11</b> Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere Tahun 2019 Golongan III.....	80
<b>Tabel 5. 12</b> Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere Tahun 2019 Golongan IV .....	80
<b>Tabel 5. 13</b> Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere Tahun 2019 Golongan V.....	81
<b>Tabel 5. 14</b> Matriks asal tujuan jalan tol Serpong-Cinere tahun 2019.....	82
<b>Tabel 5. 15</b> Matriks asal tujuan jalan tol Serpong-Cinere tahun 2019 .....	83
<b>Tabel 5. 16</b> Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang Tol Serpong-Cinere Tahun 2019 .....	85
<b>Tabel 5. 17</b> Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang Tol Serpong-Cinere Tahun 2019 .....	85

<b>Tabel 5. 18</b>	Frekuensi waktu pelayanan gardu tol otomatis golongan I .....	86
<b>Tabel 5. 19</b>	Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol otomatis Golongan II .....	88
<b>Tabel 5. 20</b>	Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III.....	90
<b>Tabel 5. 21</b>	Golongan IV Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV .....	91
<b>Tabel 5. 22</b>	Golongan V Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V .....	93
<b>Tabel 5. 23</b>	On Board Unit (OBU) .....	94
<b>Tabel 5. 24</b>	Rekapitulasi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (GTO) .....	96
<b>Tabel 5. 25</b>	Proporsi Kendaraan Masuk dan Keluar Gardu Tol	97
<b>Tabel 5. 26</b>	Intensitas Gerbang Serpong-Cinere.....	98
<b>Tabel 5. 27</b>	Tingkat Pelayanan Tiap Gerbang Serpong-Cinere ..	99
<b>Tabel 5. 28</b>	Intensitas gerbang keluar Serpong-Cinere.....	102
<b>Tabel 5. 29</b>	Tingkat Pelayanan Tiap Gerbang Serpong-Cinere	102
<b>Tabel 5. 30</b>	Rekapitulasi Gerbang BSD (Gardu Masuk) .....	105
<b>Tabel 5. 31</b>	Rekapitulasi Gerbang BSD (gardu keluar) .....	106
<b>Tabel 5. 32</b>	Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan I .....	109
<b>Tabel 5. 33</b>	Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan II .....	109
<b>Tabel 5. 34</b>	Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan III.....	110
<b>Tabel 5. 35</b>	Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan IV .....	110
<b>Tabel 5. 36</b>	Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan V .....	111
<b>Tabel 5. 37</b>	Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2024 Golongan I.....	113



<b>Tabel 5. 38</b>	Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2024 Golongan II.....	113
<b>Tabel 5. 39</b>	Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2024 Golongan III .....	114
<b>Tabel 5. 40</b>	Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2024 Golongan IV .....	114
<b>Tabel 5. 41</b>	Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2024 Golongan V .....	115
<b>Tabel 5. 42</b>	Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong-Cinere Tahun 2024 .....	116
<b>Tabel 5. 43</b>	Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong-Cinere Tahun 2024 .....	117
<b>Tabel 5. 44</b>	Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang Tol Serpong-Cinere Tahun 2024.....	119
<b>Tabel 5. 45</b>	Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang Tol Serpong-Cinere Tahun 2024.....	119
<b>Tabel 5. 46</b>	Rekapitulasi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (GTO).....	120
<b>Tabel 5. 47</b>	Proporsi kendaraan masuk dan keluar gardu tol ....	121
<b>Tabel 5. 48</b>	Intensitas Gerbang Serpong-Cinere Tahun 2024...	122
<b>Tabel 5. 49</b>	Rekapitulasi Tingkat Pelayanan Tiap Gerbang Serpong-Cinere Tahun 2024 .....	123
<b>Tabel 5. 50</b>	Intensitas gerbang keluar Serpong-Cinere .....	125
<b>Tabel 5. 51</b>	Rekapitulasi Tingkat Pelayanan Tiap Gerbang Serpong-Cinere Tahun 2024 .....	126
<b>Tabel 5. 52</b>	Rekapitulasi Gerbang BSD (gardu masuk).....	128
<b>Tabel 5. 53</b>	Rekapitulasi Gerbang BSD (gardu keluar) .....	130
<b>Tabel 5. 54</b>	Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan I .....	132
<b>Tabel 5. 55</b>	Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan II .....	132
<b>Tabel 5. 56</b>	Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan III .....	133

<b>Tabel 5. 57</b> Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan IV.....	133
<b>Tabel 5. 58</b> Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan V .....	134
<b>Tabel 5. 59</b> Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2029 Golongan I.....	136
<b>Tabel 5. 60</b> Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2029 Golongan II .....	136
<b>Tabel 5. 61</b> Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2029 Golongan III .....	137
<b>Tabel 5. 62</b> Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2029 Golongan IV .....	137
<b>Tabel 5. 63</b> Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2029 Golongan V .....	138
<b>Tabel 5. 64</b> Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong-Cinere Tahun 2029 .....	139
<b>Tabel 5. 65</b> Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong-Cinere Tahun 2029 .....	140
<b>Tabel 5. 66</b> Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang Tol Serpong-Cinere Tahun 2029.....	142
<b>Tabel 5. 67</b> Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang Tol Serpong-Cinere Tahun 2029.....	142
<b>Tabel 5. 68</b> Rekapitulasi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (GTO) .....	143
<b>Tabel 5. 69</b> Proporsi kendaraan masuk dan keluar gardu tol....	144
<b>Tabel 5. 70</b> Intensitas Gerbang Serpong-Cinere Tahun 2029...	145
<b>Tabel 5. 71</b> Rekapitulasi Tingkat Pelayanan Tiap Gerbang Serpong-Cinere Tahun 2029 .....	145
<b>Tabel 5. 72</b> Intensitas gerbang keluar Serpong-Cinere.....	148
<b>Tabel 5. 73</b> Rekapitulasi Tingkat Pelayanan Tiap Gerbang Serpong-Cinere Tahun 2029 .....	149
<b>Tabel 5. 74</b> Rekapitulasi Gerbang BSD (gardu masuk).....	152
<b>Tabel 5. 75</b> Rekapitulasi Gerbang BSD (gardu keluar).....	153

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b>	Lokasi Jalan Tol Serpong-Cinere.....	5
<b>Gambar 1. 2</b>	Jaringan Jalan JORR 2 .....	6
<b>Gambar 1. 3</b>	Trase Ruas Jalan Tol Serpong-Cinere.....	6
<b>Gambar 1. 4</b>	Gerbang RAMP 1 Serpong Junction.....	7
<b>Gambar 1. 5</b>	Gerbang RAMP 2 Serpong Junction.....	8
<b>Gambar 1. 6</b>	Gerbang RAMP 3 Serpong Junction.....	8
<b>Gambar 1. 7</b>	Gerbang RAMP 4 Serpong Junction.....	9
<b>Gambar 1. 8</b>	Gerbang Tol Barrier RE. Martadinata.....	9
<b>Gambar 2. 1</b>	Pembayaran Konvensional.....	23
<b>Gambar 2. 2.</b>	Gardu Tol Otomatis.....	24
<b>Gambar 2. 3.</b>	On Board Unit (OBU).....	25
<b>Gambar 2. 4</b>	Sistem Transaksi Tertutup.....	26
<b>Gambar 2. 5</b>	Sistem Transaksi Terbuka .....	26
<b>Gambar 2. 6</b>	Model Single Channel-Single Phase.....	29
<b>Gambar 2. 7.</b>	Model Single Channel-Multi Phase .....	29
<b>Gambar 2. 8.</b>	Model Multi Channel-Single Phase .....	30
<b>Gambar 2. 9.</b>	Model Multi Channel-Multi Phase.....	30
<b>Gambar 2. 10.</b>	First In First Out.....	33
<b>Gambar 2. 11.</b>	Last In First Out .....	34
<b>Gambar 2. 12</b>	Metode untuk mendapatkan Matriks Asal-Tujuan (MAT) .....	38
<b>Gambar 3. 1.</b>	Diagram Alir Perencanaan Gerbang Tol .....	45
<b>Gambar 3. 2.</b>	Diagram Alir Perencanaan Gerbang Tol (lanjutan) .....	46
<b>Gambar 4. 1</b>	Diagramatik Proyeksi Lalu Lintas Jalan Tol Serpong-Cinere.....	67
<b>Gambar 5. 1</b>	Anggapan Umum Untuk Perancangan Tipikal JBH4/2 dan JBH6/2 yang Ideal .....	77
<b>Gambar 5. 2</b>	Sketsa kendaraan masuk dan keluar jalan tol Serpong-Cinere tahun 2019.....	84

<b>Gambar 5. 3</b>	Grafik frekuensi dan waktu pelayanan gardu tol otomatis golongan I.....	87
<b>Gambar 5. 4</b>	Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II.....	89
<b>Gambar 5. 5</b>	Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III .....	90
<b>Gambar 5. 6</b>	Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV .....	92
<b>Gambar 5. 7</b>	Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V .....	93
<b>Gambar 5. 8</b>	Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol On Board Unit Golongan I.....	95
<b>Gambar 5. 9</b>	Sketsa kendaraan masuk dan keluar jalan tol Serpong-Cinere tahun 2024.....	118
<b>Gambar 5. 10</b>	Sketsa kendaraan masuk dan keluar jalan tol Serpong-Cinere tahun 2024.....	141

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sejarah jalan tol di Indonesia dimulai pada tahun 1978 dengan dioperasikannya jalan tol Jagorawi dengan panjang 59 km yang menghubungkan Jakarta, Bogor, dan Ciawi. Pembangunan jalan tol yang dimulai tahun 1975 ini, dilakukan oleh Pemerintah dengan dana dari anggaran Pemerintah dan pinjaman luar negeri yang diserahkan kepada PT. Jasa Marga (Persero) Tbk sebagai penyertaan modal. Jalan tol adalah jalan alternatif untuk mengatasi kemacetan lalu lintas dan untuk mempersingkat jarak serta waktu dari suatu tempat ke tempat lain. Tujuan penyelenggaraan jalan tol adalah untuk mewujudkan pemerataan pembangunan dan hasil-hasilnya serta keseimbangan dalam pengembangan wilayah secara adil, dimana peminannya memakai dana yang berasal dari masyarakat, dengan melalui pembayaran tol (PP Nomor 8 tahun 1990, Pasal 2). Jalan tol merupakan bagian dari suatu sistem jaringan jalan nasional yang dikhususkan untuk kendaraan minimal 2 gandar (truk, mobil, bis, dll) dan sebelum para pengguna memasuki jalan tol tersebut terdapat gerbang tol dimana pengguna harus membayar sesuai golongan dan tarif yang berlaku.

Transportasi didefinisikan sebagai kegiatan pemindahan penumpang dan barang dari suatu tempat ke tempat lain, dimana di dalamnya terdapat unsur pergerakan (*movement*). Transportasi sangat memegang peranan penting dalam pembangunan dan pengembangan infrastruktur kawasan perkotaan. Wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang (Jabodetabek) sebagai bagian dari provinsi-provinsi tersebut tidak lepas dari pertumbuhan penduduk sehingga kebutuhan dalam melakukan perpindahan terus meningkat dan akan menurunkan kinerja jalan. Pembangunan Jakarta *Outer Ring Road* (JORR) I dan Jakarta *Outer Ring Road* (JORR) II merupakan salah satu solusi mengatasi penurunan kinerja jalan tersebut, sehingga diharapkan akan mengurangi

kemacetan di wilayah Jabodetabek dan meningkatkan sektor ekonomi dan sosial di wilayah tersebut. Suatu interaksi yang baik dan ideal antara komponen-komponen transportasi (penumpang, barang, sarana, dan prasarana) membentuk suatu sistem transportasi yang komprehensif, efisien dan efektif sehingga diharapkan mampu mengoptimalkan fungsi transportasi dalam suatu kawasan perkotaan. Pembangunan jalan tol merupakan salah satu bentuk usaha Pemerintah dalam memudahkan masyarakat di Indonesia untuk bisa melakukan mobilitas mereka baik dalam hal ekonomi maupun sosial dengan baik dan cepat.

Salah satu jalan tol yang akan penulis tinjau adalah jalan tol Serpong-Cinere yang merupakan bagian dari Jalan Tol Lingkar Luar Jakarta 2 yang rencananya akan menyambung dengan Jalan Tol Kunciran-Serpong di bagian barat dan Jalan Tol Cinere-Jagorawi di bagian timur. Jalan tol yang menghubungkan Tangerang Selatan dengan Kota Depok ini melintasi beberapa kawasan, seperti Jombang, Ciputat, Pamulang, Pondok Cabe, dan Cinere. Jalan tol ini secara total memiliki panjang 10,14 km. Jalan tol Serpong-Cinere dibagi dalam 2 seksi, dimana seksi 1 ruas Serpong Junction-Pamulang/Martadinata Interchange dengan panjang 6,5 km dan seksi 2 ruas Cinere-Pamulang dengan panjang 3,64 km. Pengelola jalan tol Sepong-Cinere yaitu PT Cinere Serpong Jaya. Jalan tol ini akan berperan sebagai alternatif akses menuju Jakarta dari wilayah di luar Jakarta. Dengan menggunakan akses jalan tol ini pengendara jalan akan memakan waktu yang lebih sedikit.

Target yang menjadi sasaran pelayanan jasa jalan tol terhadap pemakai jasa adalah kelancaran, keamanan, dan kenyamanan. Untuk dapat mencapai sasaran tersebut, ditetapkan sebagai tolak ukur operasionalnya adalah berupa waktu pelayanan di gardu, waktu tempuh jalan tol, tingkat kelancaran, tingkat fasilitas, tingkat keluhan pelanggan dan standar kerataan jalan. Penerapan sistem transaksi pada gerbang tol juga menjadi faktor pertimbangan dalam mengurangi kepadatan antrian pada transaksi

gerbang tol. Penentuan lokasi pintu tol juga harus disesuaikan dengan ke arah mana nantinya kendaraan banyak yang masuk dan keluar. Oleh karena itu, penulis akan merencanakan jumlah gerbang tol dimana sistem pembayaran pada jalan tol Serpong-Cinere JORR 2 menggunakan sistem transaksi tertutup terintegrasi.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Dengan dasar uraian diatas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Berapa jumlah gardu tol berdasarkan tingkat kedatangan kendaraan apabila menggunakan gardu tol dengan sistem non tunai atau gardu tol otomatis (GTO) dan gardu tol *On Board Unit* (OBU) pada tahun 2019, 2024, dan 2029?
2. Berapa panjang antrian yang terjadi berdasarkan tingkat kedatangan kendaraan apabila menggunakan gardu tol otomatis (GTO) dan gardu tol *On Board Unit* (OBU) pada tahun 2019, 2024, dan 2029?

### **1.3 Tujuan**

Tujuan yang dicapai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui jumlah gardu tol untuk tahun 2019, 2024, dan 2029 yang bisa disediakan pada jalan tol Serpong-Cinere JORR 2, Jakarta apabila menggunakan gardu tol otomatis (GTO) dan gardu tol *on board unit* (OBU)
2. Mengetahui panjang antrian pada gardu tol otomatis (GTO) dan gardu tol *on board unit* (OBU) untuk tahun 2019, 2024, dan 2029

### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini adalah untuk merencanakan jumlah gerbang tol pada jalan tol Serpong-Cinere, dimana saja lokasi gerbang tol keluar dan masuk serta merencanakan berapa jumlah gardu tol dengan sistem GTO dan berapa jumlah gardu tol dengan sistem *On Board Unit* serta tidak memperhitungkan aspek ekonomi dan finansial.

#### **1.1. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari tugas akhir ini adalah memberikan gambaran dalam menentukan jumlah gerbang tol yang optimal sesuai dengan tingkat kedatangan kendaraan. Serta diharapkan sebagai referensi untuk pihak lain yang berencana melakukan studi perencanaan gerbang tol di kemudian hari.

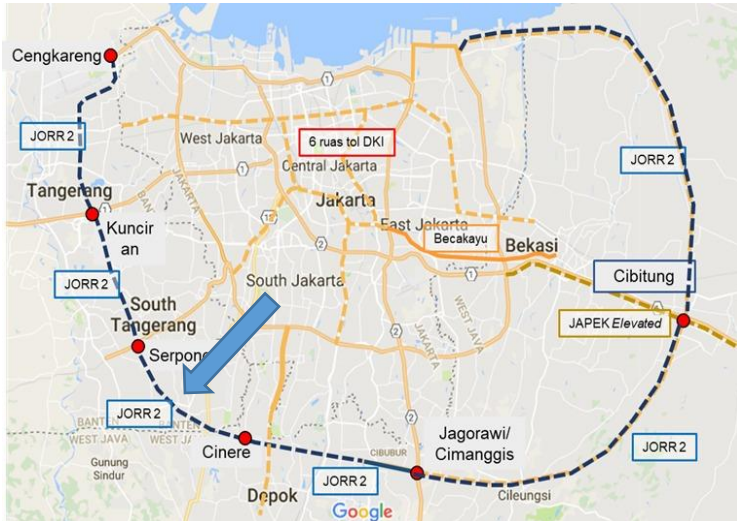


## 1.5 Lokasi Studi

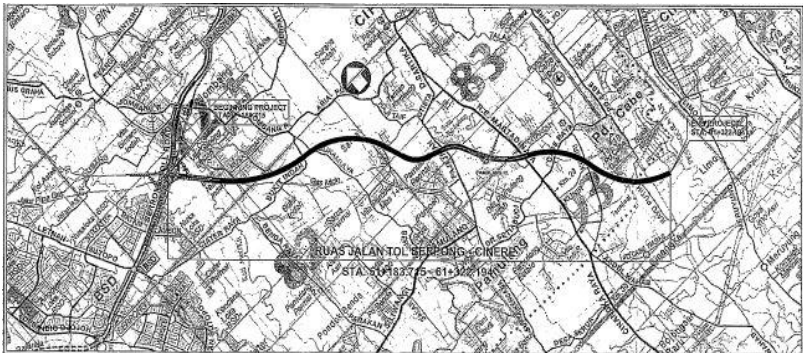
Lokasi yang ditinjau dalam tugas akhir ini terletak di jalan tol Serpong-Cinere ruas JORR 2. Berikut peta lokasi pembangunan jalan tol Serpong- Cinere ruas JORR 2.



**Gambar 1. 1** Lokasi Jalan Tol Serpong-Cinere  
(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)

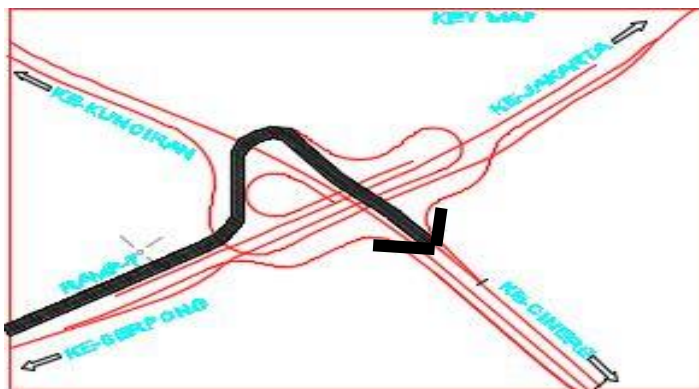


**Gambar 1. 2** Jaringan Jalan JORR 2  
(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)



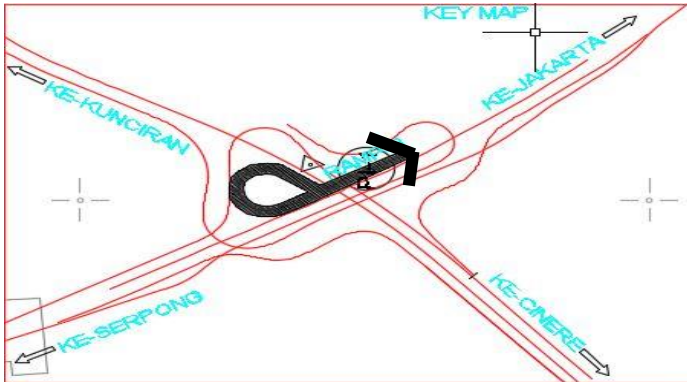
**Gambar 1. 3** Trase Ruas Jalan Tol Serpong-Cinere  
(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)

Berikut merupakan lokasi perencanaan gerbang tol pada jalan tol Serpong-Cinere. Jumlah gerbang tol direncanakan berjumlah 5. Dimana 4 gerbang tol berada di Serpong Junction dan 1 gerbang tol barrier pada gerbang RE Martadinata. Gerbang 1 merupakan bentuk belok kanan dengan tipe *semidirect* dimana gerbang 1 merupakan gerbang masuk tol Serpong-Cinere dari tol tol Jakarta-Serpong arah BSD. Gambar gerbang 1 ditunjukkan pada gambar 1.4 sebagai berikut:



**Gambar 1. 4** Gerbang RAMP 1 Serpong Junction  
(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)

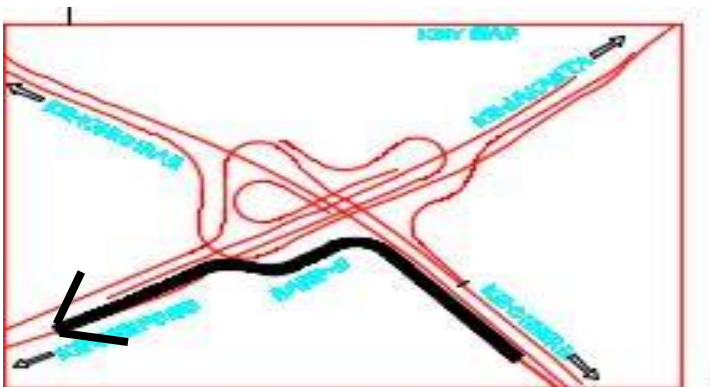
Sedangkan untuk gerbang 2 merupakan bentuk belok kanan dengan tipe loop. Dimana gerbang 2 tersebut merupakan gerbang keluar tol Serpong-Cinere dan masuk jalan tol Jakarta-Serpong arah Jakarta. Gerbang 2 ditunjukkan pada gambar 1.5 sebagai berikut:



**Gambar 1. 5** Gerbang RAMP 2 Serpong Junction

*(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)*

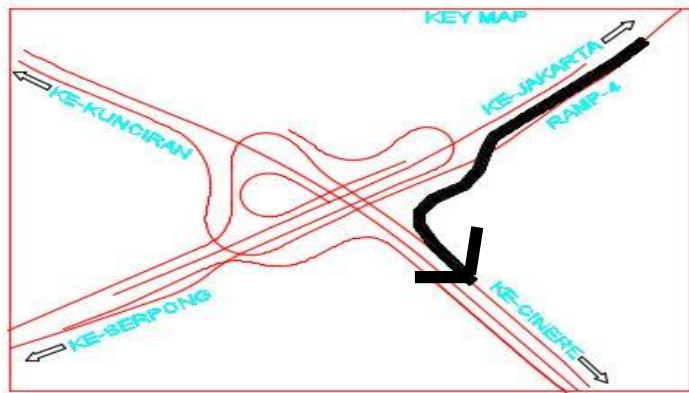
Gerbang 3 merupakan gerbang keluar tol Serpong-Cinere menuju tol Jakarta-Serpong arah BSD. Gambar gerbang 3 ditunjukkan pada gambar 1.6 sebagai berikut:



**Gambar 1. 6** Gerbang RAMP 3 Serpong Junction

*(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)*

Gerbang 4 merupakan gerbang masuk tol Serpong-Cinere dari tol Jakarta-Serpong arah Jakarta. Gambar gerbang 4 ditunjukkan pada gambar 1.7 sebagai berikut:



**Gambar 1. 7** Gerbang RAMP 4 Serpong Junction

*(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)*



**Gambar 1. 8** Gerbang Tol Barrier RE. Martadinata

*(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)*

*(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

Sedangkan jalan tol adalah suatu jalan bebas hambatan yang dikhususkan untuk kendaraan bersumbu 2 atau lebih (mobil, bus dan truk) serta bertujuan untuk mempersingkat jarak dan waktu tempuh dari satu tempat ke tempat yang lain. Sedangkan pengertian *toll* adalah suatu biaya yang wajib dikeluarkan bagi pengguna jalan tol sesuai dengan golongan kendaraan. Bangunan atau fasilitas tempat pelayanan transaksi tol bagi pemakai jalan tol yang terdiri dari beberapa gardu dan sarana lainnya dimana tol dikumpulkan disebut sebagai gerbang tol.

#### **2.2 Tujuan dan Manfaat**

Menurut Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT) tujuan dan manfaat penyelenggaraan jalan tol adalah sebagai berikut:

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

Serta manfaat dari penyelenggaraan jalan tol adalah sebagai berikut:

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

### 2.3 Studi Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Dari penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Namun penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

1. **Wasistha & Widyastuti. 2017. "Perencanaan Gerbang Tol Pandaan Malang". Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.**

Dalam kajian terhadap studi tersebut didapatkan:

- 1) Metode-metode yang digunakan adalah sebagai berikut:
  - Dilakukan identifikasi masalah dengan cara peninjauan langsung kondisi lapangan di jalan tol Pandaan-Malang lalu merangkum permasalahan yang terdapat dalam gerbang tol Pandaan Malang
  - Survey data primer pada gerbang tol Cengkareng



- Menghitung rekapitulasi waktu pelayanan yang sudah di survey pada gerbang tol Cengkareng untuk gardu tol konvensional, gardu tol otomatis dan gardu tol *On Board Unit* (OBU).
  - Menganalisis matriks asal tujuan dengan menggunakan *demand and load factor* dari data volume kendaraan jalan tol Pandaan-Malang.
  - Menganalisis tingkat kedatangan dari hasil matriks asal tujuan
- 2) Hasil dari studi tersebut adalah:
- Panjang jalan tol Pandaan-Malang adalah 37,56km dengan pembagian seksi Pandaan sampai Purwodadi sepanjang 12,9km, Purwodadi sampai Lawang sepanjang 7,74km, Lawang sampai Pakis I sepanjang 8,32km, Pakis I sampai Pakis II sepanjang 4,7km, dan Pakis II sampai dengan Madyupuro sepanjang 3,9km.
  - Mendapatkan nilai waktu pelayanan dengan sample 50 kendaraan setiap golongan pada gerbang tol Cengkareng
  - Berdasarkan hasil matriks asal tujuan dengan matriks *demand and load factor* didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 2. 1** Hasil analisis matriks asal tujuan golongan I studi terdahulu

	Pandaan	Purwodadi	Lawang	Pakis I	Pakis II	Malang
Pandaan	0	892	737	1379	802	1347
Purwodadi	1094	0	206	384	223	376
Lawang	853	201	0	608	353	593
Pakis I	1522	366	516	0	165	277
Pakis II	783	185	269	135	0	211
Malang	1681	397	559	290	247	0

(Sumber: Wasistha, 2017)

**Tabel 2. 2** Hasil analisa arus jam puncak golongan 1 studi terdahulu

	Pandaan	Purwodadi	Lawang	Pakis I	Pakis II	Malang
Pandaan	0	98	81	152	88	148
Purwodadi	130	0	23	42	25	41
Lawang	94	22	0	67	39	65
Pakis I	171	40	57	0	18	30
Pakis II	86	20	30	15	0	23
Malang	185	44	61	32	27	0

(Sumber: Wasistha, 2017)

2. **Hermawan, Cahya Buana & Hera Widyastuti. 2017. “Perencanaan Gerbang Tol Pasuruan-Probolinggo”. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.**

Dalam kajian terhadap studi tersebut didapatkan:

3) Metode-metode yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Dilakukan identifikasi masalah dengan cara peninjauan langsung kondisi lapangan antara lain, lokasi jalan tol, area mana saja yang dilewati dan faktor apa yang mempengaruhi dalam perencanaan gerbang tol pada jalan tol Pasuruan-Probolinggo .
- Survey data primer pada gerbang tol Kapuk
- Survey data sekunder untuk mengetahui volume proporsi kendaraan yang menuju arah barat dan sebaliknya.
- Menghitung forecasting dari tahun 2017 untuk tahun 2032 dan 2047.
- Menghitung rekapitulasi waktu pelayanan yang sudah di survey pada gerbang tol Kapuk untuk gardu tol konvensional, gardu tol otomatis dan gardu tol *On Board Unit* (OBU).
- Menganalisis matriks asal tujuan dengan menggunakan *trip assignment all or nothing* dikombinasikan dengan metode *furness*.
- Menganalisis tingkat kedatangan dari hasil matriks asal tujuan

4) Hasil dari studi tersebut adalah:

- Karena data yang didapatkan merupakan hasil volume lalu lintas per seksi, maka dilakukan survey pada lokasi sekitar jalan tol Pasuruan-Probolinggo. Survey dilakukan pada jalan Grati-

Tongas. Tongas-Probolinggo Barat, dan Probolinggo Barat-Probolinggo Timur. Survey dilakukan pada *weekend* dan juga *weekday* untuk mengetahui pada waktu kapan terdapat volume terbanyaknya.

**Tabel 2. 3** Hasil survey volume kendaraan studi terdahulu

	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V
Grati - Tongas	5128	2482	709	536	237
Tongas - Grati	4473	2165	619	468	206
Tongas - Probolinggo Barat	4226	2045	585	442	195
Probolinggo Barat - Tongas	4542	2199	628	475	209
Probolinggo Barat - Probolinggo Timur	3956	1915	547	414	182
Probolinggo Timur - Probolinggo Barat	3351	1622	464	350	155

(Sumber: Hermawan, 2017)

- Melakukan perhitungan forecasting dari tahun 2017 untuk peramalan tahun 2032 dan 2047 dengan pertumbuhan PDRB Jawa Timur 2015 sebesar 5,44% ([jatim.bps.go.id](http://jatim.bps.go.id))
- Berdasarkan hasil matriks asal tujuan dengan menggunakan *trip assignment all or nothing* dikombinasikan dengan metode *furness* adalah sebagai berikut:

**Tabel 2. 4** Hasil matriks asal tujuan jalan tol Pasuruan-  
Probolinggo golongan 1 studi terdahulu

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o	O	fo
Pasuruan	0	657	641	657	993	2947	2947	1
Grati	714	0	659	676	1022	3070	3070	1
Tongas	641	606	0	606	917	2770	2770	1
Probolinggo Barat	715	676	660	0	1024	3075	3075	1
Probolinggo Timur	878	831	811	831	0	3351	3351	1
d	2947	2770	2770	2770	3956			
D	2947	2770	2770	2770	3956			
fd	1	1	1	1	1			

(Sumber: Hermawan, 2017)

**Tabel 2. 5** Hasil analisa arus jam puncak golongan 1 studi  
terdahulu

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	72	70	72	109
Grati	79	0	72	74	112
Tongas	70	67	0	67	101
Probolinggo Barat	79	74	73	0	113
Probolinggo Timur	97	91	89	91	0

(Sumber: Hermawan, 2017)

## **2.4 Persyaratan Teknis Jalan Tol**

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 5 tahun 2005 pasal 5 tentang jalan tol mempunyai syarat teknis sebagai berikut:

1. Jalan tol mempunyai tingkat pelayanan keamanan dan kenyamanan yang lebih tinggi dari jalan umum yang ada dan dapat melayani arus lalu lintas jarak jauh dengan mobilitas tinggi.
2. Jalan tol yang digunakan untuk lalu lintas antar kota di desain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 80 km/jam, dan untuk jalan tol di wilayah perkotaan di desain dengan kecepatan 60 km/jam.
3. Jalan tol di desain untuk mampu menahan muatan sumbu terberat (MST) paling rendah 8 ton.
4. Setiap ruas jalan tol harus dilakukan pemagaran, dan dilengkapi dengan fasilitas penyebrangan jalan dalam bentuk jembatan atau terowongan.
5. Pada tempat-tempat yang dapat membahayakan pengguna jalan tol, harus diberi bangunan pengaman yang mempunyai kekuatan dan struktur yang dapat menyerap energi benturan kendaraan.
6. Setiap jalan tol wajib dilengkapi dengan aturan Pemerintah dan larangan yang dinyatakan dengan rambu lalu lintas, marka jalan, dan/atau alat pemberi isyarat lalu lintas.
7. Ketentuan sebagaimana dimaksud pada ayat (6) dilaksanakan berdasarkan ketentuan peraturan lalu lintas dan angkutan jalan.
8. Ketentuan persyaratan teknik sebagaimana dimaksud pada ayat (1), ayat (2), ayat (3), ayat (4), dan ayat (5) diatur lebih lanjut peraturan Menteri.

Sedangkan pada pasal 6 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 5 tahun 2005 jalan tol harus mempunyai spesifikasi:

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

## 2.5 Jenis Kendaraan pada Jalan Tol

Berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 370/KPTS/M/2007 tentang golongan jenis kendaraan bermotor pada ruas jalan tol yang sudah beroperasi, golongan jenis kendaraan bermotor dibagi sebagai berikut:

**Tabel 2. 6.** Golongan Jenis Kendaraan Bermotor

GOLONGAN	JENIS KENDARAAN
Golongan I	Sedan, Jeep, Pick Up/Truk kecil, dan Bus
Golongan II	Truk dengan 2 gandar
Golongan III	Truk dengan 3 gandar
Golongan IV	Truk dengan 4 gandar

(Sumber: Keputusan Menteri PU Nomor 370/KPTS/M, 2007)

## 2.6 Perencanaan Gerbang Tol

### 2.6.1 Kriteria Umum

Menurut Pedoman Perencanaan Bangunan Fasilitas Tol tahun 1999 Divisi Perencanaan PT Jasa Marga, gerbang tol harus direncanakan sesuai dengan kriteria sebagai berikut:

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

### 2.6.2 Gardu Tol

Menurut Pedoman Perencanaan Bangunan Fasilitas Tol tahun 1999 Divisi Perencanaan PT Jasa Marga, gardu tol perlu direncanakan sedemikian rupa sehingga menciptakan kondisi kerja yang cukup nyaman dan aman bagi pengumpul tol. Untuk itu gardu tol harus dilengkapi dengan pengatur suhu (*air-conditioned*), pasokan udara segar (*pressurized fresh air*) dan alat komunikasi antar gardu dan dengan kantor gerbang tol. Ukuran gardu tol minimal lebar 1,25 m panjang 2,00 m dan tinggi 2,50 m. Pintu



gardu tol berupa pintu geser dan diletakkan pada bagian belakang gardu, dengan lebar minimum 0,6 m.

### **2.6.3 Perhitungan Jumlah Kebutuhan Gardu Tol**

Untuk menetapkan jumlah lajur atau jumlah gardu tol yang direncanakan, akan ditentukan oleh 3 faktor, yaitu:

- a. Volume lalu lintas
- b. Waktu pelayanan di gardu tol

#### **1) Volume Lalu Lintas**

Dalam perhitungan jumlah kebutuhan gardu tol, volume lalu lintas yang harus diperhitungkan adalah volume lalu lintas pada jam sibuk, dalam hal ini yang dipakai adalah volume lalu lintas jam perencanaan. Semakin besar volume lalu lintasnya, maka akan semakin banyak gardu tol yang dibutuhkan untuk memberikan pelayanan yang baik. Akan tetapi, di lain sisi semakin panjang (lama) waktu pelayanan akan semakin banyak pula gardu tol yang diperlukan.

#### **2) Waktu Pelayanan di Gerbang Tol**

Jumlah gardu tol yang berlebihan tentunya tidak efisien dari sisi operasional jalan tol. Sebaliknya jumlah gardu tol yang tidak mencukupi kebutuhan lalu lintas akan menyebabkan pemakai jalan terpaksa harus menunggu (antri) dalam melakukan transaksi. Ini tentunya tidak akan efisien bagi pemakai jalan. Standar pelayanan minimal (SPM) adalah ukuran yang harus dicapai dalam pelaksanaan penyelenggaraan jalan tol SPM jalan tol mencakup kondisi jalan tol, kecepatan tempuh rata-rata, aksesibilitas, mobilitas, keselamatan serta unit pertolongan/penyelamatan dan bantuan pelayanan. Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol wajib dilaksanakan oleh Badan Usaha Jalan Tol dalam rangka peningkatan pelayanan kepada pengguna jalan tol. Berikut

Standar Pelayanan Minimal (SPM) pada gerbang tol adalah sebagai berikut:

Indikator	Cakupan	Tolak Ukur
Kecepatan rata-rata transaksi	Gerbang tol sistem terbuka	Maksimal 6 detik setiap kendaraan
	Gerbang tol, sistem tertutup: - Gardu masuk	Maksimal 5 detik setiap kendaraan
	- Gardu keluar	Maksimal 9 detik setiap kendaraan
	GTO - Gardu tol ambil kartu	Maksimal 4 detik setiap kendaraan
	- Gardu tol transaksi	Maksimal 5 detik setiap kendaraan
Jumlah antrian kendaraan	Gardu tol	Maksimal 10 kendaraan per gardu dalam kondisi normal

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

Semakin besar volume lalu lintasnya, akan semakin banyak gardu tol yang dibutuhkan untuk memberikan pelayanan yang baik. Tetapi dilain pihak semakin panjang (lama) waktu pelayanan akan semakin banyak pula gardu tol yang diperlukan.

#### 2.6.4 Sistem Pembayaran pada Gerbang Tol

Terdapat 3 sistem pembayaran gerbang tol yang berlaku sampai saat ini, yaitu sistem pembayaran konvensional (terbuka), Gardu Tol Otomatis (GTO), dan sistem pembayaran *On Board Unit* (OBU).

- 1) **Sistem Pembayaran Konvensional**  
Sistem transaksi terbuka atau pembayaran non tunai yaitu dimana pengguna kendaraan memasuki gerbang kemudian melakukan transaksi dengan petugas yang ada, membayar sesuai tarif dan golongan kendaraan yang telah ditentukan. Dalam transaksi terbuka ini ditetapkan bahwa kecepatan transaksi per kendaraan adalah 6 detik ditambah 10 antrian kendaraan ke belakang. Tujuannya adalah semakin cepat transaksi akan mengurangi antrian dan berakibat mengurangi kemacetan lalu lintas. Untuk Sistem pembayaran konvensional seperti pada gambar 2.1.



**Gambar 2. 1** Pembayaran Konvensional

(Sumber: <https://metro.tempo.co/read/906048/21/11/18>)

## 2) Gardu Tol Otomatis (GTO)

Gardu Tol Otomatis (GTO) adalah gerbang tol dengan mekanisme pembayaran otomatis menggunakan kartu *e-money*. Pengguna jalan tol dengan sistem pembayaran GTO dapat digunakan dengan cara, tap kartu *e-money* pada mesin reader, lalu GTO akan secara otomatis membuka plang gardu tol. Sistem pembayaran dengan gardu tol otomatis (GTO) dapat dilihat seperti gambar 2.2.



**Gambar 2. 2.** Gardu Tol Otomatis

(Sumber: <https://veeone120184.wordpress.com/tag/gardu-tol-otomatis/21/11/18>)

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

Gerbang tol dengan sistem pembayaran on board unit adalah gerbang tol dengan sistem transaksi non tunai dimana pengguna jalan tol tidak perlu berhenti untuk melakukan transaksi. Pengguna OBU terlebih dahulu harus membeli perangkat OBU dan e-toll card yang kemudian diletakkan di dalam kendaraan. Gardu tol OBU akan memindai kendaraan yang lewat sehingga pengguna jalan tol tidak perlu lagi

berhenti untuk melakukan transaksi. Sistem pembayaran *on board unit* dapat dilihat pada gambar 2.3.

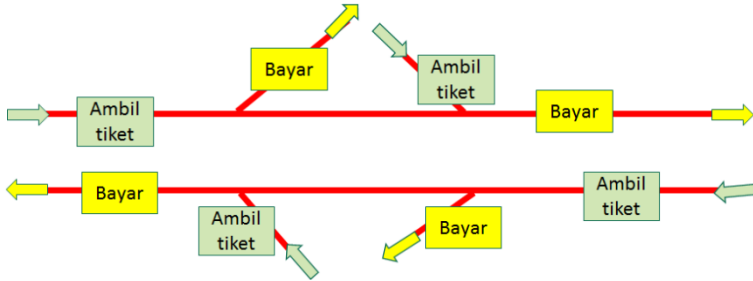


**Gambar 2. 3.** *On Board Unit (OBU)*

(Sumber: <https://economy.okezone.com,21/11/18>)

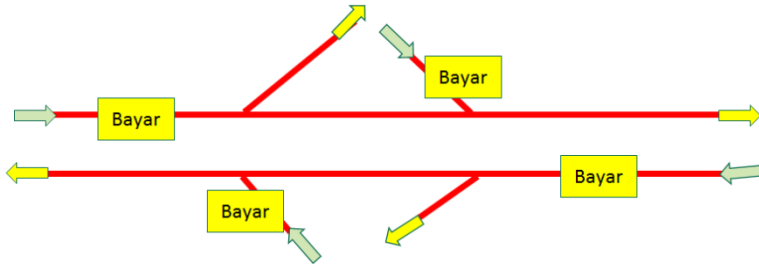
### 2.6.5 Sistem Transaksi Gerbang Tol

Dalam transaksi pembayaran di jalan tol terdapat 2 sistem transaksi yang berlaku, yaitu sistem pembayaran tertutup dan terbuka. Sistem transaksi terbuka adalah sistem yang kepada pemakainya diwajibkan membayar tol pada saat melewati gerbang tol. Sedangkan untuk sistem tertutup yaitu sistem yang kepada pemakainya diwajibkan mengambil tanda masuk pada gerbang masuk dan kemudian membayar tarif tol pada gerbang keluar. Perbedaan karakteristik dari 2 sistem tersebut yaitu pada sistem transaksi tertutup dapat diterapkan perbedaan tarif antar pasangan gerbang tol sesuai dengan jaraknya, sedangkan untuk sistem transaksi terbuka tarif jauh maupun dekat ditetapkan tarif yang sama. Sistem jalan tol tertutup dapat dilihat pada gambar 2.4



**Gambar 2. 4** Sistem Transaksi Tertutup

(Sumber: Jaringan Transportasi Antarkota, 2017)



**Gambar 2. 5** Sistem Transaksi Terbuka

(Sumber: Jaringan Transportasi Antarkota, 2017)

### 2.6.6 Perhitungan Data lalu Lintas

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), data masukan lalu lintas terdiri dari dua, yaitu data arus lalu lintas eksisting dan data arus lalu lintas rencana. Data lalu lintas eksisting digunakan untuk melakukan evaluasi kinerja lalu lintas. Data arus lalu lintas rencana digunakan sebagai dasar untuk menetapkan lebar jalur lalu lintas atau jumlah lajur lalu lintas, berupa arus lalu lintas jam desain ( $Q_{jp}$ ) yang ditetapkan dari LHRT, menggunakan faktor  $k$ .

$$Q_{jp} = LHRT \times K \quad (2.1)$$

Dimana:

$Q_{jp}$  = arus lalu lintas dalam satuan kend/jam, yang digunakan untuk desain

LHRT = adalah volume lalu lintas rata-rata tahunan yang ditetapkan dari survey perhitungan lalu lintas selama satu tahun penuh dibagi jumlah hari dalam tahun tersebut, dinyatakan dalam kend/hari

K = adalah faktor jam rencana, ditetapkan dari kajian fluktuasi arus lalu lintas jam-jaman selama satu tahun. Nilai k yang dapat digunakan untuk jalan bebas hambatan yaitu sebesar 11%.

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

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:

- a. Terjadinya antrian kendaraan selama waktu kemacetan adalah sumber utama keterlambatan yang perlu dipertimbangkan yang akan berakibat pada menurunnya kinerja sistem jaringan jalan.
- b. Antrian kendaraan yang terjadi didepan pintu gerbang tol atau antrian kendaraan yang terjadi pada setiap lengan persimpangan berlampu lalu lintas.

- c. Antrian kendaraan truk pada saat bongkar/muat barang di pelabuhan.
- d. Antrian kapal laut yang ingin merapat di dermaga.
- e. Antrian manusia pada loket pelayanan bank, loket pembayaran listrik atau telepon, serta pasar swalayan, dan banyak lagi kejadian lainnya yang terjadi sehari-hari yang dapat dijelaskan dengan bantuan analisis teori antrian.

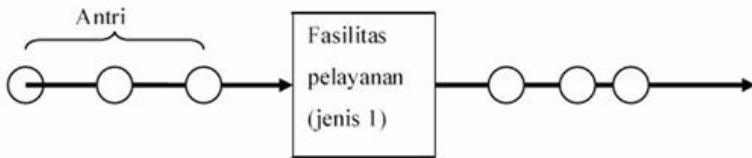
## 2.8 Proses pada Sistem Antrian

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:

1. Sistem antrian jalur tunggal (*single channel-single phase*)  
*Single channel* berarti hanya ada satu jalur yang memasuki sistem pelayanan atau ada satu fasilitas pelayanan. *Single phase* berarti hanya ada satu pelayanan. Sistem antrian *single channel single phase* ditunjukkan pada gambar 2.4.



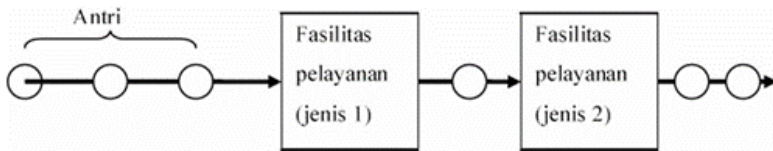


**Gambar 2. 6** Model *Single Channel-Single Phase*

(Sumber: <https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian, 15/11/18>)

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

*Multi phase* menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan (dalam phase). Sistem antrian *single channel multi phase* dapat ditunjukkan pada gambar 2.5.



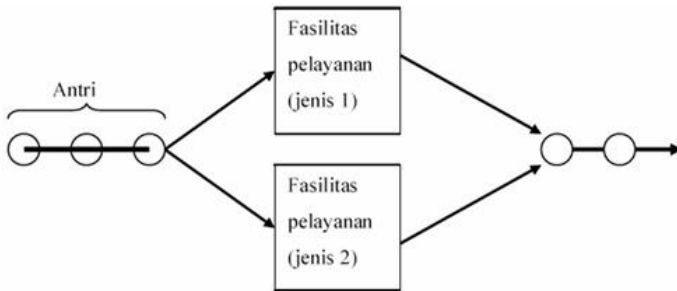
**Gambar 2. 7.** Model *Single Channel-Multi Phase*

(Sumber:

<https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian, 15/11/18>)

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

*Multi channel-single phase* terjadi kapan saja dimana ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal, sebagai contoh teller sebuah bank. Sistem antrian untuk *multi channel-single phase* dapat ditunjukkan pada gambar 2.6.



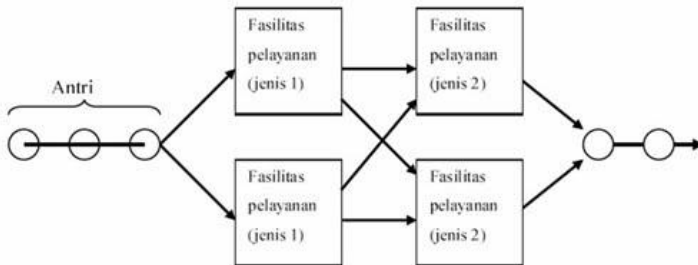
**Gambar 2. 8.** Model *Multi Channel-Single Phase*

(Sumber:

<https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>, 15/11/18)

4. 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. Sistem antrian untuk *multi channel multi phase* dapat ditunjukkan pada gambar 2.7.



**Gambar 2. 9.** Model *Multi Channel-Multi Phase*

(Sumber: <https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>, 15/11/18)

## 2.9 Karakteristik Sistem Antrian

Karakteristik antrian adalah bahwa terdapat kedatangan, pelayanan, dan antrian. Untuk dapat menjelaskan proses antrian dengan baik, diperlukan penjelasan mengenai 4 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 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:

### 2.9.1. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan yang dinyatakan dengan notasi ( $\mu$ ) adalah jumlah kendaraan atau manusia yang dapat dilayani oleh satu tempat pelayanan dalam satu tahunan 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 1 orang, biasa dinyatakan dalam satuan menit/kendaraan atau menit/orang, sehingga bisa disimpulkan bahwa (May, 1991):

$$WP = \frac{1}{\mu} \quad (2.2)$$

Dimana:

WP = waktu pelayanan

$\mu$  = tingkat pelayanan

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

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1 \quad (2.3)$$

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).

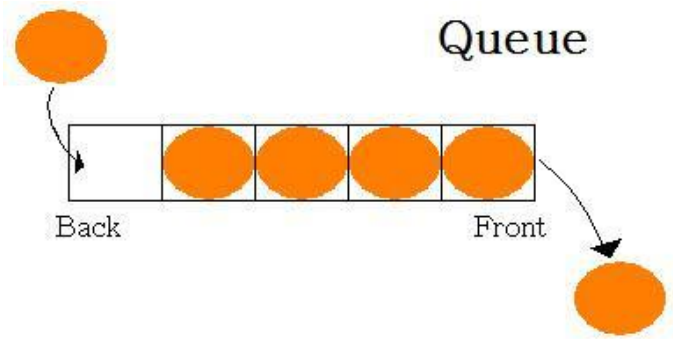
### 2.9.2. Disiplin Antrian

Disiplin antrian mempunyai pengertian yaitu aturan dimana para pelanggan dilayani, atau disiplin pelayanan (*service discipline*) yang memuat urutan atau order para pelanggan menerima layanan menurut (Kakiay, 2014). Aturan pelayanan menurut urutan kedatangan ini dapat didasarkan pada:

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

Gambar dibawah ini memperlihatkan bagaiman 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. Disiplin antrian untuk *first in first out* dapat ditunjukkan pada gambar 2.8.



**Gambar 2. 10.** *First In First Out*

(Sumber: [https://www.12manage.com/description\\_fifo.html](https://www.12manage.com/description_fifo.html), 15/11/18)

Perhitungan analisis antrian FIFO adalah sebagai berikut:

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

$$q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} \quad (2.5)$$

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

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

Dimana nilai  $n$ ,  $q$ ,  $d$ , dan  $w$  adalah sebagai berikut:

$n$  = jumlah rata-rata kendaraan atau orang dalam sistem (kendaraan atau orang persatuan waktu)

$q$  = jumlah rata-rata kendaraan atau orang dalam antrian (kendaraan atau orang persatuan waktu)

$d$  = waktu rata-rata kendaraan dalam sistem (satuan waktu)

$w$  = waktu rata-rata kendaraan dalam antrian (satuan waktu)

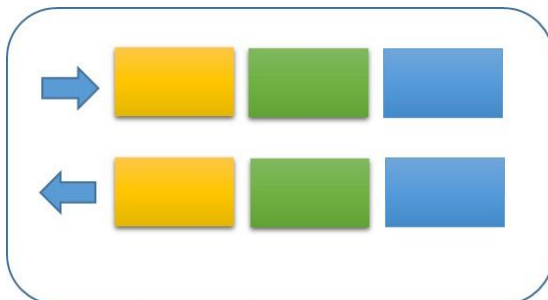
$\lambda$  = tingkat kedatangan

$\mu$  = tingkat pelayanan

$\rho$  = perbandingan antara tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan

## 2. *Last In First Out (LIFO)*

Gambar berikut memperlihatkan ilustrasi bagaimana tata cara disiplin antrian LIFO. Telihat pada gambar bahwa berkas laporan yang pertama tiba akan terletak paling bawah sehingga masuk paling akhir akan terletak paling atas, sehingga akan diproses paling awal. Untuk disiplin antrian *last in first out* ditunjukkan pada gambar 2.9.



**Gambar 2. 11.** *Last In First Out*

(Sumber: Hasil Ilustrasi, 02/01/19)

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

## 2.10 Proses Antrian

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

- 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 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 I dan tahap II 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).

## 2.11 Pola Sebaran Pergerakan

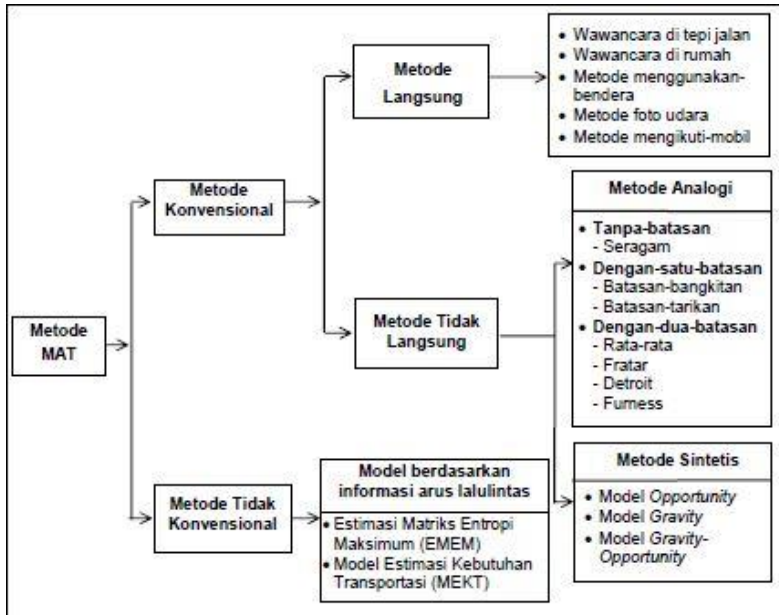
Pola pergerakan dalam sistem transportasi sering dijelaskan dalam bentuk arus pergerakan (kendaraan, penumpang, dan barang) yang bergerak dari zona asal ke zona tujuan di dalam daerah tertentu dan selama periode waktu tertentu. Matriks pergerakan atau Matriks Asal Tujuan (MAT) adalah matriks berdimensi dua yang berisi informasi mengenai besarnya pergerakan antarlokasi (zona) didalam daerah tertentu. Baris menyatakan zona asal dan kolom menyatakan zona tujuan, sehingga sel matriksnya menyatakan besarnya arus dari zona asal ke zona tujuan.

Berbagai usaha dilakukan untuk mendapatkan MAT dan terdapat beberapa metode yang dapat digunakan. Hadirnya beberapa metode yang tidak begitu mahal pelaksanaannya dirasakan sangat berguna karena MAT sangat sering dipakai dalam berbagai kajian transportasi. Contohnya, MAT dapat digunakan untuk (Willumsen, 1978ab):



- Pemodelan kebutuhan akan transportasi untuk daerah pedalaman atau antar kota
- Pemodelan kebutuhan akan transportasi untuk daerah perkotaan
- Pemodelan dan perancangan manajemen lalu lintas baik di daerah perkotaan maupun antar kota
- Pemodelan kebutuhan akan transportasi di daerah yang ketersediaan datanya tidak begitu mendukung baik dari sisi kuantitas maupun kualitas (misalnya di negara sedang berkembang)
- Perbaikan data MAT pada masa lalu dan pemeriksaan MAT yang dihasilkan oleh metode lainnya; dan
- Pemodelan kebutuhan akan transportasi antarkota untuk angkutan barang multi-moda.

Metode untuk mendapatkan MAT dapat dikelompokkan menjadi dua bagian utama, yaitu metode konvensional dan metode tidak konvensional (Tamin, 1985;1986;1988abc). Kedua metode tersebut dijelaskan lebih rinci pada subbab 5.4-5.10. Untuk lebih jelasnya, pengelompokan digambarkan berupa diagram seperti dibawah ini:



**Gambar 2. 12** Metode untuk mendapatkan Matriks Asal-Tujuan (MAT)

(sumber: Tamin, 1985, 1986, 1988a)

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Umum**

Dalam bab ini akan dibahas mengenai langkah-langkah yang diambil selama penulisan Tugas Akhir serta bagan aliran penyusunan penulisan Tugas Akhir ini. Dengan tujuan, pekerjaan yang dilakukan sesuai dengan aturan-aturan yang berlaku selama pelaksanaan penulisan.

#### **3.2 Uraian Kegiatan**

Uraian kegiatan yang digunakan pada Tugas Akhir ini terdiri dari berbagai tahapan antara lain adalah:

##### **3.2.1 Tahap Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah merupakan tahapan awal yang dilakukan dalam penyusunan penulisan ini. Dalam tahap ini penulis mengamati kondisi lapangan dan permasalahan yang terjadi sampai penulis mengangkat topik perencanaan gerbang tol pada Tugas Akhir. Sehingga yang perlu diidentifikasi antara lain kondisi lapangan jalan tol Serpong-Cinere ruas JORR 2.

##### **3.2.2 Tahap Studi Literatur**

Dalam tahap ini penulis mencari acuan dari literatur-literatur berupa jurnal, buku, peraturan-peraturan maupun internet yang membahas tentang jalan tol maupun perencanaan gerbang tol yang dapat menunjang pelaksanaan penulisan Tugas Akhir tentang Perencanaan Gerbang Tol Serpong-Cinere ruas JORR 2.

##### **3.2.3 Tahap Pengumpulan Data**

Data yang dikumpulkan dalam penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Berikut penjelasan tentang data-data yang akan dikumpulkan:

### 1. Data Primer

Data primer dilakukan dengan pengambilan data secara langsung di lapangan berupa metode observasi yaitu pengamatan dan pencatatan secara langsung di lapangan yaitu pada gerbang tol Cengkareng dan Kapuk. Data primer tersebut berupa:

- ✚ Waktu pelayanan (*service time*), dimana saat kendaraan berhenti di depan gerbang tol saat melakukan transaksi pembayaran sampai dengan kendaraan meninggalkan gerbang tol.
- ✚ Panjang antrian, dilakukan dengan cara mengukur berapa panjang antrian yang sedang terjadi dimulai dari mobil yang berada dibelakang mobil yang sedang melakukan transaksi pembayaran.

### 2. 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 PT. Cinere Serpong Jaya selaku *owner* dari pembangunan jalan tol Serpong-Cinere Ruas JORR 2. Data yang diperoleh yaitu data volume kendaraan yang melewati tol tersebut, konfigurasi jalan tol serta peta jalan tol.

### 3.2.4 Tahap Analisis Data

Dalam tahap ini data diolah dari pengumpulan data yang telah dilakukan untuk menganalisis objek penelitian. Dari waktu pelayanan yang didapatkan pada survey lapangan tersebut dapat menjadi acuan untuk waktu pelayanan pada perencanaan gerbang tol Serpong-Cinere nantinya. Sedangkan data volume kendaraan yang didapat dari data primer tersebut dapat selanjutnya dihitung analisis data seperti:

- 1) Berikut tahapan-tahapan dalam merencanakan gerbang tol otomatis (GTO):
  - a) Melakukan survey waktu pelayanan pada gardu tol otomatis pada gerbang tol Cengkareng
  - b) Analisis data lalu lintas kendaraan
  - c) Analisis matriks asal tujuan dari data lalu lintas
  - d) Analisis tingkat kedatangan
  - e) Analisis distribusi kendaraan ke gerbang tol
  - f) Analisis jumlah kendaraan masuk dan keluar gerbang
  - g) Analisis intensitas lalu lintas
  - h) Analisis antrian pada gerbang tol (antrian FIFO) (pers. 2.4 – pers. 2.7)
  
- 2) Berikut tahapan-tahapan dalam merencanakan gerbang tol *on board unit* (OBU):
  - a) Melakukan survey waktu pelayanan pada gardu tol *on board unit* (OBU) pada gerbang tol Kapuk
  - b) Analisis data lalu lintas kendaraan
  - c) Analisis matriks asal tujuan dari data lalu lintas
  - d) Analisis tingkat kedatangan
  - e) Analisis distribusi kendaraan ke gerbang tol
  - f) Analisis jumlah kendaraan masuk dan keluar gerbang
  - g) Analisis intensitas lalu lintas
  - h) Analisis antrian pada gerbang tol (antrian FIFO) (pers. 2.4-pers. 2.7)

### **3.3 Kesimpulan**

Setelah mengolah data-data yang ada, maka akan dilakukan analisis dari hasil survey yang telah dilakukan. Hasil analisis tersebut nantinya akan menjadi perencanaan sistem gerbang tol menggunakan, pembayaran tunai, Gerbang Tol Otomatis (GTO) maupun *On Board Unit* (OBU).

### **3.4 Lokasi dan Waktu Survey**

#### **3.4.1 Lokasi Survey**

Survey ini akan dilakukan pada gerbang tol Cengkareng, dimana pada gerbang tol ini merupakan salah satu gerbang tol yang menggunakan sistem pembayaran on board unit, kemudian juga terdapat gerbang tol konvensional dan gerbang tol otomatis sehingga dari survey ini didapatkan hasil waktu pelayanan dari 3 sistem pembayaran yang akan menjadi acuan untuk perencanaan gerbang tol Serpong-Cinere. Waktu survey ini nantinya akan dilaksanakan pada bulan Februari 2019.

Dalam survey ini juga menggunakan formulir survey kendaraan pada gerbang tol. Formulir ini digunakan untuk mencatat waktu pelayanan serta panjang antrian pada setiap gardu-gardu tol yang ada pada gerbang tol Cengkareng. Berikut tabel 3.1 formulir survey pada gerbang tol Cengkareng

**Tabel 3. 1.** Formulir Survey Data Primer

Jenis Gerbang Tol :

Tanggal dan Waktu :

No	Golongan Kendaraan	Waktu Pelayanan	Panjang Antrian
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

**Tabel 3. 2.** Formulir Suver Data Primer (lanjutan)

Jenis Gerbang Tol :

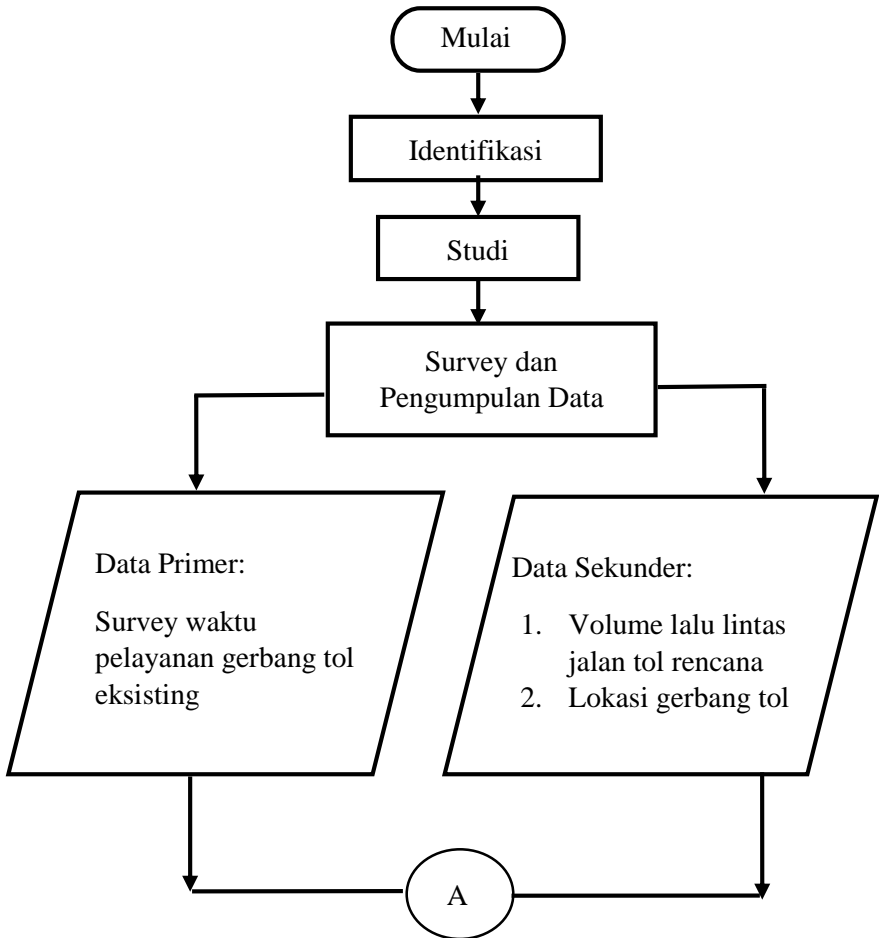
Tanggal dan Waktu :

No	Golongan Kendaraan	Waktu Pelayanan	Panjang Antrian
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

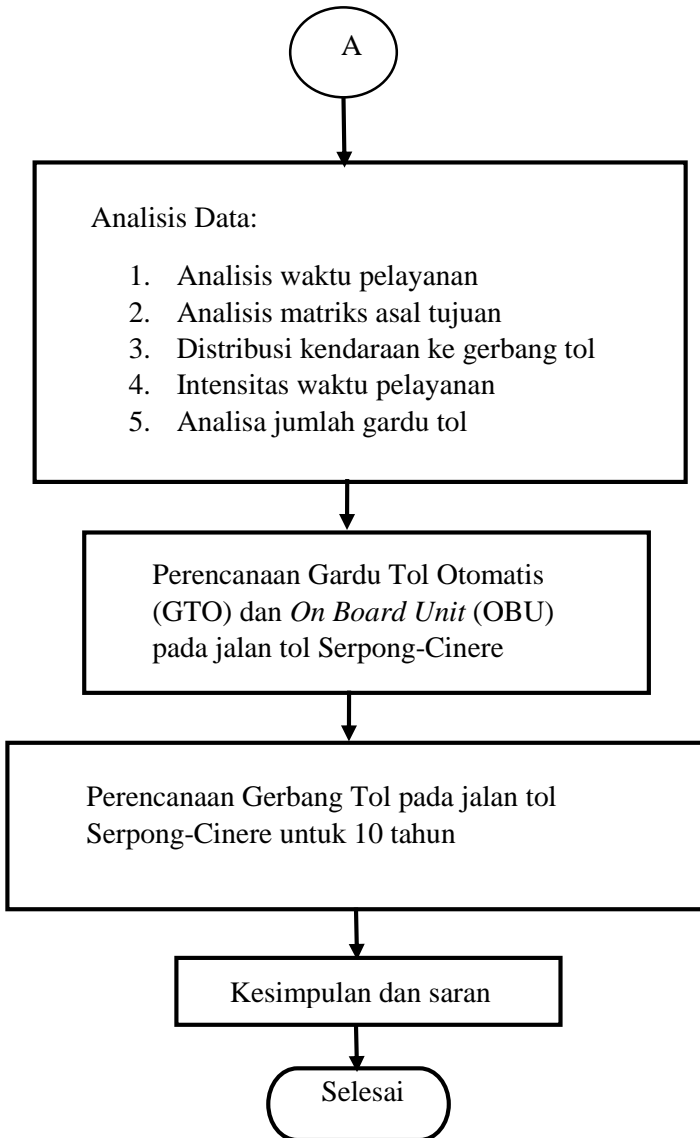
### 3.5 Bagan Alir (*Flowchart*)

Dalam pengerjaan tugas akhir 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 bagan alir (*flowchart*) seperti Gambar 3.1. :





**Gambar 3. 1.** Diagram Alir Perencanaan Gerbang Tol



**Gambar 3. 2.** Diagram Alir Perencanaan Gerbang Tol (lanjutan)

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DATA**

#### **4.1 Umum**

Dalam pembahasan bab ini akan dibahas mengenai pengumpulan dan analisis data. Pengumpulan data yang diperlukan yaitu berupa data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data langsung yang diambil dilapangan yaitu berupa waktu pelayanan pada gerbang tol. sedangkan untuk data sekunder yaitu data penunjang yang didapat dari instansi terkait.

#### **4.2 Data Primer**

##### **4.2.1 Waktu Pelayanan**

Didalam merencanakan gerbang tol saah satu data yang diperlukan yaitu waktu pelayanan. Data waktu pelayanan merupakan data yang diambil langsung pada survey di lapangan. Dalam perencanaan gerbang tol Serpong-Cinere ruas JORR 2 ini, dilakukan survey pada gerbang tol Cengkareng dan Kapuk. Dimana data yang diambil yaitu data survey pada gerdu tol otomatis (GTO) pada gerbang tol Cengkareng dan gerbang tol *on board unit* (OBU) pada gerbang tol Kapuk.

##### **4.2.1.1 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (GTO)**

Unuk perhitungan waktu pelayanan gardu tol otomatis (GTO) pada saat dilakukan survey pada gerbang tol Cengkareng yaitu pada saat pengendara merapat menuju mesin transaksi kemudian menempelkan kartu *e-toll* nya pada mesin guna pembayaran tarif tol lalu pintu gardu (portal) terbuka sampai dengan kendaraan meninggalkan tempat dan pintu gardu (portal) tertutup kembali. Berikut hasil survey waktu pelayanan pada gardu tol otomatis pada gerbang to Cengkareng:

Jenis Gardu : Gardu Tol Otomatis (GTO)

Waktu Survey : 1 Maret 2019 pada jam 18.30

**Tabel 4. 1** Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kendaraan)
1	I	6	15
2	I	9	20
3	I	9	20
4	I	5	20
5	I	7	27
6	I	9	30
7	I	6	15
8	I	8	19
9	I	9	20
10	I	7	25
11	I	7	22
12	I	9	30
13	I	9	35
14	I	6	32
15	I	8	25
16	I	9	30
17	I	9	27
18	I	9	30
19	I	7	15
20	I	6	19
21	I	9	20
22	I	7	25
23	I	7	22
24	I	10	30
25	I	7	19
26	I	7	20

**Tabel 4. 1** Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I  
(lanjutan)

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kendaraan)
27	I	9	27
28	I	9	30
29	I	5	15
30	I	9	19
31	I	5	20
32	I	10	25
33	I	7	22
34	I	6	30
35	I	8	15
36	I	10	20
37	I	5	20
38	I	10	20
39	I	5	27
40	I	10	30
41	I	9	15
42	I	6	30
43	I	9	15
44	I	9	19
45	I	8	20
46	I	7	25
47	I	9	22
48	I	9	30
49	I	8	21
50	I	9	23

Jenis Gardu : Gardu Tol Otomatis (GTO)

Waktu Survey : 1 Maret 2019 pada jam 18.30

**Tabel 4. 2** Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kendaraan)
1	II	10	15
2	II	10	17
3	II	11	19
4	II	12	15
5	II	8	21
6	II	6	19
7	II	14	20
8	II	16	18
9	II	13	16
10	II	9	22
11	II	10	25
12	II	8	21
13	II	9	25
14	II	9	18
15	II	10	19
16	II	10	20
17	II	11	18
18	II	11	18
19	II	9	21
20	II	9	19
21	II	9	20
22	II	11	17
23	II	8	19

**Tabel 4. 2** Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II  
(lanjutan)

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kendaraan)
24	II	9	21
25	II	10	19
26	II	11	20
27	II	9	18
28	II	9	16
29	II	13	19
30	II	9	20
31	II	8	18
32	II	9	18
33	II	11	15
34	II	11	17
35	II	14	19
36	II	10	15
37	II	10	18
38	II	9	16
39	II	9	22
40	II	10	25
41	II	12	15
42	II	12	17
43	II	9	19
44	II	9	15
45	II	10	21
46	II	9	19
47	II	9	16
48	II	9	19
49	II	10	20
50	II	11	18

Jenis Gardu : Gardu Tol Otomatis (GTO)

Waktu Survey : 1 Maret 2019 pada jam 18.30

**Tabel 4. 3** Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kendaraan)
1	III	16	15
2	III	16	18
3	III	16	16
4	III	13	22
5	III	13	25
6	III	15	15
7	III	12	17
8	III	11	19
9	III	11	15
10	III	13	21
11	III	12	13
12	III	10	15
13	III	10	17
14	III	10	14
15	III	11	17
16	III	11	18
17	III	9	17
18	III	12	16
19	III	11	20
20	III	10	21
21	III	11	15
22	III	9	19
23	III	9	13
24	III	9	16
25	III	9	17
26	III	12	21



**Tabel 4.3** Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III  
(lanjutan)

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kendaraan)
27	III	12	17
28	III	11	19
29	III	13	21
30	III	10	16
31	III	10	16
32	III	9	17
33	III	11	21
34	III	10	10
35	III	9	15
36	III	10	17
37	III	10	19
38	III	12	15
39	III	11	21
40	III	11	15
41	III	13	18
42	III	11	16
43	III	12	22
44	III	10	17
45	III	11	18
46	III	10	17
47	III	10	16
48	III	9	15
49	III	10	17
50	III	10	19

Jenis Gardu : Gardu Tol Otomatis (GTO)

Waktu Survey : 1 Maret 2019 pada jam 18.30

**Tabel 4. 4** Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV

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

**Tabel 4. 4** Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV  
(lanjutan)

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kendaraan)
25	IV	12	10
26	IV	11	13
27	IV	10	10
28	IV	10	15
29	IV	10	11
30	IV	9	12
31	IV	11	12
32	IV	11	14
33	IV	12	12
34	IV	12	10
35	IV	12	12
36	IV	10	10
37	IV	11	13
38	IV	10	10
39	IV	12	15
40	IV	10	11
41	IV	14	9
42	IV	13	9
43	IV	10	11
44	IV	10	12
45	IV	13	10
46	IV	12	9
47	IV	11	10
48	IV	12	11
49	IV	12	13
50	IV	14	11

Jenis Gardu : Gardu Tol Otomatis (GTO)

Waktu Survey : 1 Maret 2019 pada jam 18.30

**Tabel 4. 5** Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V

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

**Tabel 4.5** Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V  
(lanjutan)

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kendaraan)
27	V	14	9
28	V	13	10
29	V	12	9
30	V	14	11
31	V	13	10
32	V	14	10
33	V	11	14
34	V	13	12
35	V	14	12
36	V	13	10
37	V	11	13
38	V	14	10
39	V	15	14
40	V	15	12
41	V	12	10
42	V	13	13
43	V	15	10
44	V	14	11
45	V	15	10
46	V	15	10
47	V	11	14
48	V	12	9
49	V	11	10
50	V	11	11

#### 4.2.1.2 Waktu Pelayanan *On Board Unit (OBU)*

Unuk perhitungan waktu pelayanan gardu *on board unit* (OBU) pada saat dilakukan survey pada gerbang tol Kapuk yaitu pada saat pengendara sudah memasuki lajur yang berwarna merah lalu alat pembaca (reader) akan membaca perangkat di dalam mobil kemudian pintu gardu (portal) terbuka sampai dengan kendaraan meninggalkan tempat dan pintu gardu (portal) tertutup kembali. Berikut hasil survey waktu pelayanan pada gardu tol *on board unit* (OBU) pada gerbang to Kapuk:

Jenis Gardu : *On Board Unit (OBU)*

Waktu Survey : 1 Maret 2019 pada jam 17.15

**Tabel 4. 6** Waktu Pelayanan Gardu *On Board Unit (OBU)*

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

**Tabel 4.6** Waktu Pelayanan Gardu Tol *On Board Unit* (OBU)  
(lanjutan)

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kendaraan)
18	I	4	1
19	I	5	1
20	I	5	1
21	I	3	1
22	I	3	2
23	I	4	2
24	I	5	1
25	I	3	1
26	I	3	2
27	I	3	1
28	I	4	2
29	I	3	3
30	I	4	1
31	I	3	1
32	I	4	1
33	I	4	3
34	I	5	1
35	I	3	2
36	I	3	2
37	I	3	3
38	I	3	3
39	I	4	3
40	I	3	2
41	I	4	3
42	I	4	4
43	I	3	3
44	I	4	4
45	I	3	5
46	I	3	5

**Tabel 4.6** Waktu Pelayanan Gardu Tol *On Board Unit* (OBU)  
(lanjutan)

No	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kendaraan)
47	I	3	2
48	I	4	2
49	I	4	2
50	I	4	3

### 4.3 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari PT Cinere Serpong Jaya merupakan data lalu lintas arah Serpong maupun arah Cinere, lokasi gerbang tol, dan trase jalan tol Serpong-Cinere ruas JORR 2 Jakarta. Berikut merupakan data lalu lintas pada jalan tol Serpong-Cinere ruas JORR 2 Jakarta



**Tabel 4. 7** Data volume lalu lintas jalan tol Serpong-Cinere (kend/hari)

		Volume Lalu Lintas (kend/hari)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 0 1 9	Golongan 1	12501	14712	12013	13985	40690	35104	32979	23580	13204	12827
		a	b	c	d	e	f	g	h		
		2433	1251	6520	10333	1174	4875	4781	7120		
	Golongan 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		474	557	455	529	1541	1330	1249	893	500	486
		a	b	c	d	e	f	g	h		
	Golongan 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		127	150	122	142	414	358	336	240	134	131
		a	b	c	d	e	f	g	h		
	Golongan 4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		98	116	94	110	319	276	259	185	104	101
		a	b	c	d	e	f	g	h		
	Golongan 5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		64	75	61	71	207	179	168	120	67	65
		a	b	c	d	e	f	g	h		
			12	6	33	53	6	25	24	36	

(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)

**Tabel 4. 8** Data volume lalu lintas jalan tol Serpong-Cinere (kend/hari)

		Volume Lalu Lintas (kend/hari)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 0 2 4	Golongan 1	23242	24591	20657	23257	52331	45415	43301	32345	25648	21946
		a	b	c	d	e	f	g	h		
		3581	1771	9511	13744	1736	7809	7234	10107		
	Golongan 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		880	931	783	881	1982	1720	1640	1225	971	831
		a	b	c	d	e	f	g	h		
	Golongan 3	136	67	360	521	66	296	274	383		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		237	250	211	237	533	463	441	329	261	224
	Golongan 4	a	b	c	d	e	f	g	h		
36		18	97	140	18	80	74	103			
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Golongan 5	182	193	162	183	411	357	340	254	201	172	
	a	b	c	d	e	f	g	h			
	28	14	75	108	14	61	57	79			
Golongan 5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	118	125	105	118	267	231	221	165	131	112	
	a	b	c	d	e	f	g	h			
		18	9	48	70	9	40	37	51		

(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)

**Tabel 4. 9** Data volume lalu lintas jalan tol Serpong-Cinere (kend/hari)

Volume Lalu Lintas (kend/hari)											
2 0 2 9	Golongan 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		36852	37336	32146	34384	65009	56302	52056	42002	43880	35651
		a	b	c	d	e	f	g	h		
		4591	2353	12668	16925	2364	11093	9649	12966		
	Golongan 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		1396	1414	1218	1302	2462	2133	1972	1591	1662	1350
		a	b	c	d	e	f	g	h		
		174	89	480	641	90	420	365	491		
	Golongan 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		375	380	327	350	662	573	530	428	447	363
		a	b	c	d	e	f	g	h		
		47	24	129	172	24	113	98	132		
	Golongan 4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		289	293	252	270	510	442	409	330	345	280
		a	b	c	d	e	f	g	h		
		36	18	99	133	19	87	76	102		
	Golongan 5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		188	190	164	175	331	287	265	214	223	182
a		b	c	d	e	f	g	h			
	23	12	65	86	12	56	49	66			

(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)

**Tabel 4. 10** Data volume lalu lintas jalan tol Serpong-Cinere (kend/hari)

		Volume Lalu Lintas (kend/hari)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 0 3 4	Golongan 1	50029	49592	44269	45058	75947	64820	59755	50061	61587	50232
		a	b	c	d	e	f	g	h		
		5485	2848	15246	19956	2962	1438	11880	15392		
	Golongan 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		1895	1882	1677	1707	2877	2455	2263	1896	2333	1903
		a	b	c	d	e	f	g	h		
	Golongan 3	208	108	577	756	112	545	450	583		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		510	506	451	459	774	660	609	510	627	512
	Golongan 4	a	b	c	d	e	f	g	h		
		56	29	155	203	30	147	121	157		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Golongan 5	393	390	348	354	596	509	469	393	484	394
		a	b	c	d	e	f	g	h		
		43	22	120	157	23	113	93	121		
	Golongan 5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
255		253	225	229	387	330	304	225	314	256	
a		b	c	d	e	f	g	h			
		28	15	78	102	15	73	61	78		

(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)

**Tabel 4. 11** Data volume lalu lintas jalan tol Serpong-Cinere (kend/hari)

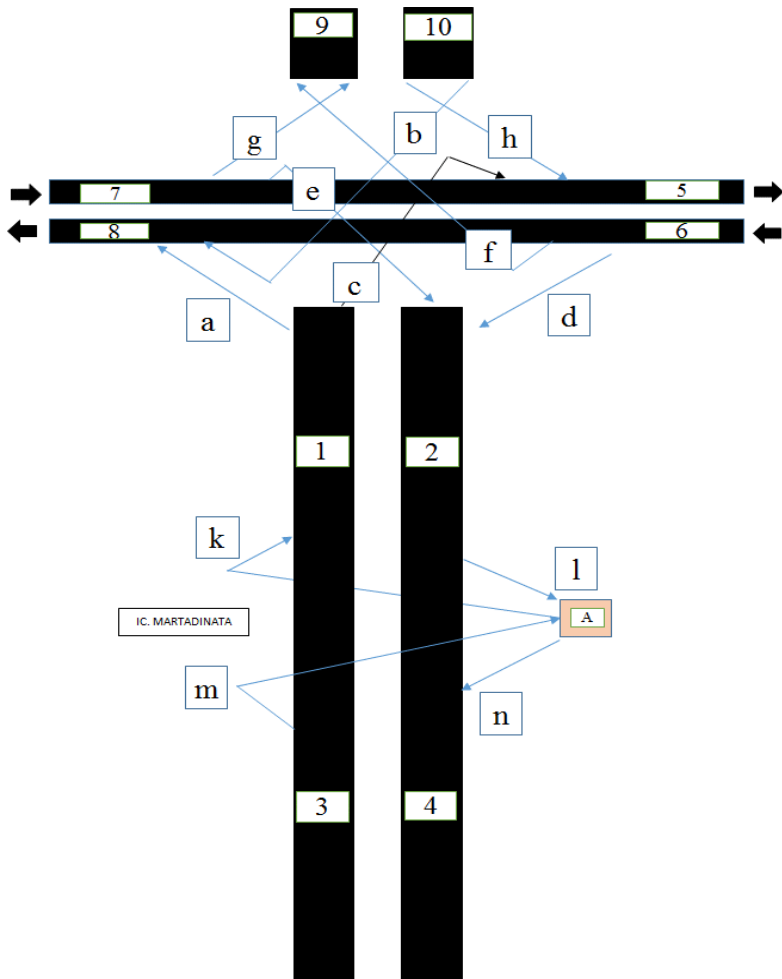
		Volume Lalu Lintas (kend/hari)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 0 4 0	Golongan 1	61364	60869	55272	55596	88135	72967	68854	58843	77141	67534
		a	b	c	d	e	f	g	h		
		6245	3312	17424	23456	3506	16491	13703	17405		
	Golongan 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		2324	2306	2094	2106	3338	2764	2608	2229	2922	2558
		a	b	c	d	e	f	g	h		
	Golongan 3	237	125	660	892	133	625	519	659		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		625	620	563	566	898	743	701	599	786	688
	Golongan 4	a	b	c	d	e	f	g	h		
		64	34	177	240	36	168	140	177		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Golongan 5	482	478	434	437	692	573	541	462	606	530	
	a	b	c	d	e	f	g	h			
	49	26	137	185	28	129	108	137			
Golongan 5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	313	310	281	283	449	372	351	300	393	344	
	a	b	c	d	e	f	g	h			
		32	17	89	120	18	84	70	89		

(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)

**Tabel 4. 12** Data volume lalu lintas jalan tol Serpong-Cinere (kend/hari)

		Volume Lalu Lintas (kend/hari)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 0 4 5	Golongan 1	69497	70188	64424	64262	98584	79623	76863	66685	89910	82474
		a	b	c	d	e	f	g	h		
		6785	3677	19124	26599	3960	32008	15342	18964		
	Golongan 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		2632	2657	2440	2434	3734	3016	2911	2526	3406	3124
		a	b	c	d	e	f	g	h		
	Golongan 3	257	139	724	1008	150	1215	581	718		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		708	715	656	655	1004	811	783	679	916	840
	Golongan 4	a	b	c	d	e	f	g	h		
		69	37	195	271	40	327	156	193		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Golongan 5	546	551	506	505	774	625	603	524	706	648	
	a	b	c	d	e	f	g	h			
	53	29	150	209	31	252	120	149			
Golongan 5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	364	357	328	327	502	406	391	340	458	420	
	a	b	c	d	e	f	g	h			
		35	19	97	135	20	163	78	97		

(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)



**Gambar 4. 1** Diagramatik Proyeksi Lalu Lintas Jalan Tol Serpong-Cinere

(Sumber: PT. Cinere Serpong Jaya, 2018)

Keterangan gambar:

- 1 dan 3 adalah jalan tol Serpong-Cinere menuju jalan tol Jakarta-Serpong arah BSD City
- 2 dan 4 adalah jalan tol Serpong-Cinere arah ke Cinere
- 6 dan 8 adalah jalan tol Jakarta-Serpong arah ke BSD City
- 5 dan 7 adalah jalan tol Jakarta-Serpong arah ke Ulujami, Pondok Indah, dan Jakarta
- E adalah kendaraan dari jalan tol Jakarta-Serpong arah BSD City menuju ke jalan tol Serpong-Cinere
- D adalah kendaraan dari jalan tol Jakarta-Serpong arah Jakarta menuju ke jalan tol Serpong-Cinere
- L adalah kendaraan dari jalan tol Serpong-Cinere keluar menuju ke RE. Martadinata
- N adalah kendaraan dari RE. Martadinata masuk ke jalan tol Serpong-Cinere arah Cinere
- M adalah kendaraan dari Cinere keluar RE. Martadinata
- K adalah kendaraan dari RE.Martadinta masuk jalan tol Serpong-Cinere arah Serpong
- C adalah kendaraan dari jalan tol Serpong-Cinere keluar menuju ke jalan tol Jakarta-Serpong arah Jakarta
- A adalah kendaraan dari jalan tol Serpong-Cinere keluar menuju jalan tol Jakarta-Serpong arah BSD City



## **BAB V**

### **ANALISIS DATA dan PEMBAHASAN**

#### **5.1 Analisis Volume Lalu Lintas**

Pada pembahasan ini, akan dilakukan perhitungan volume lalu lintas yang sudah didapatkan sebelumnya. Data volume lalu lintas jalan tol Serpong-Cinere merupakan jumlah kendaraan total pada masing-masing ruas jalan tol Serpong-Cinere. Adapun kendaraan yang masuk jalan tol Serpong-Cinere merupakan kendaraan dari jalan tol sebelumnya yaitu jalan tol Jakarta-Serpong baik dari arah BSD City maupun dari arah sebaliknya yaitu Jakarta. Data sekunder yang didapatkan dari instansi terkait yaitu PT. Cinere Serpong Jaya merupakan data volume kendaraan dari setiap golongan 1 sampai dengan golongan 5.

#### **5.2 Matriks Asal Tujuan**

Perhitungan matriks asal tujuan digunakan untuk mengetahui pembebanan kendaraan dari zona asal ke zona tujuan. Dalam perhitungan ini digunakan matriks asal tujuan dengan menggunakan *trip assignment all or nothing* yang dikombinasikan dengan metode *furness*. Dimana data yang dimasukan adalah volume kend/hari yang didapatkan dari data sekunder sebelumnya. Berikut penjabaran perhitungan dari matriks asal tujuan golongan I pada tahun 2019 jalan tol Serpong-Cinere:

**Tabel 5. 1** Matriks Asal Tujuan Golongan I Jalan Tol Serpong-Cinere

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	1	1	1	1	1
BSD	1	0	1	1	1	1
Jakarta	1	1	0	1	1	1
Serpong	1	1	1	0	1	1
IC Martadinata	1	1	1	1	0	1
Cinere	1	1	1	1	1	0
d	5	5	5	5	5	5
D	13204	2433	6520	12501	5235	13985
fd	2640,8	486,6	1304	2500,2	1047	2797

	o	O	fo
		<b>b</b>	
5	12827	2565,4	
5	1174	234,8	
5	10333	2066,6	
5	14712	2942,4	
5	2819	563,8	
5	12013	2402,6	
	53878		
			<b>a</b>

**c**

**Tabel 5. 2** Hasil Iterasi 1 Golongan I Jalan Tol Serpong-Cinere

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere	o	O	fo
Kunciran	0	2565,4	2565,4	2565,4	2565,4	2565,4	12827	12827	1
BSD	234,8	0	234,8	234,8	234,8	234,8	1174	1174	1
Jakarta	2066,6	2066,6	0	2066,6	2066,6	2066,6	10333	10333	1
Serpong	2942,4	2942,4	2942,4	0	2942,4	2942,4	14712	14712	1
IC Martadinata	563,8	563,8	563,8	563,8	0	563,8	2819	2819	1
Cinere	2402,6	2402,6	2402,6	2402,6	2402,6	0	12013	12013	1
d	8210,2	10540,8	8709	7833,2	10211,8	8373			
D	13204	2433	6520	12501	5235	13985			
fd	1,608243	0,230817	0,748651	1,5959	0,51264224	1,67025			

d

e

f

**Tabel 5. 3 Hasil Iterasi 2 Golongan I Jalan Tol Serpong-Cinere**

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere	o	O	fo
Kunciran	0	592,1389	1920,589	4094,120589	1315,1324	4284,858	12206,84	12827	1,050804
BSD	377,6156	0	175,7832	374,7172037	120,368397	392,1746	1440,659	1174	0,814905
Jakarta	3323,596	477,0072	0	3298,085916	1059,42645	3451,738	11609,85	10333	0,89002
Serpong	4732,095	679,1571	2202,83	0	1508,39852	4914,542	14037,02	14712	1,048085
IC Martadinata	906,7276	130,1348	422,0893	899,7681407	0	941,6867	3300,407	2819	0,854137
Cinere	3863,966	554,5619	1798,708	3834,30815	1231,67424	0	11283,22	12013	1,064679
d	13204	2433	6520	12501	5235	13985		53878	
D	13204	2433	6520	12501	5235	13985	53878		
fd	1	1	1	1	1	1			

Diagram showing flow between variables:

- A box labeled 'g' has an arrow pointing to the 'Cinere' column header.
- A box labeled 'h' has an arrow pointing to the '1' value in the 'fd' row, 'Cinere' column.
- The value '1,064679' in the 'fo' column, 'Cinere' row is highlighted with a red box, and an arrow points from it to the 'h' box.

Berikut merupakan keterangan dari analisis perhitungan matriks model *furness*:

- a dari hasil  $12287 : 5 = 2565$
- b dan c didapatkan dari data sekunder jalan tol Serpong-Cinere
- d didapatkan dari hasil a  $(2565) \times 1 = 2565$
- e dari hasil  $2402,6 + 2402,6 + 2402,6 + 2402,6 + 2402,6 = 12013$  dan  $8373$  merupakan hasil dari  $2565,4 + 234,8 + 2066,6 + 2942,4 + 563,8$
- f didapatkan dari hasil  $13985 : 8373 = 1,67025$
- g didapatkan dari hitungan iterasi 1 dimana asal Kunciran menuju Cinere sebanyak  $2565,14 \times 1,67025 = 4284,858$
- h didapatkan dari hasil  $13985 : 13985 = 1$

Setelah melakukan perhitungan menggunakan model *furness* sampai dengan iterasi ke 20 maka dapat ditentukan matriks asal tujuan jalan tol Serpong-Cinere untuk golongan I-V. Berikut merupakan hasil rekapitulasi untuk matriks asal tujuan jalan tol Serpong-Cinere untuk tahun 2019.

**Tabel 5. 4** Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong – Cinere Golongan I

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	616	1950	4346	1362	4553
BSD	309	0	138	308	96	322
Jakarta	2962	417	0	2945	923	3086
Serpong	5003	705	2232	0	1559	5213
IC Martadinata	778	110	347	774	0	811
Cinere	4152	585	1853	4129	1294	0

**Tabel 5. 5** Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong – Cinere Golongan II

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	24	85	149	48	180
BSD	12	0	6	10	3	12
Jakarta	168	23	0	144	47	175
Serpong	121	17	59	0	34	126
IC Martadinata	34	5	17	29	0	35
Cinere	165	23	80	141	46	0

**Tabel 5. 6** Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong – Cinere Golongan III

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	6	18	40	24	43
BSD	3	0	1	3	2	3
Jakarta	28	4	0	28	16	29
Serpong	47	7	21	0	27	49
IC Martadinata	18	3	8	18	0	19
Cinere	39	6	17	38	22	0

**Tabel 5. 7** Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong – Cinere Golongan IV

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	5	15	32	16	34
BSD	5	0	2	5	2	5
Jakarta	22	3	0	22	11	23
Serpong	37	5	17	0	18	39
IC Martadinata	9	1	4	9	0	9
Cinere	31	4	14	30	15	0

**Tabel 5. 8** Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong – Cinere Golongan V

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	3	10	23	5	24
BSD	2	0	1	2	0	2
Jakarta	15	2	0	16	4	16
Serpong	26	4	12	0	6	27
IC Martadinata	2	0	1	2	0	2
Cinere	22	3	10	22	5	0



### 5.3 Analisis Tingkat Kedatangan ( $\lambda$ )

Pada perhitungan sebelumnya, matriks asal tujuan yang didapat pada sub-bab 5.2 masih merupakan volume kendaraan lalu lintas harian rata-rata tahunan berdasarkan asal dan tujuan kendaraan. Mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 No.3 dimana volume kendaraan/hari harus dikalikan dengan nilai faktor k yaitu sebesar 11% agar menjadi data lalu lintas volume kendaraan/jam. Jalan tol Serpong-Cinere merupakan jalan tol dengan 6 lajur 2 jalur 2 arah. Berikut merupakan tabel untuk perencanaan tipikal JBH6/2 berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014.

Tipe	JBH4/2	JBH6/2
Fungsi jalan	Arteri atau kolektor	Arteri atau kolektor
Jalur lalu lintas	2x2 lajur (masing-masing lebar lajur 3,50m)	3x2 lajur (masing-masing lebar lajur 3,50m)
Median	Ada	Ada
Bahu jalan	Lebar bahu efektif rata-rata: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3,0m (dalam 0,50m dan luar 2,50m) per arah pada medan datar dan perbukitan;</li> <li>• 2,0m (dalam 0,25m dan luar 1,50m) per arah pada medan pegunungan.</li> </ul>	Lebar bahu efektif rata-rata: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3,0m (dalam 0,50m dan luar 2,50m) per arah pada medan datar dan perbukitan;</li> <li>• 2,0m (dalam 0,25m dan luar 1,50m) per arah pada medan pegunungan.</li> </ul>
Jarak pandang	75% dari segmen mempunyai jarak pandang $\geq$ 300m (KJP = A)	75% dari segmen mempunyai jarak pandang $\geq$ 300m (KJP = A)
Tipe aihemen	Datar, bukit, atau gunung	Datar, bukit, atau gunung
Lingkungan	Daerah luar kota	Daerah luar kota (umumnya pedalaman)
Komposisi lalu lintas	KR 63%; KS 25%; BB 8%; TR+TB 4%	KR 63%; KS 25%; BB 8%; TR+TB 4%
Faktor k	0,11 ( $q_{JP} = 0,11$ LHRT)	0,11 ( $q_{JP} = 0,11$ LHRT)
Pemisahan arah	50/50	50/50

**Gambar 5. 1** Anggapan Umum Untuk Perancangan Tipikal JBH4/2 dan JBH6/2 yang Ideal

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

Pada tabel 5.4 jumlah kendaraan golongan I dari arah Kunciran menuju Serpong sebesar 1106 kendaraan/hari, dimana:

$$Q_{jp} = k \times LHRT$$

Maka jumlah kendaraan pada jam puncak dari arah jakarta menuju Serpong yaitu  $1106 \times 0.11 = 122$  kend/jam

Berikut merupakan hasil rekapitulasi matriks asal tujuan golongan I-V pada tahun 2019 setelah dikalikan dengan faktor k untuk mendapatkan jumlah kendaraan pada arus jam puncak:

**Tabel 5. 9** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere Tahun 2019 Golongan I

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	68	214	478	150	501
BSD	34	0	15	34	11	35
Jakarta	326	46	0	324	102	339
Serpong	550	78	246	0	172	573
IC Martadinata	86	12	38	85	0	89
Cinere	457	64	204	454	142	0

**Tabel 5. 10** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere Tahun 2019 Golongan II

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	3	9	16	5	20
BSD	1	0	1	1	0	1
Jakarta	18	3	0	16	5	19
Serpong	13	2	7	0	4	14
IC Martadinata	4	1	2	3	0	4
Cinere	18	3	9	16	5	0

**Tabel 5. 11** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere Tahun 2019 Golongan III

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	1	2	4	3	5
BSD	0	0	0	0	0	0
Jakarta	3	0	0	3	2	3
Serpong	5	1	2	0	3	5
IC Martadinata	2	0	1	2	0	2
Cinere	4	1	2	4	2	0

**Tabel 5. 12** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere Tahun 2019 Golongan IV

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	1	2	4	2	4
BSD	1	0	0	1	0	1
Jakarta	2	0	0	2	1	3
Serpong	4	1	2	0	2	4
IC Martadinata	1	0	0	1	0	1
Cinere	3	0	2	3	2	0

**Tabel 5. 13** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere Tahun 2019 Golongan V

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	0	1	3	1	3
BSD	0	0	0	0	0	0
Jakarta	2	0	0	2	0	2
Serpong	3	0	1	0	1	3
IC Martadinata	0	0	0	0	0	0
Cinere	2	0	1	2	1	0

## 5.4 Analisis Distribusi Kendaraan

Setelah didapatkan matriks arus jam puncak, selanjutnya dilakukan analisis distribusi kendaraan masing-masing golongan ke setiap gerbang tol untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk dan keluar gerbang tol Serpong-Cinere. Karena pada jalan tol Serpong-Cinere ini menggunakan sistem tertutup terintegrasi, maka distribusi kendaraan bisa didapatkan dari hasil penjumlahan matriks asal tujuan, dimana penjumlahan secara vertikal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang keluar gerbang dan penjumlahan horizontal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk ke gerbang.

### 5.4.1 Analisis Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang

Jumlah kendaraan masuk gerbang tol didapat dengan cara melakukan penjumlahan dari distribusi kendaraan yang masuk dari setiap arah dan tujuan. Berikut merupakan tabel distribusi kendaraan masuk gerbang jalan tol Serpong-Cinere pada tahun 2019:

**Tabel 5. 14** Matriks asal tujuan jalan tol Serpong-Cinere tahun 2019

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	68	214	478	150	501
BSD	34	0	15	34	11	35
Jakarta	326	46	0	324	102	339
Serpong	550	78	246	0	172	573
IC Martadinata	86	12	38	85	0	89
Cinere	457	64	204	454	142	0

masuk

Maka dapat disimpulkan dari penjabaran diatas dimana jumlah kendaraan masuk gerbang tol Serpong –Cinere tahun 2019 dari arah Kunciran adalah  $34 + 15 + 34 + 11 + 35 = 129$  kendaraan.

### 5.4.2 Analisis Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang

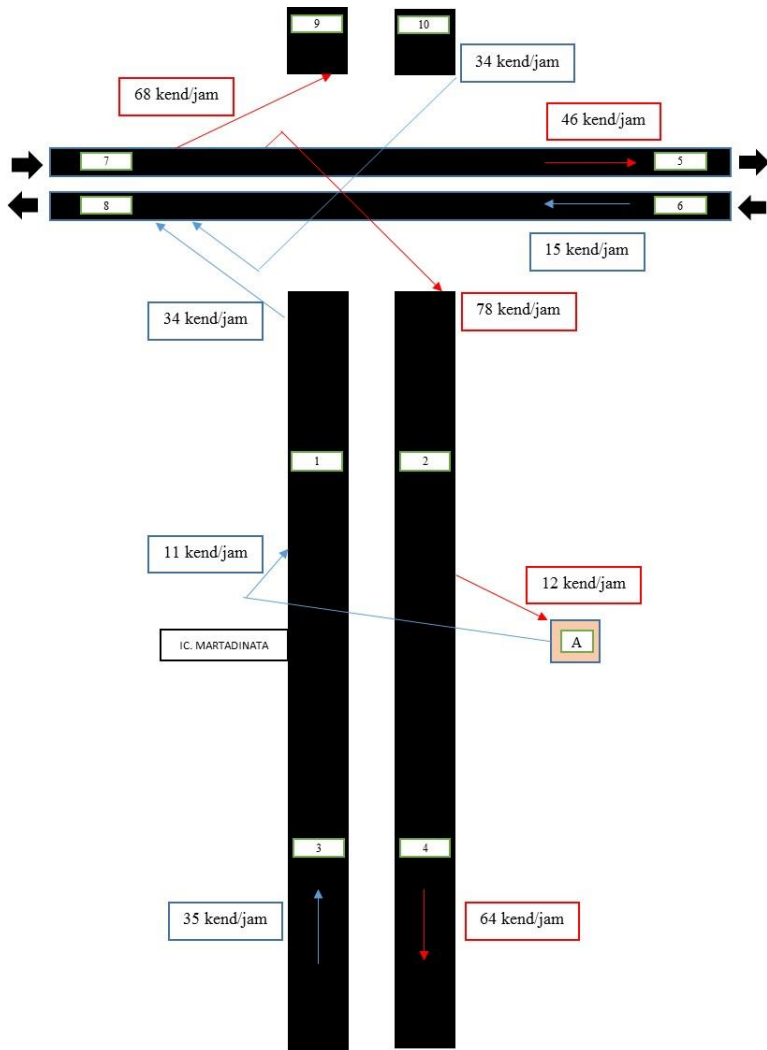
Jumlah kendaraan keluar gerbang tol didapat dengan cara melakukan penjumlahan dari distribusi kendaraan yang keluar dari tiap arah dan tujuan. Berikut merupakan tabel distribusi kendaraan keluar gerbang jalan tol Serpong-Cinere pada tahun 2019:

**Tabel 5. 15** Matriks asal tujuan jalan tol Serpong-Cinere tahun 2019

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	68	214	478	150	501
BSD	34	0	15	34	11	35
Jakarta	326	46	0	324	102	339
Serpong	550	78	246	0	172	573
IC Martadinata	86	12	38	85	0	89
Cinere	457	64	204	454	142	0

keluar

Dan untuk jumlah kendaraan yang keluar gerbang tol Serpong-Cinere tahun 2019 yaitu  $68 + 46 + 78 + 12 + 64 = 268$  kendaraan. Berikut merupakan sketsa kendaraan masuk dan keluar ditujukan seperti pada gambar 5.2



**Gambar 5. 2** Sketsa kendaraan masuk dan keluar jalan tol Serpong-Cinere tahun 2019



**Tabel 5. 16** Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang Tol Serpong-Cinere Tahun 2019

Golongan	Jumlah Kendaraan Masuk						
	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere	Jumlah Kendaraan
1	1411	129	1137	1618	310	1321	5927
2	53	5	61	39	13	50	222
3	14	1	12	17	7	13	64
4	11	2	9	13	4	10	49
5	7	1	6	8	1	7	29
Total	1497	138	1224	1695	335	1402	6291

**Tabel 5. 17** Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang Tol Serpong-Cinere Tahun 2019

Golongan	Jumlah Kendaraan Keluar						
	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere	Jumlah Kendaraan
1	1452	268	717	1375	576	1538	5927
2	55	10	27	52	19	58	222
3	15	3	7	14	10	16	64
4	11	2	6	11	7	12	49
5	7	1	4	7	2	8	29
Total	1541	284	761	1459	614	1632	6291

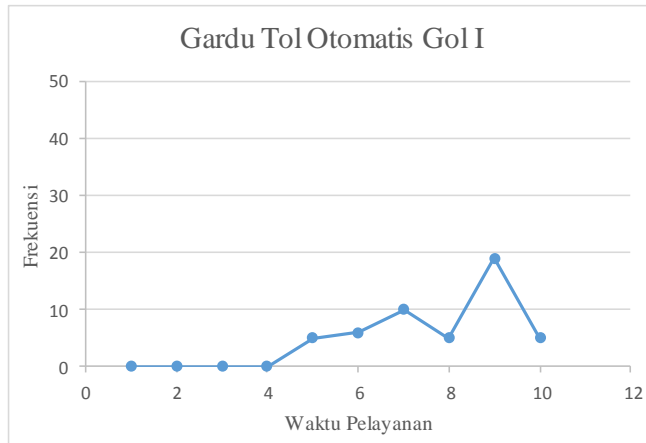
### 5.5 Analisis Waktu Pelayanan

Pada tugas akhir ini akan menganalisis waktu pelayanan pada gardu tol otomatis untuk tiap golongannya dan gardu to *On Board Unit*. Data waktu pelayanan tiap jenis gardu tol diperoleh dari survey waktu pelayanan di gerbang tol Cengkareng untuk gardu tol otomatis golongan I-V dan gerbang tol Kapuk untuk gardu *On Board Unit* (OBU) pada tanggal 1 Maret 2019.

Analisis waktu pelayanan menggunakan frekuensi kendaraan yang melintas sehingga mendapatkan frekuensi kumulatif serta presentase tiap detiknya. Berikut merupakan tabel dari frekuensi gardu tol otomatis tiap golongan dan gardu tol *On Board Unit* berdasarkan hasil survey yang telah dilakukan.

**Tabel 5. 18** Frekuensi waktu pelayanan gardu tol otomatis golongan I

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	5	5	10	10
6	6	11	12	22
7	10	21	20	42
8	5	26	10	52
9	19	45	38	90
10	5	50	10	100



**Gambar 5. 3** Grafik frekuensi dan waktu pelayanan gardu tol otomatis golongan I

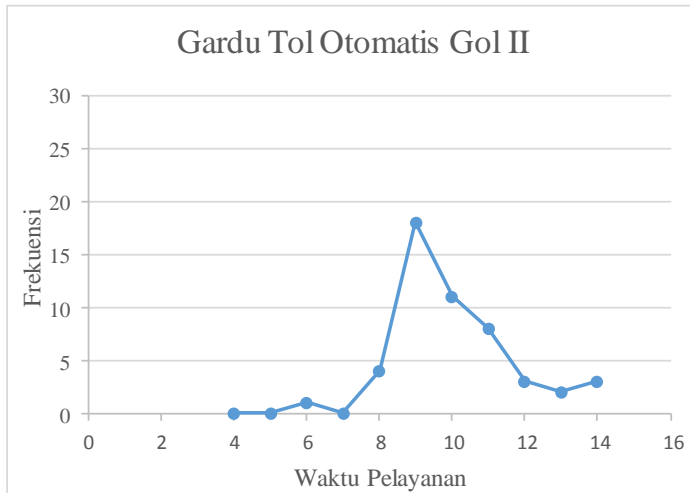
Berikut penjelasan dari tabel 5.16:

Rata-rata	: 8
Median	: 8
Modus	: 9
Presentase Kumulatif	: 50% = 7,55
	: 80% = 8,97
Waktu Pelayanan	: 8

Dalam penentuan waktu pelayanan untuk golongan I dapat dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 80%. Sehingga waktu pelayanan yang dipakai adalah 8 detik.

**Tabel 5. 19** Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol otomatis Golongan II

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	1	1	2	2
7	0	1	0	2
8	4	5	8	10
9	18	23	36	46
10	11	34	22	68
11	8	42	16	84
12	3	45	6	90
13	2	47	4	94
14	3	50	6	100



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

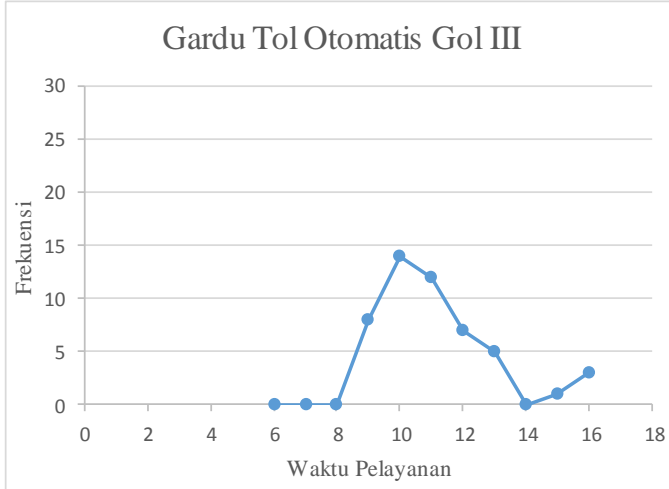
Berikut penjelasan dari tabel 5.17:

Rata-rata	: 10
Median	: 10
Modus	: 9
Presentase Kumulatif	: 50% = 9,35
	: 80% = 11,10
Waktu Pelayanan	: 10

Dalam penentuan waktu pelayanan untuk golongan II dapat dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 80%. Sehingga waktu pelayanan yang dipakai adalah 8 detik.

**Tabel 5. 20** Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	8	8	16	16
10	14	22	28	44
11	12	34	24	68
12	7	41	14	82
13	5	46	10	92
14	0	46	0	92
15	1	47	2	94
16	3	50	6	100



**Gambar 5. 5** Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III

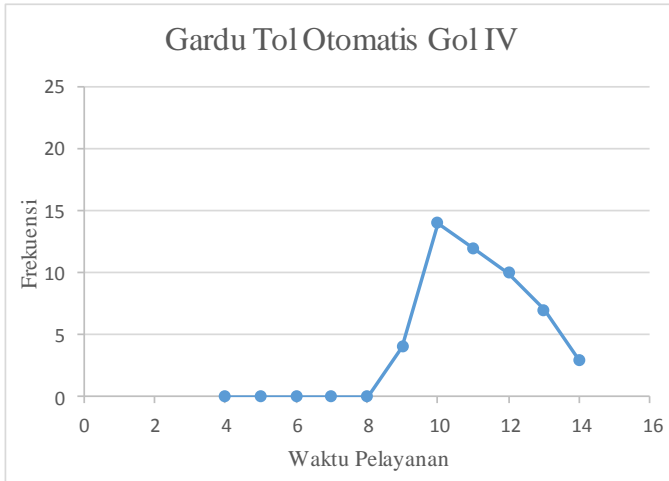
Berikut penjelasan dari tabel 5.18:

Rata-rata	: 11
Median	: 11
Modus	: 10
Presentase Kumulatif	: 50% = 10,39
	: 80% = 10,12
Waktu Pelayanan	: 10

Dalam penentuan waktu pelayanan untuk golongan III dapat dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 80%. Sehingga waktu pelayanan yang dipakai adalah 8 detik.

**Tabel 5. 21** Golongan IV Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	4	4	8	8
10	14	18	28	36
11	12	30	24	60
12	10	40	20	80
13	7	47	14	94
14	3	50	6	100



**Gambar 5. 6** Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV

Berikut penjelasan dari tabel 5.19:

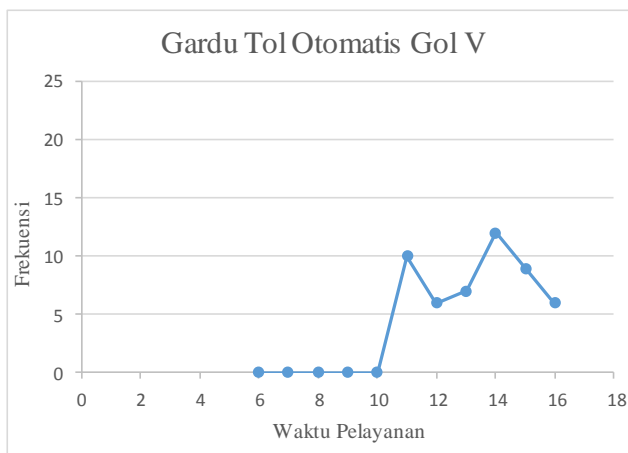
Rata-rata	: 11
Median	: 11
Modus	: 10
Presentase Kumulatif	: 50% = 10,59
	: 80% = 11.92
Waktu Pelayanan	: 11

Dalam penentuan waktu pelayanan untuk golongan IV dapat dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 80%. Sehingga waktu pelayanan yang dipakai adalah 8 detik.



**Tabel 5. 22** Golongan V Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	10	10	20	20
12	6	16	12	32
13	7	23	14	46
14	12	35	24	70
15	9	44	18	88
16	6	50	12	100



**Gambar 5. 7** Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V

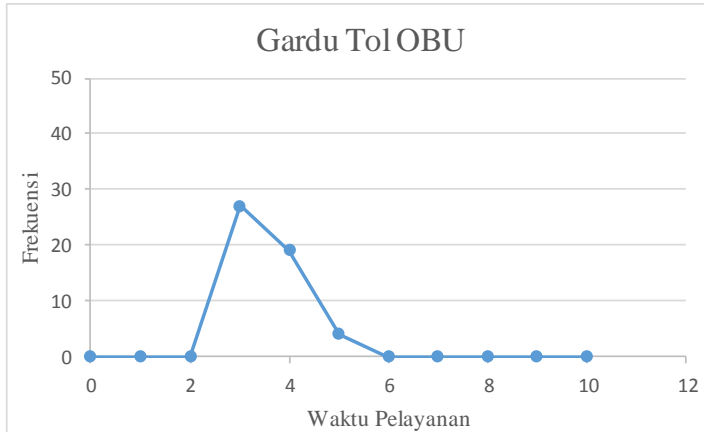
Berikut penjelasan dari tabel 5.20:

Rata-rata	: 13
Median	: 13
Modus	: 14
Presentase Kumulatif	: 50% = 13,33
	: 80% = 14,61
Waktu Pelayanan	: 14

Dalam penentuan waktu pelayanan untuk golongan V dapat dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 80%. Sehingga waktu pelayanan yang dipakai adalah 8 detik.

**Tabel 5. 23** On Board Unit (OBU)

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	27	27	54	54
4	19	46	38	92
5	4	50	8	100
6	0	50	0	0
7	0	50	0	0
8	0	50	0	0
9	0	50	0	0
10	0	50	0	0



**Gambar 5. 8** Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol *On Board Unit* Golongan I

Berikut penjelasan dari tabel 5.21:

Rata-rata	: 4
Median	: 3
Modus	: 3
Presentase Kumulatif	: 50% = 2,5
	: 80% = 2,89
Waktu Pelayanan	: 3

Dalam penentuan waktu pelayanan untuk golongan I *On Board Unit* (OBU) dapat dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 80%. Sehingga waktu pelayanan yang dipakai adalah 8 detik.

## 5.6 Analisis Intensitas Lalu Lintas

Pada perencanaan gerbang tol Serpong-Cinere selanjutnya setelah mendapatkan tingkat kedatangan setiap gerbang tol adalah menganalisis intensitas lalu lintas untuk mengetahui intensitas setiap gardu tol otomatis dan gardu tol *On Board Unit* (OBU). Untuk menganalisis intensitas lalu lintas menggunakan waktu pelayanan berdasarkan survey waktu pelayanan yang telah dilakukan di gerbang tol Cengkareng dan Kapuk. Nantinya sistem gerbang tol yang digunakan pada jalan tol Serpong-Cinere menggunakan sistem tertutup terintegrasi. Berikut merupakan hasil rekapitulasi survey waktu pelayanan pada gerbang tol Cengkareng dan Kapuk.

**Tabel 5. 24** Rekapitulasi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (GTO)

Waktu Pelayanan Gerbang Tol Cengkareng dan Kapuk					
GTO Masuk	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	8	10	10	11	14
GTO Keluar	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	8	10	10	11	14
OBU	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	3	-	-	-	-

### 5.6.1 Analisis Intensitas Gerbang Serpong-Cinere

Setelah menganalisis tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan pada setiap gerbang tol Serpong-Cinere, selanjutnya dilakukan analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan untuk mengetahui intensitas setiap gardu tol yaitu gardu tol otomatis dan *On Board Unit*.

Sebelum menganalisis, diasumsikan terlebih dahulu jumlah gardu tol yang direncanakan dan dikontrol dengan perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan. Dalam perencanaan ini kendaraan golongan I menggunakan proporsi 30% masuk ke gardu tol otomatis khusus golongan I, 25% masuk ke gardu tol otomatis

dan 45% masuk ke gardu tol *On Board Unit* (OBU). Sedangkan kendaraan golongan II-V hanya masuk ke gardu tol otomatis.

Berikut merupakan contoh analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan pada gerbang tol Jakarta pada tahun 2019.

Data jumlah kendaraan yang masuk gerbang tol BSD dari Tabel 5.15, dengan perencanaan proporsi persen setiap gardu pada tahun 2019 yaitu:

Data jumlah kendaraan masuk gerbang BSD dari arah BSD dari tabel 5.13

	Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang (kend/jam)				
	BSD				
Golongan	I	II	III	IV	V
Jumlah kend ( $\lambda$ )	129	5	1	2	1

**Tabel 5. 25** Proporsi Kendaraan Masuk dan Keluar Gardu Tol

	GTO khusus	GTO	OBU
Proporsi %	30	25	45

Contoh Perhitungan:

$$\lambda_1 \text{ GTO gol I} \quad : 129 \times 25\% = 32 \text{ kend}$$

$$\text{Waktu pelayanan Golongan 1} \quad : 8 \text{ detik}$$

$$\mu_1 \text{ GTO Gol 1} \quad : \frac{3600}{8} = 450 \text{ detik}$$

$$\lambda_1 \text{ GTO golongan 2-5} \quad : 5 + 1 + 2 + 1 = 9 \text{ kend}$$

$$\lambda_1 \text{ GTO gol 1-5} \quad : 32 + 9 = 41 \text{ kend}$$

berdasarkan tabel 5.23 setiap golongan mempunyai waktu pelayanan yang berbeda. Maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut berdasarkan tabel 5.23:

**Tabel 5. 26** Intensitas Gerbang Serpong-Cinere

Intensitas Gerbang BSD					
GTO Masuk	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	8	10	10	11	14
$\mu$ (detik)	450	360	360	327,2727	257,1429
$\lambda$ (kend/jam)	32	5	1	2	1
$\lambda$ total	41				
$\sum(\mu * \lambda)$	14528,25	1742,4	475,2	684	169,7143
$\mu$ (kend/jam) ( $\lambda$ total / $\sum$ )	427				

Untuk intensitas gerbang Jakarta, gerbang RE Martadinata dilakukan perhitungan seperti diatas. Maka dapat disimpulkan sebagai berikut untuk tingkat pelayanan pada setiap gerbang:

**Tabel 5. 27** Tingkat Pelayanan Tiap Gerbang Serpong-Cinere

Gerbang BSD	
GTO Masuk	$\mu$ (kend/jam)
	427
Gerbang Jakarta	
GTO Masuk	$\mu$ (kend/jam)
	426
Gerbang RE. Martadinata	
GTO Masuk	$\mu$ (kend/jam)
	426

$\lambda_2$  GTO khusus gol I : 129 x 30% = 39 kend

Waktu pelayanan Golongan 1 : 8 detik

$\mu_2$  GTO Khusus Gol 1 :  $\frac{3600}{8} = 450$  detik

$\lambda_3$  OBU khusus gol I : 129 x 45% = 58 kend

Waktu pelayanan OBU : 3 detik

$\mu_3$  GTO Khusus Gol 1 :  $\frac{3600}{3} = 1200$  detik

berikut perhitungan untuk gardu tol masuk, keluar dan gardu tol *On Board Unit* (OBU):

### 1. Gerbang BSD (gardu masuk):

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

Jumlah GTO khusus gol 1 : 1 gardu

Jumlah gardu OBU : 1 gardu

$\lambda_1$  GTO : 41 kend

$\mu_1$ GTO	: 427 kend/jam
$\lambda_2$ GTO khusus gol I	: 39 kend
$\mu_2$ GTO khusus gol 1	: 450 kend/jam
$\lambda_3$ OBU khusus gol I	: 58 kend
$\mu_3$ OBU khusus gol 1	: 1200 kend/jam

➤ Gardu tol otomatis:

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1/N}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{41/1}{427}$$

$$\rho_1 = 0,097 < 1 \text{ (OK)}$$

➤ GTO khusus gol 1:

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2/N}{\mu_1}$$

$$\rho_2 = \frac{39/1}{450}$$

$$\rho_2 = 0,086 < 1 \text{ (OK)}$$

➤ Gardu tol *On Board Unit*:

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3/N}{\mu_1}$$

$$\rho_3 = \frac{58/1}{1200}$$

$$\rho_3 = 0,048 < 1 \text{ (OK)}$$

dari hasil perhitungan diatas untuk semua gardu menghasilkan  $\rho < 1$ , maka perencanaan 3 gardu tol masing-masing gardu tol



otomatis, gto khusus dan *on board unit* adalah 1 pada gardu masuk gerbang BSD sudah aman.

Data jumlah kendaraan keluar gerbang Jakarta dari tabel 5.16

	Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang (kend/jam)				
	Jakarta				
Golongan	I	II	III	IV	V
Jumlah kend ( $\lambda$ )	268	10	3	2	1

Contoh Perhitungan:

$$\lambda_1 \text{ GTO gol I} : 268 \times 25\% = 67 \text{ kend}$$

$$\text{Waktu pelayanan Golongan 1} : 8 \text{ detik}$$

$$\mu_1 \text{ GTO Gol 1} : \frac{3600}{8} = 450 \text{ detik}$$

$$\lambda_1 \text{ GTO golongan 2-5} : 10 + 3 + 2 + 1 = 16 \text{ kend}$$

$$\lambda_1 \text{ GTO gol 1-5} : 67 + 16 = 83 \text{ kend}$$

**Tabel 5. 28** Intensitas gerbang keluar Serpong-Cinere

Intensitas Gerbang BSD					
GTO Keluar	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	8	10	10	11	14
$\mu$ (detik)	450	360	360	327,2727	257,1429
$\lambda$ (kend/jam)	67	10	3	2	1
$\lambda$ total	83				
$\sum(\mu * \lambda)$	30108,38	3643,2	990	684	339,4286
$\mu$ (kend/jam) ( $\lambda$ total / $\sum$ )	430				

Untuk intensitas gerbang JAKarta, gerbang RE Martadinata dilakukan perhitungan seperti diatas. Maka dapat disimpulkan sebagai berikut untuk tingkat pelayanan pada setiap gerbang:

**Tabel 5. 29** Tingkat Pelayanan Tiap Gerbang Serpong-Cinere

Gerbang BSD	
GTO Keluar	$\mu$ (kend/jam)
	430
Gerbang Jakarta	
GTO Keluar	$\mu$ (kend/jam)
	430
Gerbang RE. Martadinata	
GTO Keluar	$\mu$ (kend/jam)
	428

$\lambda_2$  GTO khusus gol I : 268 x 30% = 80 kend

Waktu pelayanan Golongan 1 : 8 detik

$\mu_2$  GTO Khusus Gol 1 :  $\frac{3600}{8} = 450$  detik

$\lambda_3$  OBU khusus gol I : 268 x 45% = 120 kend

Waktu pelayanan OBU : 3 detik detik

$\mu_3$  GTO Khusus Gol 1 :  $\frac{3600}{3} = 1200$

berikut perhitungan untuk gardu tol masuk, keluar dan gardu tol *On Board Unit* (OBU):

## 2. Gerbang BSD (gardu keluar):

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

Jumlah GTO khusus gol 1 : 1 gardu

Jumlah gardu OBU : 1 gardu

$\lambda_1$  GTO : 83 kend

$\mu_1$  GTO : 430 kend/jam

$\lambda_2$  GTO khusus gol I : 80 kend

$\mu_2$  GTO khusus gol 1 : 450 kend/jam

$\lambda_3$  OBU khusus gol I : 120 kend

$\mu_3$  OBU khusus gol 1 : 1200 kend/jam

➤ Gardu tol otomatis:

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1/N}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{83/1}{430}$$

$$\rho_1 = 0,195 < 1 \text{ (OK)}$$

➤ GTO khusus gol 1:

$$\rho_1 = \frac{\lambda_2/N}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{80/1}{450}$$

$$\rho_1 = 0,178 < 1 \text{ (OK)}$$

➤ Gardu tol *On Board Unit*:

$$\rho_1 = \frac{\lambda_3/N}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{120/1}{1200}$$

$$\rho_1 = 0,100 < 1 \text{ (OK)}$$

dari hasil perhitungan diatas untuk semua gardu menghasilkan  $\rho < 1$ , maka perencanaan 3 gardu tol masing-masing gardu tol otomatis, gto khusus dan *on board unit* adalah 1 pada gardu keluar gerbang BSD sudah aman.

## 5.7 Analisis Antrian pada gerbang Tol

Analisis antrian pada gerbang tol Serpong-Cinere menggunakan analisis antrian FIFO. Analisis antrian pada gerbang dilakukan untuk mengetahui panjang antrian yang terjadi dan waktu mengantri pada gerbang tol. Analisis antrian ini menggunakan jumlah gardu tol yang sama pada analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan.

Berikut merupakan contoh perhitungan antrian gerbang tol Serpong-Cinere tahun 2019:

## 1. Gerbang BSD (gardu masuk):

**Tabel 5. 30** Rekapitulasi Gerbang BSD (Gardu Masuk)

Gerbang BSD (gardu masuk)				
Gardu Tol Otomatis (GTO)	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho 1$
	1	423	41	0.097
Gardu Tol Otomatis Khusus	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho 1$
	1	450	39	0.086
Gardu Tol On Board Unit	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho 1$
	1	1200	58	0.048

### ➤ Gardu tol otomatis:

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.097}{1-0.097} = 0.108 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.097^2}{1-0.097} = 0.011 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{423 - 41/1} \times 3600 = 9.430 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 9.430 - \frac{1}{423} \times 3600 = 0.918 \text{ detik}$$

### ➤ Gardu tol otomatis khusus:

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.086}{1-0.086} = 0.094 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.086^2}{1-0.086} = 0.008 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{450 - 39/1} \times 3600 = 8.75 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 8.75 - \frac{1}{450} \times 3600 = 0.754 \text{ detik}$$

➤ **Gardu tol *On Board Unit*:**

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.048}{1-0.048} = 0.051 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.048^2}{1-0.048} = 0.002 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{1200 - 58/1} \times 3600 = 3.15 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 3.15 - \frac{1}{1200} \times 3600 = 0.15 \text{ detik}$$

**2. Gerbang BSD (gardu keluar):**

**Tabel 5. 31** Rekapitulasi Gerbang BSD (gardu keluar)

Gerbang BSD (gardu keluar)				
Gardu Tol Otomatis (GTO)	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho_1$
	1	426	83	0.195
Gardu Tol Otomatis Khusus	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho_1$
	1	450	80	0.178
Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho_1$
	1	1200	120	0.100

➤ **Gardu tol otomatis:**

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.195}{1-0.195} = 0.24 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.195^2}{1-0.195} = 0.05 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{426 - 83/1} \times 3600 = 10.5 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 10.5 - \frac{1}{420} \times 3600 = 2.05 \text{ detik}$$

➤ **Gardu tol otomatis khusus:**

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.178}{1 - 0.178} = 0.22 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.178^2}{1 - 0.178} = 0.04 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{450 - 80/1} \times 3600 = 9.73 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 9.73 - \frac{1}{450} \times 3600 = 1.74 \text{ detik}$$

➤ **Gardu tol *On Board Unit*:**

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.100}{1 - 0.10} = 0.11 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.100^2}{1 - 0.100} = 0.01 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{1200 - 120/1} \times 3600 = 3.34 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 3.34 - \frac{1}{1200} \times 3600 = 0.34 \text{ detik}$$

### **5.8 Perencanaan Gerbang Tol Serpong-Cinere tahun 2024**

Perencanaan gerbang tol Serpong-Cinere pada tahun 2024 dilakukan untuk mengetahui kemampuan gerbang tol dalam melayani kendaraan yang lewat setelah adanya peningkatan pertumbuhan jumlah kendaraan dari perencanaan sebelumnya yaitu tahun 2019. Data yang digunakan dalam perencanaan ini sama dengan data-data yang digunakan pada perencanaan gerbang tol Serpong-Cinere pada tahun 2019, yaitu data lalu lintas. Setelah itu dilakukan tahap yang sama pada perencanaan sebelumnya, yaitu membuat matriks asal tujuan dengan menggunakan *trip assignment all or nothing* yang dikombinasikan dengan metode *furness*. Berikut merupakan matriks asal tujuan tol Serpong-Cinere tahun 2024:



**Tabel 5. 32** Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan I

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	987	2968	8955	715	8321
BSD	543	0	169	510	41	474
Jakarta	4600	475	0	4315	345	4009
Serpong	10417	1077	3238	0	780	9079
IC Martadinata	1577	163	490	1479	0	1374
Cinere	8511	880	2646	7983	637	0

**Tabel 5. 33** Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan II

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	35	104	308	95	289
BSD	19	0	6	18	6	17
Jakarta	162	17	0	152	47	142
Serpong	360	38	114	0	104	315
IC Martadinata	134	14	42	125	0	117
Cinere	296	31	94	277	85	0

**Tabel 5. 34** Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan III

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	9	26	77	40	72
BSD	5	0	2	5	2	4
Jakarta	41	4	0	38	20	36
Serpong	89	10	29	0	44	79
IC Martadinata	51	5	17	48	0	45
Cinere	74	8	24	69	36	0

**Tabel 5. 35** Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan IV

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	7	21	63	22	59
BSD	4	0	1	4	1	4
Jakarta	33	4	0	31	11	29
Serpong	73	8	23	0	24	65
IC Martadinata	30	3	10	28	0	27
Cinere	60	6	19	56	20	0

**Tabel 5. 36** Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan V

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	5	14	40	16	38
BSD	3	0	1	2	1	2
Jakarta	21	2	0	20	8	19
Serpong	47	5	15	0	17	41
IC Martadinata	21	2	7	19	0	18
Cinere	39	4	12	36	14	0

### 5.8.1 Analisis Tingkat Kedatangan

Setelah mendapatkan matriks asal tujuan tol Serpong-Cinere pada perhitungan sebelumnya, dilakukan kembali tahap yang sama yaitu mengkalikan nilai dari matriks asal tujuan tersebut dengan faktor  $k$  agar menjadi arus jam puncak yang mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 No.3. Nilai  $K$  yang digunakan yaitu sebesar 11%. Berikut merupakan matriks asal tujuan pada tahun 2024 setelah dikalikan dengan faktor  $k$ .

Contoh perhitungan dari matriks asal tujuan pada tahun 2024 untuk menjadi arus jam puncak adalah sebagai berikut:

Pada tabel 5.31 jumlah kendaraan golongan I dari arah Kunciran menuju BSD sebesar 987 kendaraan/hari, dimana:

$$Q_{jp} = k \times LHRT$$

Maka jumlah kendaraan pada jam puncak dari arah jakarta menuju Serpong yaitu  $987 \times 0.11 = 109$  kend/jam

Berikut merupakan hasil rekapitulasi matriks asal tujuan golongan I-V pada tahun 2024 setelah dikalikan dengan faktor  $k$  untuk mendapatkan jumlah kendaraan pada arus jam puncak:

**Tabel 5. 37** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2024 Golongan I

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	109	326	985	79	915
BSD	60	0	19	56	4	52
Jakarta	506	52	0	475	38	441
Serpong	1146	118	356	0	86	999
IC Martadinata	173	18	54	163	0	151
Cinere	936	97	291	878	70	0

**Tabel 5. 38** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2024 Golongan II

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	4	11	34	10	32
BSD	2	0	1	2	1	2
Jakarta	18	2	0	17	5	16
Serpong	40	4	13	0	11	35
IC Martadinata	15	2	5	14	0	13
Cinere	33	3	10	30	9	0

**Tabel 5. 39** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2024 Golongan III

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	1	3	8	4	8
BSD	1	0	0	1	0	0
Jakarta	5	0	0	4	2	4
Serpong	10	1	3	0	5	9
IC Martadinata	6	1	2	5	0	5
Cinere	8	1	3	8	4	0

**Tabel 5. 40** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2024 Golongan IV

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	1	2	7	2	6
BSD	0	0	0	0	0	0
Jakarta	4	0	0	3	1	3
Serpong	8	1	3	0	3	7
IC Martadinata	3	0	1	3	0	3
Cinere	7	1	2	6	2	0

**Tabel 5. 41** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2024 Golongan V

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	1	2	4	2	4
BSD	0	0	0	0	0	0
Jakarta	2	0	0	2	1	2
Serpong	5	1	2	0	2	5
IC Martadinata	2	0	1	2	0	2
Cinere	4	0	1	4	2	0

### 5.8.2 Analisis Distribusi Kendaraan

Setelah didapatkan matriks arus jam puncak, selanjutnya dilakukan analisis distribusi kendaraan masing-masing golongan ke setiap gerbang tol untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk dan keluar gerbang tol Serpong-Cinere. Karena pada jalan tol Serpong-Cinere ini menggunakan sistem tertutup, maka distribusi kendaraan bisa didapatkan dari hasil penjumlahan matriks asal tujuan, dimana penjumlahan secara vertikal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang keluar gerbang dan penjumlahan horizontal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk ke gerbang.

### 5.8.3 Analisis Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang

Jumlah kendaraan masuk gerbang tol didapat dengan cara melakukan penjumlahan dari distribusi kendaraan yang masuk dari setiap arah dan tujuan. Berikut merupakan tabel distribusi kendaraan masuk gerbang jalan tol Serpong-Cinere pada tahun 2024:

**Tabel 5. 42** Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong-Cinere Tahun 2024

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	109	326	985	79	915
BSD	60	0	19	56	4	52
Jakarta	506	52	0	475	38	441
Serpong	1146	118	356	0	86	999
IC Martadinata	173	18	54	163	0	151
Cinere	936	97	291	878	70	0

masuk

Maka dapat disimpulkan dari penjabaran diatas dimana jumlah kendaraan masuk gerbang tol Serpong –Cinere tahun 2024 dari arah Kunciran adalah  $60 + 19 + 56 + 4 + 52 = 191$  kendaraan.



### 5.8.4 Analisis Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang

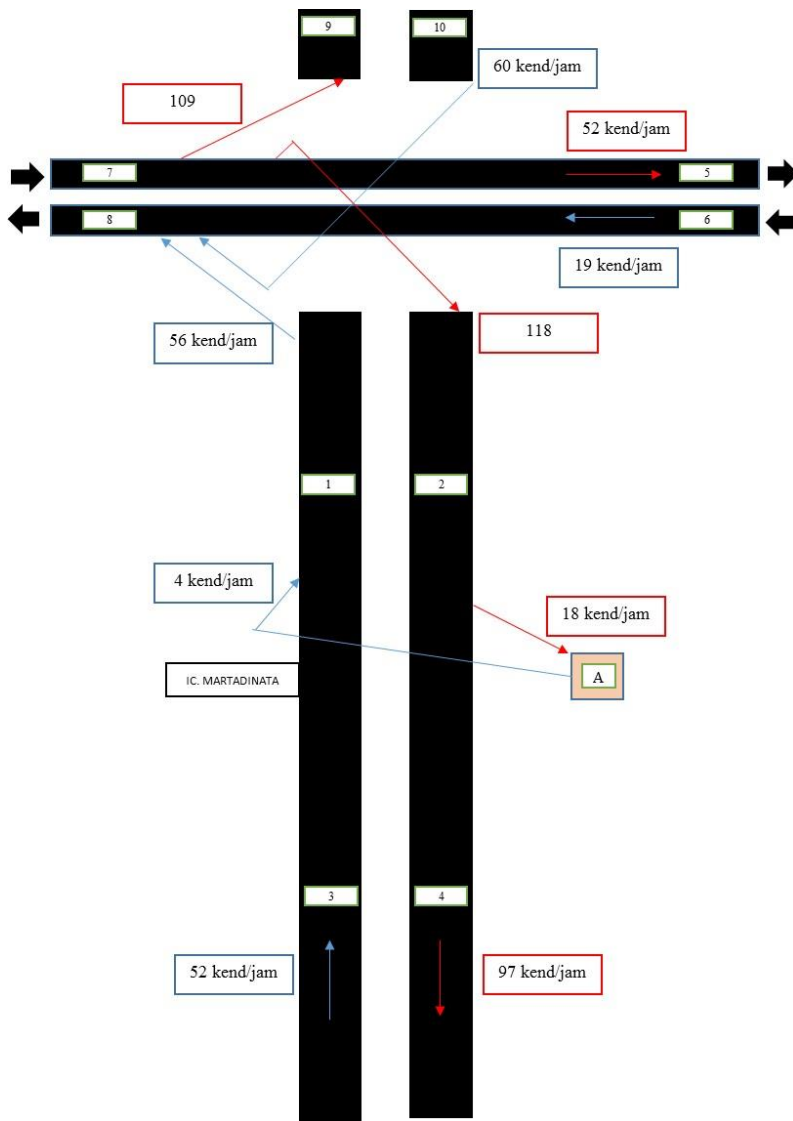
Jumlah kendaraan keluar gerbang tol didapat dengan cara melakukan penjumlahan dari distribusi kendaraan yang keluar dari tiap arah dan tujuan. Berikut merupakan tabel distribusi kendaraan keluar gerbang jalan tol Serpong-Cinere pada tahun 2024:

**Tabel 5. 43** Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong-Cinere Tahun 2024

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	109	326	985	79	915
BSD	60	0	19	56	4	52
Jakarta	506	52	0	475	38	441
Serpong	1146	118	356	0	86	999
IC Martadinata	173	18	54	163	0	151
Cinere	936	97	291	878	70	0

→ keluar

Dan untuk jumlah kendaraan yang keluar gerbang tol Serpong-Cinere tahun 2024 yaitu  $109 + 52 + 118 + 18 + 97 = 394$  kendaraan. Berikut merupakan sketsa kendaraan masuk dan keluar ditujukan seperti pada gambar 5.9.



**Gambar 5. 9** Sketsa kendaraan masuk dan keluar jalan tol Serpong-Cinere tahun 2024

**Tabel 5. 44** Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang Tol Serpong-Cinere Tahun 2024

Golongan	Jumlah Kendaraan Masuk						Jumlah Kendaraan
	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere	
1	2414	191	1512	2705	559	2272	9653
2	91	7	57	102	48	86	392
3	25	2	15	28	18	23	111
4	19	2	12	21	11	18	82
5	12	1	8	14	7	12	54
Total	2561	203	1604	2870	643	2411	10292

**Tabel 5. 45** Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang Tol Serpong-Cinere Tahun 2024

Golongan	Jumlah Kendaraan Keluar						Jumlah Kendaraan
	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere	
1	2821	394	1046	2557	277	2558	9653
2	107	15	40	97	37	97	392
3	29	4	11	26	16	26	111
4	22	3	8	20	9	20	82
5	14	2	5	13	6	13	54
Total	2993	418	1110	2712	344	2714	10292

### 5.8.5 Analisis Intensitas Lalu Lintas

Pada perencanaan gerbang tol Serpong-Cinere selanjutnya setelah mendapatkan tingkat kedatangan setiap gerbang tol adalah menganalisis intensitas lalu lintas untuk mengetahui intensitas setiap gardu tol otomatis dan gardu tol *On Board Unit* (OBU). Untuk menganalisis intensitas lalu lintas menggunakan waktu pelayanan berdasarkan survey waktu pelayanan yang telah dilakukan di gerbang tol Cengkareng dan Kapuk. Nantinya sistem gerbang tol yang digunakan pada jalan tol Serpong-Cinere menggunakan sistem tertutup terintegrasi. Berikut merupakan hasil rekapitulasi survey waktu pelayanan pada gerbang tol Cengkareng dan Kapuk.

**Tabel 5. 46** Rekapitulasi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (GTO)

Waktu Pelayanan Gerbang Tol Cengkareng dan Kapuk					
GTO Masuk	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	8	10	10	11	14
GTO Keluar	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	8	10	10	11	14
OBU	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	3	-	-	-	-

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

### 5.8.6 Analisis Intensitas Gerbang Serpong-Cinere

Setelah menganalisis tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan pada setiap gerbang tol Serpong-Cinere, selanjutnya dilakukan analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan untuk mengetahui intensitas setiap gardu tol yaitu gardu tol otomatis dan *On Board Unit*.

Sebelum menganalisis, diasumsikan terlebih dahulu jumlah gardu tol yang direncanakan dan dikontrol dengan perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan. Dalam perencanaan ini kendaraan golongan I menggunakan proporsi 25% masuk ke gardu tol otomatis khusus golongan I, 20% masuk ke gardu tol otomatis dan 55% masuk ke gardu tol *On Board Unit* (OBU). Sedangkan kendaraan golongan II-V hanya masuk ke gardu tol otomatis.

Berikut merupakan contoh analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan pada gerbang tol BSD pada tahun 2024.

Data jumlah kendaraan yang masuk gerbang tol BSD dari Tabel 5.42, dengan perencanaan proporsi persen setiap gardu pada tahun 2019 yaitu:

Data jumlah kendaraan masuk gerbang Jakarta dari tabel 5.42

	Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang (kend/jam)				
	Jakarta				
	I	II	III	IV	V
Golongan					
Jumlah kend ( $\lambda$ )	191	7	2	2	1

**Tabel 5. 47** Proporsi kendaraan masuk dan keluar gardu tol

	GTO khusus	GTO	OBU
Proporsi %	25	20	55

Contoh Perhitungan:

$\lambda_1$  GTO gol I : 191 x 20% = 38 kend

Waktu pelayanan Golongan 1 : 8 detik

$$\mu_1 \text{ GTO Gol 1} \quad : \frac{3600}{8} = 450 \text{ detik}$$

$$\lambda_1 \text{ GTO golongan 2-5} \quad : 7 + 2 + 2 + 1 = 12 \text{ kend}$$

$$\lambda_1 \text{ GTO gol 1-5} \quad : 38 + 12 = 50 \text{ kend}$$

berdasarkan tabel 5.44 setiap golongan mempunyai waktu pelayanan yang berbeda. Maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut berdasarkan tabel 5.44:

**Tabel 5. 48** Intensitas Gerbang Serpong-Cinere Tahun 2024

Intensitas Gerbang BSD					
GTO Masuk	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	8	10	10	11	14
$\mu$ (detik)	450	360	360	327	257
$\lambda$ (kend/jam)	38	7	2	2	1
$\lambda$ total	50				
$\Sigma(\mu * \lambda)$	17186,4	2613,6	712,8	504	254,5714
$\mu$ (kend/jam)	426				

Untuk intensitas gerbang Jakarta, gerbang RE Martadinata dilakukan perhitungan seperti diatas. Maka dapat disimpulkan sebagai berikut untuk tingkat pelayanan pada setiap gerbang:

**Tabel 5. 49** Rekapitulasi Tingkat Pelayanan Tiap Gerbang Serpong-Cinere Tahun 2024

Gerbang BSD	
GTO Masuk	$\mu$ (kend/jam)
	426
Gerbang Jakarta	
GTO Masuk	$\mu$ (kend/jam)
	395
Gerbang RE. Martadinata	
GTO Masuk	$\mu$ (kend/jam)
	406

$\lambda_2$  GTO khusus gol I : 191 x 25% = 48 kend

Waktu pelayanan Golongan 1 : 8 detik

$\mu_2$  GTO Khusus Gol 1 :  $\frac{3600}{8} = 450$  detik

$\lambda_3$  OBU khusus gol I : 191 x 55% = 105 kend

Waktu pelayanan OBU : 3 detik

$\mu_3$  GTO Khusus Gol 1 :  $\frac{3600}{3} = 1200$  detik

berikut perhitungan untuk gardu tol masuk, keluar dan gardu tol *On Board Unit* (OBU):

**1. Gerbang BSD (gardu masuk):**

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

Jumlah GTO khusus gol 1 : 1 gardu

Jumlah gardu OBU : 1 gardu

$\lambda_1$ GTO	: 38 kend
$\mu_1$ GTO	: 426 kend/jam
$\lambda_2$ GTO khusus gol I	: 48 kend
$\mu_2$ GTO khusus gol 1	: 450 kend/jam
$\lambda_3$ OBU khusus gol I	: 105 kend
$\mu_3$ OBU khusus gol 1	: 1200 kend/jam

➤ Gardu tol otomatis:

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1/N}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{38/1}{426}$$

$$\rho_1 = 0,116 < 1 \text{ (OK)}$$

➤ GTO khusus gol 1:

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2/N}{\mu_1}$$

$$\rho_2 = \frac{48/1}{450}$$

$$\rho_2 = 0,106 < 1 \text{ (OK)}$$

➤ Gardu tol *On Board Unit*:

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3/N}{\mu_1}$$

$$\rho_3 = \frac{105/1}{1200}$$

$$\rho_3 = 0,087 < 1 \text{ (OK)}$$



dari hasil perhitungan diatas untuk semua gardu menghasilkan  $\rho < 1$ , maka perencanaan 3 gardu tol masing-masing gardu tol otomatis, gto khusus dan *on board unit* adalah 1 pada gardu masuk gerbang Jakarta sudah aman.

Data jumlah kendaraan keluar gerbang Jakarta dari tabel 5.43

	Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang (kend/jam)				
	BSD				
Golongan	I	II	III	IV	V
Jumlah kend ( $\lambda$ )	394	15	4	3	2

Contoh Perhitungan:

$$\lambda_1 \text{ GTO gol I} : 394 \times 20\% = 79 \text{ kend}$$

$$\text{Waktu pelayanan Golongan 1} : 8 \text{ detik}$$

$$\mu_1 \text{ GTO Gol 1} : \frac{3600}{8} = 450 \text{ detik}$$

$$\lambda_1 \text{ GTO golongan 2-5} : 15 + 4 + 3 + 2 = 24 \text{ kend}$$

$$\lambda_1 \text{ GTO gol 1-5} : 79 + 24 = 103 \text{ kend}$$

**Tabel 5. 50** Intensitas gerbang keluar Serpong-Cinere

Intensitas Gerbang BSD					
GTO Keluar	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	8	10	10	11	14
$\mu$ (detik)	450	360	360	327	257
$\lambda$ (kend/jam)	79	15	4	3	2
$\lambda$ total	103				
$\sum(\mu * \lambda)$	35451.9	5385.6	1425.6	1008	509.1429
$\mu$ (kend/jam)	426				

Untuk intensitas gerbang Jakarta, gerbang RE Martadinata dilakukan perhitungan seperti diatas. Maka dapat disimpulkan sebagai berikut untuk tingkat pelayanan pada setiap gerbang:

**Tabel 5. 51** Rekapitulasi Tingkat Pelayanan Tiap Gerbang Serpong-Cinere Tahun 2024

Gerbang BSD	
GTO Keluar	$\mu$ (kend/jam)
	426
Gerbang Jakarta	
GTO Keluar	$\mu$ (kend/jam)
	426
Gerbang RE. Martadinata	
GTO Keluar	$\mu$ (kend/jam)
	393

$$\lambda_2 \text{ GTO khusus gol I} : 394 \times 25\% = 48 \text{ kend}$$

$$\text{Waktu pelayanan Golongan 1} : 8 \text{ detik}$$

$$\mu_2 \text{ GTO Khusus Gol 1} : \frac{3600}{8} = 450 \text{ detik}$$

$$\lambda_3 \text{ OBU khusus gol I} : 394 \times 55\% = 105 \text{ kend}$$

$$\text{Waktu pelayanan OBU} : 3 \text{ detik}$$

$$\mu_3 \text{ GTO Khusus Gol 1} : \frac{3600}{3} = 1200 \text{ detik}$$

berikut perhitungan untuk gardu tol masuk, keluar dan gardu tol *On Board Unit* (OBU):

## 2. Gerbang BSD (gardu masuk):

Jumlah gardu tol otomatis	: 1 gardu
Jumlah GTO khusus gol 1	: 1 gardu
Jumlah gardu OBU	: 1 gardu
$\lambda_1$ GTO	: 50 kend
$\mu_1$ GTO	: 426 kend/jam
$\lambda_2$ GTO khusus gol I	: 48 kend
$\mu_2$ GTO khusus gol 1	: 450 kend/jam
$\lambda_3$ OBU khusus gol I	: 105 kend
$\mu_3$ OBU khusus gol 1	: 1200 kend/jam

➤ Gardu tol otomatis:

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1/N}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{50/1}{426}$$

$$\rho_1 = 0,240 < 1 \text{ (OK)}$$

➤ GTO khusus gol 1:

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2/N}{\mu_1}$$

$$\rho_2 = \frac{48/1}{450}$$

$$\rho_2 = 0,22 < 1 \text{ (OK)}$$

➤ Gardu tol *On Board Unit*:

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3/N}{\mu_1}$$

$$\rho_3 = \frac{105/1}{1200}$$

$$\rho_3 = 0,180 < 1 \text{ (OK)}$$

dari hasil perhitungan diatas untuk semua gardu menghasilkan  $\rho < 1$ , maka perencanaan 3 gardu tol masing-masing gardu tol otomatis, gto khusus dan *on board unit* adalah 1 pada gardu masuk gerbang BSD sudah aman.

### 5.8.7 Analisis Antrian pada gerbang Tol

Analisis antrian pada gerbang tol Serpong-Cinere menggunakan analisis antrian FIFO. Analisis antrian pada gerbang dilakukan untuk mengetahui panjang antrian yang terjadi dan waktu mengantri pada gerbang tol. Analisis antrian ini menggunakan jumlah gardu tol yang sama pada analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan.

Berikut merupakan contoh perhitungan antrian gerbang tol Serpong-Cinere tahun 2024:

#### 1. Gerbang Jakarta (gardu masuk):

**Tabel 5. 52** Rekapitulasi Gerbang BSD (gardu masuk)

Gerbang BSD (gardu masuk)				
Gardu Tol Otomatis (GTO)	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho_1$
	1	430	50	0.116
Gardu Tol Otomatis Khusus	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho_1$
	1	450	48	0.106
Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho_1$
	1	1200	105	0.087

➤ **Gardu tol otomatis:**

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.116}{1-0.116} = 0.131 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.116^2}{1-0.116} = 0.015 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{430 - 50/1} \times 3600 = 9.47 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 9.47 - \frac{1}{430} \times 3600 = 1.10 \text{ detik}$$

➤ **Gardu tol otomatis khusus:**

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.106}{1-0.106} = 0.13 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.106^2}{1-0.106} = 0.13 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{450 - 48/1} \times 3600 = 8.95 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 8.95 - \frac{1}{450} \times 3600 = 0.95 \text{ detik}$$

➤ **Gardu tol *On Board Unit*:**

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.087}{1-0.087} = 0.9 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.087^2}{1-0.087} = 0.8 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{1200 - 105/1} \times 3600 = 3.3 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 3.3 - \frac{1}{1200} \times 3600 = 0.3 \text{ detik}$$

## 2. Gerbang BSD (gardu keluar):

**Tabel 5. 53** Rekapitulasi Gerbang BSD (gardu keluar)

Gerbang BSD (gardu keluar)				
Gardu Tol Otomatis (GTO)	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho_1$
	1	430	103	0.24
Gardu Tol Otomatis Khusus	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho_1$
	1	450	98	0.22
Gardu Tol On Board Unit	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho_1$
	1	1200	217	0.18

### ➤ Gardu tol otomatis:

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.24}{1-0.24} = 0.31 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.24^2}{1-0.24} = 0.075 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{430 - 103/1} \times 3600 = 11.00 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 11.00 - \frac{1}{394} \times 3600 = 2.63 \text{ detik}$$

### ➤ Gardu tol otomatis khusus:

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.22}{1-0.22} = 0.28 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.22^2}{1-0.22} = 0.06 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{450 - 98/1} \times 3600 = 10.24 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 10.24 - \frac{1}{450} \times 3600 = 2.24 \text{ detik}$$

➤ **Gardu tol *On Board Unit*:**

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.18}{1-0.18} = 0.22 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.18^2}{1-0.18} = 0.04 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{1200 - 217/1} \times 3600 = 3.66 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 3.66 - \frac{1}{1200} \times 3600 = 0.66 \text{ detik}$$

## 5.9 Perencanaan Gerbang Tol Serpong-Cinere tahun 2029

Perencanaan gerbang tol Serpong-Cinere pada tahun 2029 dilakukan untuk mengetahui kemampuan gerbang tol dalam melayani kendaraan yang lewat setelah adanya peningkatan pertumbuhan jumlah kendaraan dari perencanaan sebelumnya yaitu tahun 2019. Data yang digunakan dalam perencanaan ini sama dengan data-data yang digunakan pada perencanaan gerbang tol Serpong-Cinere pada tahun 2019, yaitu data lalu lintas. Setelah itu dilakukan tahap yang sama pada perencanaan sebelumnya, yaitu membuat matriks asal tujuan dengan menggunakan *trip assignment all or nothing* yang dikombinasikan dengan metode *furness*. Berikut merupakan matriks asal tujuan tol Serpong-Cinere tahun 2029:

**Tabel 5. 54** Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan I

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	1382	4210	15952	421	13686
BSD	739	0	200	757	20	649
Jakarta	5606	498	0	5743	152	4927
Serpong	16482	1463	4457	0	446	14488
IC Martadinata	722	64	195	739	0	634
Cinere	13335	1184	3606	13661	361	0

**Tabel 5. 55** Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan II

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	53	161	590	33	513
BSD	32	0	7	26	1	23
Jakarta	241	18	0	199	11	173
Serpong	686	51	154	0	32	492
IC Martadinata	143	11	32	118	0	102
Cinere	561	42	126	463	26	0



**Tabel 5. 56** Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan III

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	14	43	158	10	138
BSD	9	0	2	7	0	6
Jakarta	65	5	0	53	3	46
Serpong	181	14	41	0	9	130
IC Martadinata	42	3	9	34	0	30
Cinere	151	11	34	123	8	0

**Tabel 5. 57** Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan IV

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	11	32	116	20	102
BSD	7	0	1	5	1	5
Jakarta	48	4	0	40	7	35
Serpong	136	10	31	0	19	98
IC Martadinata	44	3	10	36	0	31
Cinere	111	8	25	92	16	0

**Tabel 5. 58** Matriks Asal Tujuan Tol Serpong-Cinere Golongan V

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	7	22	78	7	68
BSD	4	0	1	3	0	3
Jakarta	32	2	0	26	2	23
Serpong	90	7	20	0	6	65
IC Martadinata	22	2	5	18	0	16
Cinere	75	5	17	62	5	0

### 5.9.1 Analisis Tingkat Kedatangan

Setelah mendapatkan matriks asal tujuan tol Serpong-Cinere pada perhitungan sebelumnya, dilakukan kembali tahap yang sama yaitu mengkalikan nilai dari matriks asal tujuan tersebut dengan faktor k agar menjadi arus jam puncak yang mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 No.3. Nilai K yang digunakan yaitu sebesar 11%. Berikut merupakan matriks asal tujuan pada tahun 2029 setelah dikalikan dengan faktor k.

Contoh perhitungan dari matriks asal tujuan pada tahun 2029 untuk menjadi arus jam puncak adalah sebagai berikut:

Pada tabel 5.52 jumlah kendaraan golongan I dari arah Kunciran menuju BSD sebesar 1382 kendaraan/hari, dimana:

$$Q_{jp} = k \times LHRT$$

Maka jumlah kendaraan pada jam puncak dari arah jakarta menuju Serpong yaitu  $5811 \times 0.11 = 152$  kend/jam

Berikut merupakan hasil rekapitulasi matriks asal tujuan golongan I-V pada tahun 2029 setelah dikalikan dengan faktor k untuk mendapatkan jumlah kendaraan pada arus jam puncak:

**Tabel 5. 59** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2029 Golongan I

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	152	463	1755	46	1505
BSD	81	0	22	83	2	71
Jakarta	617	55	0	632	17	542
Serpong	1813	161	490	0	49	1594
IC Martadinata	79	7	21	81	0	70
Cinere	1467	130	397	1503	40	0

**Tabel 5. 60** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2029 Golongan II

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	6	18	65	4	56
BSD	4	0	1	3	0	3
Jakarta	26	2	0	22	1	19
Serpong	75	6	17	0	4	54
IC Martadinata	16	1	4	13	0	11
Cinere	62	5	14	51	3	0

**Tabel 5. 61** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2029 Golongan III

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	2	5	17	1	15
BSD	1	0	0	1	0	1
Jakarta	7	1	0	6	0	5
Serpong	20	1	4	0	1	14
IC Martadinata	5	0	1	4	0	3
Cinere	17	1	4	14	1	0

**Tabel 5. 62** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2029 Golongan IV

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	1	4	13	2	11
BSD	1	0	0	1	0	1
Jakarta	5	0	0	4	1	4
Serpong	15	1	3	0	2	11
IC Martadinata	5	0	1	4	0	3
Cinere	12	1	3	10	2	0

**Tabel 5. 63** Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Tol Serpong-Cinere tahun 2029 Golongan V

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	1	2	9	1	8
BSD	0	0	0	0	0	0
Jakarta	4	0	0	3	0	3
Serpong	10	1	2	0	1	7
IC Martadinata	2	0	1	2	0	2
Cinere	8	1	2	7	1	0

### 5.9.2 Analisis Distribusi Kendaraan

Setelah didapatkan matriks arus jam puncak, selanjutnya dilakukan analisis distribusi kendaraan masing-masing golongan ke setiap gerbang tol untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk dan keluar gerbang tol Serpong-Cinere. Karena pada jalan tol Serpong-Cinere ini menggunakan sistem tertutup, maka distribusi kendaraan bisa didapatkan dari hasil penjumlahan matriks asal tujuan, dimana penjumlahan secara vertikal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang keluar gerbang dan penjumlahan horizontal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk ke gerbang.

### 5.9.3 Analisis Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang

Jumlah kendaraan masuk gerbang tol didapat dengan cara melakukan penjumlahan dari distribusi kendaraan yang masuk dari setiap arah dan tujuan. Berikut merupakan tabel distribusi kendaraan masuk gerbang jalan tol Serpong-Cinere pada tahun 2029:

**Tabel 5. 64** Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong-Cinere Tahun 2029

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	152	463	1755	46	1505
BSD	81	0	22	83	2	71
Jakarta	617	55	0	632	17	542
Serpong	1813	161	490	0	49	1594
IC Martadinata	79	7	21	81	0	70
Cinere	1467	130	397	1503	40	0

masuk

Maka dapat disimpulkan dari penjabaran diatas dimana jumlah kendaraan masuk gerbang tol Serpong –Cinere tahun 2029 dari arah Kunciran adalah  $81 + 22 + 83 + 2 + 71 = 260$  kendaraan.

#### 5.9.4 Analisis Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang

Jumlah kendaraan keluar gerbang tol didapat dengan cara melakukan penjumlahan dari distribusi kendaraan yang keluar dari tiap arah dan tujuan. Berikut merupakan tabel distribusi kendaraan keluar gerbang jalan tol Serpong-Cinere pada tahun 2029:

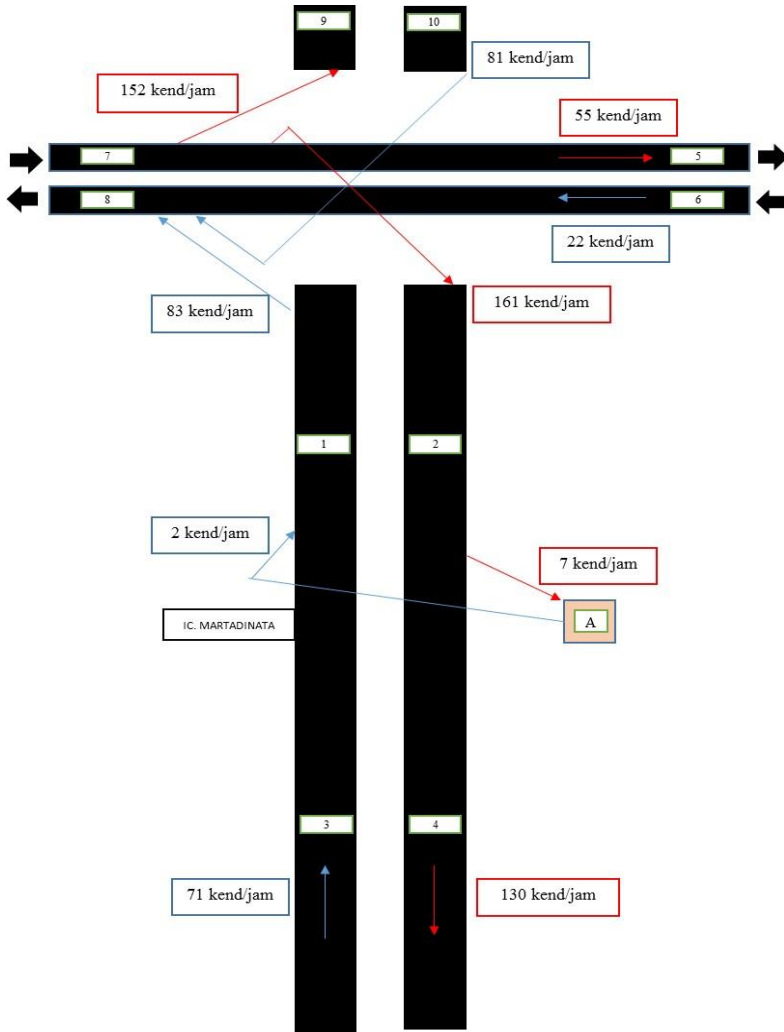
**Tabel 5. 65** Matriks Asal Tujuan Jalan Tol Serpong-Cinere Tahun 2029

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	152	463	1755	46	1505
BSD	81	0	22	83	2	71
Jakarta	617	55	0	632	17	542
Serpong	1813	161	490	0	49	1594
IC Martadinata	79	7	21	81	0	70
Cinere	1467	130	397	1503	40	0

keluar

Dan untuk jumlah kendaraan yang keluar gerbang tol Serpong-Cinere tahun 2029 yaitu  $152 + 55 + 161 + 7 + 130 = 505$  kendaraan. Berikut merupakan sketsa kendaraan masuk dan keluar ditujukan seperti pada gambar 5.9.





**Gambar 5. 10** Sketsa kendaraan masuk dan keluar jalan tol Serpong-Cinere tahun 2024

**Tabel 5. 66** Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang Tol Serpong-Cinere Tahun 2029

Golongan	Jumlah Kendaraan Masuk						Jumlah Kendaraan
	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere	
1	3922	260	1862	4107	259	3536	13945
2	149	10	71	156	45	134	563
3	40	3	19	41	13	36	152
4	31	2	15	32	14	28	121
5	20	1	9	21	7	18	76
Total	4161	276	1975	4357	337	3752	14858

**Tabel 5. 67** Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang Tol Serpong-Cinere Tahun 2029

Golongan	Jumlah Kendaraan Keluar						Jumlah Kendaraan
	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere	
1	4057	505	1393	4054	154	3782	13945
2	183	19	53	154	11	143	563
3	49	5	14	41	3	39	152
4	38	4	11	32	7	30	121
5	25	3	7	21	2	19	76
Total	4352	536	1479	4301	178	4013	14858

### 5.9.5 Analisis Intensitas Lalu Lintas

Pada perencanaan gerbang tol Serpong-Cinere selanjutnya setelah mendapatkan tingkat kedatangan setiap gerbang tol adalah menganalisis intensitas lalu lintas untuk mengetahui intensitas setiap gardu tol otomatis dan gardu tol *On Board Unit* (OBU). Untuk menganalisis intensitas lalu lintas menggunakan waktu pelayanan berdasarkan survey waktu pelayanan yang telah dilakukan di gerbang tol Cengkareng dan Kapuk. Nantinya sistem gerbang tol yang digunakan pada jalan tol Serpong-Cinere menggunakan sistem tertutup terintegrasi. Berikut merupakan hasil rekapitulasi survey waktu pelayanan pada gerbang tol Cengkareng dan Kapuk.

**Tabel 5. 68** Rekapitulasi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (GTO)

Waktu Pelayanan Gerbang Tol Cengkareng dan Kapuk					
GTO Masuk	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	8	10	10	11	14
GTO Keluar	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	8	10	10	11	14
OBU	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	3	-	-	-	-

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

### 5.9.6 Analisis Intensitas Gerbang Serpong-Cinere

Setelah menganalisis tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan pada setiap gerbang tol Serpong-Cinere, selanjutnya dilakukan analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan untuk mengetahui intensitas setiap gardu tol yaitu gardu tol otomatis dan *On Board Unit*.

Sebelum menganalisis, diasumsikan terlebih dahulu jumlah gardu tol yang direncanakan dan dikontrol dengan perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan. Dalam perencanaan ini kendaraan golongan I menggunakan proporsi 25% masuk ke gardu tol otomatis khusus golongan I, 20% masuk ke gardu tol otomatis dan 55% masuk ke gardu tol *On Board Unit* (OBU). Sedangkan kendaraan golongan II-V hanya masuk ke gardu tol otomatis.

Berikut merupakan contoh analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan pada gerbang tol BSD pada tahun 2029.

Data jumlah kendaraan yang masuk gerbang tol BSD dari Tabel 5.63, dengan perencanaan proporsi persen setiap gardu pada tahun 2029 yaitu:

Data jumlah kendaraan masuk gerbang BSD dari tabel 5.63

	Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang (kend/jam)				
	BSD				
	I	II	III	IV	V
Golongan					
Jumlah kend ( $\lambda$ )	260	10	3	2	1

**Tabel 5. 69** Proporsi kendaraan masuk dan keluar gardu tol

	GTO khusus	GTO	OBU
Proporsi %	25	20	55

Contoh Perhitungan:

$$\lambda_1 \text{ GTO gol I} : 260 \times 20\% = 52 \text{ kend}$$

$$\text{Waktu pelayanan Golongan 1} : 8 \text{ detik}$$

$$\mu_1 \text{ GTO Gol 1} : \frac{3600}{8} = 450 \text{ detik}$$

$\lambda_1$  GTO golongan 2-5 :  $10 + 3 + 2 + 1 = 16$  kend

$\lambda_1$  GTO gol 1-5 :  $52 + 16 = 68$  kend

berdasarkan tabel 5.65 setiap golongan mempunyai waktu pelayanan yang berbeda. Maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut berdasarkan tabel 5.65:

**Tabel 5. 70** Intensitas Gerbang Serpong-Cinere Tahun 2029

Intensitas Gerbang BSD					
GTO Masuk	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	8	10	10	11	14
	450	360	360	327	257
	52	10	3	2	1
$\lambda$ total	68				
$\sum(\mu * \lambda)$	23403.6	3564	950.4	684	339.43
$\mu$ (kend/jam)	426				

Untuk intensitas gerbang Jakarta, gerbang RE Martadinata dilakukan perhitungan seperti diatas. Maka dapat disimpulkan sebagai berikut untuk tingkat pelayanan pada setiap gerbang:

**Tabel 5. 71** Rekapitulasi Tingkat Pelayanan Tiap Gerbang Serpong-Cinere Tahun 2029

Gerbang BSD	
GTO Masuk	$\mu$ (kend/jam)
	426
Gerbang Jakarta	
GTO MASuk	$\mu$ (kend/jam)
	426
Gerbang RE. Martadinata	
GTO Masuk	$\mu$ (kend/jam)
	387

$\lambda_2$  GTO khusus gol I : 260 x 25% = 65 kend

Waktu pelayanan Golongan 1 : 8 detik

$\mu_2$  GTO Khusus Gol 1 :  $\frac{3600}{8} = 450$  detik

$\lambda_3$  OBU khusus gol I : 260 x 55% = 143 kend

Waktu pelayanan OBU : 3 detik

$\mu_3$  GTO Khusus Gol 1 :  $\frac{3600}{3} = 1200$  detik

berikut perhitungan untuk gardu tol masuk, keluar dan gardu tol *On Board Unit* (OBU):

### 3. Gerbang Jakarta (gardu masuk):

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

Jumlah GTO khusus gol 1 : 1 gardu

Jumlah gardu OBU : 1 gardu

$\lambda_1$  GTO : 68 kend

$\mu_1$  GTO : 426 kend/jam

$\lambda_2$  GTO khusus gol I : 65 kend

$\mu_2$  GTO khusus gol 1 : 450 kend/jam

$\lambda_3$  OBU khusus gol I : 143 kend

$\mu_3$  OBU khusus gol 1 : 1200 kend/jam

➤ Gardu tol otomatis:

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1/N}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{68/1}{426}$$

$$\rho_1 = 0,13 < 1 \text{ (OK)}$$

➤ GTO khusus gol 1:

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2/N}{\mu_1}$$

$$\rho_2 = \frac{65/1}{450}$$

$$\rho_2 = 0,11 < 1 \text{ (OK)}$$

➤ Gardu tol *On Board Unit*:

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3/N}{\mu_1}$$

$$\rho_3 = \frac{143/1}{1200}$$

$$\rho_3 = 0,09 < 1 \text{ (OK)}$$

dari hasil perhitungan diatas untuk semua gardu menghasilkan  $\rho < 1$ , maka perencanaan 3 gardu tol masing-masing gardu tol otomatis 1, gto khusus 1 dan *on board unit* adalah 1 pada gardu masuk gerbang BSD sudah aman.

Data jumlah kendaraan keluar gerbang BSD dari tabel 5.64

	Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang (kend/jam)				
	BSD				
Golongan	I	II	III	IV	V
Jumlah kend ( $\lambda$ )	505	19	5	4	3

Contoh Perhitungan:

$$\lambda_1 \text{ GTO gol I} \quad : 505 \times 20\% = 101 \text{ kend}$$

$$\text{Waktu pelayanan Golongan 1} \quad : 8 \text{ detik}$$

$$\mu_1 \text{ GTO Gol 1} \quad : \frac{3600}{8} = 450 \text{ detik}$$

$$\lambda_1 \text{ GTO golongan 2-5} \quad : 19 + 5 + 4 + 3 = 31 \text{ kend}$$

$$\lambda_1 \text{ GTO gol 1-5} \quad : 101 + 31 = 132 \text{ kend}$$

**Tabel 5. 72** Intensitas gerbang keluar Serpong-Cinere

Intensitas Gerbang BSD					
GTO Keluar	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
	8	10	10	11	14
$\mu$ (detik)	450	360	360	327	257
$\lambda$ (kend/jam)	101	19	5	4	3
$\lambda$ total	132				
$\sum(\mu * \lambda)$	45450	6891	1861	1296	651
$\mu$ (kend/jam)	426				

Untuk intensitas gerbang Jakarta, gerbang RE Martadinata dilakukan perhitungan seperti diatas. Maka dapat disimpulkan sebagai berikut untuk tingkat pelayanan pada setiap gerbang:



**Tabel 5. 73** Rekapitulasi Tingkat Pelayanan Tiap Gerbang Serpong-Cinere Tahun 2029

Gerbang BSD	
GTO Keluar	$\mu$ (kend/jam)
	426
Gerbang Jakarta	
GTO Keluar	$\mu$ (kend/jam)
	426
Gerbang RE. Martadinata	
GTO Keluar	$\mu$ (kend/jam)
	402

$\lambda_2$  GTO khusus gol I : 505 x 25% = 65 kend

Waktu pelayanan Golongan 1 : 8 detik

$\mu_2$  GTO Khusus Gol 1 :  $\frac{3600}{8} = 450$  detik

$\lambda_3$  OBU khusus gol I : 505 x 55% = 143 kend

Waktu pelayanan OBU : 3 detik

$\mu_3$  GTO Khusus Gol 1 :  $\frac{3600}{3} = 1200$  detik

berikut perhitungan untuk gardu tol masuk, keluar dan gardu tol *On Board Unit* (OBU):

**4. Gerbang BSD (gardu keluar):**

Jumlah gardu tol otomatis	: 1 gardu
Jumlah GTO khusus gol 1	: 1 gardu
Jumlah gardu OBU	: 1 gardu
$\lambda_1$ GTO	: 132 kend
$\mu_1$ GTO	: 426 kend/jam
$\lambda_2$ GTO khusus gol I	: 65 kend
$\mu_2$ GTO khusus gol 1	: 450 kend/jam
$\lambda_3$ OBU khusus gol I	: 143 kend
$\mu_3$ OBU khusus gol 1	: 1200 kend/jam

➤ Gardu tol otomatis:

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1/N}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{132/1}{426}$$

$$\rho_1 = 0,31 < 1 \text{ (OK)}$$

➤ GTO khusus gol 1:

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2/N}{\mu_1}$$

$$\rho_2 = \frac{65/1}{450}$$

$$\rho_2 = 0,14 < 1 \text{ (OK)}$$

➤ Gardu tol *On Board Unit*:

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3/N}{\mu_1}$$

$$\rho_3 = \frac{143/3}{1200}$$

$$\rho_3 = 0,12 < 1 \text{ (OK)}$$

dari hasil perhitungan diatas untuk semua gardu menghasilkan  $\rho < 1$ , maka perencanaan 3 gardu tol masing-masing gardu tol otomatis 1, gto khusus 1 dan *on board unit* adalah 2 pada gardu keluar gerbang BSD sudah aman.

### 5.9.7 Analisis Antrian pada gerbang Tol

Analisis antrian pada gerbang tol Serpong-Cinere menggunakan analisis antrian FIFO. Analisis antrian pada gerbang dilakukan untuk mengetahui panjang antrian yang terjadi dan waktu mengantri pada gerbang tol. Analisis antrian ini menggunakan jumlah gardu tol yang sama pada analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan.

Berikut merupakan contoh perhitungan antrian gerbang tol Serpong-Cinere tahun 2029:

### 3. Gerbang BSD (gardu masuk):

**Tabel 5. 74** Rekapitulasi Gerbang BSD (gardu masuk)

Gerbang BSD (gardu masuk)				
Gardu Tol Otomatis (GTO)	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho_1$
	1	420	65	0.16
Gardu Tol Otomatis Khusus	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho_1$
	1	450	68	0.14
Gardu Tol On Board Unit	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho_1$
	2	1200	143	0.12

➤ **Gardu tol otomatis:**

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.16}{1-0.16} = 0.19 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.16^2}{1-0.16} = 0.03 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{420 - 65/1} \times 3600 = 10.23 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 10.23 - \frac{1}{393} \times 3600 = 1.65 \text{ detik}$$

➤ **Gardu tol otomatis khusus:**

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.14}{1-0.14} = 0.17 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.14^2}{1-0.14} = 0.02 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{450 - 126/1} \times 3600 = 9.35 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 9.35 - \frac{1}{450} \times 3600 = 1.35 \text{ detik}$$

➤ **Gardu tol *On Board Unit*:**

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.12}{1-0.12} = 0.13 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.12^2}{1-0.12} = 0.02 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{1200 - 143/1} \times 3600 = 3.41 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 3.41 - \frac{1}{1200} \times 3600 = 0.41 \text{ detik}$$

#### 4. Gerbang BSD (gardu keluar):

**Tabel 5. 75** Rekapitulasi Gerbang BSD (gardu keluar)

Gerbang BSD (gardu keluar)				
Gardu Tol Otomatis (GTO)	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho$
	1	426	132	0.31
Gardu Tol Otomatis Khusus	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho$
	1	450	126	0.28
Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	n gardu	$\mu$ (kend/jam)	$\lambda$ (kend/jam)	$\rho$
	1	1200	278	0.23

➤ **Gardu tol otomatis:**

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.31}{1-0.31} = 0.45 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.31^2}{1-0.31} = 0.14 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{426 - 132/1} \times 3600 = 12.24 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 12.24 - \frac{1}{393} \times 3600 = 3.8 \text{ detik}$$

➤ **Gardu tol otomatis khusus:**

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.28}{1 - 0.28} = 0.4 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.28^2}{1 - 0.28} = 0.11 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{450 - 126/1} \times 3600 = 11.2 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 11.2 - \frac{1}{450} \times 3600 = 3.12 \text{ detik}$$

➤ **Gardu tol *On Board Unit*:**

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.23}{1 - 0.23} = 0.31 = 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.23^2}{1 - 0.23} = 0.07 = 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{1200 - 278/1} \times 3600 = 3.91 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 3.91 - \frac{1}{1200} \times 3600 = 0.91 \text{ det}$$

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

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

1. Jumlah gardu pada gerbang tol Serpong-Cinere adalah sebagai berikut:
  - A. Tahun 2019
    - a. Gerbang tol BSD (arah masuk)  
Terdapat 1 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 1 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 1 gardu tol *on board unit* (OBU)
    - b. Gerbang tol BSD (arah keluar)  
Terdapat 1 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 1 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 1 gardu tol *on board unit* (OBU)
    - c. Gerbang tol Jakarta (arah masuk)  
Terdapat 1 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 1 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 1 gardu tol *on board unit* (OBU)
    - d. Gerbang tol Jakarta (arah keluar)  
Terdapat 1 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 1 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 1 gardu tol *on board unit* (OBU)
    - e. Gerbang tol RE Martadinata  
Terdapat 1 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 1 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 1 gardu tol *on board unit* (OBU)

**B. Tahun 2024**

- a. Gerbang tol BSD (arah masuk)  
Terdapat 1 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 1 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 2 gardu tol *on board unit* (OBU)
- b. Gerbang tol BSD (arah keluar)  
Terdapat 1 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 1 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 2 gardu tol *on board unit* (OBU)
- c. Gerbang tol Jakarta (arah masuk)  
Terdapat 1 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 1 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 2 gardu tol *on board unit* (OBU)
- d. Gerbang tol Jakarta (arah keluar)  
Terdapat 1 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 1 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 2 gardu tol *on board unit* (OBU)
- e. Gerbang tol RE Martadinata  
Terdapat 1 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 1 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 2 gardu tol *on board unit* (OBU)

**C. Tahun 2029**

- a. Gerbang tol BSD (arah masuk)  
Terdapat 2 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 2 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 3 gardu tol *on board unit* (OBU)
- b. Gerbang tol BSD (arah keluar)  
Terdapat 2 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 2 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 3 gardu tol *on board unit* (OBU)



- c. Gerbang tol Jakarta (arah masuk)  
Terdapat 2 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 2 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 3 gardu tol *on board unit* (OBU).
  - d. Gerbang tol Jakarta (arah keluar)  
Terdapat 2 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 2 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 3 gardu tol *on board unit* (OBU).
  - e. Gerbang tol RE Martadinata  
Terdapat 2 gardu tol otomatis untuk multi golongan, 2 gardu tol otomatis khusus golongan 1, dan 3 gardu tol *on board unit* (OBU).
2. Panjang antrian kendaraan pada gerbang tol Serpong-Cinere dapat disimpulkan sebagai berikut:
- A. Tahun 2019:
- a. Gerbang tol BSD (arah masuk)  
Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol otomatis sebanyak 1 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 1 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 1 kendaraan.
  - b. Gerbang tol BSD (arah keluar)  
Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol otomatis sebanyak 1 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 1 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 1 kendaraan.
  - c. Gerbang tol Jakarta (arah masuk)  
Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol otomatis sebanyak 3 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 2 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 1 kendaraan.
  - d. Gerbang tol Jakarta (arah keluar)  
Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol otomatis sebanyak 3 kendaraan, gardu tol khusus

sebanyak 3 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 1 kendaraan.

e. Gerbang tol RE. Martadinata (arah masuk)

Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol ootomatis sebanyak 4 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 5 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 1 kendaraan.

f. Gerbang tol RE. Martadinata (arah keluar)

Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol ootomatis sebanyak 2 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 2 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 1 kendaraan.

B. Tahun 2024:

a. Gerbang tol BSD (arah masuk)

Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol ootomatis sebanyak 1 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 2 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 1 kendaraan.

b. Gerbang tol BSD (arah keluar)

Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol ootomatis sebanyak 2 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 3 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 1 kendaraan.

c. Gerbang tol Jakarta (arah masuk)

Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol ootomatis sebanyak 9 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 3 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 1 kendaraan.

d. Gerbang tol Jakarta (arah keluar)

Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol ootomatis sebanyak 3 kendaraan, gardu tol khusus

sebanyak 2 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 1 kendaraan.

- e. Gerbang tol RE. Martadinata (arah masuk)  
Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol otomatis sebanyak 4 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 2 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 1 kendaraan.
- f. Gerbang tol RE. Martadinata (arah keluar)  
Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol otomatis sebanyak 2 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 1 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 1 kendaraan.

### C. Tahun 2029:

- a. Gerbang tol BSD (arah masuk)  
Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol otomatis sebanyak 1 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 1 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 3 kendaraan.
- b. Gerbang tol BSD (arah keluar)  
Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol otomatis sebanyak 2 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 1 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 8 kendaraan.
- c. Gerbang tol Jakarta (arah masuk)  
Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol otomatis sebanyak 9 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 2 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 3 kendaraan.
- d. Gerbang tol Jakarta (arah keluar)  
Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol otomatis sebanyak 2 kendaraan, gardu tol khusus

- sebanyak 1 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 2 kendaraan.
- e. Gerbang tol RE. Martadinata (arah masuk)  
Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol otomatis sebanyak 4 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 2 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 3 kendaraan.
- f. Gerbang tol RE. Martadinata (arah keluar)  
Panjang antrian yang terdapat pada gardu tol otomatis sebanyak 5 kendaraan, gardu tol khusus sebanyak 2 kendaraan dan gardu *on board unit* sebanyak 2 kendaraan.

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil perencanaan penyusun menyarankan setelah lebih dari 5 tahun tol beroperasi, jalan tol Serpong-Cinere untuk segera diberlakukan penerapan transaksi tol menerus atau *Multilane Free Flow* (MLFF). Karena dari hasil perencanaan sebelumnya, didapatkan hasil jumlah gardu yang banyak pada tahun ke 10 yaitu sebanyak 10 gardu. Dimana penambahan gardu dinilai kurang efisien untuk mengurai panjangnya natrian. Selanjutnya diharapkan Pemerintah segera melakukan sosialisasi untuk kebijakan penerapan sistem guna meningkatkan efisiensi sistem transaksi tol menuju *Multilane Free Flow* (MLFF) atau pembayaran tol tanpa henti.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. **Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan**. Jakarta
- Anonim. 2005. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005 Tentang Jalan Tol**. Jakarta
- Anonim. 2012. **Konsep Teori Antrian**,  
<URL:<https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>>
- Arsyad, M. 2012. **Analisa Antrian di Terminal Keberangkatan Bandara Syamsudin Noor Banjarmasin**.
- Badan Pengatur Jalan Tol. 2016. **Tujuan dan Manfaat**,  
<URL:<https://bpjt.pu.go.id/konten/jalan-tol/tujuan-dan-manfaat>>
- Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta. 2018: **Jumlah Penduduk dan Laju Pertumbuhan Penduduk Menurut Kabupaten/Kota**
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. **Standar Konstruksi dan Bangunan Nomor 007/BM/2009 Tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol**. Jakarta.
- Divisi Perencanaan PT Jasa Marga. 1999. **Pedoman Perencanaan Fasilitas Tol**. Jakarta
- Kakiay, T.J. 2004. **Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata**. Yogyakarta. Penerbit Andi Offset
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2007. **Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 370/KPTS/M/2017 Tentang**

**Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Jalan Tol Yang Sudah Beroperasi.** Jakarta

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

Tamin, O.Z. 2003. **Perencanaan Pemodelan Transportasi.** Bandung. Penerbit ITB

LAMPIRAN 1 Bentuk Awal Matriks Furness Golongan 1 Tahun 2019

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere	o	O	fo
Kunciran	0	1	1	1	1	1	5	12827	2565
BSD	1	0	1	1	1	1	5	1174	235
Jakarta	1	1	0	1	1	1	5	10333	2067
Serpong	1	1	1	0	1	1	5	14712	2942
IC Martadinata	1	1	1	1	0	1	5	2819	564
Cinere	1	1	1	1	1	0	5	12013	2403
d	5	5	5	5	5	5		53878	
D	13204	2433	6520	12501	5235	13985	53878		
fd	2640,8	486,6	1304	2500,2	1047	2797			

Iterasi 1 Matriks Furness Golongan 1 Tahun 2019

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere	o	O	fo
Kunciran	0	2565,4	2565,4	2565,4	2565,4	2565,4	12827	12827	1
BSD	234,8	0	234,8	234,8	234,8	234,8	1174	1174	1
Jakarta	2066,6	2066,6	0	2066,6	2066,6	2066,6	10333	10333	1
Serpong	2942,4	2942,4	2942,4	0	2942,4	2942,4	14712	14712	1
IC Martadinata	563,8	563,8	563,8	563,8	0	563,8	2819	2819	1
Cinere	2402,6	2402,6	2402,6	2402,6	2402,6	0	12013	12013	1
d	8210,2	10540,8	8709	7833,2	10211,8	8373			
D	13204	2433	6520	12501	5235	13985			
fd	1,608243	0,230817	0,748651	1,5959	0,51264224	1,67025			



Iterasi 2 Matriks Furness Golongan 1 Tahun 2019

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere	o	O	fo
Kunciran	0	592,1389	1920,589	4094,120589	1315,1324	4284,858	12207	12827	1,05
BSD	377,6156	0	175,7832	374,7172037	120,368397	392,1746	1441	1174	0,81
Jakarta	3323,596	477,0072	0	3298,085916	1059,42645	3451,738	11610	10333	0,89
Serpong	4732,095	679,1571	2202,83	0	1508,39852	4914,542	14037	14712	1,05
IC Martadinata	906,7276	130,1348	422,0893	899,7681407	0	941,6867	3300	2819	0,85
Cinere	3863,966	554,5619	1798,708	3834,30815	1231,67424	0	11283	12013	1,06
d	13204	2433	6520	12501	5235	13985		53878	
D	13204	2433	6520	12501	5235	13985	53878		
fd	1	1	1	1	1	1			

Iterasi 20 Matriks Furness Golongan 1 Tahun 2019

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere	o	O	fo
Kunciran	0	616	1950	4346	1362	4553	12827	12827	1
BSD	309	0	138	308	96	322	1174	1174	1
Jakarta	2962	417	0	2945	923	3086	10333	10333	1
Serpong	5003	705	2232	0	1559	5213	14712	14712	1
IC Martadinata	778	110	347	774	0	811	2819	2819	1
Cinere	4152	585	1853	4129	1294	0	12013	12013	1
d	13204	2433	6520	12501	5235	13985		53878	
D	13204	2433	6520	12501	5235	13985	53878		
fd	1	1	1	1	1	1			

LAMPIRAN 2 Matriks Asal Tujuan Golongan 1 Tahun 2019

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	616	1950	4346	1362	4553
BSD	309	0	138	308	96	322
Jakarta	2962	417	0	2945	923	3086
Serpong	5003	705	2232	0	1559	5213
IC Martadinata	778	110	347	774	0	811
Cinere	4152	585	1853	4129	1294	0

Matriks Asal Tujuan Golongan 2 Tahun 2019

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	24	85	149	48	180
BSD	12	0	6	10	3	12
Jakarta	168	23	0	144	47	175
Serpong	121	17	59	0	34	126
IC Martadinata	34	5	17	29	0	35
Cinere	165	23	80	141	46	0

Matriks Asal Tujuan Golongan 3 Tahun 2019

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	6	18	40	24	43
BSD	3	0	1	3	2	3
Jakarta	28	4	0	28	16	29
Serpong	47	7	21	0	27	49
IC Martadinata	18	3	8	18	0	19
Cinere	39	6	17	38	22	0

Matriks Asal Tujuan Golongan 4 Tahun 2019

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	5	15	32	16	34
BSD	5	0	2	5	2	5
Jakarta	22	3	0	22	11	23
Serpong	37	5	17	0	18	39
IC Martadinata	9	1	4	9	0	9
Cinere	31	4	14	30	15	0

### Matriks Asal Tujuan Golongan 5 Tahun 2019

A/T	Kunciran	BSD	Jakarta	Serpong	IC Martadinata	Cinere
Kunciran	0	3	10	23	5	24
BSD	2	0	1	2	0	2
Jakarta	15	2	0	16	4	16
Serpong	26	4	12	0	6	27
IC Martadinata	2	0	1	2	0	2
Cinere	22	3	10	22	5	0

LAMPIRAN 3 Perencanaan Gerbang Masuk Tol Serpong-Cinere Tahun 2019

Gerbang Tol BSD								
Masuk	$\lambda$ gol 1 k	39	$\mu 1$	450	n gardu	1	$\rho 1$	0,086093333
	$\lambda$ gol 1	32	$\mu 2$	423	n gardu	1	$\rho 2$	0,097387707
	$\lambda$ gol 2-5	9						
	$\lambda$ gol 1 OBU	58	$\mu 3$	1200	n gardu	1	$\rho 3$	0,0484275

Gerbang Tol Jakarta								
Masuk	$\lambda$ gol 1 k	341	$\mu 1$	450	n gardu	1	$\rho 1$	0,757753333
	$\lambda$ gol 1	284	$\mu 2$	422	n gardu	1	$\rho 2$	0,880847156
	$\lambda$ gol 2-5	88						
	$\lambda$ gol 1 OBU	511	$\mu 3$	1200	n gardu	1	$\rho 3$	0,42623625

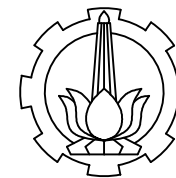
Gerbang Tol RE Martadinata								
Masuk	$\lambda$ gol 1 k	93	$\mu 1$	450	n gardu	1	$\rho 1$	0,206726667
	$\lambda$ gol 1	78	$\mu 2$	422	n gardu	1	$\rho 2$	0,242612559
	$\lambda$ gol 2-5	25						
	$\lambda$ gol 1 OBU'	140	$\mu 3$	1200	n gardu	1	$\rho 3$	0,11628375

LAMPIRAN 4 Perencanaan Gerbang Keluar Tol Serpong-Cinere Tahun 2019

Gerbang Tol BSD								
Keluar	$\lambda$ gol 1 k	80	$\mu 1$	450	n gardu	1	$\rho 1$	0,17842
	$\lambda$ gol 1	67	$\mu 2$	426	n gardu	1	$\rho 2$	0,195276
	$\lambda$ gol 2-5	16						
	$\lambda$ gol 1 OBU	120	$\mu 3$	1200	n gardu	1	$\rho 3$	0,100361

Gerbang Tol Jakarta								
Keluar	$\lambda$ gol 1 k	215	$\mu 1$	450	n gardu	1	$\rho 1$	0,478133
	$\lambda$ gol 1	179	$\mu 2$	426	n gardu	1	$\rho 2$	0,523404
	$\lambda$ gol 2-5	44						
	$\lambda$ gol 1 OBU	323	$\mu 3$	1200	n gardu	1	$\rho 3$	0,26895

Gerbang Tol RE Martadinata								
Keluar	$\lambda$ gol 1 k	173	$\mu 1$	450	n gardu	1	$\rho 1$	0,3839
	$\lambda$ gol 1	144	$\mu 2$	424	n gardu	1	$\rho 2$	0,430596
	$\lambda$ gol 2-5	39						
	$\lambda$ gol 1 OBU	259	$\mu 3$	1200	n gardu	1	$\rho 3$	0,215944



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

## TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL  
SERPONG-CINERE  
JAKARTA

DOSEN ASISTENSI

Ir. Hera Widayastuti, MT., PhD

NAMA MAHASISWA

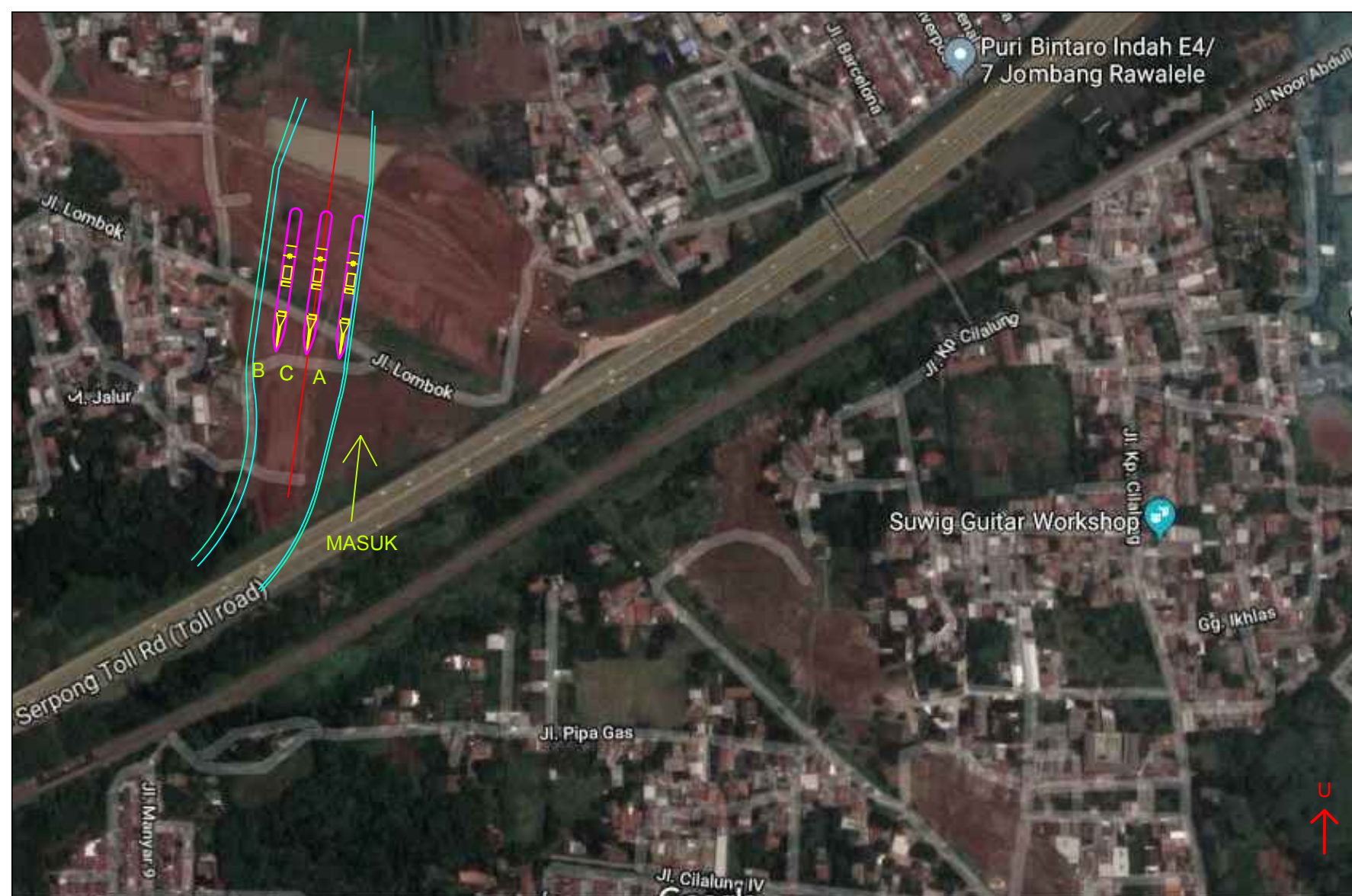
ANGGRAINY SEPTIANINGRUM  
03111745000036

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL RAMP 4  
(MASUK)  
TAHUN 2019, 2024, 2029

NOMOR HALAMAN

1



NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	MASUK
B	Gardu Tol Otomatis	MASUK
C	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	MASUK





TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

## TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL  
SERPONG-CINERE  
JAKARTA

DOSEN ASISTENSI

Ir. Hera Widayastuti, MT., PhD

NAMA MAHASISWA

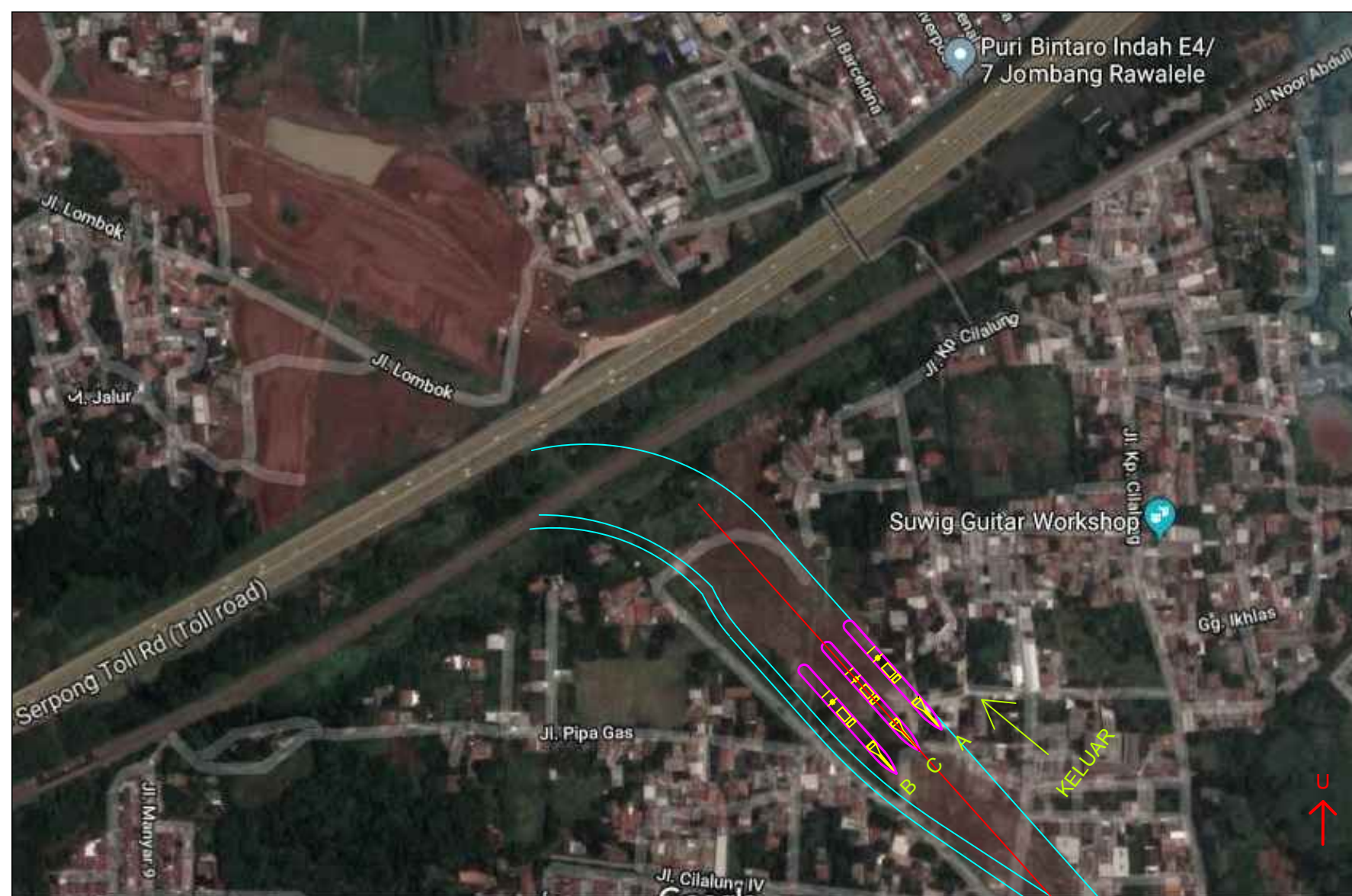
ANGGRAINY SEPTIANINGRUM  
03111745000036

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL RAMP 2  
(KELUAR)  
TAHUN 2019, 2024, 2029

NOMOR HALAMAN

2



NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	KELUAR
B	Gardu Tol Otomatis	KELUAR
C	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	KELUAR



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL  
SERPONG-CINERE  
JAKARTA

DOSEN ASISTENSI

Ir. Hera Widayastuti, MT., PhD

NAMA MAHASISWA

ANGGRAINY SEPTIANINGRUM  
03111745000036

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL RAMP 3  
(KELUAR)  
TAHUN 2019

NOMOR HALAMAN

3

NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	KELUAR
B	Gardu Tol Otomatis	KELUAR
C	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	KELUAR





TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

## TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL  
SERPONG-CINERE  
JAKARTA

DOSEN ASISTENSI

Ir. Hera Widayastuti, MT., PhD

NAMA MAHASISWA

ANGGRAINY SEPTIANINGRUM  
0311174500036

NAMA GAMBAR

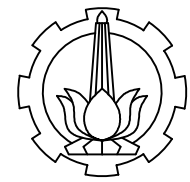
GERBANG TOL RAMP 1  
(MASUK)  
TAHUN 2019

NOMOR HALAMAN

4



NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	MASUK
B	Gardu Tol Otomatis	MASUK
C	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	MASUK



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

## TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL  
SERPONG-CINERE  
JAKARTA

DOSEN ASISTENSI

Ir. Hera Widayastuti, MT., PhD

NAMA MAHASISWA

ANGGRAINY SEPTIANINGRUM  
0311174500036

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL RAMP 1  
(MASUK)  
TAHUN 2024

NOMOR HALAMAN

5



NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	MASUK
B	Gardu Tol Otomatis	MASUK
C	Gardu Tol Otomatis	MASUK
D	Gardu Tol <i>On Board Unit</i> (OBU)	MASUK



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

## TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL  
SERPONG-CINERE  
JAKARTA

DOSEN ASISTENSI

Ir. Hera Widayastuti, MT., PhD

NAMA MAHASISWA

ANGGRAINY SEPTIANINGRUM  
0311174500036

NAMA GAMBAR

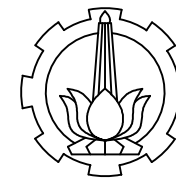
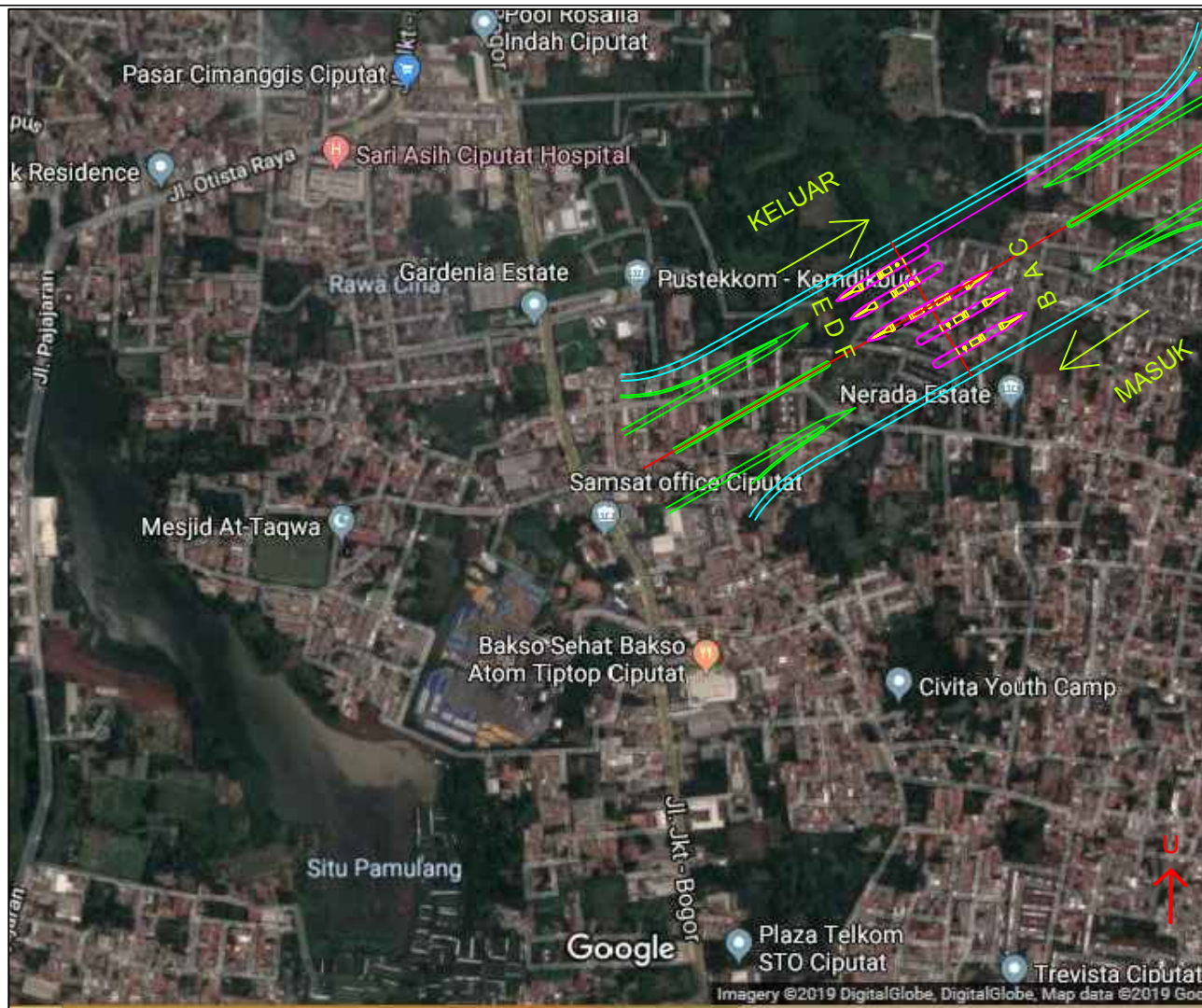
GERBANG TOL RAMP 1  
(MASUK)  
TAHUN 2029

NOMOR HALAMAN

6



NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	MASUK
B	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	MASUK
C	Gardu Tol Otomatis	MASUK
D	Gardu Tol Otomatis	MASUK
E	Gardu Tol <i>On Board Unit</i> (OBU)	MASUK



TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN GERBANG TOL  
 SERPONG-CINERE  
 JAKARTA**

DOSEN ASISTENSI

Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD

NAMA MAHASISWA

ANGGRAINY SEPTIANINGRUM  
 03111745000036

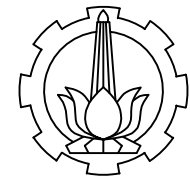
NAMA GAMBAR

GERBANG TOL RE MARTADINATA  
 TAHUN 2019, 2024, 2029

NOMOR HALAMAN

7

NAMA	JENIS GARDU	ARAH	NAMA	JENIS GARDU	ARAH
D	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	KELUAR	A	Gardu Tol Otomatis Khusus Golongan I	MASUK
E	Gardu Tol Otomatis	KELUAR	B	Gardu Tol Otomatis	MASUK
F	Gardu Tol <i>On Board Unit</i> (OBU)	KELUAR	C	Gardu Tol <i>On Board Unit</i> (OBU)	MASUK



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL  
SERPONG-CINERE  
JAKARTA

DOSEN ASISTENSI

Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD

NAMA MAHASISWA

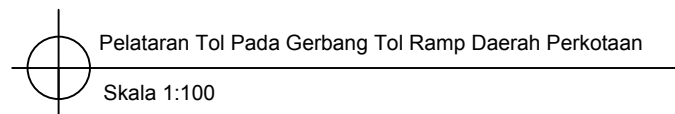
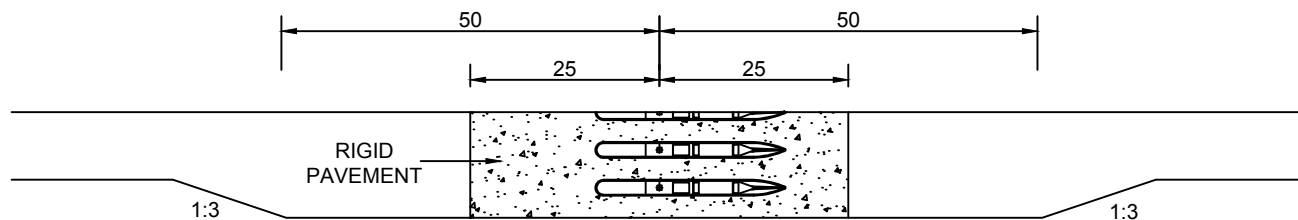
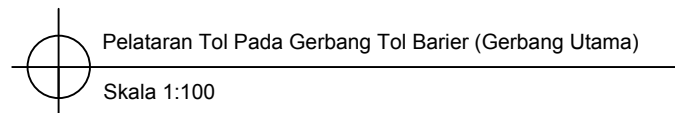
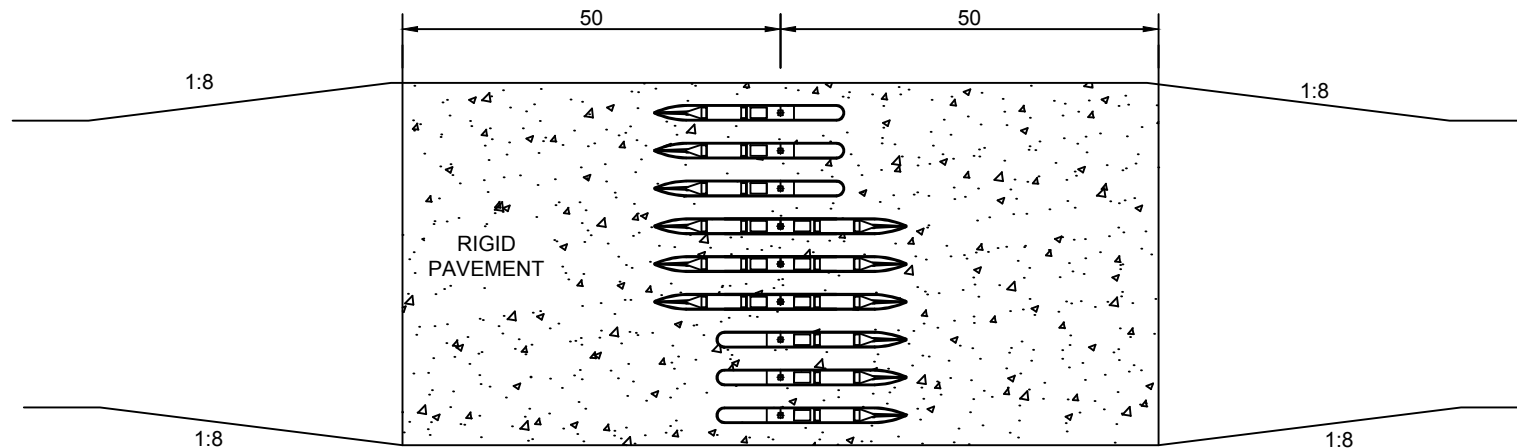
ANGGRAINY SEPTIANINGRUM  
03111745000036

NAMA GAMBAR

DENAH PELATARAN  
GERBANG TOL

NOMOR HALAMAN

8





TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN GERBANG TOL SERPONG-CINERE JAKARTA

DOSEN ASISTENSI

Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD

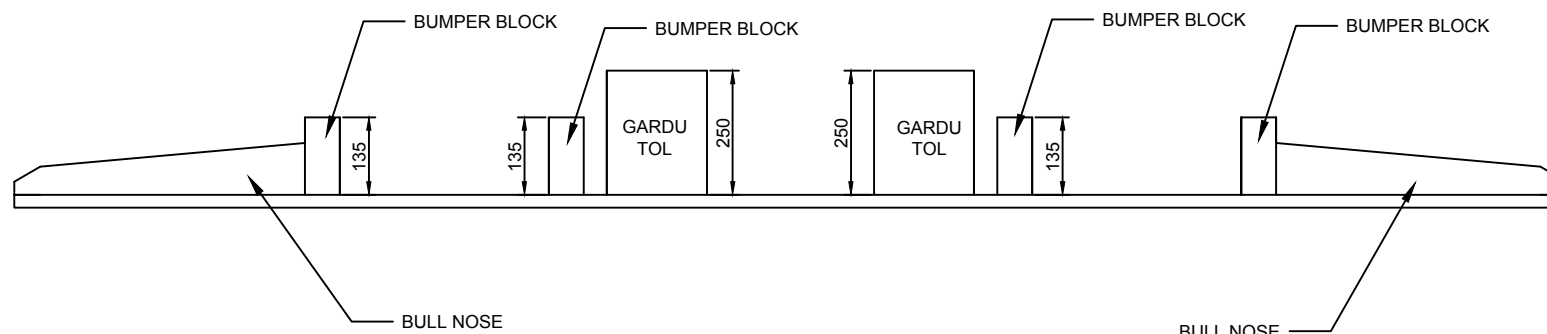
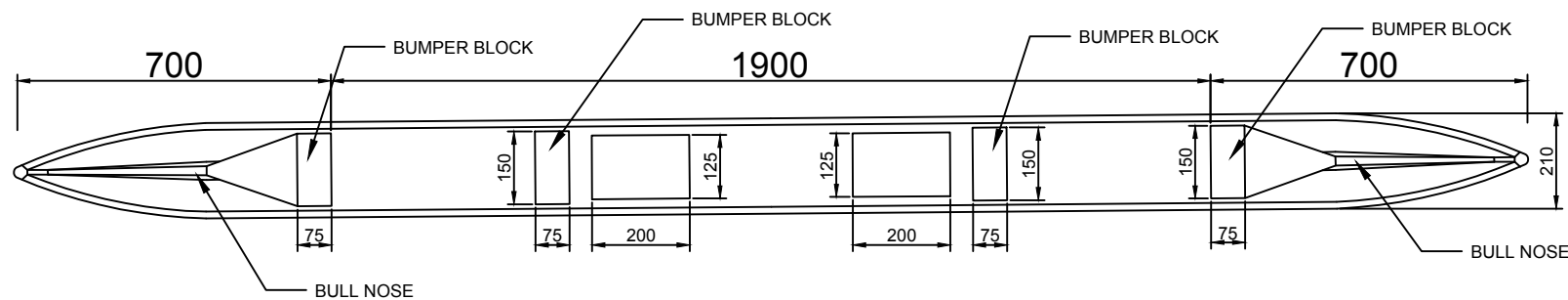
NAMA MAHASISWA

ANGGRAINY SEPTIANINGRUM  
03111745000036

NAMA GAMBAR

DENAH  
PULAU TOL

NOMOR HALAMAN



PULAU TOL UNTUK LAJUR BOLAK BALIK  
Skala 1:100





Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. HERA WIDYASTUTI., MT., PhD
NAMA MAHASISWA	: ANGGRAINY SEPTIANINGRUM
NRP	: 03111745000036
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN GERBANG TOL PADA JALAN TOL SERPONG - CINERE RUAS JORR 2 JAKARTA
TANGGAL PROPOSAL	: 10 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 15178 / IT2.VI.4-1/ PP.05.02.00/2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	18-02-19	Pelaksanaan survey, pembagian gerbang tol pada gerbang tol Cengkareng dan Kapuk, metode survey		
2	11-03-19	data hasil survey (waktu pelayanan) di jalan tol Cengkareng	sample data yang masih sedikit, boleh ditambahkan dari file CCTV.	
3	25-03-19	matriks asal tujuan dan matriks harian.	pelajari cara perhitungan demand and load factor.	
4	01-04-19	pengerjaan hitungan matriks menggunakan matriks Galnitsky	Dilanjutkan untuk perencanaan 5tahun dan 10tahun kedepan	
5	29-04-19	- distribusi kendaraan ke gerbang tol - keluar masuk kendaraan ke gerbang tol - waktu pelayanan.	- hitung forecasting dan dimulai jalan tolnya beroperasi - hitungan distribusi kendaraan dicek dulu hasil modus, mediannya apakah masuk akal kalau dipakai perkalian emp-nya.	



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



Form AK/TA-04  
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. HERA WIDYASTUTI., MT., PhD
NAMA MAHASISWA	: ANGGRAINY SEPTIANINGRUM
NRP	: 03111745000036
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN GERBANG TOL PADA JALAN TOL SERPONG - CINERE KUAS JORR 2 JAKARTA
TANGGAL PROPOSAL	: 10 JANUARI 2019
NO. SP-MMTA	: 15178 / IT-2.V.4.1 / PP.05.02.00 / 2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6.		perencanaan gardu tol	- dilihat terlebih dahulu kondisi sekarang bagaimana keadaan gerbang tol - setelah itu dianalisis berapa kira-kira jumlah persen GTO khusus, GTO, dan OBU yang akan dilaksanakan	

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN  
 SEMINAR DAN LISAN  
 TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Selasa tanggal 9 Juli 2019 jam 09:00 WIB telah diselenggarakan UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111745000036	Anggrainy Septianingrum	Perencanaan Gerbang Tol pada Jalan Tol Serpong-Cinere Ruas JORR 2 Jakarta

1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- *ditambah foto lokasi*
- *gambar → U/S rencana*
- *bentuk & Simbol sesuai rambu-rambu*
- *Mahasiswa → cek 5 K*
- *Harus / cek lg. dgn 20m*
- *Celupukan & Kumpulan & proses*
- *gambar U/S → dipasal dua juga ya*
- *gb → balok gb sendiri*
- *gb yg kumulatif dan cek dgn Rucun lapangan*

2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah : A / AB / B / BC / C / D / E

3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :

- Lulus Tanpa Perbaikan       Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
- Lulus Dengan Perbaikan       Mengulang Ujian Lisan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Ir. Hera Widyastuti, MT. PhD (Pembimbing 1)	
Ir. Wahyu Herijanto, MT	
Anak Agung Gde Kartika, ST. MSc	
Cahaya Buana, ST. MT	

Surabaya, 9 Juli 2019

Mengetahui,  
 Ketua Program Studi S1

**Dr. techn. Umboro Lasminto, ST. MSc**  
 NIP 19721202 199802 1 001

Ketua Sidang

**A. Agung G. Kartika**  
 Nama terang

## **BIODATA PENULIS**



Anggrainy Septianingrum lahir di Jakarta pada tanggal 27 September 1995. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Pondok Kopi 04 Pagi Jakarta Timur, SMP Negeri 199 Jakarta Timur, dan SMA Negeri 44 Jakarta Timur. Selanjutnya lulus dari SMA Negeri 44 Jakarta Timur tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan Diploma (D3) di Universitas Diponegoro Semarang jurusan Teknik Sipil. Setelah lulus D3, penulis melanjutkan pendidikan Sarjana (S1) di Departemen Teknik Sipil FTSLK-Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2017 melalui program Lintas Jalur (LJ). Apabila pembaca ingin berkorespondensi, dapat melalui email [anggrainyseptia@gmail.com](mailto:anggrainyseptia@gmail.com).