



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**EVALUASI TINGKAT PELAYANAN GERBANG TOL
KAPUK PADA RUAS TOL PROF Dr. SEDYATMO,
JAKARTA UTARA**

WIKA WULANDARI
NRP. 03111745000023

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

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



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**EVALUASI TINGKAT PELAYANAN GERBANG TOL
KAPUK PADA RUAS TOL PROF Dr. SEDYATMO,
JAKARTA UTARA**

WIKA WULANDARI
NRP. 03111745000023

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

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

“Halaman sengaja dikosongkan...”



FINAL PROJECT – RC18-4803

**EVALUATION OF KAPUK TOLL GATE SERVICE
LEVEL IN PROF Dr. SEDYATMO TOLL SECTION,
NORTH JAKARTA**

WIKA WULANDARI
NRP. 03111745000023

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

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering, Environment, and Earth
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2019

“Halaman sengaja dikosongkan...”

**EVALUASI TINGKAT PELAYANAN GERBANG
TOL KAPUK PADA RUAS TOL PROF Dr.
SEDYATMO, JAKARTA UTARA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

WIKA WULANDARI

NRP. 0311174500023

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Ir. Hera Widayanti, MT (Phi)



SURABAYA, JULI 2019

“Halaman sengaja dikosongkan...”

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 |
|----------------|----------------|---|
| 03111745000023 | Wika Wulandari | Evaluasi Tingkat Pelayanan Gerbang Tol Kapuk pada Ruas Tol Prof Dr. Sedyatmo, Jakarta Utara |

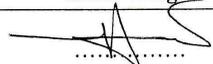
1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- o *Cele perhitungannya yg multi gate*
- o *tata cara penulisan*
- o *gambar dan penyelar*
- o *bay out di penyelar terutama tempat atas*
- o *penulisan aransi evaluasi & perencanaan di penyelar*
- o *notasi di penyelar*
- o *gambar ulang di penyelar*
- o *gambar & cele di kuarsa kerah.*

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



(.....*Ir. Wahyu Herijanto, MT*.....)
 Nama terang



Form AK/TA-04
rev01

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

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



| | |
|-------------------|--|
| NAMA PEMBIMBING | : Ir. Hera Widayastuti, MT., Ph.D. |
| NAMA MAHASISWA | : Wika Wulandari |
| NRP | : 0311745000023 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : Evaluasi Tingkat Pelayanan Gerbang Tol Kapuk pada Reas Tol. Prof. Dr. Sedjotmo, Jakarta Utara |
| TANGGAL PROPOSAL | : 10 Januari 2019 |
| NO. SP-MMTA | : 15176 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2019 |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF ASISTEN |
|----|----------|--|---|---------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 1 | 25-02-19 | Metode pengambilan data primer ditetapkan | - Survei pengambilan data primer dilaksanakan | W |
| 2 | 11-03-19 | Merekap data primer hasil survey lapangan | - Perbaiki dan cek kembali data primer | W |
| 3 | 19-03-19 | - forecasting - Analisa Tingkat kedatangan | - Masukkan dalam laporan - cari referensi forecasting data untuk LHR. | W |
| 4 | 29-03-19 | - forecasting - Analisa Tingkat kedatangan - Analisa waktu pelayanan | - Lanjutkan perhitungan analisa intensitas kedatangan dan antrian - Rencanakan ulang per 5 tahun | W |
| 5 | 5-04-19 | Intensitas Lalu lintas | - lihat proposal kendaraan tiap golongan - Cek ulang intensitas lalu lintas | W |
| 6 | 8-04-19 | Evaluasi waktu pelayanan tahun 2019 | - Evaluasi ulang gardu multigate, evaluasi menurut λ dan μ tiap kendaraan yg masuk | W |
| 7 | 29-04-19 | Evaluasi tingkat pelayanan tahun 2019. Perencanaan tahun 2019, 2024, 2029 | - Gunakan komposisi kendaraan untuk mencari μ pada gardu multigate | W |



Form AK/TA-04
rev01

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

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



| | |
|--------------------------|--|
| NAMA PEMBIMBING | : Ir. Hera Widayastuti, M.T., Ph.D. |
| NAMA MAHASISWA | : Wika Wulandani |
| NRP | : 0311174500023 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : Evaluasi Tingkat Pelayanan Gerbang Tol kapuk pada Ruas Tol Prof. Dr Sedyatmo, Jakarta Utara |
| TANGGAL PROPOSAL | : 10 Januari 2019 |
| NO. SP-MMTA | : ISI 76 / IT 2 . VI . 4 . 1 / PP . 05 - 02 . 00 / 2019 |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF ASISTEN |
|----|------------|---|---|---------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 8 | 7.05.2019 | Evaluasi dan perencanaan tingkat pelayanan 2019, 2024, 2029 | - Cek ulang hitungan - Gambar layout gerbang tol | |
| 9 | 14.05.2019 | Perencanaan tingkat pelayanan tahun 2019, 2024, 2029 | - Masukkan perhitungan dalam laporan. | |
| 10 | 30.05.2019 | Draft laporan Tugas akhir dan gambar | - Masukkan susfrags' atribusi dalam laporan - Daftar isi, tabel, gambar. | |

**EVALUASI TINGKAT PELAYANAN GERBANG
TOL KAPUK PADA RUAS TOL PROF Dr.
SEDYATMO, JAKARTA UTARA**

Nama : Wika Wulandari
NRP : 0311174500023
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Hera Widyastuti, M.T, Ph.D

Abstrak

Jalan tol merupakan jalan bebas hambatan bagi kendaraan bersumbu dua atau lebih yang penggunaanya wajib membayar tarif tol. Pada suatu sistem jaringan jalan tol masih didapati aksesibilitas yang belum memenuhi Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol karena masih ditemui kemacetan. Kemacetan tersebut sering terjadi di pintu gerbang tol dimana merupakan akses masuk dan keluar jalan tol. Studi kasus penelitian masalah ini dilakukan pada gerbang tol Kapuk yang berada pada ruas Jalan Tol Prof Dr. Sedyatmo. Pada gerbang tol ini sering terjadi antrian yang panjang terutama pada jam-jam sibuk.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu pelayanan gerbang tol, panjang antrian kendaraan, volume lalu lintas dan peta jalan tol. Metode forecasting juga digunakan untuk mendapatkan volume lalu lintas hingga beberapa tahun kedepan. Parameter yang digunakan dalam analisa kapasitas gerbang tol ini adalah panjang antrian dan waktu pelayanan yang menggunakan disiplin antrian FIFO.

Hasil evaluasi dan perencanaan ulang gerbang tol Kapuk ini adalah panjang antrian dan jumlah gate yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada. Untuk tahun 2019 jumlah gate untuk GTO adalah 16 dengan panjang antrian 8 emp, OBU adalah 1 dengan panjang antrian 0 emp, Multigate yang semula hanya ada 3 gardu dievaluasi menjadi 5 gardu multigate dengan panjang antrian 2 emp untuk 4 gardu tol multigate dan 1

emp untuk satu gardu multigate. Tahun 2024 jumlah gate untuk GTO adalah 10 gate dengan panjang antrian 2 emp, OBU adalah 7 dengan panjang antrian 4 emp, untuk gardu tol multigate direncanakan masih berjumlah 5 gate dengan panjang antrian 7 emp. Dan hasil analisis tahun 2029 jumlah gate untuk GTO adalah 7 gate dengan panjang antrian 4 emp, OBU adalah 8 gate dengan panjang antrian 2 emp, dan gardu tol multigate direncanakan menjadi 7 gate dengan panjang antrian 5 emp.

Kata kunci : Evaluasi, gerbang tol, pelayanan gerbang tol.

EVALUATION OF KAPUK TOLL GATE SERVICE LEVEL IN PROF. Dr. SEDYATMO TOLL SECTION, NORTH JAKARTA

Student Name : Wika Wulandari
NRP : 03111745000023
Department : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Academic Supervisor : Ir. Hera Widyastuti, M.T, Ph.D

Abstract

Toll road is a freeway for two or more wheeled vehicles whose users are required to pay toll rates intended to shorten the distance and travel time. In a toll road network system, there are accessibility that has not met Toll Road Minimum Service Standards since there are still traffic jam. These traffic jams often occur at the toll gate which is the entrance and exit access of the toll road. The research case study of this problem was carried out at the Kapuk toll gate which is located on the Prof Dr. Sedyatmo Toll Road section. Where long queues often occur at the toll gates, especially during rush hour.

The data used in this study are service time of toll gate, queue length, traffic volume data, and toll road maps. Forecasting methods are also used to get the traffic for the next few years. The parameters used in the analysis of the toll gate capacity are the queue length and service time using the FIFO queue discipline.

The results of the Kapuk toll gate evaluation and re-planning are the queue length and number of gates needed to accommodate the volume of the vehicles. For 2019, the number of gates for a GTO is 16 with a queue length of 8 emp, OBU is 1 with a queue length of 0 emp, Multigates which was originally only 3 gates was evaluated into 5 multigate with 2 emp queue lengths for 4 multigate and 1 emp for 1 multigate. In 2024, the number of gates for GTO is 10 with 2 emp queue length, OBU is 7 with 4 emp queue length, for multigates it's planned to have 5 gate with 7 emp queue length. The analysis results in 2029 the number of gates for GTO

is 7 with a queue length of 4 emp, OBU is 8 with a queue length of 2 emp, and the multigate is planned to be 7 gates with 5 emp queue length.

Keywords : Evaluation, Toll Gate, Toll Gate Service

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbil'alamin, Puji syukur selalu dipanjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmad, taufiq, dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir dengan judul **“Evaluasi Tingkat Pelayanan Gerbang Tol Kapuk pada Ruas Tol Prof Dr. Sedyatmo, Jakarta Utara”** dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan Tugas Akhir merupakan suatu kewajiban bagi mahasiswa Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik.

Tersusunnya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan. Untuk itu begitu banyak ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, atas kesabaran, bimbingan, arahan yang telah diberikan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua, adik dan keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Semua dosen penguji yang telah banyak memberi nasehat, kritik dan saran yang membangun dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Dosen wali dan dosen pengajar serta karyawan Departemen Teknik Sipil ITS yang telah memberikan pelajaran yang berarti selama menempuh pendidikan.
5. Sahabat terdekat, Last Call Cyin, Carino, Teman-teman Lintas Jalur 2017 yang selalu memberi dukungan dan mendoakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan melakukan perhitungan, analisis data dan survey pada objek studi dalam Tugas

Akhir. Besar harapan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dapat menjadi tolok ukur untuk penyusunan Tugas Akhir selanjutnya bagi teman-teman dan para pembaca. Maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna menunjang kesempurnaan dalam menyusun Tugas Akhir.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| Abstrak..... | vii |
| Abstract | ix |
| KATA PENGANTAR..... | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xix |
| DAFTAR TABEL..... | xxiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3. Batasan Masalah | 3 |
| 1.4. Tujuan..... | 3 |
| 1.5. Manfaat | 3 |
| 1.6. Lokasi Studi | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1. Umum | 5 |
| 2.2. Studi Terdahulu..... | 5 |
| 2.3. Pengertian Jalan Tol..... | 12 |
| 2.4. Kapasitas Suatu Gerbang Tol..... | 14 |
| 2.5. Waktu Pelayanan | 15 |
| 2.6. Pelayanan Jalan Tol | 15 |
| 2.7. Teori Antrian..... | 16 |
| 2.7.1. Proses pada Sistem Antrian | 18 |

| | | |
|---------------------------------|--|-----------|
| 2.7.2. | Karakteristik Sistem Antrian..... | 20 |
| 2.7.2.1 | Kedatangan Populasi yang akan dilayani | 20 |
| 2.7.2.2 | Tingkat Pelayanan..... | 22 |
| 2.7.2.3 | Mekanisme dan Jumlah Gerbang Pelayanan | 23 |
| 2.7.2.4 | Disiplin Antrian | 23 |
| 2.7.3. | Parameter Antrian..... | 25 |
| 2.7.3.1. | Disiplin Antrian FIFO..... | 25 |
| 2.7.3.2. | Disiplin Antrian FVS | 26 |
| 2.8. | Proses Antrian..... | 27 |
| 2.9. | Analisis Kebijakan | 29 |
| 2.9.1. | Kebijakan Menambah Pintu Tol | 29 |
| 2.9.2. | Kebijakan Mengurangi Waktu Pelayanan..... | 29 |
| 2.9.3. | Kebijakan Sistem Tandem | 29 |
| 2.9.4. | Kebijakan Sistem Pembayaran Elektronik (GTO) dan <i>On Board Unit</i> (OBU) | 31 |
| BAB III METODOLOGI | | 33 |
| 3.1. | Perumusan Masalah | 33 |
| 3.2. | Studi Lapangan | 33 |
| 3.3. | Penentuan Lokasi | 34 |
| 3.4. | Studi Terdahulu..... | 34 |
| 3.5. | Pengambilan Data Sekunder | 34 |
| 3.6. | Pengambilan Data Primer | 34 |
| 3.7. | Penyusunan Data..... | 35 |
| 3.8. | Analisis dan Perencanaan..... | 36 |
| 3.8.1. | Analisis Panjang Antrian Kendaraan | 36 |
| 3.8.2. | Perhitungan Jumlah Gate pada Gardu Tol | 36 |

| | | |
|-------------------------------|---|----|
| 3.9. | Bagan Alir..... | 37 |
| BAB IV PENGUMPULAN DATA | | 41 |
| 4.1 | Umum | 41 |
| 4.2 | Data Primer | 41 |
| 4.2.1 | Waktu pelayanan Gardu Tol Otomatis (GTO) | 41 |
| 4.2.2 | Waktu pelayanan <i>On Board Unit</i> (OBU)..... | 52 |
| 4.3 | Data Sekunder | 54 |
| 4.3.1 | Data Peta Jalan Tol | 55 |
| 4.3.2 | Data Konfigurasi Gebang Tol | 56 |
| 4.3.3 | Data Volume Kendaraan..... | 57 |
| 4.3.4 | Forecasting | 58 |
| BAB V ANALISIS DATA..... | | 63 |
| 5.1 | Analisa Tingkat Kedatangan | 63 |
| 5.2 | Analisis Waktu Pelayanan..... | 68 |
| 5.2.1 | Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Kendaraan Golongan I..... | 68 |
| 5.2.2 | Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Multigate 2.2 | 71 |
| 5.2.2.1 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan I..... | 71 |
| 5.2.2.2 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan II | 73 |
| 5.2.2.3 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan III | 76 |
| 5.2.2.4 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan IV | 78 |
| 5.2.2.5 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V | 81 |
| 5.2.2.6 | Analisis Tingkat Pelayanan Multigate 2.2..... | 83 |
| 5.2.3 | Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Multigate 2.3 | 85 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 5.2.3.1 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan I..... | 85 |
| 5.2.3.2 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan II | 87 |
| 5.2.3.3 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan III..... | 90 |
| 5.2.3.4 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan IV..... | 92 |
| 5.2.3.5 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V | 95 |
| 5.2.3.6 | Analisis Tingkat Pelayanan Multigate 2.3..... | 97 |
| 5.2.4 | Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Multigate 2.5 | 99 |
| 5.2.4.1 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan I..... | 99 |
| 5.2.4.2 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan II | 101 |
| 5.2.4.3 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan III..... | 104 |
| 5.2.4.4 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan IV..... | 106 |
| 5.2.4.5 | Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V | 109 |
| 5.2.4.6 | Analisis Tingkat Pelayanan Gate 2.5 | 111 |
| 5.2.5 | Waktu Pelayanan <i>On Board Unit</i> Kendaraan Golongan I..... | 113 |
| 5.3 | Analisa Tingkat Pelayanan (μ)..... | 116 |
| 5.4 | Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2019 | 117 |
| 5.4.1 | Perhitungan Intensitas Gerbang Tol..... | 118 |
| 5.5 | Analisis Antrian pada Gerbang Tol (Antrian First In First Out) | 119 |
| 5.5.1 | Perhitungan Antrian Gerbang Tol..... | 119 |
| 5.6 | Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2024 | 122 |
| 5.6.1 | Perencanaan Tingkat Kedatangan 2024 | 123 |
| 5.6.2 | Analisa Tingkat Pelayanan Gardu Multigate | 124 |
| 5.6.3 | Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2024..... | 124 |

| | | |
|--|--|------------|
| 5.6.4 | Analisis Antrian Gerbang Tol | 126 |
| 5.7 | Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2029 | 128 |
| 5.7.1 | Perencanaan Tingkat Kedatangan 2029 | 129 |
| 5.7.2 | Analisis Tingkat Pelayanan Gardu Multigate ... | 130 |
| 5.7.3 | Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2029 | 131 |
| 5.7.4 | Analisis Antrian Gerbang Tol | 132 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | | 137 |
| 6.1 | Kesimpulan | 137 |
| 6.2 | Saran | 138 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 141 |
| LAMPIRAN..... | | 143 |

“Halaman sengaja dikosongkan...”

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1. 1 Peta Ruas Tol Prof. Sedyatmo | 4 |
| Gambar 1. 2 Gerbang Tol Kapuk..... | 4 |
| Gambar 3. 1 Bagan Alir | 39 |
| Gambar 4. 1 Gambar Peta Jalan Tol Dalam Kota..... | 55 |
| Gambar 4. 2 Peta Jalan Tol Cawang-Tomang-Cengkareng..... | 55 |
| Gambar 4. 3 Konfigurasi Gerbang Tol Kapuk..... | 56 |
| Gambar 5. 1 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Kendaraan Golongan I | 69 |
| Gambar 5. 2 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Kendaraan Golongan I..... | 70 |
| Gambar 5. 3 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan I..... | 72 |
| Gambar 5. 4 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan I..... | 73 |
| Gambar 5. 5 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Golongan II | 75 |
| Gambar 5. 6 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan II | 76 |
| Gambar 5. 7 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan III..... | 77 |
| Gambar 5. 8 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan III..... | 78 |
| Gambar 5. 9 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan IV..... | 80 |
| Gambar 5. 10 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan IV..... | 81 |
| Gambar 5. 11 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan V | 82 |
| Gambar 5. 12 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan V | 83 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| Gambar 5. 13 | Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan I..... | 86 |
| Gambar 5. 14 | Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan I..... | 87 |
| Gambar 5. 15 | Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan II | 89 |
| Gambar 5. 16 | Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan II | 90 |
| Gambar 5. 17 | Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan III..... | 91 |
| Gambar 5. 18 | Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan III..... | 92 |
| Gambar 5. 19 | Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan IV | 94 |
| Gambar 5. 20 | Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan IV | 95 |
| Gambar 5. 21 | Grafik Presentase Kumulatif Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan V | 96 |
| Gambar 5. 22 | Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan V | 97 |
| Gambar 5. 23 | Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan I..... | 100 |
| Gambar 5. 24 | Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate Kendaraan Golongan I | 101 |
| Gambar 5. 25 | Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan II | 103 |
| Gambar 5. 26 | Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan II | 104 |
| Gambar 5. 27 | Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan III..... | 105 |
| Gambar 5. 28 | Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan III..... | 106 |
| Gambar 5. 29 | Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan IV | 108 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 5. 30 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan IV | 109 |
| Gambar 5. 31 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V | 110 |
| Gambar 5. 32 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V | 111 |
| Gambar 5. 33 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan On Board Unit Kendaraan Golongan I | 114 |
| Gambar 5. 34 Grafik Presentase Kumulatif dan Waktu Pelayanan OBU | 115 |
| Gambar 5. 35 Ilustrasi Antrian Kendaraan tahun 2019..... | 122 |
| Gambar 5. 36 Ilustrasi Antrian Kendaraan tahun 2024..... | 128 |
| Gambar 5. 37 Ilustrasi Antrian Kendaraan tahun 2029..... | 135 |

“Halaman sengaja dikosongkan...”

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Golongan Jenis Kendaraan | 13 |
| Tabel 3. 1 Form Survey Data Primer..... | 35 |
| Tabel 4. 1 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I pada Gerbang Tol Kapuk | 41 |
| Tabel 4. 2 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Tol Multigate 2.2 | 43 |
| Tabel 4. 3 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Tol Multigate 2.3 | 47 |
| Tabel 4. 4 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Multigate 2.5 | 50 |
| Tabel 4. 5 Waktu Pelayanan On Board Unit pada Gerbang Tol Kapuk | 52 |
| Tabel 4. 6 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata | 57 |
| Tabel 4. 7 Proporsi Kendaraan Pergate | 57 |
| Tabel 4. 8 Pertumbuhan PDRB per Kapita DKI Jakarta..... | 58 |
| Tabel 4. 9 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk 2020 | 59 |
| Tabel 4. 10 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk 2021 | 59 |
| Tabel 4. 11 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk 2022 | 59 |
| Tabel 4. 12 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk 2023 | 60 |
| Tabel 4. 13 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk 2024 | 60 |
| Tabel 4. 14 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk 2025 | 60 |
| Tabel 4. 15 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk 2026 | 61 |
| Tabel 4. 16 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk 2027 | 61 |
| Tabel 4. 17 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk 2028 | 61 |

| | |
|---|----|
| Tabel 4. 18 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk 2029 | 62 |
| Tabel 5. 1 Faktor K | 63 |
| Tabel 5. 2 Arus Jam Puncak Gerbang Tol Kapuk..... | 63 |
| Tabel 5. 3 Ekivalensi Kendaraan Ringan untuk Jalan Bebas Hambatan 4/2 | 64 |
| Tabel 5. 4 Ekivalensi Kendaraan Ringan untuk Jalan Bebas Hambatan 6/2 | 64 |
| Tabel 5. 5 Jumlah Kendaraan yang pada Gerbang Tol Kapuk yang Sudah Menggunakan EKR | 66 |
| Tabel 5. 6 Proporsi Kendaraan Tiap Gate..... | 66 |
| Tabel 5. 7 Jumlah Kendaraan Tiap Gate Tahun 2019..... | 67 |
| Tabel 5. 8 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Kendaraan Golongan I..... | 69 |
| Tabel 5. 9 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan I..... | 72 |
| Tabel 5. 10 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan II | 74 |
| Tabel 5. 11 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan III | 76 |
| Tabel 5. 12 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan IV | 79 |
| Tabel 5. 13 Frekuensi Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V | 81 |
| Tabel 5. 14 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan I..... | 86 |
| Tabel 5. 15 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan II | 88 |
| Tabel 5. 16 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan III | 90 |
| Tabel 5. 17 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan IV | 93 |
| Tabel 5. 18 Frekuensi Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V | 95 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 5. 19 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan I..... | 100 |
| Tabel 5. 20 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan II | 102 |
| Tabel 5. 21 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan III | 104 |
| Tabel 5. 22 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Kendaraan Golongan IV | 107 |
| Tabel 5. 23 Frekuensi Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V | 109 |
| Tabel 5. 24 Frekuensi Waktu Pelayanan On Board Unit Kendaraan Golongan I..... | 113 |
| Tabel 5. 25 Tabel Pelayanan pada Gardu Tol Multigate..... | 117 |
| Tabel 5. 26 Hasil Analisis Intensitas Gerbang Tol Kapuk 2019 | 119 |
| Tabel 5. 27 Hasil Perhitungan Analisa Antrian 2019 | 120 |
| Tabel 5. 28 Hasil Panjang Antrian dan Jumlah Gardu tahun 2019 | 121 |
| Tabel 5. 29 Volume Lalu Lintas Harian 2024 | 122 |
| Tabel 5. 30 Jumlah Kendaraan yang Menggunakan EKR | 123 |
| Tabel 5. 31 Hasil Perhitungan Intensitas Lalu Lintas 2024 | 125 |
| Tabel 5. 32 Hasil Analisa Antrian Gerbang Tol Kapuk 2024 ... | 127 |
| Tabel 5. 33 Hasil Panjang Antrian dan Jumlah Gardu Tol | 128 |
| Tabel 5. 34 Volume Lalu Lintas Harian 2029 | 129 |
| Tabel 5. 35 Jumlah Kendaraan yang Sudah Menggunakan EKR | 130 |
| Tabel 5. 36 Analisis Intensitas Lalu Lintas 2029..... | 132 |
| Tabel 5. 37 Analisis Antrian Tahun 2029..... | 133 |
| Tabel 5. 38 Hasil Panjang Antrian dan Jumlah Gardu 2029..... | 134 |

“Halaman sengaja dikosongkan...”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Transportasi merupakan salah satu sarana penunjang dalam pembangunan suatu negara. Pesatnya pembangunan dan pertumbuhan penduduk dewasa ini, membutuhkan sarana dan prasarana transportasi yang seimbang, baik, lancar dan efisien. Salah satu sarana transportasi yang meningkatkan efisiensi pelayanan jasa guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi terutama di wilayah yang sudah tinggi tingkat perkembangannya menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol adalah dengan menyelenggarakan jalan tol. Jalan tol merupakan jalan bebas hambatan bagi kendaraan bermotor yang kepada pemakainya dikenakan kewajiban membayar tarif tol sesuai dengan tipe kendaraan dan jarak yang ditempuh.

Mengingat fungsi jalan tol harus memberikan pelayanan berupa kelancaran arus kendaraan tanpa adanya hambatan yang berarti, maka permasalahan – permasalahan yang mengakibatkan timbulnya kemacetan perlu diteliti lebih lanjut. Kementerian Pekerjaan Umum mempunyai Standart Pelayanan Minimal (SPM) yang ada pada Peraturan Menteri PU no. 16/PRT/M/2014 yang merupakan ukuran jenis dan mutu pelayanan dasar yang harus dicapai dalam pelaksanaan penyelenggaraan jalan tol, agar dapat mengatasi permasalahan – permasalahan yang mengakibatkan timbulnya kemacetan pada jalan tol.

Macet di gerbang tol menjadi salah satu keluhan pengguna mobil di Jakarta, volume kendaraan yang tinggi dan namun proses antrean di gerbang tol membuat arus lalu lintas mengalami hambatan (detik.com, 2016). Dari permasalahan ini dapat dilihat bahwa aksesibilitas yang ada pada gerbang tol di Jakarta belum memenuhi Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol. Aksesibilitas merupakan salah satu substansi yang terdapat pada Standar

Pelayanan Minimal Jalan Tol yang indikator utamanya adalah kecepatan transaksi rata – rata dan jumlah antrian kendaraan pada gerbang tol. Jumlah antrian kendaraan maksimum dalam kondisi normal menurut Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol adalah 10 kendaraan pergardu, tetapi menurut berita yang diterbitkan pada laman berita detik.com,2019 kemacetan masih terjadi disejumlah gerbang tol pada ruas tol sekitar Jakarta.

Kemacetan pada gerbang tol dapat dilihat pada gerbang tol Kapuk yang berada pada ruas Jalan Tol Prof Dr. Sedyatmo yang merupakan salah satu ruas jalan tol yang berada pada cabang Tol Cawang – Tomang – Cengkareng. Gerbang tol ini merupakan akses masuk ke Jakarta atau menuju Tol Dalam Kota dari arah Bandara Soekarno Hatta dan wilayah Jakarta Utara lainnya. Menurut PT. Jasa Marga yang diinformasikan melalui *Official Twitter* Lalu Lintas Jasa Marga pada gerbang tol Kapuk sering terjadi antrian kendaraan seperti antrian kendaraan yang terjadi pada 25 Juni 2019 pukul 15.58 WIB didapati antrian kendaraan dari km 24 sampai dengan km 21. Antrian kendaraan ini diakibatkan karena jumlah gate yang ada tidak mampu menampung volume lalu lintas yang ada sehingga mengakibatkan adanya panjang antrian pada gerbang tol Kapuk.

Tujuan dari studi kasus penelitian masalah ini mengevaluasi antrian yang terjadi pada gerbang tol Kapuk yang dilihat dari tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan gerbang tol. Sehingga dapat melihat kapasitas dan tingkat kinerja gerbang tol Kapuk, serta mengatasi kemacetan yang biasanya terjadi pada gerbang tol dengan merencanakan gerbang tol Kapuk yang memenuhi Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang telah dijelaskan di latar belakang, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa panjang antrian kendaraan dan jumlah gate yang dibutuhkan dilihat dari tingkat kedatangan dan waktu pelayanan pada gerbang tol Kapuk pada tahun 2019?

2. Berapa jumlah gate yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada dan panjang antrian pada gerbang tol Kapuk dengan menggunakan sistem Gerbang Tol Otomatis (GTO) dan *On Board Unit* (OBU) pada tahun 2024 dan tahun 2029?

1.3. Batasan Masalah

Karena luasnya objek pengajian, maka perlu dilakukan pembatasan masalah agar permasalahan lebih terfokus pada rumusan masalah. Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini antra lain:

1. Waktu pelayanan (*service time*) ditinjau pada saat mengadakan transaksi penggunaan berdasarkan pada jenis kendaraan.
2. Tidak membahas faktor – faktor yang menentukan kondisi akhir lalu lintas.
3. Tidak membahas tarif tol dan geometri jalan.

1.4. Tujuan

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

1. Untuk mengetahui seberapa panjang antrian yang terjadi pada gardu told an jumlah gate yang dibutuhkan dilihat dari tingkat kedatangan dan waktu pelayanan pada gerbang tol Kapuk pada tahun 2019.
2. Untuk mengetahui jumlah gate yang akan dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada dan panjang antrian pada gerbang tol Kapuk menggunakan Gerbang Tol Otomatis dan *On Board Unit* (OBU) pada tahun 2024 dan 2029.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dan diperoleh dari studi tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dari pemerintah untuk menentukan jumlah gardu tol yang efektif dan efisien dimasa mendatang.

2. Sebagai acuan bagi penulis lain yang akan melanjutkan kajian tentang persoalan pelayanan gerbang tol.

1.6. Lokasi Studi

Studi kasus penelitian masalah ini dilakukan pada gerbang yang berada pada ruas Jalan Tol Prof. Sedyatmo yang merupakan salah satu ruas jalan tol yang berada pada cabang Tol Cawang – Tomang – Cengkareng. Gerbang tol yang menjadi lokasi studi adalah Gerbang Tol Kapuk yang merupakan salah satu pintu masuk kearah Jakarta. Lokasi gerbang tol dapat dilihat pada Gambar 1.1 dan Gambar 2.2.



Gambar 1. 1 Peta Ruas Tol Prof. Sedyatmo
(Sumber : PT. Jasa Marga, 19/11/2018)



Gambar 1. 2 Gerbang Tol Kapuk
(Sumber : *Google Earth*, 19/11/2018)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Tinjauan pustaka ini berisi teori-teori penunjang yang telah ditemukan oleh bidangnya masing-masing yang hasilnya telah terbukti melalui pengkajian dan penelitian serta diakui kebenarannya. Hal ini dimaksudkan agar tercipta persepsi yang sama antara pembaca dan penulis serta bisa dipertanggungjawabkan dikemudian hari. Tinjauan pustaka ini diambil dari teks, jurnal, modul serta tugas akhir yang telah dikerjakan sebelumnya.

2.2. Studi Terdahulu

Studi terdahulu merupakan acuan yang digunakan untuk menunjang penulisan tugas akhir baik berupa jurnal, informasi-informasi dari internet, maupun buku yang berhubungan dengan tugas akhir ini. Berikut ini merupakan studi terdahulu yang berupa tugas akhir dengan topik yang sama dengan tugas akhir ini.

1. Hutahaean & Surbakti. 2007. "Evaluasi Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Tanjung Morawa"

Dalam kajian terhadap studi tersebut didapatkan :

A. Metode yang digunakan adalah :

- Melakukan studi awal untuk menentukan lokasi yang akan dipilih.
- Pengambilan data primer dan data sekunder kemudian disajikan dan dianalisis sesuai dengan waktu pengambilan data.
- Pengujian data terhadap :
 - a. Kecukupan data.
 - b. Pengujian distribusi kedatangan.
 - c. Perhitungan regresi linier untuk mendapatkan tingkat kedatangan ditahun yang akan datang.
- Analisa data :
 - a. Perhitungan tingkat kedatangan

- b. Perhitungan waktu pelayanan
- c. Perhitungan jumlah pintu gerbang tol berdasarkan waktu pelayanan
- d. Perhitungan antrian dengan metode FIFO
- e. Analisa efektifitas kebijakan

B. Hasil dari studi tersebut :

- Berdasarkan hasil survei yang dilakukan pada hari Sabtu tanggal 1 September 2007 pukul 08.00 – 12.00 WIB didapatkan volume kendaraan pada gardu exit gerbang tol Tanjung Morawa untuk tahun 2007 sebesar 1008 kendaraan / jam. Serta berdasarkan hasil survei pada hari yang sama didapatkan waktu pelayanan rata-rata maksimum pada gerbang tol Tanjung Morawa adalah 5.37 detik
- Dengan tingkat kedatangan 336 kendaraan/jam per gardu maka Gerbang Tol Tanjung Morawa tidak lagi memenuhi persyaratan Standar Pelayanan Minimal (SPM) Jalan Tol dengan gerbang tol sistem tertutup pada gardu exit yaitu < 300 kendaraan/jam per gardu.
- Berdasarkan uji distribusi disimpulkan bahwa distribusi kedatangan kendaraan pada gerbang tol Tanjung Morawa mengikuti distribusi Poisson.
- Dengan melakukan metode perhitungan regresi linear diperoleh tingkat kedatangan untuk tahun 2010 adalah sebesar 1111 kendaraan/jam dan untuk tahun 2015 adalah sebesar 1335 kendaraan/jam
- Dengan tingkat pelayanan seperti pada point sebelumnya maka dengan perhitungan teori antrian untuk multiple channel didapatkan bahwa untuk tahun 2007 gerbang tol Tanjung Morawa masih mampu melayani besarnya jumlah kendaraan yang datang. Sementara untuk tahun

2010 dan tahun 2015 tingkat kedatangan sudah melebihi tingkat pelayanannya maka perlu dilakukan penanganan atau solusi, sehingga dengan metode prioritas untuk menentukan solusi didapatkan bahwa perlu dilakukan pengurangan waktu pelayanannya ataupun penambahan gardu tandem untuk meningkatkan tingkat pelayanan sehinggampu melayani tingkat kedatangan yang ada.

2. Gaudenshi & Widyastuti. 2017. “Perencanaan Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Karang Tengah, Tangerang”
Dalam kajian terhadap studi tersebut didapatkan :

A. Metode-metode yang digunakan adalah :

- Dilakukan studi awal untuk menentukan lokasi gerbang tol yang akan dipilih serta mendapatkan data primer serta data sekunder. Data primer yaitu dari survei lapangan yang berupa waktu pelayanan dan panjang antrian. Sementara data sekunder adalah data yang diambil dari PT. Jasa Marga sebagai pengelola jalan tol, datayang diambil adalah data volume lalu lintas, peta jalan tol.
- Mengevaluasi kondisi saat itu berdasarkan data yang telah didapat.
- Menganalisis waktu pelayanan, intensitas lalu lintas, analisis antrian, dan melakukan forecasting untuk mendapatkan volume lalu lintas hingga 30 tahun kedepan
- Merencanakan gerbang tol dengan sistem Gardu Tol Otomatis dan On Board Unit.

B. Hasil dari studi tersebut :

Hasil dari perencanaan gerbang tol Karang tengah ini yaitu perencanaan panjang antrian yang terjadi di tiap gerbang tol sudah sesuai dengan Standart Pelayanan Minimum (SPM) menurut Peraturan Menteri PU

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

3. Dondokambey & Widyastuti. 2018. “Perencanaan Gerbang Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar”
 Dalam kajian terhadap studi tersebut didapatkan :
 - A. Metode-metode yang digunakan adalah :
 - Tahap identifikasi masalah untuk mengamati kondisi lapangan Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar.
 - Tahap Studi Literatur Dalam tahap ini penulis mencari acuan yang dapat menunjang

pelaksanaan penulisan tugas akhir tentang Perencanaan Gerbang Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar, baik berupa jurnal, informasi –informasi dari internet, dan buku tulis.

- Tahap pengumpulan data primer dan sekunder.
- Tahap analisis data :
 - a. Volume kendaraan
 - b. Distribusi Kendaraan ke tiap gerbang tol.
 - c. Waktu Pelayanan.
- Perhitungan :
 - a. Tingkat kedatangan tiap gerbang tol
 - b. Jumlah gardu tol yang optimum
 - c. Jumlah antrian tiap gardu tol

B. Hasil dari studi tersebut :

- 1) Tingkat kedatangan kendaraan pada gerbang tol Krian-Legundi-Bunder Manyar sebagai berikut :
 - a. Tahun 2019
 - Gerbang Wringin Anom : Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 1229 kend./jam , arah keluar sebesar 923 kend./jam.
 - Gerbang Kedamean : Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 210 kend./jam, arah keluar sebesar 360 kend./jam.
 - Gerbang Cerme : Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 277 kend./jam, arah keluar sebesar 281 kend./jam.
 - Gerbang Bunder : Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 484 kend./jam, arah keluar sebesar 474 kend./jam

- Gerbang Manyar : Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 714 kend./jam, arah keluar 719 kend./jam.
- b. Tahun 2030
- Gerbang Wringin Anom Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 3498 kend./jam , arah keluar sebesar 2929 kend./jam.110
 - Gerbang KedameanTingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 524 kend./jam, arah keluar sebesar 690 kend./jam.
 - Gerbang CermeTingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 537 kend./jam, arah keluar sebesar 528 kend./jam.
 - Gerbang BunderTingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 896 kend./jam, arah keluar sebesar 898 kend./jam
 - Gerbang Manyar Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 2030 kend./jam, arah keluar 2547 kend./jam.
- 2) Panjang antrian yang telah direncanakan kurang dari 10 kendaraan yang dimana telah sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 16/PRT/2014 Tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan tol
 - 3) Pada perencanaan gerbang tol KrianLegundiBunder-Manyar tidak dilakukan analisis perubahan jumlah gardu tol yang beroperasi dikarenakan data yang dianalisis merupakan data volume kendaraan per hari.
 - 4) Jumlah gardu pada gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-

Manyar sebagai berikut :

a. Tahun 2019

- Gerbang Wringin Anom Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit
- Gerbang Kedamean Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit
- Gerbang Cerme Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit
- Gerbang Bunder Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit
- Gerbang Manyar Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit

b. Tahun 2030

- Gerbang Wringin Anom Arah masuk terdapat 2 gardu tol otomatis khu

- sus gol. I, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit, dan untuk arah keluar terdapat 2 gardu tol otomatis khusus gol. I, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit
- Gerbang Kedamean Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit
- Gerbang CermeArah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit
- Gerbang Bunder Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit
- Gerbang Manyar Arah masuk terdapat 2 gardu tol otomatis khusus gol. I, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit, dan untuk arah keluar terdapat 2 gardu tol otomatis khusus gol. I, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit

2.3. Pengertian Jalan Tol

Jalan Tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai rasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Sedangkan tol adalah sejumlah uang tertentu yang dibayarkan untuk pengguna jalan tol (UU

No.38/2004). Dalam pasal 43 (UU No.38/2004), jalan tol diselenggarakan untuk :

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

Pengguna tol dikenakan kewajiban membayar tol yang digunakan untuk pengembalian investasi, pemeliharaan dan pengembangan jalan tol. Keberadaan jalan tol diharapkan secara langsung dapat mengurangi beban lalu lintas, kemacetan yang terjadi di jalan umum dan mengurangi polusi udara akibat kendaraan berjalan lambat atau macet.

Jalan tol memiliki peran strategis baik untuk mewujudkan pemerataan pembangunan maupun untuk pengembangan wilayah. Pada wilayah yang tingkat perekonomiannya telah maju, mobilitas orang dan barang umumnya sangat tinggi sehingga dituntut adanya sarana perhubungan darat atau jalan dengan mutu yang andal. Tanpa adanya jalan dengan kapasitas cukup dan mutu yang andal, maka dipastikan lalu lintas orang maupun barang akan mengalami hambatan yang pada akhirnya menimbulkan kerugian ekonomi.

Jenis kendaraan yang melewati jalan tol digolongkan menjadi beberapa golongan sesuai dengan Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Golongan Jenis Kendaraan

| GOLONGAN | JENIS KENDARAAN |
|--------------|---|
| Golongan I | Sedan, Jip, Pick Up/ Truck Kecil, dan Bus |
| Golongan II | Truck dengan 2 (dua) gandar |
| Golongan III | Truck dengan 3 (tiga) gandar |
| Golongan IV | Truck dengan 4 (empat) gandar |
| Golongan V | Truck dengan 5 (lima) gandar atau lebih. |

(Sumber : bpujt.pu.go.id, 2018)

2.4. Kapasitas Suatu Gerbang Tol

Kapasitas suatu gerbang tol dapat diperoleh berdasarkan hasil survei asal tujuan (Origin – Destination) dan sistem Trial and Error, dimana data yang diperoleh biasanya digunakan untuk prediksi pada tahun-tahun yang akan datang. Akan tetapi jumlah data tersebut diperkirakan tidak lagi mampu menampung kapasitas pemakai jalan tol tersebut, sehingga hal ini dapat menimbulkan adanya penambahan kapasitas pintu tol. Untuk mengatasi masalah penambahan kapasitas akibat jumlah pemakai jalan tol yang semakin bertambah, maka diperlukan suatu data mengenai kapasitas suatu gerbang tol. Pendataan jumlah kendaraan yang melewati jalan tol dapat dihitung. Besarnya kapasitas untuk gerbang tol berbeda-beda tergantung tingkat pelayanannya. Dengan tingkat pelayanan yang singkat dan tepat akan menambah besarnya kapasitas suatu gerbang tol. Beberapa definisi mengenai kapasitas menurut beberapa ahli :

1. Wohl dan Martin, 1967, mendefinisikan kapasitas sebagai berikut ;
“The quantitative measurement of the volume (per unit of time) that a particular facility can accomodate (at the limit), and this usually provides a measure of maximum volume carrying capabilities”
2. Highway Research Board, 1965 kapasitas didefinisikan sebagai ;
“The maximum number of vehicle that would have reasonable expectation of passing over a given roadway in given time period under the prevailing roadway and traffic conditions”

Maka, kapasitas gerbang tol dapat didefinisikan sebagai nilai maksimum dari jumlah kendaraan yang melewati suatu gerbang tol dalam periode waktu tertentu. Nilai maksimum tersebut dapat dipengaruhi beberapa faktor, yaitu jalan itu sendiri, kontrol operasional, fasilitas dari gerbang tol, kelakuan para pengemudi, tindakan petugas jalan tol, dan beberapa faktor lingkungan, seperti faktor cuaca.

2.5. Waktu Pelayanan

Waktu pelayanan adalah waktu yang diberikan untuk melayani konsumen secara efektif dan efisien. Pelayanan secara efektif dan efisien berarti tepat dan cepatnya pelayanan kepada konsumen. Sehingga, konsumen akan merasa puas karena apa yang telah mereka keluarkan untuk penyedia jasa sebanding dengan apa yang mereka dapatkan.

2.6. Pelayanan Jalan Tol

Semua bentuk pelayanan jalan tol merupakan wujud komitmen penyedia jasa terhadap service excellence kepuasan masyarakat luas pengguna jalan tol di Indonesia, melalui pemberian jasa yang modern, berkualitas dan semakin efisien. Pelayanan yang tersebut diantaranya :

1. Pelayanan Transaksi

Pelayanan transaksi terlihat jelas karena pengumpul tol berhadapan langsung dengan pengemudi jadi harus memberikan kesan baik kepada konsumen mengenai kesan transaksi.

Adapun berbagai pelayanan untuk memberikan kepuasan bagi konsumen pada saat melakukan transaksi tol dengan cara :

- Penambahan kapasitas gerbang tol
- Otomatis transaksi melalui e-toll card dan Kartu Tanda Masuk Elektronik (KTME)
- Penyempurnaan system transaksi
- Penerapan Gardu Tanpa Orang (GTO)

2. Pelayanan Lalu Lintas

Pelayanan lalu lintas yaitu pelayanan untuk kendaraan yang melalui jalan tol. Pelayanan ini dilihat dengan kejadian lalu lintas pada jalan tol. Misalnya untuk menanggulangi kemacetan disediakan fasilitas patroli, ambulans, pemadam kebakaran, kendaraan *rescue* dan lain sebagainya. Juga pada saat penyendara mengalami kesulitan dapat menghubungi layanan informasi yang ada ditiap jalan tol.

3. Pelayanan Terhadap Pemeliharaan

Layanan pemeliharaan dibagi menjadi tiga kategori yaitu pemeliharaan rutin, pemeliharaan periodic, dan pemeliharaan khusus. Pemeliharaan rutin dilakukan setiap waktu-waktu tertentu terhadap seluruh aset jalan tol. Misalnya pemeliharaan rutin untuk menjaga kondisi jalan selalu pada perfoma yang tinggi dengan cara melakukan *overlay* dan *scraping filing*.

Standar pelayanan Minimal (SPM) pada jalan tol ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 16/PRT/M/2014 tanggal 17 Oktober 2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol yang harus dicapai oleh Badan Usaha Jalan Tol dalam rangka meningkatkan pelayanan kepada masyarakat pengguna jalan tol.

Dalam Pengoperasian Jalan Tol Jasa Marga selalu memnuhi SPM yang meliputi substansi pelayanan sebagai berikut:

1. Kondisi jalan tol.
2. Kecepatan tempuh rata-rata.
3. Aksesibilitas.
4. Mobilitas.
5. Keselamatan.
6. Unit pertolongan/penyelamatan dan bantuan pelayanan.

2.7. Teori Antrian

Pada tahun 1909, seorang insinyur dan juga ahli matematika berkebangsaan Denmark bernama Agner Krarup Erlang mengembangkan model antrian dengan tujuan menentukan jumlah yang optimal dari fasilitas telephone switching melayani permintaan pengguna jasa telepon. Pada umumnya, sistem antrian dapat diklasifikasikan menjadi sistem yang berbeda-beda dimana teori antrian dan simulasi sering diterapkan secara luas. Klasifikasi menurut Hillier dan Lieberman, 2001 adalah sebagai berikut :

1. Sistem pelayanan komersial.
2. Sistem pelayanan bisnis – industri.
3. Sistem pelayanan transportasi.

4. Sistem pelayanan social.

Sistem pelayanan transportasi digunakan dalam upaya pemecahan masalah transportasi. Teori antrian (queueing) sangat perlu dipelajari dalam usaha mengenal perilaku pergerakan arus lalu lintas baik manusia ataupun kendaraan (Morlok, 1978 dan Hobbs,1979). Hal ini disebabkan karena begitu banyaknya kejadian yang terjadi di sektor transportasi dan permasalahan lalu lintas yang terjadi sehari-hari pada sistem jaringan jalan yang dapat dijelaskan dan dipecahkan dengan bantuan analisis teori antrian, seperti misalnya :

1. Antrian kapal laut yang ingin merapat di dermaga,
2. Antrian truck bongkar muat barang dipelabuhan,
3. Antrian manusia pada loket saat pembelian karcis di stasiun kreta, bandara, terminal dan lain-lain,
4. Antrian manusia pada loket pembayaran listrik, pelayanan bank, swalayan,
5. Antrian kendaraan yang terjadi di depan pintu gerbang tol atau antrian kendaraan yang terjadi disetiap persimpangan rambu lalu lintas dan,
6. Sangat banyak kejadian antrian lainnya yang dapat dijelaskan dan diselesaikan dengan bantuan analisis teori antrian.

Antrian tersebut pada dasarnya terjadi karena proses pergerakan lalu lintas (manusia dan atau kendaraan) terganggu oleh adanya suatu kegiatan pelayanan yang harus dilalui, misalnya antrian pada gerbang tol terjadi karena kendaraan yang berada di depan pintu gerbang tol harus melakukan transaksi pengambilan atau pembayaran karcis tol. Kegiatan tersebut mengakibatkan terjadinya gangguan pergerakan arus kendaraan dimana pada suatu kondisi, antrian kendaraan tersebut dapat mengakibatkan permasalahan berupa waktu antrian bagi pengguna dan panjang antrian bagi pengelola.

Teori antrian merupakan alat analisa yang sangat membantu di dalam memecahkan problem tersebut. Teori ini memberikan informasi penting yang dibutuhkan dalam

pengambilan keputusan dengan meramalkan berbagai karakteristik dengan sistem antrian tersebut.

2.7.1. Proses pada Sistem Antrian

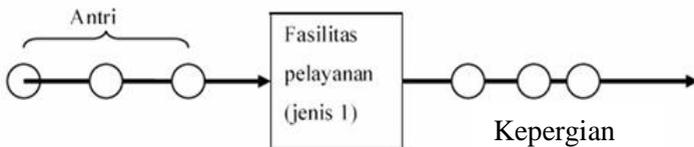
Sistem antrian adalah suatu sistem yang mencakup barisan antrian dan gerbang pelayanan. Ada tiga komponen dalam sistem antrian yaitu :

1. Populasi yang berasal dari suatu sumber dengan datang kedalam sistem dan membentuk barisan antrian,
2. Sistem pelayanan dimana berdasarkan aturan tertentu salah satu atau beberapa anggota dari barisan antrian mendapat pelayanan,
3. Kondisi populasi saat keluar sistem setelah mendapat pelayanan.

Klasifikasi struktur antrian berdasarkan banyaknya gerbang atau jalur dan banyaknya tahan pelayanan yang ada :

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

Sistem antrian jalur tunggal ini hanya memiliki satu pemberi layanan serta satu jenis layanan yang diberikan karena pada sistem ini hanya memiliki satu jalur dan satu tahap pelayanan. Struktur pada sistem antrian tunggal ini sangat sederhana dan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



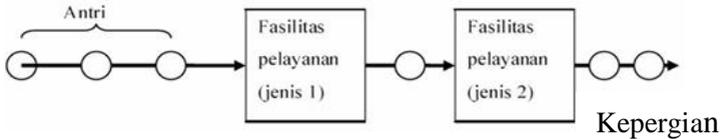
Gambar 2. 1 Sistem Antrian Jalur Tunggal

(Sumber : <https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian/19/11/2018>)

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

Istilah Multi Phase menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan (dalam phasephase). Pada sistem ini hanya memiliki satu jalur pelayanan tetapi dalam jalur tersebut dua tahap layanan (lebih dari satu layanan), tetapi

dalam tiap jenis layanan hanya terdapat satu pemberi layanan. Struktur pada sistem antrian *single channel-mutli phase* dapat dilihat pada Gambar 2.2.

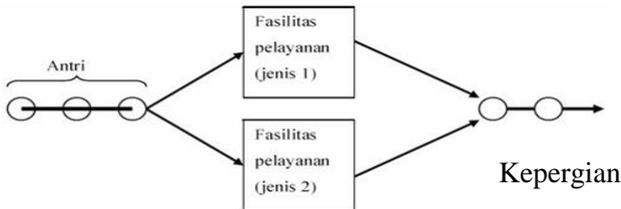


Gambar 2. 2 Sistem Antrian Jalur Tunggal Tahapan Ganda

(Sumber : <https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian/19/11/2018>)

3. Sistem Antrian Jalur Berganda Satu Tahap (*Multi Channel – Single Phase*)

Sistem Multi Channel – Single Phase terjadi kapan saja di mana ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal, sebagai contoh model ini adalah antrian pada teller sebuah bank. Struktur pada sistem antrian *Multi Channel – Single Phase* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



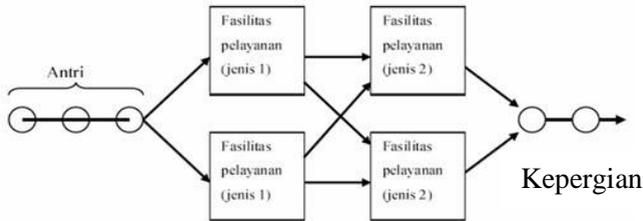
Gambar 2. 3 Sistem Antrian Jalur Berganda Satu Tahap

(Sumber : <https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian/19/11/2018>)

4. Sistem antrian jalur berganda dengan tahapan berganda (*Multi Channel – Multi Phase*)

Sistem *Multi Channel – Multi* terjadi apabila terdapat lebih dari satu jenis layanan dan terdapat lebih dari satu pemberi layanan dalam setiap jenis layanannya. Sebagai contoh, herregistrasi

para mahasiswa di universitas, pelayanan kepada pasien di rumah sakit mulai dari pendaftaran, diagnosa, penyembuhan sampai pembayaran. Struktur pada sistem antrian *Multi Channel – Multi Phase* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Sistem Antrian Jalur Berganda dengan Tahapan Berganda

(Sumber : <https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian/19/11/2018>)

2.7.2. Karakteristik Sistem Antrian

Ada empat komponen utama pada karakteristik sistem antrian yaitu :

1. Kedatangan, populasi yang akan dilayani (*calling population*),
2. Tingkat pelayanan,
3. Fasilitas pelayanan, jumlah dan susunan gerbang pelayanan,
4. Disiplin antrian, yaitu menentukan antrian dimana satuan lalu lintas yang akan dilayani.

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

2.7.2.1 Kedatangan Populasi yang akan dilayani

Menurut ukurannya, populasi yang akan dilayani bisa terbatas (*finite*) bisa juga tidak terbatas (*infinite*). Pola kedatangan bisa teratur, bisa juga acak (*random*). Jika kedatangan diasumsikan terjadi dengan kecepatan rata-rata yang konstan dan bebas satu

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

Ada beberapa ciri-ciri *Distribution Poisson*:

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

Probabilitas n kedatangan dalam waktu T ditentukan dengan rumus:

$$P(n) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} \quad (2. 1)$$

Dimana:

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

λ = tingkat kedatangan kendaraan dalam satu satuan waktu tertentu

t = selang waktu kedatangan kendaraan

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

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

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

$$P(s \leq t) = e^{-\lambda t}, 0 \leq t \leq \infty \quad (2. 2)$$

Dimana:

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

λ = rata-rata kedatangan persatuan waktu

t = waktu rata-rata dalam sistem (detik)

Suatu faktor yang mempengaruhi penilaian distribusi kedatangan adalah ukuran populasi panggilan. Populasi yang akan dilayani mempunyai perilaku kedatangan yang berbeda-beda dalam membentuk antrian. Ada tiga jenis perilaku : *reneging*, *balking*, dan *jockeying*. *Reneging* menggambarkan situasi dimana seseorang masuk dalam antrian, namun belum memperoleh pelayanan, kemudian meninggalkan tempat antrian tersebut. *Balking* menggambarkan orang yang tidak masuk dalam antrian dan langsung meninggalkan tempat antrian. *Jockeying* menggambarkan orang yang pindah-pindah antrian.

2.7.2.2 Tingkat Pelayanan

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

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

$$WP = \frac{1}{\mu} \quad (2. 3)$$

Dimana :

WP = waktu pelayanan

μ = tingkat pelayanan

Selain itu dikenal juga notasi ρ yang didefinisikan sebagai nisbah antara tingkat kedatangan (λ) dengan tingkat pelayanan (μ) dengan persyaratan bahwa nilai tersebut selalu harus lebih kecil dari 1 (May, 1991).

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

Dimana:

- ρ = intensitas lalu lintas atau faktor pemakaian
- λ = tingkat kedatangan
- μ = 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).

2.7.2.3 Mekanisme dan Jumlah Gerbang Pelayanan

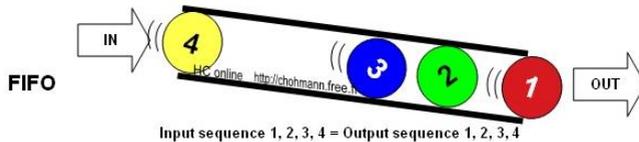
Mekanisme pelayanan tergantung pada jumlah fasilitas pelayanan (satu atau lebih fasilitas yang seri). Dan setiap fasilitas pelayanan dapat mempunyai satu atau lebih gerbang pelayanan yang paralel. Jika suatu sistem mempunyai lebih dari satu fasilitas pelayanan maka populasi harus melewati rangkaian terlebih dahulu sebelum meninggalkan sistem.

Jumlah gerbang pelayanan mempengaruhi layanan dari suatu model antrian. Jika suatu model sistem mempunyai satu gerbang pelayanan maka model sistem tersebut adalah layanan tunggal. Selanjutnya jika suatu model antrian memiliki lebih dari satu gerbang pelayanan maka disebut layanan ganda.

2.7.2.4 Disiplin Antrian

Disiplin antrian adalah aturan dimana para pelanggan dilayani, atau disiplin pelayanan (*service discipline*) yang memuat urutan (order) para pelanggan menerima layanan. (Kakiay, 2004). Beberapa jenis antrian yang sering digunakan dalam bidang transportasi atau arus lalu lintas adalah (Wohl Martin, 1967; Morlok, 1978; dan Hobbs, 1979) :

1. First In First Out (FIFO) atau First Come First Served (FCFS)
Disiplin antrian FIFO sangat sering digunakan dalam bidang transportasi dimana kendaraan atau orang yang pertama datang akan dilayani pertama. Ilustrasi untuk disiplin FIFO dapat dilihat pada Gambar 2.5.

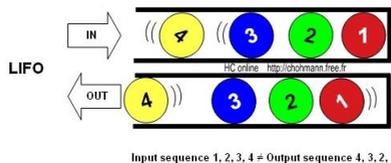


Gambar 2. 5 Disiplin Antrian FIFO

(Sumber : eleque.com, 19/11/2018)

2. Last In First Out (LIFO)

Dari Gambar 2.6 menunjukan bahwa disiplin antrian LIFO yaitu suatu sistem antrian yang lebih dulu datang akan dilayani terakhir. Misalnya pada antrian kendaraan pada pelayanan kapal feri di terminal penyebrangan dimana kendaraan yang pertama masuk akan dilayani lebih dulu.



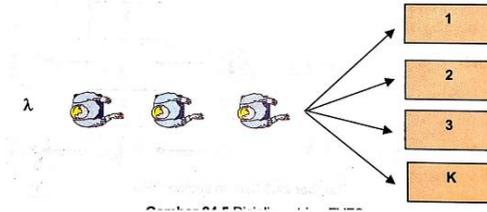
Gambar 2. 6 Disiplin Antrian LIFO

(Sumber : eleque.com, 19/11/2018)

3. *First Vacant First Served* (FVFS)

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

lainnya. Ilustrasi untuk disiplin FVFS dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Disiplin Antrian FVFS
(Sumber :Tamin, 19/11/2018)

2.7.3. Parameter Antrian

Defenisi dari setiap parameter utama dalam suatu sistem antrian adalah (Tamin, 2008):

- n = jumlah kendaraan atau orang dalam sistem (kendaraan atau orang persatuan waktu)
- q = jumlah kendaraan atau orang dalam antrian (kendaraan atau orang per satuan waktu)
- d = waktu kendaraan atau orang dalam sistem (satuan waktu)
- w = waktu kendaraan atau orang dalam antrian (satuan waktu)

2.7.3.1. Disiplin Antrian FIFO

Berikut adalah persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung n , q , d , w pada antrian FIFO : (Tamin, 2008)

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

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

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

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

Dimana :

- ρ = intensitas lalu lintas atau faktor pemakaian = $\frac{\lambda}{\mu}$
 λ = tingkat kedatangan
 μ = tingkat pelayanan
 n = jumlah kendaraan atau orang dalam sistem (kendaraan atau orang persatuan waktu)
 q = jumlah kendaraan atau orang dalam antrian (kendaraan atau orang persatuan waktu)
 d = waktu kendaraan atau orang dalam sistem (satuan waktu)
 w = waktu kendaraan atau orang dalam antrian (satuan waktu)

Beberapa asumsi yang diperlukan dalam penggunaan disiplin antrian FIFO:

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

2.7.3.2. Disiplin Antrian FVS

Persamaan (2.9) – (2.11) berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung n , q , d , dan w untuk disiplin antrian FVFS.

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

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

$$\bar{n} = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K}{(K-1)!(K\mu-\lambda)^2} \cdot p(0) + \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.10)$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K}{(K-1)!(K\mu-\lambda)^2} \cdot p(0) = \bar{n} - \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.11)$$

$$\bar{d} = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K}{(K-1)!(K\mu-\lambda)^2} \cdot p(0) + \frac{1}{\mu} \quad (2.12)$$

$$\bar{w} = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K}{(K-1)!(K\mu-\lambda)^2} \cdot p(0) = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \quad (2.13)$$

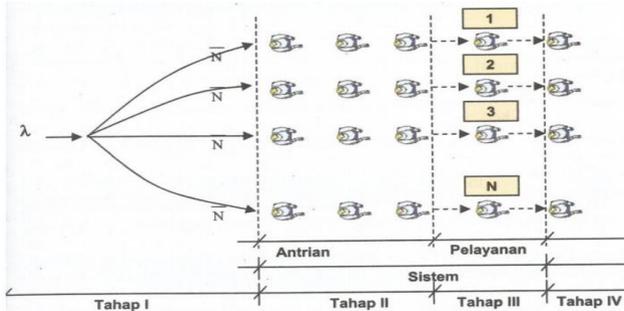
Asumsi yang diperlukan dalam penggunaan disiplin antrian FVFS adalah terdapat hanya 1 (satu) antrian (lajur-tunggal) dimana kendaraan atau orang yang berada pada antrian terdepan akan dilayani oleh suatu tempat pelayanan yang pertama kosong (*vacant*).

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

2.8. Proses Antrian

Pada dasarnya untuk lebih memahami lebih lanjut mengenai antrian, hal utama yang sangat diperlukan adalah mengertibagaimana sebenarnya proses terjadinya antrian. Proses

terjadinya antrian terdiri dari 4 (empat) tahap yang akan dijelaskan dengan menggunakan Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Tahapan dalam Proses Antrian

(Sumber: Tamin, 2008)

1. Tahap I
Tahap dimana arus lalu lintas bergerak dengan kecepatan tertentu menuju suatu tempat pelayanan. Besarnya arus yang datang disebut dengan tingkat kedatangan (λ).
2. Tahap II
Tahap dimana arus lalu lintas mulai bergabung dengan antrian menunggu untuk dilayani. Jadi, waktu antrian dapat didefinisikan sebagai waktu sejak arus lalu lintas bergabung dengan antrian sampai dengan waktu kendaraan mulai dilayani oleh suatu tempat pelayanan.
3. Tahap III
Tahap dimana arus lalu lintas dilayani oleh suatu tempat pelayanan. Jadi, waktu pelayanan (WP) dapat didefinisikan sebagai waktu sejak dimulainya kendaraan atau orang dilayani sampai dengan waktu selesai dilayani.
4. Tahap IV
Tahap dimana arus lalu lintas meninggalkan tempat pelayanan.
Gabungan dari tahap II dan III disebut dengan sistem antrian, jadi waktu dalam sistem antrian dapat didefinisikan sebagai waktu sejak kendaraan mulai bergabung dengan antrian sampai waktu kendaraan selesai dilayani.

2.9. Analisis Kebijakan

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

- Kebijakan menambah pintu tol
- Kebijakan mengurangi waktu pelayanan
- Kebijakan sistem tandem
- Kebijakan Sistem Pembayaran Elektronik (GTO) atau *On Board Unit* (OBU)

2.9.1. Kebijakan Menambah Pintu Tol

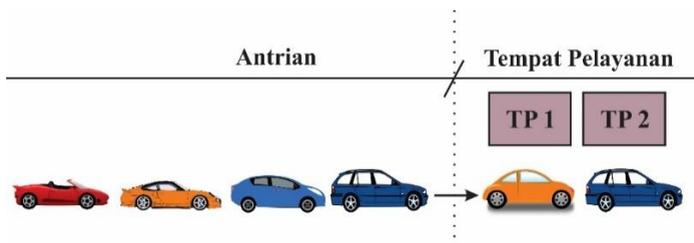
Kebijakan menambah pintu tol merupakan kebijakan yang akan memakan biaya yang besar. Karena untuk menambah pintu tol diperlukan lahan untuk pintu tol tersebut, bangunan pintu tol, peralatan baru, tenaga manusia dan masih banyak biaya terkait lainnya.

2.9.2. Kebijakan Mengurangi Waktu Pelayanan

Meskipun waktu pelayanan tidak dapat dihilangkan dapat ditekan seminimal mungkin. Kebijakan menekan waktu pelayanan ini merupakan kebijakan yang paling baik karena tidak membutuhkan biaya besar. Biaya yang dikeluarkan mungkin hanya dana intensif bagi karyawan yang dapat menekan waktu pelayanan.

2.9.3. Kebijakan Sistem Tandem

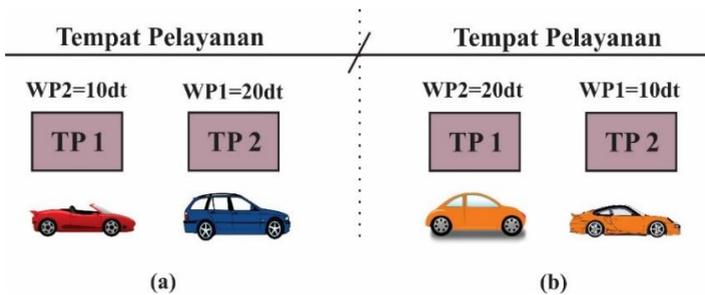
Kebijakan sistem tandem merupakan usaha untuk meningkatkan kinerja pintu tol, kerana dapat menurunkan waktu pelayanan sampai 50 (Morlok,1978 dan Hobbs,1079).



Gambar 2. 9 Sistem tandem

Sebagai ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.9, jika tanpa sistem tandem biasanya pintu tol hanya bisa melayani satu kendaraan dalam waktu 10 detik. Tetapi saat menggunakan sistem tandem pintu tol tersebut dapat melayani kendaraan dua kendaraan sekaligus sehingga dapat dikatakan waktu pelayanan dapat ditekan menjadi 5 detik perkendaraan.

Kebijakan sistem tandem terlihat sangat efektif, karena dapat menurunkan waktu pelayanan menjadi 50%. Akan tetapi, persyaratan utama dalam penerapan sistem tandem adalah waktu pelayanan antar kendaraan harus relatif sama. Jika hal ini tidak terpenuhi, maka dapat dipastikan kinerja sistem tandem malah akan menjadi jauh lebih jelek dibandingkan dengan sistem biasa (Tamin, 2008).



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

Pada Gambar 2.10 terlihat kendaraan (1) membutuhkan waktu 20 detik untuk dilayani sedangkan kendaraan (2) hanya membutuhkan waktu 10 detik. Pada saat kendaraan (2) telah selesai dilayani, kendaraan (1) masih belum selesai dilayani, sehingga kendaraan (1) akan menghalangi pergerakan kendaraan (2) dan akhirnya waktu pelayanan kendaraan (2) berubah menjadi 20 detik. Dengan demikian, tingkat pelayanan sistem tandem tersebut menjadi hanya sebesar 180 kendaraan /jam jauh lebih buruk dibandingkan dengan sistem antrian biasa (360 kendaraan/jam). Hal yang sama sebaliknya terlihat pada gambar (b). Kendaraan (1)

hanya membutuhkan waktu 10 detik untuk dilayani sedangkan kendaraan (2) membutuhkan waktu 20 detik. Pada saat kendaraan (1) telah selesai dilayani, kendaraan (2) masih belum selesai, sehingga kendaraan (2) akan menghalangi pergerakan kendaraan urutan berikutnya. Dengan demikian, tingkat pelayanan sistem tandem tersebut tetap hanya sebesar 180 kendaraan/jam jauh lebih buruk dibandingkan dengan sistem antrian biasa (360 kendaraan/jam).

2.9.4. Kebijakan Sistem Pembayaran Elektronik (GTO) dan *On Board Unit* (OBU)

Sistem *Electronic Toll Collection* (ETC) atau yang dikenal dengan Gerbang Tol Otomatis (GTO) digunakan untuk menciptakan sistem penarikan tarif jalan tol yang lebih cepat dan efisien dari sistem manual pada gerbang-gerbang tol. Gardu Tol Otomatis (GTO) ini merupakan sistem pembayaran no-tunai yang menggunakan uang elektronik yang tersimpan didalam kartu. Dengan kartu ini, pengguna jalan tol tidak perlu membayar tiket di gerbang to tujuan, tetapi cukup menyentuh kartu ke sensor (*touch and pass*) sehingga secara lansung akan mendebit biaya tol. Pengguna tol tidak perlu lagi berhenti lama untuk membayar tol namun secara otomatis mengurangi *account* yang dimiliki pengguna tol melalui mekanisme scanning yang sangat cepat.

Sistem *On Board Unit* (OBU) juga merupakan sistem pembayaran non-tunai yang menggunakan uang elektronik yang disimpan dalam kartu. Sementara untuk Perangkat OBU adalah perangkat trans-mitter yang dipasang didalam kendaraan dan berfungsi untuk memancarkan sinyal elektronik yang akan dibaca oleh *receiver* yang ada di Gerbang Tol Otomatis (GTO), dan akan langsung membuka *barrier*, sehingga pengguna jalan tol tidak harus membuka kaca jendela dan melakukan tap kartu untuk bertransaksi di GTO. Namun untuk gerbang tol khusus sistim OBU masih belum terlalu banyak digunakan di gerbang tol di Indonesia

“Halaman sengaja dikosongkan...”

BAB III METODOLOGI

Metodologi pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan informasi dengan tujuan dan manfaat tertentu. Dalam menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluam maka diperlukan langkah-langkah untuk menyelesaikan masalah tertentu. Metode penelitian pada tugas akhir ini meliputi:

- 3.1. Perumusan Masalah
- 3.2. Studi Lapangan
- 3.3. Penentuan Lokasi
- 3.4. Studi Terdahulu
- 3.5. Pengambilan Data Sekunder
- 3.6. Pengambilan Data Primer
- 3.7. Penyusunan Data
- 3.8. Analisi dan Perencanaan
- 3.9. Bagan alir

3.1. Perumusan Masalah

Dalam tahap ini penulis membuat rumusan masalah dan penetapan tujuan dalam mengevaluasi masalah kapasitas dan pelayanan gerbang tol. Masalah ini dirumuskan berdasarkan kondisi yang terjadi di lapangan saat ini dimana banyak sekali dijumpai kemacetan pada gerbang tol.

3.2. Studi Lapangan

Sebelum melakukan survei ke lapangan perlu dilakukan suatu studi lapangan untuk melihat situasi atau kondisi di gerbang tol yang berapa pada Jalan Tol Cawang-Tomang-Cengkareng. Dimana studi ini dibutuhkan untuk mengetahui jam-jam puncak (*peak hour*) atau saat-saat kapan saja terjadi antrian di gerbang tol dan untuk menentukan gerbang tol yang akan ditinjau. Studi

lapangan ini dilakukan dengan mencari informasi dari PT. Jasa Marga selaku pengelola Jalan Tol Cawang-Tomang-Cengkareng.

3.3. Penentuan Lokasi

Setelah dilakukan survei awal dengan melihat situasi dan kondisi gerbang tol pada tol Cawang Tomang Cengkareng, maka dapat ditentukan lokasi atau gerbang tol yang akan ditinjau. Dalam kasus ini gerbang tol yang ditinjau adalah Gebang Kapuk yang berada pada Jalan Tol Prof. Sedyatmo, dimana pada gerbang tol tersebut sering mengalami kemacetan atau adanya antrian kendaraan yang cukup panjang pada jam-jam sibuk.

3.4. Studi Terdahulu

Dalam tahap ini penulis mencari acuan yang dapat menunjang penulisan Tugas Akhir Evaluasi Tingkat Pelayanan Gerbang Tol Kapuk pada Ruas Tol Ir. Prof Dr. Sedyatmo Jakarta Utara, baik berupa jurnal, informasi-informasi dari internet, maupun buku yang berhubungan dengan Tugas Akhir.

3.5. Pengambilan Data Sekunder

Pengambilan data sekunder, diperoleh dari pihak PT. Jasa Marga selaku pengelola jalan tol Cawang – Tomang – Cengkareng dimana terdapat ruas Jalan Tol Prof. Sedyatmo. Data yang diambil adalah data – data yang berhubungan dengan tugas akhir ini diantaranya data lalu lintas jalan, peta jalan tol, konfigurasi gerbang.

3.6. Pengambilan Data Primer

Pengambilan data primer dilakukan langsung dilapangan dengan mengadakan survei lapangan. Survei dilakukan pada tiap gardu masuk yang beroperasi di Gerbang Kapuk. Data-data yang diambil sewaktu melakukan survei adalah waktu pelayanan dan panjang antrian. Tabel form survey data primer dapat dilihat pada tabel 3.1.

3.8. Analisis dan Perencanaan

Data-data yang telah didapat dari hasil survey selanjutnya dievaluasi dengan cara menganalisis waktu pelayanan, tingkat kedatangan, analisis antrian. Analisis waktu pelayanan dan tingkat kedatangan dilakukan untuk mendapatkan panjang antrian. Setelah itu dilakukan forecasting untuk merencanakan ulang gerbang tol tersebut. Hasil dari forecasting ini akan digunakan untuk perencanaan simulasi yang menggunakan sistem Gerbang Tol Otomatis (GTO), *On Board Unit* (OBU).

3.8.1. Analisis Panjang Antrian Kendaraan

Analisis antrian ini diperlukan untuk mengetahui panjang dan lamanya antrian yang terjadi pada gerbang tol. Dalam menganalisis antrian pada gerbang tol digunakan teori antrian FIFO (*First In First Out*). Beberapa hal yang harus diperhatikan pada disiplin antrian FIFO yaitu :

- ρ = Intensitas lalu lintas atau faktor pemakaian (Pers. 2.6)
- n = Jumlah kendaraan atau orang dalam sistem (Pers. 2.7)
- q = Jumlah kendaraan atau orang dalam antrian (Pers. 2.8)
- d = Waktu kendaraan atau orang dalam sistem (Pers. 2.9)
- w = Waktu kendaraan atau orang dalam antrian (Pers. 2.10)

3.8.2. Perhitungan Jumlah Gate pada Gardu Tol

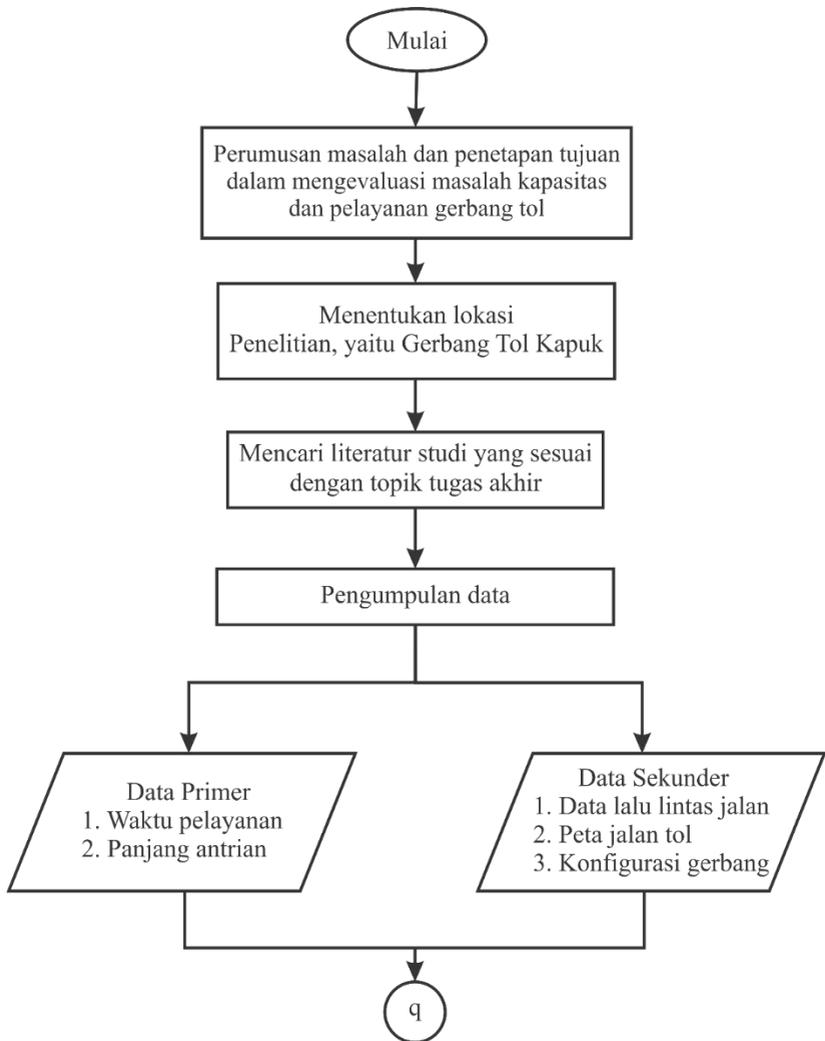
Perhitungan jumlah gate pada gerbang tol menggunakan sistem Gerbang Tol Otomatis (GTO), *On Board Unit* (OBU). Langkah untuk merencanakan jumlah gate pada gerbang tol sebagai berikut :

- Forecasting
Forecasting ini dilakukan untuk mendapatkan volume lalu lintas kendaraan yang akan datang. Volume lalu lintas ini digunakan untuk merencanakan ulang gerbang tol untuk beberapa tahun kedepan. Forecasting dilakukan dengan cara mengkalikan data volume lalu lintas harian dengan koefisien rata-rata Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) per kapita.
- Merencanakan jumlah gate
Perencanaan jumlah gate gerbang tol harus memperhatikan intensitas lalu lintas pada gerbang tol tersebut dan waktu

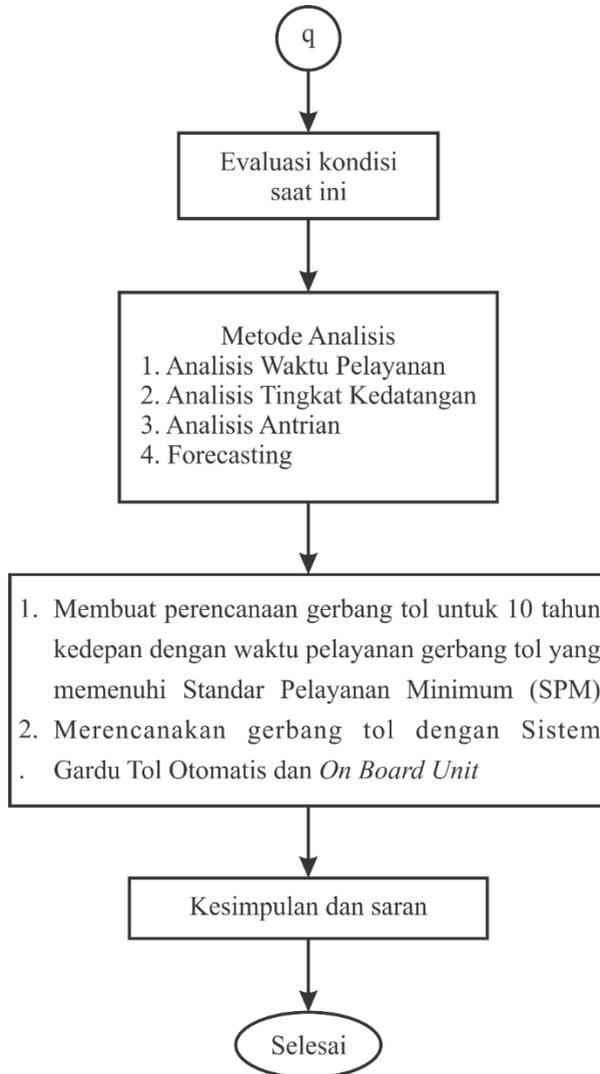
pelayanan sesuai dengan tipe gardu yang akan digunakan. Hasil dari intensitas lalu lintas tersebut harus lebih kecil dari 1 sesuai dengan Pers. 2.6

3.9. Bagan Alir

Dalam pengerjaan penelitian ini dilakukan diperlukan suatu metodologi yang akan membantu penelitian agar tidak menyimpang dari tujuan dan juga mempermudah pekerjaan. Untuk itu metodologi tersebut dapat di buat menjadi bagan alir seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Bagan Alir



Gambar 3. 2 Bagan Alir (Lanjutan)

“Halaman sengaja dikosongkan...”

BAB IV

PENGUMPULAN DATA

4.1 Umum

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

4.2 Data Primer

Terdapat dua data primer yang digunakan dalam mengevaluasi tingkat pelayanan Gerbang Tol Kapuk yaitu data waktu pelayanan dan panjang antrian. Waktu pelayanan dan panjang antrian tersebut diambil pada Gardu Tol Otomatis (GTO), dan *On Board Unit* (OBU) dan gardu tol Multigate yang berada pada Gerbang Tol Kapuk.

4.2.1 Waktu pelayanan Gardu Tol Otomatis (GTO)

Data waktu pelayanan gardu tol otomatis (GTO) diambil di Gardu Tol Otomatis untuk kendaraan golongan I dan gardu Multigate pada saat kendaraan dalam keadaan berhenti dan melakukan transaksi dengan menempelkan kartu e-toll sampai kendaraan meninggalkan gardu.

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

| | |
|------------|------------------------|
| Tipe Gardu | : GTO |
| No Gardu | : 9 |
| Waktu | : 17.45 (1 Maret 2019) |

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian |
|----|---------------|--------------------------|--------------------|
| 1 | I | 7 | ± 2,5 km |
| 2 | I | 8 | |
| 3 | I | 10 | |
| 4 | I | 10 | |
| 5 | I | 9 | |
| 6 | I | 8 | |
| 7 | I | 6 | |
| 8 | I | 8 | |
| 9 | I | 7 | |
| 10 | I | 8 | |
| 11 | I | 5 | |
| 12 | I | 7 | |
| 13 | I | 6 | |
| 14 | I | 11 | |
| 15 | I | 8 | |
| 16 | I | 7 | |
| 17 | I | 9 | |
| 18 | I | 5 | |
| 19 | I | 7 | |
| 20 | I | 9 | |
| 21 | I | 10 | |
| 22 | I | 7 | |
| 23 | I | 6 | |
| 24 | I | 11 | |
| 25 | I | 11 | |
| 26 | I | 6 | |
| 27 | I | 10 | |
| 28 | I | 7 | |
| 29 | I | 8 | |
| 30 | I | 7 | |

Table 4.1 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I pada Gerbang Tol Kapuk (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------|-----------------|
| | | (dtk) | |
| 31 | I | 7 | ± 2,5 km |
| 32 | I | 7 | |
| 33 | I | 6 | |
| 34 | I | 8 | |
| 35 | I | 6 | |
| 36 | I | 10 | |
| 37 | I | 7 | |
| 38 | I | 6 | |
| 39 | I | 9 | |
| 40 | I | 9 | |
| 41 | I | 8 | |
| 42 | I | 10 | |
| 43 | I | 7 | |
| 44 | I | 8 | |
| 45 | I | 9 | |
| 46 | I | 7 | |
| 47 | I | 6 | |
| 48 | I | 7 | |
| 49 | I | 6 | |
| 50 | I | 7 | |

Tabel 4. 2 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Tol Multigate 2.2

Tipe Gardu : GTO multi
 No Gardu : 2.2
 Waktu : 16.15 (1 Maret 2019)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------------|-----------------|
| 1 | I | 9 | ± 2,5 km |
| 2 | I | 6 | |

Tabel 4. 2 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Tol Multigate 2.2 (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------|-----------------|
| | | (dtk) | |
| 3 | I | 8 | ± 2,5 km |
| 4 | I | 7 | |
| 5 | I | 8 | |
| 6 | I | 11 | |
| 7 | I | 7 | |
| 8 | I | 7 | |
| 9 | I | 11 | |
| 10 | I | 7 | |
| 11 | I | 6 | |
| 12 | II | 10 | |
| 13 | II | 14 | |
| 14 | II | 8 | |
| 15 | II | 12 | |
| 16 | II | 11 | |
| 17 | II | 9 | |
| 18 | II | 14 | |
| 19 | II | 8 | |
| 20 | II | 13 | |
| 21 | II | 10 | |
| 22 | II | 15 | |
| 23 | II | 10 | |
| 24 | II | 8 | |
| 25 | II | 10 | |
| 26 | II | 13 | |
| 27 | II | 11 | |
| 28 | II | 8 | |
| 29 | II | 16 | |

Tabel 4. 2 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Tol Multigate 2.2 (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------|-----------------|
| | | (dtk) | |
| 30 | II | 11 | ± 2,5 km |
| 31 | II | 9 | |
| 32 | II | 14 | |
| 33 | II | 10 | |
| 34 | III | 10 | |
| 35 | III | 13 | |
| 36 | III | 11 | |
| 37 | III | 14 | |
| 38 | III | 12 | |
| 39 | III | 8 | |
| 40 | III | 15 | |
| 41 | III | 12 | |
| 42 | III | 11 | |
| 43 | III | 11 | |
| 44 | III | 13 | |
| 45 | III | 9 | |
| 46 | III | 13 | |
| 47 | III | 14 | |
| 48 | III | 12 | |
| 49 | III | 15 | |
| 50 | III | 12 | |
| 51 | III | 10 | |
| 52 | III | 14 | |
| 53 | III | 12 | |
| 54 | III | 16 | |
| 55 | IV | 13 | |
| 56 | IV | 10 | |

Tabel 4. 2 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Tol Multigate 2.2 (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------|-----------------|
| | | (dtk) | |
| 57 | IV | 12 | ± 2,5 km |
| 58 | IV | 11 | |
| 59 | IV | 12 | |
| 60 | IV | 13 | |
| 61 | IV | 9 | |
| 62 | IV | 16 | |
| 63 | IV | 12 | |
| 64 | IV | 15 | |
| 65 | V | 13 | |
| 66 | V | 12 | |
| 67 | V | 15 | |
| 68 | V | 14 | |
| 69 | V | 11 | |
| 70 | V | 16 | |
| 71 | V | 13 | |
| 72 | V | 20 | |
| 73 | V | 15 | |
| 74 | V | 11 | |
| 75 | V | 14 | |
| 76 | V | 13 | |
| 77 | V | 10 | |
| 78 | V | 16 | |
| 79 | V | 12 | |
| 80 | V | 14 | |
| 81 | V | 13 | |
| 82 | V | 13 | |
| 83 | V | 10 | |
| 84 | V | 15 | |
| 85 | V | 12 | |
| 86 | V | 16 | |

Tabel 4. 3 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Tol Multigate 2.3

Tipe Gardu : GTO multi
 No Gardu : 2.3
 Waktu : 16.54 (1 Maret 2019)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------------|-----------------|
| 1 | I | 11 | ± 2,5 km |
| 2 | I | 8 | |
| 3 | I | 8 | |
| 4 | I | 9 | |
| 5 | I | 8 | |
| 6 | I | 10 | |
| 7 | I | 7 | |
| 8 | II | 12 | |
| 9 | II | 10 | |
| 10 | II | 8 | |
| 11 | II | 14 | |
| 12 | II | 9 | |
| 13 | II | 11 | |
| 14 | II | 15 | |
| 15 | II | 8 | |
| 16 | II | 13 | |
| 17 | II | 10 | |
| 18 | II | 9 | |
| 19 | II | 11 | |
| 20 | II | 10 | |
| 21 | II | 10 | |
| 22 | II | 16 | |
| 23 | II | 9 | |
| 24 | II | 12 | |
| 25 | II | 11 | |

Tabel 4. 3 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Tol Multigate 2.3 (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------|-----------------|
| | | (dtk) | |
| 26 | III | 11 | $\pm 2,5$ km |
| 27 | III | 14 | |
| 28 | III | 8 | |
| 29 | III | 13 | |
| 30 | III | 16 | |
| 31 | III | 12 | |
| 32 | III | 10 | |
| 33 | III | 10 | |
| 34 | III | 14 | |
| 35 | III | 11 | |
| 36 | III | 16 | |
| 37 | III | 11 | |
| 38 | III | 13 | |
| 39 | III | 9 | |
| 40 | III | 12 | |
| 41 | III | 11 | |
| 42 | III | 15 | |
| 43 | IV | 9 | |
| 44 | IV | 13 | |
| 45 | IV | 12 | |
| 46 | IV | 14 | |
| 47 | IV | 10 | |
| 48 | IV | 14 | |
| 49 | IV | 13 | |
| 50 | IV | 12 | |
| 51 | IV | 18 | |
| 52 | IV | 12 | |
| 53 | IV | 14 | |
| 54 | IV | 12 | |

Tabel 4. 3 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Tol Multigate 2.3 (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------|-----------------|
| | | (dtk) | |
| 55 | IV | 11 | ± 2,5 km |
| 56 | IV | 13 | |
| 57 | IV | 10 | |
| 58 | IV | 16 | |
| 59 | IV | 17 | |
| 60 | IV | 12 | |
| 61 | IV | 11 | |
| 62 | IV | 15 | |
| 63 | IV | 13 | |
| 64 | IV | 10 | |
| 65 | IV | 17 | |
| 66 | V | 13 | |
| 67 | V | 12 | |
| 68 | V | 11 | |
| 69 | V | 14 | |
| 70 | V | 13 | |
| 71 | V | 18 | |
| 72 | V | 12 | |
| 73 | V | 12 | |
| 74 | V | 15 | |
| 75 | V | 10 | |
| 76 | V | 19 | |
| 77 | V | 12 | |
| 78 | V | 13 | |
| 79 | V | 14 | |
| 80 | V | 16 | |
| 81 | V | 11 | |
| 82 | V | 15 | |

Tabel 4. 4 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Multigate 2.5

Tipe Gardu : GTO multi

No Gardu : 2.5

Waktu : 15.40 (1 Maret 2019)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------------|-----------------|
| 1 | I | 9 | ± 2,5 km |
| 2 | I | 8 | |
| 3 | I | 6 | |
| 4 | I | 10 | |
| 5 | I | 8 | |
| 6 | I | 7 | |
| 7 | II | 15 | |
| 8 | II | 9 | |
| 9 | II | 16 | |
| 10 | II | 10 | |
| 11 | II | 10 | |
| 12 | II | 13 | |
| 13 | II | 9 | |
| 14 | II | 12 | |
| 15 | II | 10 | |
| 16 | II | 13 | |
| 17 | II | 10 | |
| 18 | III | 13 | |
| 19 | III | 10 | |
| 20 | III | 11 | |
| 21 | III | 17 | |
| 22 | III | 15 | |
| 23 | III | 9 | |
| 24 | III | 13 | |
| 25 | III | 11 | |
| 26 | III | 12 | |

Tabel 4. 4 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Multigate 2.5 (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------|-----------------|
| | | (dtk) | |
| 27 | III | 12 | $\pm 2,5$ km |
| 28 | III | 11 | |
| 29 | III | 9 | |
| 30 | IV | 12 | |
| 31 | IV | 11 | |
| 32 | IV | 16 | |
| 33 | IV | 13 | |
| 34 | IV | 11 | |
| 35 | IV | 14 | |
| 36 | IV | 16 | |
| 37 | IV | 12 | |
| 38 | IV | 15 | |
| 39 | IV | 10 | |
| 40 | IV | 13 | |
| 41 | IV | 14 | |
| 42 | IV | 10 | |
| 43 | IV | 12 | |
| 44 | IV | 12 | |
| 45 | IV | 13 | |
| 46 | IV | 12 | |
| 47 | V | 13 | |
| 48 | V | 10 | |
| 49 | V | 19 | |
| 50 | V | 14 | |
| 51 | V | 13 | |
| 52 | V | 11 | |
| 53 | V | 18 | |
| 54 | V | 12 | |

Tabel 4. 4 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Multigate 2.5 (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------|-----------------|
| | | (dtk) | |
| 55 | V | 14 | ± 2,5 km |
| 56 | V | 13 | |
| 57 | V | 11 | |
| 58 | V | 12 | |

4.2.2 Waktu pelayanan *On Board Unit* (OBU)

Data waktu pelayanan gardu tol On Board Unit diambil pada saat kendaraan mulai melambat untuk dapat terbaca oleh mesin OBU untuk melakukan transaksi pembayaran, sampai kendaraan selesai melakukan transaksi.

Tabel 4. 5 Waktu Pelayanan On Board Unit pada Gerbang Tol Kapuk

Tipe Gardu : OBU
 No Gardu : 10
 Waktu : 17.45 (1 Maret 2019)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian (kend) |
|----|---------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | I | 4 | 3 |
| 2 | I | 5 | 1 |
| 3 | I | 5 | 0 |
| 4 | I | 5 | 1 |
| 5 | I | 5 | 0 |
| 6 | I | 4 | 0 |
| 7 | I | 4 | 1 |
| 8 | I | 4 | 0 |
| 9 | I | 3 | 0 |
| 10 | I | 5 | 0 |
| 11 | I | 6 | 0 |
| 12 | I | 4 | 0 |

Tabel 4. 5 Waktu Pelayanan On Board Unit pada Gerbang Tol Kapuk (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------|-----------------|
| | | (dtk) | (kend) |
| 13 | I | 5 | 0 |
| 14 | I | 7 | 1 |
| 15 | I | 4 | 0 |
| 16 | I | 4 | 0 |
| 17 | I | 5 | 0 |
| 18 | I | 4 | 0 |
| 19 | I | 6 | 1 |
| 20 | I | 4 | 4 |
| 21 | I | 4 | 4 |
| 22 | I | 5 | 3 |
| 23 | I | 5 | 2 |
| 24 | I | 6 | 1 |
| 25 | I | 5 | 0 |
| 26 | I | 6 | 0 |
| 27 | I | 6 | 0 |
| 28 | I | 7 | 1 |
| 29 | I | 6 | 0 |
| 30 | I | 4 | 0 |
| 31 | I | 4 | 0 |
| 32 | I | 5 | 1 |
| 33 | I | 7 | 0 |
| 34 | I | 6 | 1 |
| 35 | I | 3 | 0 |
| 36 | I | 5 | 0 |
| 37 | I | 5 | 1 |
| 38 | I | 5 | 5 |
| 39 | I | 3 | 4 |
| 40 | I | 4 | 3 |
| 41 | I | 5 | 2 |

Tabel 4. 5 Waktu Pelayanan On Board Unit pada Gerbang Tol Kapuk (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------|-----------------|
| | | (dtk) | (kend) |
| 42 | I | 4 | 1 |
| 43 | I | 4 | 3 |
| 44 | I | 6 | 2 |
| 45 | I | 3 | 1 |
| 46 | I | 5 | 0 |
| 47 | I | 5 | 0 |
| 48 | I | 4 | 0 |
| 49 | I | 6 | 1 |
| 50 | I | 5 | 0 |

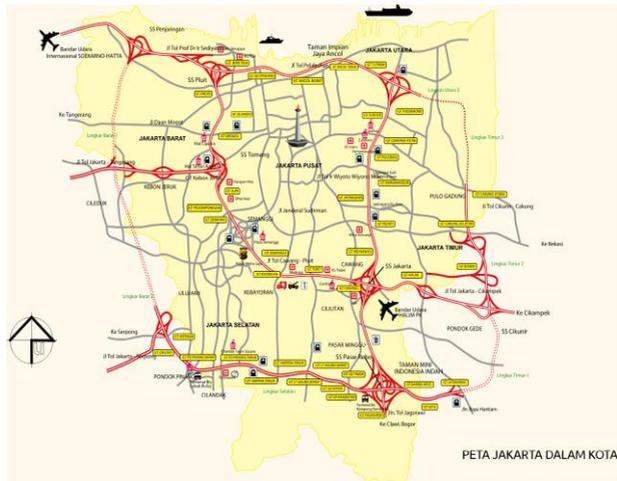
4.3 Data Sekunder

Data yang didapatkan dari didapatkan dari instansi, buku, yang terkait dengan tugas akhir ini, salah satunya yaitu PT. Jasa Marga Cabang Jakarta Tangerang Cengkareng selaku pengelola gerbang tol Kapuk. Dari data sekunder tersebut akan dilakukan pengolahan dan perhitungan data untuk mengevaluasi dan merencanakan kapasitas pelayanan pada gerbang tol Kapuk.

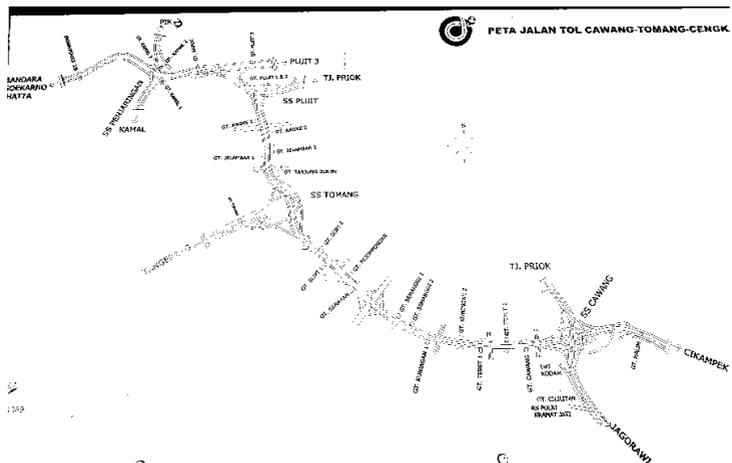
Data tersebut diantaranya adalah data volume kendaraan yang melintasi gerbang tol Kapuk, peta jalan tol, dan konfigurasi gerbang tol.

4.3.1 Data Peta Jalan Tol

Data peta jalan tol yang ditinjau dapat dilihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2



Gambar 4. 1 Gambar Peta Jalan Tol Dalam Kota
(Sumber : PT. Jasa Marga,19/11/2018)



Gambar 4. 2 Peta Jalan Tol Cawang-Tomang-Cengkareng

4.3.3 Data Volume Kendaraan

Data volume kendaraan yang didapatkan dari PT. Jasa Marga adalah data volume kendaraan bulanan sehingga harus dilakukan pengolahan data dengan cara dibagi jumlah hari dalam bulan tersebut agar menjadi data lalu lintas harian rata-rata. Tabel 4.6 merupakan perhitungan pengolahan data :

Tabel 4. 6 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata

| No | Golongan Kendaraan | Volume Bulanan | Volume Harian | (%) Gol. Kendaraan |
|-------|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| 1 | I | 1.970.862 | 65.695 | 90,550 |
| 2 | II | 129.741 | 4.325 | 5,961 |
| 3 | III | 31.769 | 1.059 | 1,460 |
| 4 | IV | 28.184 | 939 | 1,295 |
| 5 | V | 15.994 | 533 | 0,735 |
| Total | | 2.176.550 | 72.552 | 100,000 |

(Sumber : PT. Jasa Marga)

Pada gerbang tol Kapuk terdapat 12 gate GTO untuk golongan I, 1 OBU untuk golongan I, dan 3 gate multigate untuk golongan I, II, III, IV, dan golongan V sehingga data volume kendaraan tersebut akan masuk kedalam gate yang ada dengan proporsi seperti pada tabel 4.7 :

Tabel 4. 7 Proporsi Kendaraan Pergate

| No | Golongan Kendaraan | Gate | % Kendaraan | Total (%) |
|----|--------------------|---------------|-------------|-----------|
| 1 | Golongan I | GTO | 96,32 | 100 |
| 2 | | OBU | 1,89 | |
| 3 | | Multigate 2.2 | 0,87 | |
| 4 | | Multigate 2.3 | 0,55 | |
| 5 | | Multigate 2.5 | 0,38 | |
| 6 | Golongan II | Multigate 2.2 | 45,17 | 100 |
| 7 | | Multigate 2.3 | 36,86 | |
| 8 | | Multigate 2.5 | 17,97 | |

Tabel 4.7 Proporsi Kendaraan Pergate (Lanjutan)

| | | | | |
|----|--------------|---------------|-------|-----|
| 9 | Golongan III | Multigate 2.2 | 44,20 | 100 |
| 10 | | Multigate 2.3 | 35,69 | |
| 11 | | Multigate 2.5 | 20,10 | |
| 12 | Golongan IV | Multigate 2.2 | 21,52 | 100 |
| 13 | | Multigate 2.3 | 49,37 | |
| 14 | | Multigate 2.5 | 29,11 | |
| 15 | Golongan V | Multigate 2.2 | 45,35 | 100 |
| 16 | | Multigate 2.3 | 34,96 | |
| 17 | | Multigate 2.5 | 19,69 | |

4.3.4 Forecasting

Dalam perencanaan gardu tol ini direncanakan pula perencanaan untuk 10 tahun kedepan. Untuk mendapatkan data lalu lintas kendaraan sampai 10 tahun kedepan digunakan cara forecasting. Forecasting ini dilakukan dengan cara mengkalikan dala volume lalu lintas harian pada tabel 4.6 dengan koefisien rata – rata Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) per Kapita DKI Jakarta.

Tabel 4. 8 Pertumbuhan PDRB per Kapita DKI Jakarta

| Tahun | Pertumbuhan PDRB perkapita (%) |
|-----------|--------------------------------|
| 2013 | 6,07% |
| 2014 | 5,91% |
| 2015 | 5,91% |
| 2016 | 5,88% |
| 2017 | 6,22% |
| Rata-rata | 6,00% |

(Sumber : *Jakarta.bps.go.id*)

Koefisien yang digunakan untuk forcast volume lalu lintas harian rata-rata kendaraan pada perencanaan ini adalah rata-rata dari PDRB DKI Jakarta yaitu 6%. Contoh perhitungan forecasting volume kendaraan golongan I tahun 2020 :

$$\begin{aligned}
 \text{Forecasting} &= \text{Vol. Kendaraan 2019 } (1+6\%)^{\text{Tahun yang diforecast}} \\
 &= 69636 (1 + 6\%)^1 \\
 &= 73813 \text{ Kendaraan}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil forecasting lalu lintas harian rata-rata kendaraan yang melintas di gerbang tol Kapuk untuk perencanaan gerbang tol Kapuk 10 tahun mendatang :

Tabel 4. 9 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk 2020

| No | Golongan Kendaraan | Jumlah Kendaraan |
|-------|--------------------|------------------|
| 1 | I | 73.813 |
| 2 | II | 4.859 |
| 3 | III | 1.190 |
| 4 | IV | 1.056 |
| 5 | V | 599 |
| Total | | 81.516 |

Tabel 4. 10 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk 2021

| No | Golongan Kendaraan | Jumlah Kendaraan |
|-------|--------------------|------------------|
| 1 | I | 78.240 |
| 2 | II | 5.150 |
| 3 | III | 1.261 |
| 4 | IV | 1.119 |
| 5 | V | 635 |
| Total | | 86.405 |

Tabel 4. 11 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk 2022

| No | Golongan Kendaraan | Jumlah Kendaraan |
|-------|--------------------|------------------|
| 1 | I | 82.933 |
| 2 | II | 5.459 |
| 3 | III | 1.337 |
| 4 | IV | 1.186 |
| 5 | V | 673 |
| Total | | 91.588 |

**Tabel 4. 12 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk
2023**

| No | Golongan Kendaraan | Jumlah Kendaraan |
|-------|--------------------|------------------|
| 1 | I | 87.907 |
| 2 | II | 5.787 |
| 3 | III | 1.417 |
| 4 | IV | 1.257 |
| 5 | V | 713 |
| Total | | 97.081 |

**Tabel 4. 13 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk
2024**

| No | Golongan Kendaraan | Jumlah Kendaraan |
|-------|--------------------|------------------|
| 1 | I | 93.180 |
| 2 | II | 6.134 |
| 3 | III | 1.502 |
| 4 | IV | 1.333 |
| 5 | V | 756 |
| Total | | 102.904 |

**Tabel 4. 14 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk
2025**

| No | Golongan Kendaraan | Jumlah Kendaraan |
|-------|--------------------|------------------|
| 1 | I | 98.769 |
| 2 | II | 6.502 |
| 3 | III | 1.592 |
| 4 | IV | 1.412 |
| 5 | V | 802 |
| Total | | 109.076 |

**Tabel 4. 15 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk
2026**

| No | Golongan Kendaraan | Jumlah Kendaraan |
|-------|--------------------|------------------|
| 1 | I | 104.693 |
| 2 | II | 6.892 |
| 3 | III | 1.688 |
| 4 | IV | 1.497 |
| 5 | V | 850 |
| Total | | 115.619 |

**Tabel 4. 16 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk
2027**

| No | Golongan Kendaraan | Jumlah Kendaraan |
|-------|--------------------|------------------|
| 1 | I | 110.972 |
| 2 | II | 7.305 |
| 3 | III | 1.789 |
| 4 | IV | 1.587 |
| 5 | V | 901 |
| Total | | 122.554 |

**Tabel 4. 17 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk
2028**

| No | Golongan Kendaraan | Jumlah Kendaraan |
|-------|--------------------|------------------|
| 1 | I | 117.628 |
| 2 | II | 7.743 |
| 3 | III | 1.896 |
| 4 | IV | 1.682 |
| 5 | V | 955 |
| Total | | 129.904 |

**Tabel 4. 18 Volume Lalu Lintas Harian Gerbang Tol Kapuk
2029**

| No | Golongan Kendaraan | Jumlah Kendaraan |
|-------|--------------------|------------------|
| 1 | I | 124.684 |
| 2 | II | 8.208 |
| 3 | III | 2.010 |
| 4 | IV | 1.783 |
| 5 | V | 1.012 |
| Total | | 137.696 |

BAB V

ANALISIS DATA

5.1 Analisa Tingkat Kedatangan

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

Tabel 5. 1Faktor K

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

Sumber : PKJ1 2014

Contoh perhitungan jumlah kendaraan untuk mendapatkan arus jam puncak :

Jumlah kendaraan golongan I gerbang tol Kapuk :

$$69636 \times 0,11 = 7660 \text{ Kendaraan}$$

Berikut adalah total jumlah kendaraan yang melintas pada gerbang tol Kapuk tahun 2019 yang sudah dikalikan dengan faktor arus jam puncak.

Tabel 5. 2 Arus Jam Puncak Gerbang Tol Kapuk

| No | Golongan Kendaraan | Jumlah | Arus Jam Puncak |
|-------|--------------------|--------|-----------------|
| 1 | I | 69.636 | 7660 |
| 2 | II | 4.584 | 504 |
| 3 | III | 1.122 | 123 |
| 4 | IV | 996 | 110 |
| 5 | V | 565 | 62 |
| Total | | 76.903 | 8459 |

Tetapi jumlah kendaraan yang masuk pada gerbang tol Kapuk harus dikonversikan untuk penyeragaman saat analisis, pengkonversian dilakukan ke satuan kendaraan ringan (skr). Pengkonversian dilakukan dengan mengalikan arus tiap jenis kendaraan dengan nilai ekuivalen kendaraan ringan (ekr). Berikut adalah tabel ekr jalan bebas hambatan menurut PKJI tahun 2014 :

Tabel 5. 3 Ekuivalensi Kendaraan Ringan untuk Jalan Bebas Hambatan 4/2

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

Sumber : PKJI 2014

Tabel 5. 4 Ekuivalensi Kendaraan Ringan untuk Jalan Bebas Hambatan 6/2

| Tipe alenemen | q per arah (kend/jam) | EKR | | |
|---------------|-----------------------|-----|-----|-----|
| | | KS | BB | TB |
| Datar | 0 | 1,2 | 1,2 | 1,6 |
| | 1500 | 1,4 | 1,4 | 2,0 |
| | 2750 | 1,6 | 1,7 | 2,5 |
| | ≥ 3250 | 1,3 | 1,5 | 2,0 |
| Bukit | 0 | 1,8 | 1,6 | 4,8 |
| | 1100 | 2,0 | 2,0 | 4,6 |
| | 2100 | 2,2 | 2,3 | 4,3 |
| | ≥ 2650 | 1,8 | 1,9 | 3,5 |

Tabel 5.4 Ekivalensi Kendaraan Ringan untuk Jalan Bebas Hambatan 6/2

| Tipe alenemen | q per arah (kend/jam) | EKR | | |
|---------------|-----------------------|-----|-----|-----|
| | | KS | BB | TB |
| Gunung | 0 | 3,2 | 2,2 | 5,5 |
| | 800 | 2,9 | 2,6 | 5,1 |
| | 1700 | 2,6 | 2,9 | 4,8 |
| | ≥ 2300 | 2,0 | 2,4 | 3,8 |

Sumber : PKJI 2014

Digunakan tabel 5.4 EKR jalan bebas hambatan 6/2 menurut PKJI 2014, dikarenakan pada jalan tol ini disetiap pintu keluar masuk memiliki lajur diatas 6, maka digunakan EKR 6/2.

Contoh perhitungan jumlah kendaraan menggunakan EKR (Ekivalensi Kendaraan Ringan) yaitu, kendaraan golongan I yang melintas di gerbang tol Kapuk memiliki jumlah 7660 kendaraan, karena Jalan Tol Prof. Sedyatmo bertipe datar. Maka untuk jumlah kendaraan golongan I pada gerbang tol Kapuk dikalikan dengan factor EKR 1, jadi kendaraan golongan I adalah $7660 \times 1 = 7660$ kendaraan/jam. Untuk golongan kendaraan II berjumlah 504 kendaraan, maka menggunakan koefisien EKR 1,26 karena masih tergolong jenis kendaraan sedang (KS). Jadi perhitungan kendaraan golongan II adalah $504 \times 1,26 = 636$ kendaraan/jam. Sedangkan untuk golongan kendaraan III, IV, V tergolong TB (Truk Besar) menggunakan nilai EKR sesuai dengan jumlah kendaraannya. Untuk perhitungan kendaraan golongan III adalah $123 \times 1,63 = 201$ kendaraan/jam, kemudian perhitungan kendaraan golongan IV adalah $110 \times 1,63 = 180$ kendaraan/jam, dan perhitungan kendaraan golongan V adalah $62 \times 1,62 = 101$ kendaraan/jam.

Tabel 5. 5 Jumlah Kendaraan yang pada Gerbang Tol Kapuk yang Sudah Menggunakan EKR

| No | Golongan Kendaraan | Jumlah | Nilai EKR | Jumlah kend (smp/jam) |
|-------|--------------------|--------|-----------|-----------------------|
| 1 | I | 7.660 | 1 | 7660 |
| 2 | II | 504 | 1,26 | 636 |
| 3 | III | 123 | 1,63 | 201 |
| 4 | IV | 110 | 1,63 | 180 |
| 5 | V | 62 | 1,62 | 101 |
| Total | | | | 8778 |

Pada gerbang tol Kapuk terdapat 16 gardu tol yang terdiri dari 12 gardu tol otomatis, 1 *on board unit*, dan 3 gardu tol multigate. Sehingga perlu dilakukan perhitungan tingkat kedatangan kendaraan yang masuk pada tiap gatinya menggunakan data hasil survey dan data primer yang bersumber dari PT. Jasa Marga. Tabel 5.6 tabel proporsi kendaraan yang masuk pada tiap gate pada tahun 2019 :

Tabel 5. 6 Proporsi Kendaraan Tiap Gate

| No | Golongan Kendaraan | Gate | % Kendaraan | Total (%) |
|----|--------------------|---------------|-------------|-----------|
| 1 | Golongan I | GTO | 96,32 | 100 |
| 2 | | OBU | 1,89 | |
| 3 | | Multigate 2.2 | 0,87 | |
| 4 | | Multigate 2.3 | 0,55 | |
| 5 | | Multigate 2.5 | 0,38 | |
| 6 | Golongan II | Multigate 2.2 | 45,17 | 100 |
| 7 | | Multigate 2.3 | 36,86 | |
| 8 | | Multigate 2.5 | 17,97 | |
| 9 | Golongan III | Multigate 2.2 | 44,20 | 100 |
| 10 | | Multigate 2.3 | 35,69 | |
| 11 | | Multigate 2.5 | 20,10 | |

Tabel 5.6 Proporsi Kendaraan Tiap Gate (Lanjutan)

| No | Golongan Kendaraan | Gate | % Kendaraan | Total (%) |
|----|--------------------|---------------|-------------|-----------|
| 12 | Golongan IV | Multigate 2.2 | 21,52 | 100 |
| 13 | | Multigate 2.3 | 49,37 | |
| 14 | | Multigate 2.5 | 29,11 | |
| 15 | Golongan V | Multigate 2.2 | 45,35 | 100 |
| 16 | | Multigate 2.3 | 34,96 | |
| 17 | | Multigate 2.5 | 19,69 | |

(Sumber : Jasa Marga)

Sehingga akan didapatkan jumlah kendaraan yang melintas pada tiap gate berdasarkan proporsi kendaraan yang ada. Tabel 5.7 tabel jumlah kendaraan tiap gate pada tahun 2019 :

Tabel 5. 7 Jumlah Kendaraan Tiap Gate Tahun 2019

| No | Golongan Kendaraan | Gate | Jumlah (smp/jam) |
|----|--------------------|---------------|------------------|
| 1 | Golongan I | GTO | 7378 |
| 2 | | OBU | 145 |
| 3 | | Multigate 2.2 | 66 |
| 4 | | Multigate 2.3 | 42 |
| 5 | | Multigate 2.5 | 29 |
| 6 | Golongan II | Multigate 2.2 | 287 |
| 7 | | Multigate 2.3 | 234 |
| 8 | | Multigate 2.5 | 114 |
| 9 | Golongan III | Multigate 2.2 | 89 |
| 10 | | Multigate 2.3 | 72 |
| 11 | | Multigate 2.5 | 40 |
| 12 | Golongan IV | Multigate 2.2 | 39 |
| 13 | | Multigate 2.3 | 89 |
| 14 | | Multigate 2.5 | 52 |
| 15 | Golongan V | Multigate 2.2 | 46 |
| 16 | | Multigate 2.3 | 35 |
| 17 | | Multigate 2.5 | 20 |

5.2 Analisis Waktu Pelayanan

Untuk merencanakan suatu gerbang tol diperlukan waktu pelayanan di tiap gardu tol. Dalam perencanaan ini analisis waktu pelayanan waktu pelayanan yang diperlukan adalah waktu pelayanan gardu tol otomatis (GTO) untuk kendaraan golongan I dan *on board unit* (OBU) untuk kendaraan golongan I dan waktu pelayanan Multigate 2.2, 2.3, 2.5 untuk kendaraan golongan I, kendaraan golongan II, kendaraan golongan III, kendaraan golongan IV dan kendaraan golongan V . Dalam menganalisis waktu pelayanan ini dibutuhkan pula survey langsung dilapangan, survey ini dilakukan pada tanggal 1 Maret 2019 di gerbang tol Kapuk.

Analisis waktu pelayanan ini dibutuhkan untuk mencari frekuensi kumulatif dan presentase kumulatif yang menggunakan frekuensi kendaraan yang melintas pada gerbang tol Kapuk. Berikut adalah analisa waktu pelayanan pada pelayanan gardu tol otomatis (GTO) untuk kendaraan golongan I dan *on board unit* (OBU) untuk kendaraan golongan I dan waktu pelayanan Multigate 2.2, 2.3, 2.5 untuk kendaraan golongan I, kendaraan golongan II, kendaraan golongan III, kendaraan golongan IV dan kendaraan golongan V pada gerbang tol Kapuk berdasarkan hasil survey yang telah dilakukan sebelumnya.

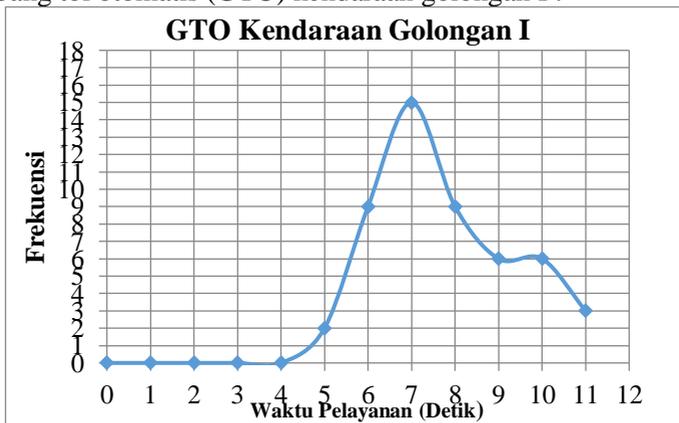
5.2.1 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Kendaraan Golongan I

Analisis waktu pelayanan pada gardu tol otomatis (GTO) kendaraan golongan I diperoleh dari frekuensi kendaraan yang melintas pada Gerbang Tol Otomatis (GTO) pada gerbang tol Kapuk. Berikut adalah analisis waktu pelayanan pada gardu tol otomatis (GTO) golongan I :

Tabel 5. 8 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Kendaraan Golongan I

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| 6 | 9 | 11 | 18 | 22 |
| 7 | 15 | 26 | 30 | 52 |
| 8 | 9 | 35 | 18 | 70 |
| 9 | 6 | 41 | 12 | 82 |
| 10 | 6 | 47 | 12 | 94 |
| 11 | 3 | 50 | 6 | 100 |

Setelah dianalisis lalu didapatkan grafik frekuensi waktu pelayanan. Gambar 5.1 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan gerbang tol otomatis (GTO) kendaraan golongan I :

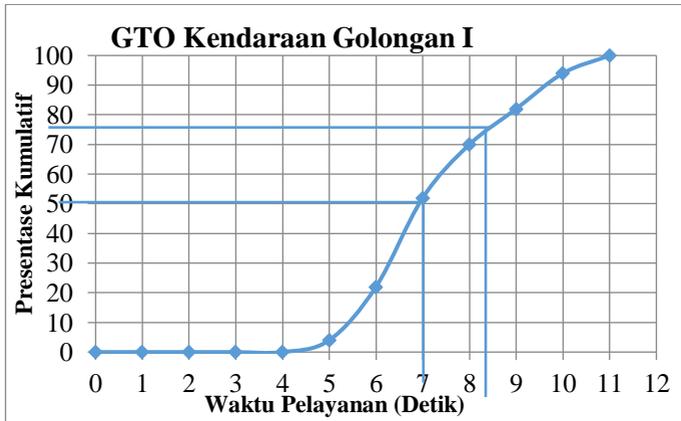


Gambar 5. 1 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Kendaraan Golongan I

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.8 dan juga Grafik pada gambar 5.1, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|-------------|
| Rata-rata | : 7,8 |
| Median | : 5,5 |
| Modus | : 7 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 6,9 |
| | 75% = 8,3 |
| Waktu pelayanan | : 6,9 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 7 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.2 adalah grafik presentase kumulatif waktu pelayanan.



Gambar 5.2 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Kendaraan Golongan I

Jika diperhitungkan waktu pelayanan maksimal yang dibutuhkan pada gerbang tol Kapuk untuk GTO kendaraan I, maka didapatkan hasil waktu pelayanan maksimal dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\lambda = 7378 \text{ smp/jam}$$

$$N = 12$$

$$\frac{7378/12}{\mu} < 1$$

Diperoleh : $\mu = 615$ smp/jam

Jadi waktu pelayanan maksimum yang dibutuhkan adalah :

$$615 = \frac{3600}{WP}$$

WP = 5,85 detik

Dari tingkat kedatangan kendaraan $\lambda = 7378$ smp/jam, diperoleh waktu pelayanan maksimum pada gerbang tol kapuk untuk GTO golongan I adalah 6 detik/smp, sedangkan dari grafik frekuensi kumulatif didapat waktu pelayanan 6,9 detik/kendaraan.

Sedangkan sesuai Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada gerbang tol dengan GTO gardu tol transaksi maksimal 5 detik/kendaraan. Oleh karena itu pada gerbang tol Kapuk untuk GTO kendaraan golongan I belum memenuhi persyaratan karena rata-rata waktu pelayanan pada gardu tol lebih dari 5 detik.

5.2.2 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Gardu Multigate 2.2

Analisis waktu pelayanan pada gardu tol otomatis (GTO) pada gardu multigate 2.2 diperoleh dari frekuensi kendaraan golongan I, kendaraan golongan II, kendaraan golongan III, kendaraan golongan IV dan kendaraan golongan V yang melintas pada gardu multigate 2.2 yang kemudian dianalisis sesuai dengan golongan kendaraan masing-masing. Berikut adalah analisis waktu pelayanan kendaraan golongan I, golongan II, golongan III, golongan IV dan golongan pada Gardu Tol Otomatis (GTO) Multigate 2.2.

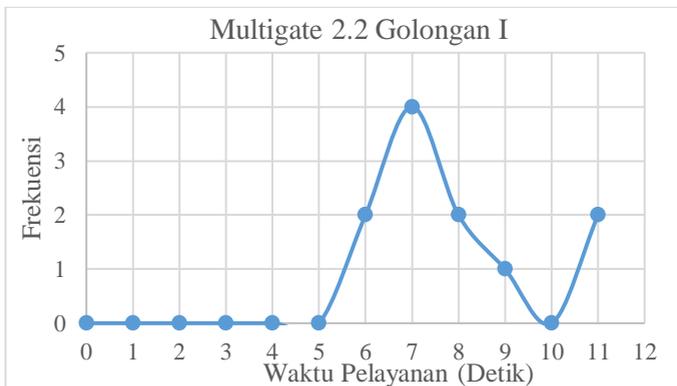
5.2.2.1 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan I

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan I diperoleh dari jumlah kendaraan golongan I yang masuk pada Multigate 2.2. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan kendaraan golongan I yang melintas pada Multigate 2.2 :

Tabel 5. 9 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan I

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 2 | 2 | 18 | 18 |
| 7 | 4 | 6 | 36 | 55 |
| 8 | 2 | 8 | 18 | 73 |
| 9 | 1 | 9 | 9 | 82 |
| 10 | 0 | 9 | 0 | 82 |
| 11 | 2 | 11 | 18 | 100 |

Setelah dianalisis lalu didapatkan grafik frekuensi waktu pelayanan. Gambar 5.3 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan gerbang tol otomatis (GTO) kendaraan golongan I :

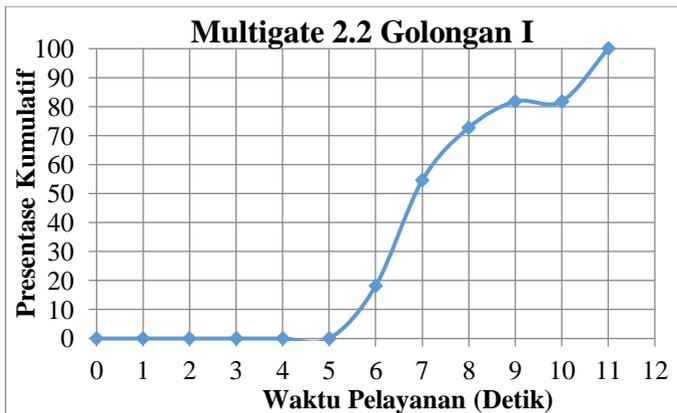


Gambar 5. 3 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan I

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.9 dan juga Grafik pada gambar 5.3, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|--------------------------|
| Rata-rata | : 7,9 |
| Median | : 5,5 |
| Modus | : 7 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 6,8 75% = 8,2 |
| Waktu pelayanan | : 7 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 7 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.4 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan untuk kendaraan golongan I pada Multigate 2.2.



Gambar 5. 4 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan I

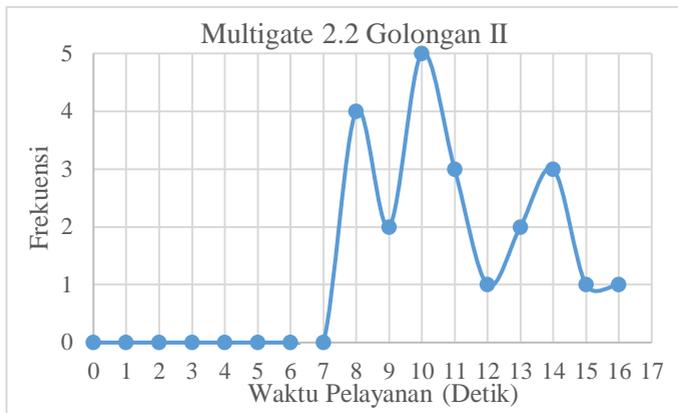
5.2.2.2 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan II

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan II pada Multigate 2.2 diperoleh dari jumlah kendaraan golongan II yang melintas pada Multigate 2.2. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan untuk kendaraan golongan II yang melintas pada Multigate 2.2 :

**Tabel 5. 10 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.2
Kendaraan Golongan II**

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 4 | 4 | 18 | 18 |
| 9 | 2 | 6 | 9 | 27 |
| 10 | 5 | 11 | 23 | 50 |
| 11 | 3 | 14 | 14 | 64 |
| 12 | 1 | 15 | 5 | 68 |
| 13 | 2 | 17 | 9 | 77 |
| 14 | 3 | 20 | 14 | 91 |
| 15 | 1 | 21 | 5 | 95 |
| 16 | 1 | 22 | 5 | 100 |

Setelah data diatas dianalisis didapatkan grafik frekuensi waktu pelayanan. Gambar 5.5 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan untuk kendaraan golongan II yang melintas pada Multigate 2.2 :

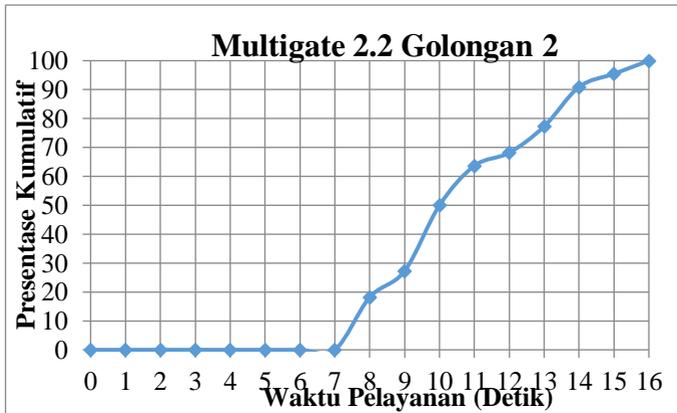


Gambar 5. 5 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Golongan II

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.10 dan juga grafik frekuensi waktu pelayanan untuk kendaraan golongan II pada gambar 5.5, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|------------|
| Rata-rata | : 11,09 |
| Median | : 8 |
| Modus | : 10 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 9 |
| | 75% = 12,8 |
| Waktu pelayanan | : 9 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 9 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.6 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan untuk kendaraan golongan II yang melintas pada Multigate 2.2.



Gambar 5. 6 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan II

5.2.2.3 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan III

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan III diperoleh dari jumlah kendaraan golongan III yang melintas pada Multigate 2.2. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan kendaraan golongan III yang melintas pada Multigate 2.2 :

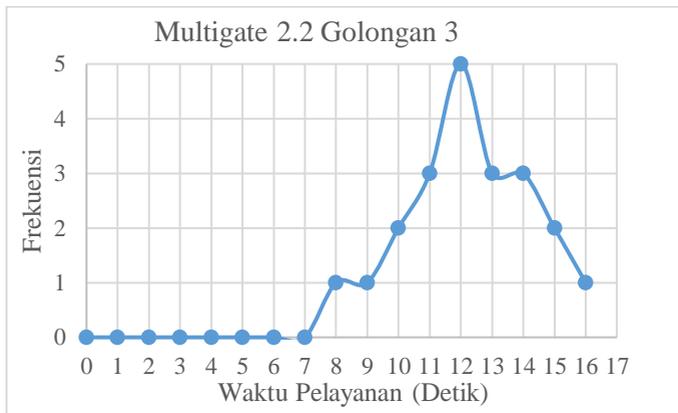
Tabel 5. 11 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan III

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 1 | 5 | 5 |

**Tabel 5.11 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.2
Kendaraan Golongan III (Lanjutan)**

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|----------------|------------------------|----------------|-------------------------|
| WP | Frekuensi i | Frekuensi Kumulatif | Presentas e | Presentase kumulatif |
| 9 | 1 | 2 | 5 | 10 |
| 10 | 2 | 4 | 10 | 19 |
| 11 | 3 | 7 | 14 | 33 |
| 12 | 5 | 12 | 24 | 57 |
| 13 | 3 | 15 | 14 | 71 |
| 14 | 3 | 18 | 14 | 86 |
| 15 | 2 | 20 | 10 | 95 |
| 16 | 1 | 21 | 5 | 100 |

Setelah dianalisis lalu didapatkan grafik frekuensi waktu pelayanan. Gambar 5.7 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan pada Multigate 2.2 untuk kendaraan golongan III :

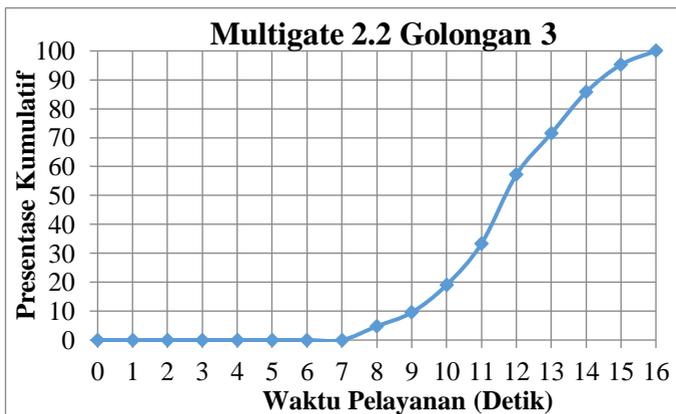


**Gambar 5.7 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan
Multigate 2.2 Kendaraan Golongan III**

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai pada tabel 5.11 dan juga Grafik pada gambar 5.7, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|----------------------------|
| Rata-rata | : 12,23 |
| Median | : 8 |
| Modus | : 12 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 11,8 75% = 13,2 |
| Waktu pelayanan | : 12 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 12 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.8 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan untuk kendaraan golongan III pada multigate 2.2.



Gambar 5. 8 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan III

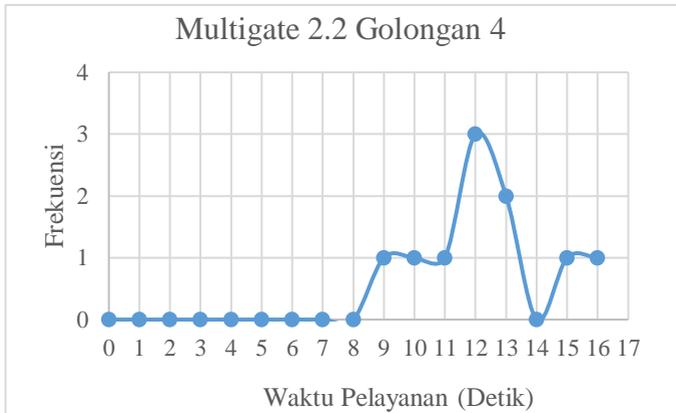
5.2.2.4 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan IV

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan IV pada multigate 2.2 diperoleh dari jumlah kendaraan golongan IV yang melintas pada Multigate 2.2. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan kendaraan golongan IV yang melintas pada Multigate 2.2 :

**Tabel 5. 12 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.2
Kendaraan Golongan IV**

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 1 | 10 | 10 |
| 10 | 1 | 2 | 10 | 20 |
| 11 | 1 | 3 | 10 | 30 |
| 12 | 3 | 6 | 30 | 60 |
| 13 | 2 | 8 | 20 | 80 |
| 14 | 0 | 8 | 0 | 80 |
| 15 | 1 | 9 | 10 | 90 |
| 16 | 1 | 10 | 10 | 100 |

Setelah dianalisis berdasarkan data diatas lalu didapatkan grafik frekuensi dan waktu pelayanan. Gambar 5.9 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan Multigate 2.2 kendaraan golongan IV :

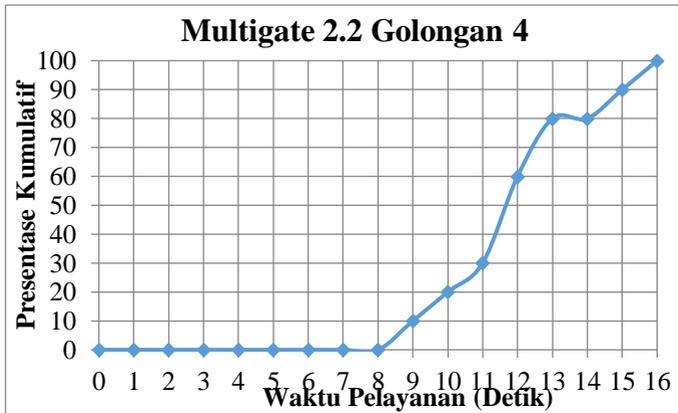


Gambar 5.9 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan IV

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.12 dan juga Grafik presentase kumulatif waktu pelayanan untuk golongan IV pada gambar 5.9, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|--------------|
| Rata-rata | : 12,3 |
| Median | : 12 |
| Modus | : 8 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 11,8 |
| | 75% = 12,7 |
| Waktu pelayanan | : 12 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 12 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.10 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan untuk kendaraan golongan IV yang melintas pada Multigate 2.2.



Gambar 5. 10 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan IV

5.2.2.5 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan V yang melintas pada Multigate 2.2 diperoleh dari jumlah kendaraan golongan V yang melintas pada Multigate 2.2. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan kendaraan golongan V yang melintas pada Multigate 2.2 :

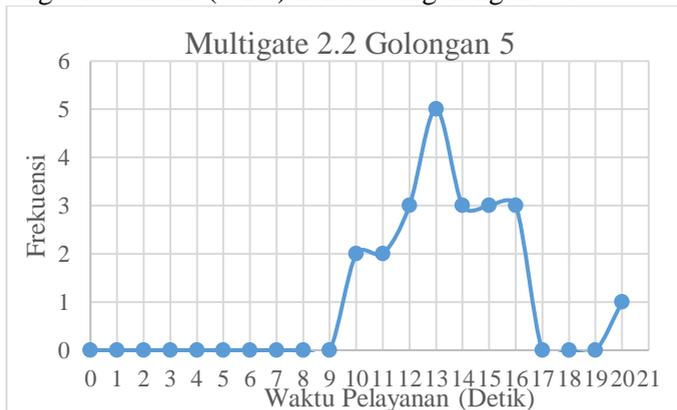
Tabel 5. 13 Frekuensi Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabel 5.13 Frekuensi Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V (Lanjutan)

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| WP | Frekuensi | Frekuensi Kumulatif | Presentase | Presentase kumulatif |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 2 | 2 | 9 | 9 |
| 11 | 2 | 4 | 9 | 18 |
| 12 | 3 | 7 | 14 | 32 |
| 13 | 5 | 12 | 23 | 55 |
| 14 | 3 | 15 | 14 | 68 |
| 15 | 3 | 18 | 14 | 82 |
| 16 | 3 | 21 | 14 | 95 |
| 17 | 0 | 21 | 0 | 95 |
| 18 | 0 | 21 | 0 | 95 |
| 19 | 0 | 21 | 0 | 95 |
| 20 | 1 | 22 | 5 | 100 |

Setelah dianalisis lalu didapatkan grafik frekuensi waktu pelayanan. Gambar 5.11 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan gerbang tol otomatis (GTO) kendaraan golongan V :

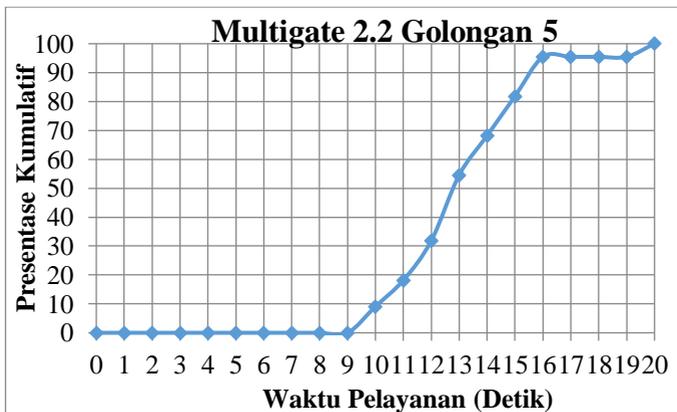


Gambar 5. 11 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan V

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.13 dan juga Grafik pada gambar 5.11, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|----------------------------|
| Rata-rata | : 13,54 |
| Median | : 10 |
| Modus | : 13 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 12,8 75% = 14,7 |
| Waktu pelayanan | : 13 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 13 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.12 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan yang diperoleh dari hubungan antara presentase kumulatif dan waktu pelayanan untuk kendaraan golongan V dari hasil survey.



Gambar 5. 12 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.2 Kendaraan Golongan V

5.2.2.6 Analisis Tingkat Pelayanan Multigate 2.2

Pada perencanaan gerbang tol Kapuk memerlukan tingkat pelayanan untuk gardu tol multigate yang dapat dilewati kendaraan golongan I, kendaraan golongan II, kendaraan golongan III,

kendaraan golongan IV dan kendaraan golongan V. Analisa waktu pelayanan ini menggunakan data waktu pelayanan dari tiap golongan yang sudah dianalisis sebelumnya dan tingkat kedatangan dari masing-masing golongan kendaraan pada tiap gerbang.

Berikut merupakan perhitungan tingkat pelayanan untuk gardu tol Multigate 2.2 pada gerbang tol Kapuk yang dapat dilalui semua golongan pada tahun 2019 :

Waktu Pelayanan :

1. Golongan I = 7 detik $\rightarrow 3600/7 = 514$
2. Golongan II = 9 detik $\rightarrow 3600/9 = 400$
3. Golongan III = 12 detik $\rightarrow 3600/12 = 300$
4. Golongan IV = 12 detik $\rightarrow 3600/12 = 300$
5. Golongan V = 13 detik $\rightarrow 3600/13 = 277$

Tingkat Kedatangan :

1. Golongan I = 66 kend/jam
2. Golongan II = 287 kend/jam
3. Golongan III = 89 kend/jam
4. Golongan IV = 39 kend/jam
5. Golongan V = 46 kend/jam

$$\mu = \frac{(514 \times 66) + (400 \times 287) + (300 \times 89) + (300 \times 39) + (277 \times 46)}{66 + 287 + 89 + 39 + 46}$$

$$= 379 \text{ kend/jam}$$

Jadi waktu pelayanan rata-rata adalah :

$$379 = \frac{3600}{WP}$$

$$WP = 9,49 \text{ detik}$$

Jika diperhitungkan waktu pelayanan maksimal yang dibutuhkan pada gerbang tol Kapuk untuk Multigate 2.2, didapatkan perhitungan sebagai berikut :

$$\lambda = 527 \text{ smp/jam}$$

$$N = 1$$

$$\frac{527/1}{\mu} < 1$$

Diperoleh : $\mu = 527$ smp/jam

Jadi waktu pelayanan maksimum yang dibutuhkan adalah

$$527 = \frac{3600}{WP}$$

$WP = 6,83$ detik

Dari tingkat kedatangan kendaraan $\lambda = 527$ smp/jam, diperoleh waktu pelayanan maksimum pada gerbang tol kapuk untuk Multigate 2.2 adalah 7 detik/smp, sedangkan dari rata-rata tiap golongan didapat waktu pelayanan 9,49 detik/kendaraan.

Sedangkan sesuai Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada gerbang tol dengan GTO gardu tol transaksi maksimal 5 detik/kendaraan. Oleh karena itu pada gerbang tol Kapuk untuk gardu multigate 2.2 belum memenuhi persyaratan karena rata-rata waktu pelayanan pada gardu tol lebih dari 5 detik.

5.2.3 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Multigate 2.3

Analisis waktu pelayanan pada gardu tol otomatis (GTO) pada gardu multigate 2.3 diperoleh dari frekuensi kendaraan golongan I, kendaraan golongan II, kendaraan golongan III, kendaraan golongan IV dan kendaraan golongan V yang melintas pada gardu multigate 2.3 yang kemudian dianalisis sesuai dengan golongan kendaraan masing-masing. Berikut adalah analisis waktu pelayanan kendaraan golongan I, golongan II, golongan III, golongan IV dan golongan pada Gardu Tol Otomatis (GTO) Multigate 2.3.

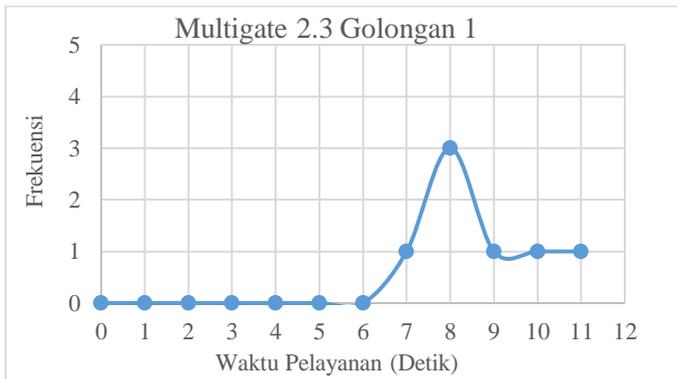
5.2.3.1 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan I

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan I diperoleh dari jumlah kendaraan golongan I yang melintas pada Multigate 2.3. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan kendaraan golongan I yang melintas pada Multigate 2.3 :

**Tabel 5. 14 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.3
Kendaraan Golongan I**

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 14 | 14 |
| 8 | 3 | 4 | 43 | 57 |
| 9 | 1 | 5 | 14 | 71 |
| 10 | 1 | 6 | 14 | 86 |
| 11 | 1 | 7 | 14 | 100 |

Setelah dianalisis berdasarkan data diatas maka didapatkan grafik frekuensi waktu pelayanan. Gambar 5.13 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan gerbang tol otomatis (GTO) kendaraan golongan I :

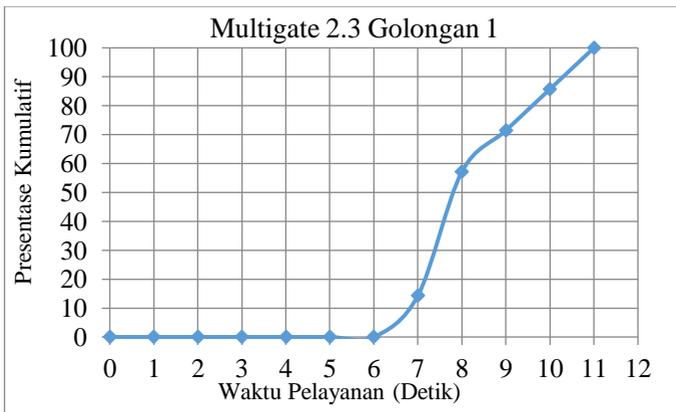


**Gambar 5. 13 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate
2.3 Kendaraan Golongan I**

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.14 dan juga Grafik pada gambar 5.13, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|--------------------------|
| Rata-rata | : 8,7 |
| Median | : 5,5 |
| Modus | : 8 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 7,8 75% = 9,2 |
| Waktu pelayanan | : 8 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 8 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.14 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan kendaraan golongan I yang melintas pada Multigate 2.3.



Gambar 5. 14 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan I

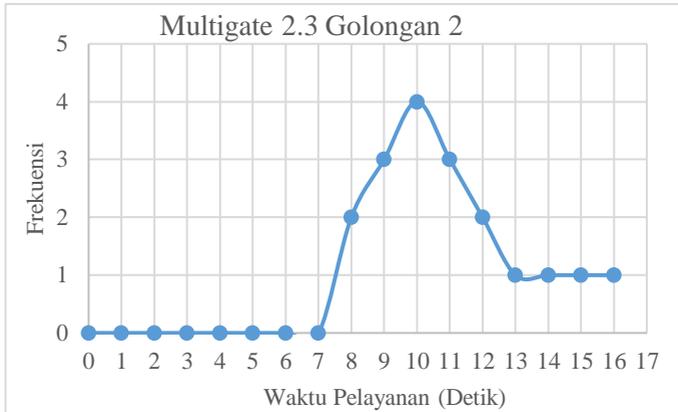
5.2.3.2 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan II

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan II diperoleh dari jumlah kendaraan golongan II yang melintas pada Multigate 2.3. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan kendaraan golongan II yang melintas pada Multigate 2.3 :

**Tabel 5. 15 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.3
Kendaraan Golongan II**

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 2 | 2 | 11 | 11 |
| 9 | 3 | 5 | 17 | 28 |
| 10 | 4 | 9 | 22 | 50 |
| 11 | 3 | 12 | 17 | 67 |
| 12 | 2 | 14 | 11 | 78 |
| 13 | 1 | 15 | 6 | 83 |
| 14 | 1 | 16 | 6 | 89 |
| 15 | 1 | 17 | 6 | 94 |
| 16 | 1 | 18 | 0 | 94 |

Setelah dianalisis berdasarkan data diatas kemudian didapatkan grafik frekuensi waktu pelayanan. Gambar 5.15 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan gerbang tol otomatis (GTO) Multigate 2.3 untuk kendaraan golongan II :

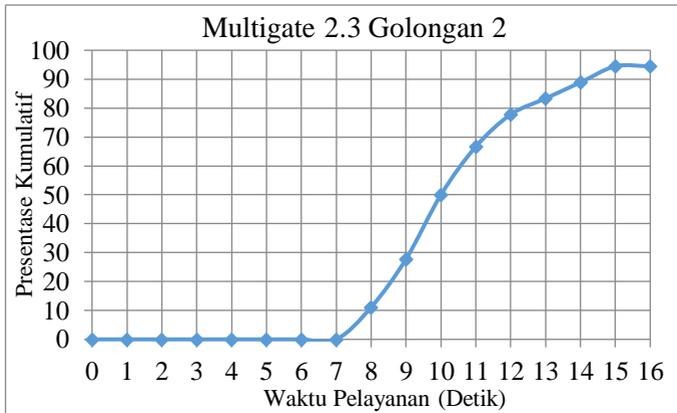


Gambar 5.15 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan II

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di Tabel 5.15 dan juga Grafik pada Gambar 5.15, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|------------|
| Rata-rata | : 11 |
| Median | : 8 |
| Modus | : 10 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 10 |
| | 75% = 11,8 |
| Waktu pelayanan | : 10 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 10 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.16 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan untuk kendaraan golongan II yang melintas pada Multigate 2.3.



Gambar 5. 16 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan II

5.2.3.3 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan III

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan III diperoleh dari jumlah kendaraan golongan III yang melintas pada Multigate 2.3. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan kendaraan golongan III yang melintas pada Multigate 2.3 :

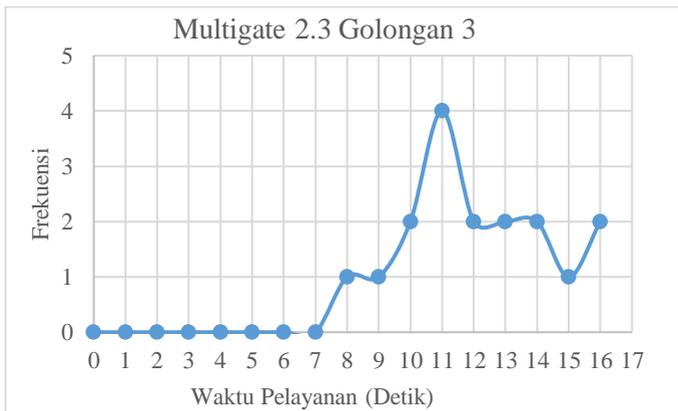
Tabel 5. 16 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan III

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 1 | 6 | 6 |

**Tabel 5.16 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.3
Kendaraan Golongan III (Lanjutan)**

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| WP | Frekuensi | Frekuensi Kumulatif | Presentase | Presentase kumulatif |
| 9 | 1 | 2 | 6 | 12 |
| 10 | 2 | 4 | 12 | 24 |
| 11 | 4 | 8 | 24 | 47 |
| 12 | 2 | 10 | 12 | 59 |
| 13 | 2 | 12 | 12 | 71 |
| 14 | 2 | 14 | 12 | 82 |
| 15 | 1 | 15 | 6 | 88 |
| 16 | 2 | 17 | 12 | 100 |

Setelah dianalisis berdasarkan data diatas kemudian didapatkan grafik frekuensi terhadap waktu pelayanan. Gambar 5.17 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan gerbang tol otomatis (GTO) Multigate 2.3 kendaraan golongan III :

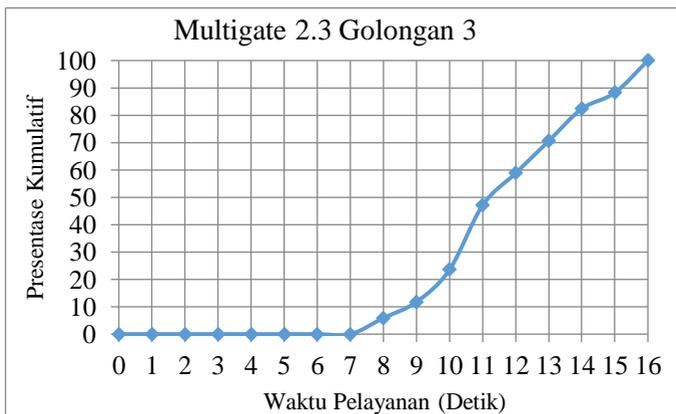


**Gambar 5. 17 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan
Multigate 2.3 Kendaraan Golongan III**

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.16 dan juga Grafik pada gambar 5.17, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|--------------------------|
| Rata-rata | : 12,12 |
| Median | : 8 |
| Modus | : 11 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 11 75% = 13,3 |
| Waktu pelayanan | : 11 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 11 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.18 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan untuk kendaraan golongan III pada Multigate 2.3 :



Gambar 5. 18 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan III

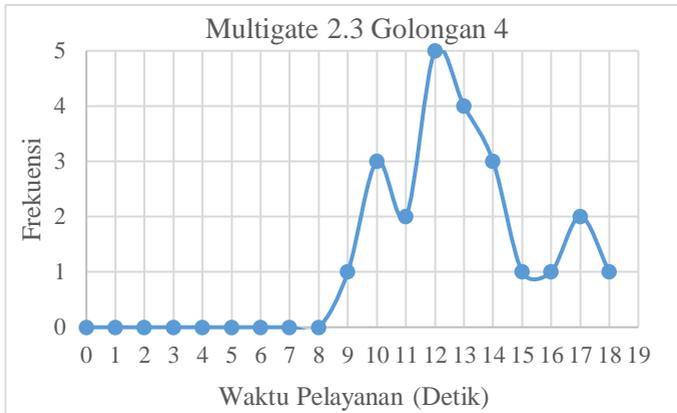
5.2.3.4 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan IV

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan IV diperoleh dari jumlah kendaraan golongan IV yang melintas pada Multigate 2.3. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan kendaraan golongan IV yang melintas pada Multigate 2.3 :

**Tabel 5. 17 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.3
Kendaraan Golongan IV**

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 1 | 4 | 4 |
| 10 | 3 | 4 | 13 | 17 |
| 11 | 2 | 6 | 9 | 26 |
| 12 | 5 | 11 | 22 | 48 |
| 13 | 4 | 15 | 17 | 65 |
| 14 | 3 | 18 | 13 | 78 |
| 15 | 1 | 19 | 4 | 83 |
| 16 | 1 | 20 | 4 | 87 |
| 17 | 2 | 22 | 9 | 96 |
| 18 | 1 | 23 | 4 | 100 |

Setelah dianalisis berdasarkan data diatas kemudian didapatkan grafik frekuensi terhadap waktu pelayanan. Gambar 5.19 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan gerbang tol otomatis (GTO) Multigate 2.3 kendaraan golongan IV :

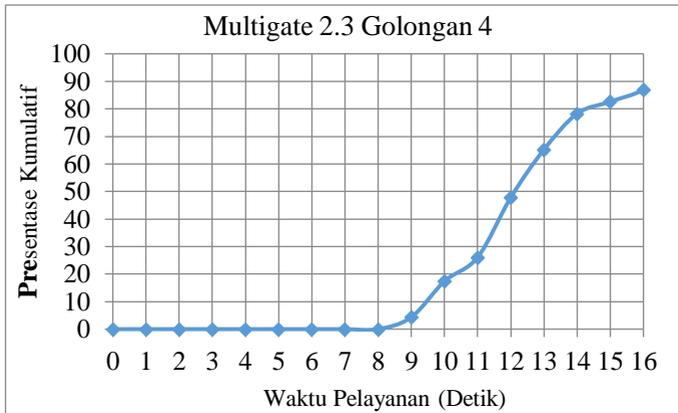


Gambar 5. 19 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan IV

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.17 dan juga Grafik pada gambar 5.19, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|------------|
| Rata-rata | : 12,95 |
| Median | : 9 |
| Modus | : 12 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 12 |
| | 75% = 13,8 |
| Waktu pelayanan | : 12 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 12 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.20 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan untuk kendaraan golongan IV pada Multigate 2.3 :



Gambar 5.20 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan IV

5.2.3.5 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan V diperoleh dari jumlah kendaraan golongan V yang melintas pada Multigate 2.3. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan kendaraan golongan V yang melintas pada Multigate 2.3:

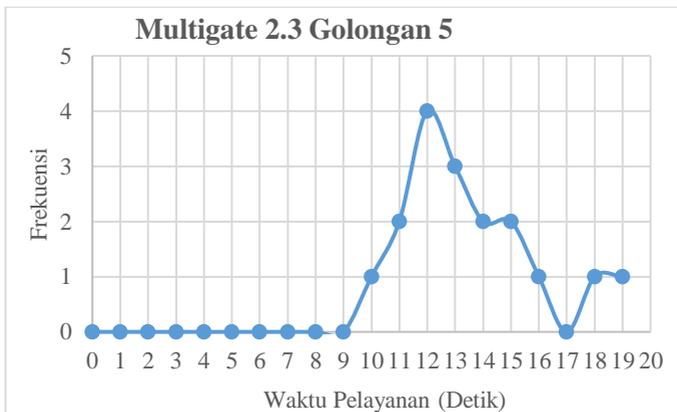
Tabel 5.18 Frekuensi Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabel 5.18 Frekuensi Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V (Lanjutan)

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| WP | Frekuensi | Frekuensi Kumulatif | Presentase | Presentase kumulatif |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 11 | 2 | 3 | 12 | 18 |
| 12 | 4 | 7 | 24 | 41 |
| 13 | 3 | 10 | 18 | 59 |
| 14 | 2 | 12 | 12 | 71 |
| 15 | 2 | 14 | 12 | 82 |
| 16 | 1 | 15 | 6 | 88 |
| 17 | 0 | 15 | 0 | 88 |
| 18 | 1 | 16 | 6 | 94 |
| 19 | 1 | 17 | 6 | 100 |

Setelah dianalisis lalu didapatkan grafik frekuensi terhadap waktu pelayanan. Gambar 5.21 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan gerbang tol otomatis (GTO) Multigate 2.3 kendaraan golongan V :

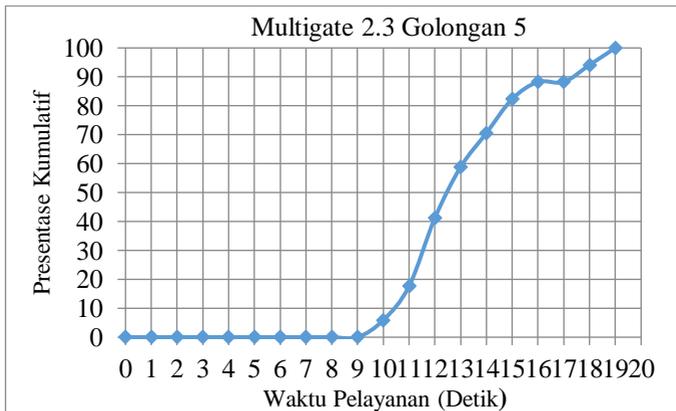


Gambar 5. 21 Grafik Presentase Kumulatif Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan V

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.18 dan juga Grafik pada gambar 5.21, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|----------------------------|
| Rata-rata | : 13,52 |
| Median | : 9,5 |
| Modus | : 12 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 12,5 75% = 14,3 |
| Waktu pelayanan | : 12,5 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 12,5 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.22 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan untuk kendaraan golongan V yang melintas pada Multigate 2.3.



Gambar 5. 22 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.3 Kendaraan Golongan V

5.2.3.6 Analisis Tingkat Pelayanan Multigate 2.3

Pada perencanaan gerbang tol Kapuk memerlukan tingkat pelayanan untuk gardu tol multigate yang dapat dilewati kendaraan golongan I, kendaraan II, kendaraan III, kendaraan IV dan kendaraan V. Analisa waktu pelayanan ini menggunakan data

waktu pelayanan dari tiap golongan yang sudah dianalisis sebelumnya dan tingkat kedatangan dari masing-masing golongan kendaraan pada tiap gerbang.

Berikut merupakan perhitungan tingkat pelayanan untuk gardu tol multigate 2.3 pada gerbang tol Kapuk yang dapat dilalui semua golongan pada tahun 2019 :

Waktu Pelayanan :

1. Golongan I = 8 detik $\rightarrow 3600/8 = 450$
2. Golongan II = 10 detik $\rightarrow 3600/10 = 360$
3. Golongan III = 11 detik $\rightarrow 3600/11 = 327$
4. Golongan IV = 12 detik $\rightarrow 3600/12 = 300$
5. Golongan V = 12,5 detik $\rightarrow 3600/12,5 = 288$

Tingkat Kedatangan :

1. Golongan I = 42 kend/jam
2. Golongan II = 234 kend/jam
3. Golongan III = 72 kend/jam
4. Golongan IV = 89 kend/jam
5. Golongan V = 35 kend/jam

$$\mu = \frac{(450 \times 42) + (360 \times 234) + (327 \times 72) + (300 \times 89) + (288 \times 35)}{42 + 234 + 72 + 89 + 35}$$

$$= 346 \text{ kend/jam}$$

Jadi waktu pelayanan rata-rata adalah :

$$346 = \frac{3600}{WP}$$

$$WP = 10,4 \text{ detik}$$

Jika diperhitungkan waktu pelayanan maksimal yang dibutuhkan pada gerbang tol Kapuk untuk multigate 2.3, didapatkan :

$$\lambda = 473 \text{ smp/jam}$$

$$N = 1$$

$$\frac{473/1}{\mu} < 1$$

$$\text{Diperoleh : } \mu = 573 \text{ smp/jam}$$

Jadi waktu pelayanan maksimum yang dibutuhkan adalah

$$473 = \frac{3600}{WP}$$

$$WP = 7,6 \text{ detik}$$

Dari tingkat kedatangan kendaraan $\lambda = 473$ smp/jam, diperoleh waktu pelayanan maksimum pada gerbang tol kapuk untuk multigate 2.3 adalah 8 detik/smp, sedangkan dari rata-rata tiap golongan didapat waktu pelayanan 10,4 detik/kendaraan.

Sedangkan sesuai Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada gerbang tol dengan GTO gardu tol transaksi maksimal 5 detik/kendaraan. Oleh karena itu pada gerbang tol Kapuk untuk gardu multigate 2.3 belum memenuhi persyaratan karena rata-rata waktu pelayanan pada gardu tol lebih dari 5 detik.

5.2.4 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis pada Multigate 2.5

Analisis waktu pelayanan pada gardu tol otomatis (GTO) pada gardu multigate 2.5 diperoleh dari frekuensi kendaraan golongan I, kendaraan golongan II, kendaraan golongan III, kendaraan golongan IV dan kendaraan golongan V yang melintas pada gardu multigate 2.3 yang kemudian dianalisis sesuai dengan golongan kendaraan masing-masing. Berikut adalah analisis waktu pelayanan kendaraan golongan I, golongan II, golongan III, golongan IV dan golongan pada Gardu Tol Otomatis (GTO) Multigate 2.5.

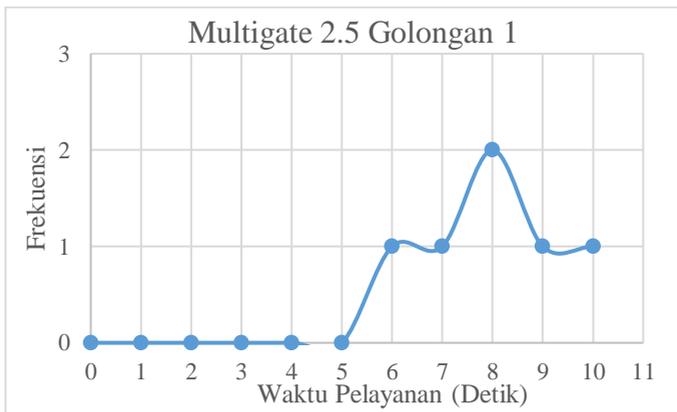
5.2.4.1 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan I

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan I diperoleh dari jumlah kendaraan golongan I yang melintas pada Multigate 2.5. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan kendaraan golongan I yang melintas pada Multigate 2.5 :

**Tabel 5. 19 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.5
Kendaraan Golongan I**

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 1 | 17 | 17 |
| 7 | 1 | 2 | 17 | 33 |
| 8 | 2 | 4 | 33 | 67 |
| 9 | 1 | 5 | 17 | 83 |
| 10 | 1 | 6 | 17 | 100 |

Setelah dianalisis berdasarkan data diatas kemudian didapatkan grafik frekuensi waktu pelayanan. Gambar 5.23 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan gerbang tol otomatis (GTO) kendaraan golongan I :

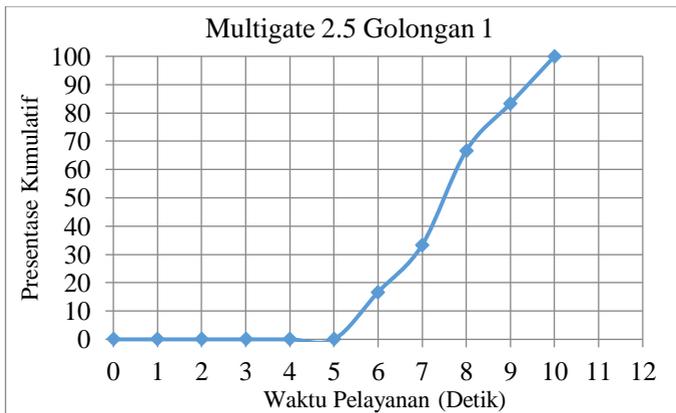


**Gambar 5. 23 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate
2.3 Kendaraan Golongan I**

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.19 dan juga Grafik pada gambar 5.23, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|--------------------------|
| Rata-rata | : 8 |
| Median | : 5 |
| Modus | : 8 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 7,5 75% = 8,4 |
| Waktu pelayanan | : 8 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 8 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.23 adalah grafik presentase terhadap kumulatif waktu pelayanan untuk kendaraan golongan I pada Multigate 2.5.



Gambar 5. 24 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate Kendaraan Golongan I

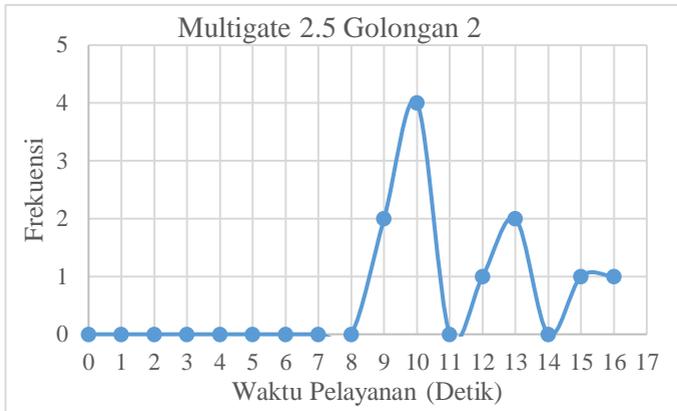
5.2.4.2 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan II

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan II diperoleh dari jumlah kendaraan golongan II yang melintas pada Multigate 2.5. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan kendaraan golongan II yang melintas pada Multigate 2.5 :

**Tabel 5. 20 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.5
Kendaraan Golongan II**

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 2 | 2 | 18 | 18 |
| 10 | 4 | 6 | 36 | 55 |
| 11 | 0 | 6 | 0 | 55 |
| 12 | 1 | 7 | 9 | 64 |
| 13 | 2 | 9 | 18 | 82 |
| 14 | 0 | 9 | 0 | 82 |
| 15 | 1 | 10 | 9 | 91 |
| 16 | 1 | 11 | 9 | 100 |

Setelah dianalisis lalu didapatkan grafik frekuensi waktu pelayanan. Gambar 5.25 adalah grafik frekuensi terhadap waktu pelayanan gerbang tol otomatis (GTO) Multigate 2.5 untuk kendaraan golongan II :

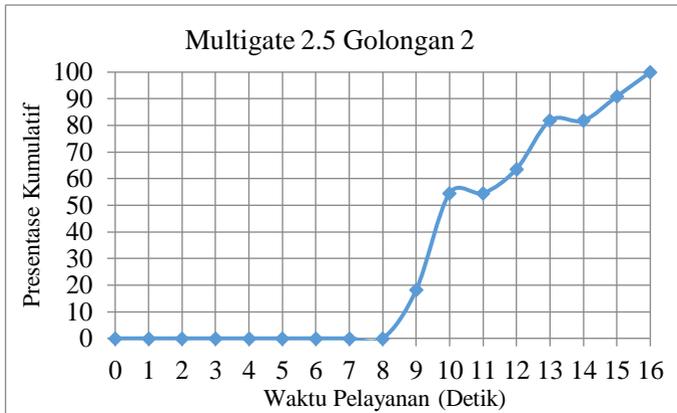


Gambar 5.25 Grafik Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan II

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.20 dan juga Grafik pada gambar 5.25, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|---------------------------|
| Rata-rata | : 11,54 |
| Median | : 8 |
| Modus | : 10 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 9,9 75% = 12,5 |
| Waktu pelayanan | : 10 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 10 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.6 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan untuk kendaraan golongan II pada Multigate 2.5.



Gambar 5. 26 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan II

5.2.4.3 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan III

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan III diperoleh dari jumlah kendaraan golongan III yang melintas pada Multigate 2.5. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan kendaraan golongan III yang melintas pada Multigate 2.5 :

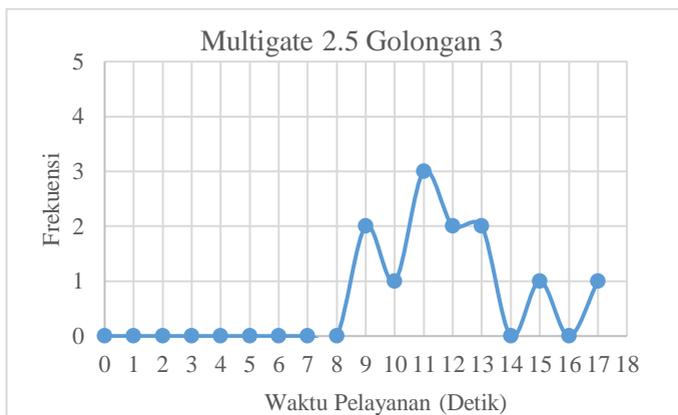
Tabel 5. 21 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan III

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabel 5.21 Frekuensi Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan III (Lanjutan)

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| WP | Frekuensi | Frekuensi Kumulatif | Presentase | Presentase kumulatif |
| 9 | 2 | 2 | 17 | 17 |
| 10 | 1 | 3 | 8 | 25 |
| 11 | 3 | 6 | 25 | 50 |
| 12 | 2 | 8 | 17 | 67 |
| 13 | 2 | 10 | 17 | 83 |
| 14 | 0 | 10 | 0 | 83 |
| 15 | 1 | 11 | 8 | 92 |
| 16 | 0 | 11 | 0 | 92 |
| 17 | 1 | 12 | 8 | 100 |

Setelah dianalisis lalu didapatkan grafik frekuensi waktu pelayanan. Gambar 5.27 adalah grafik frekuensi terhadap waktu pelayanan gerbang tol otomatis (GTO) Multigate 2.5 kendaraan golongan III :

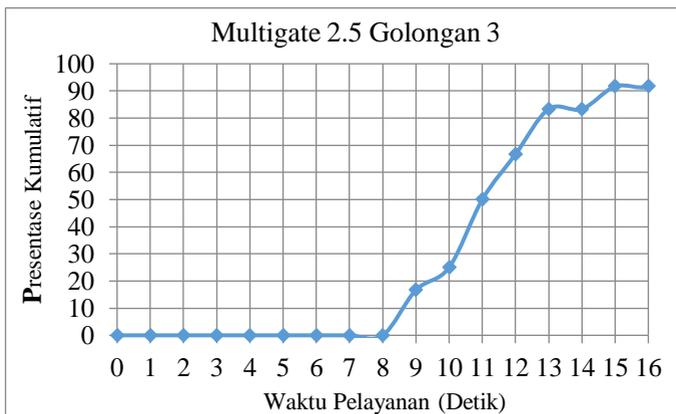


Gambar 5.27 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan III

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.21 dan juga Grafik pada gambar 5.27, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|--------------------------|
| Rata-rata | : 11,91 |
| Median | : 8,5 |
| Modus | : 11 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 10 75% = 12,3 |
| Waktu pelayanan | : 10 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 11 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.28 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan untuk kendaraan golongan III pada Multigate 2.5.



Gambar 5. 28 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan III

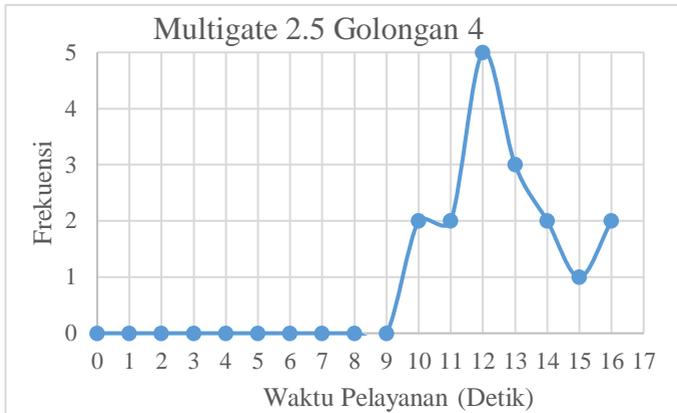
5.2.4.4 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan IV

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan IV diperoleh dari jumlah kendaraan golongan IV yang melintas pada Multigate 2.5. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan kendaraan golongan IV yang melintas pada Multigate 2.5 :

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

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 2 | 2 | 12 | 12 |
| 11 | 2 | 4 | 12 | 24 |
| 12 | 5 | 9 | 29 | 53 |
| 13 | 3 | 12 | 18 | 71 |
| 14 | 2 | 14 | 12 | 82 |
| 15 | 1 | 15 | 6 | 88 |
| 16 | 2 | 17 | 12 | 100 |

Setelah dianalisis berdasarkan data diatas kemudian didapatkan grafik frekuensi terhadap waktu pelayanan. Gambar 5.29 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan gerbang tol otomatis (GTO) Multigate 2.5 kendaraan golongan IV :

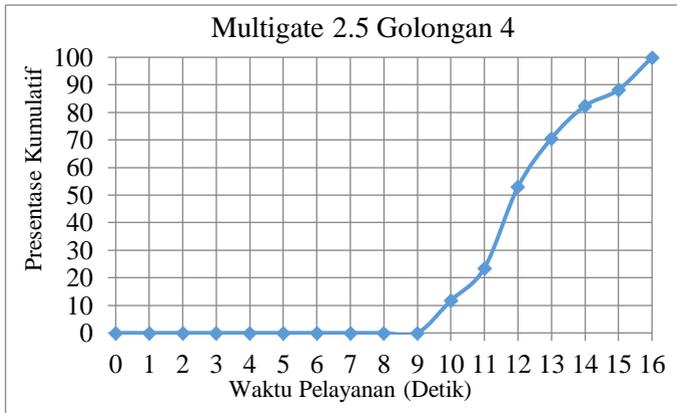


Gambar 5. 29 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan IV

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.22 dan juga Grafik pada gambar 5.29, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|--------------|
| Rata-rata | : 12,70 |
| Median | : 8 |
| Modus | : 12 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 11,9 |
| | 75% = 13,2 |
| Waktu pelayanan | : 12 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 12 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.30 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan untuk kendaraan golongan IV Multigate 2.5.



Gambar 5. 30 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Multigate 2.5 Kendaraan Golongan IV

5.2.4.5 Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V

Analisis waktu pelayanan untuk kendaraan golongan V diperoleh dari jumlah kendaraan golongan V yang melintas pada Multigate 2.5. Berikut adalah perhitungan waktu pelayanan kendaraan golongan V yang melintas pada Multigate 2.5 :

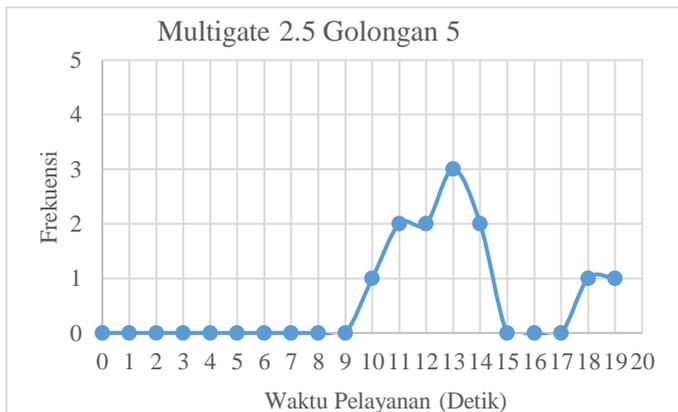
Tabel 5. 23 Frekuensi Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Table 5.23 Frekuensi Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V (Lanjutan)

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| WP | Frekuensi | Frekuensi Kumulatif | Presentase | Presentase kumulatif |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 1 | 8 | 8 |
| 11 | 2 | 3 | 17 | 25 |
| 12 | 2 | 5 | 17 | 42 |
| 13 | 3 | 8 | 25 | 67 |
| 14 | 2 | 10 | 17 | 83 |
| 15 | 0 | 10 | 0 | 83 |
| 16 | 0 | 10 | 0 | 83 |
| 17 | 0 | 10 | 0 | 83 |
| 18 | 1 | 11 | 8 | 92 |
| 19 | 1 | 12 | 8 | 100 |

Setelah dianalisis lalu didapatkan grafik frekuensi terhadap waktu pelayanan. Gambar 5.31 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan gerbang tol otomatis (GTO) Mutligate 2.5 kendaraan golongan V :

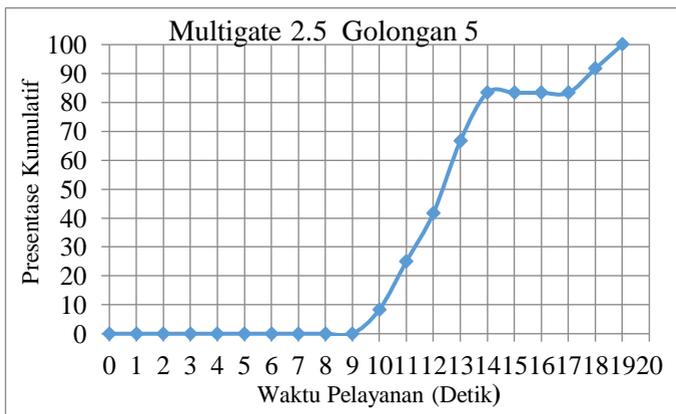


Gambar 5. 31 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.23 dan juga Grafik pada gambar 5.31, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|----------------------------|
| Rata-rata | : 13,3 |
| Median | : 9,5 |
| Modus | : 13 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 12,3 75% = 13,4 |
| Waktu pelayanan | : 13,4 detik |

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 13,4 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.32 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan untuk kendaraan golongan V pada Multigate 2.5.



Gambar 5. 32 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan Kendaraan Golongan V

5.2.4.6 Analisis Tingkat Pelayanan Gate 2.5

Pada perencanaan gerbang tol Kapuk memerlukan tingkat pelayanan untuk gardu tol multigate yang dapat dilewati kendaraan golongan I, kendaraan golongan II, kendaraan golongan III, kendaraan golongan IV dan kendaraan golongan V. Analisa waktu pelayanan ini menggunakan data waktu pelayanan dari tiap

golongan yang sudah dianalisis sebelumnya dan tingkat kedatangan dari masing-masing golongan kendaraan pada tiap gerbang.

Berikut merupakan perhitungan tingkat pelayanan untuk gardu tol multigate 2.5 pada gerbang tol Kapuk yang dapat dilalui semua golongan pada tahun 2019 :

Waktu Pelayanan :

1. Golongan I = 8,4 detik $\rightarrow 3600/8,4 = 429$
2. Golongan II = 10 detik $\rightarrow 3600/10 = 360$
3. Golongan III = 10 detik $\rightarrow 3600/10 = 360$
4. Golongan IV = 12 detik $\rightarrow 3600/12 = 300$
5. Golongan V = 13,4 detik $\rightarrow 3600/13,4 = 269$

Tingkat Kedatangan :

1. Golongan I = 29 kend/jam
2. Golongan II = 144 kend/jam
3. Golongan III = 40 kend/jam
4. Golongan IV = 52 kend/jam
5. Golongan V = 20 kend/jam

$$\mu = \frac{(429 \times 29) + (360 \times 144) + (360 \times 40) + (300 \times 52) + (269 \times 20)}{29 + 144 + 40 + 52 + 20}$$

$$= 348 \text{ kend/jam}$$

Jadi waktu pelayanan rata-rata adalah :

$$348 = \frac{3600}{WP}$$

$$WP = 10,34 \text{ detik}$$

Jika diperhitungkan waktu pelayanan maksimal yang dibutuhkan pada gerbang tol Kapuk untuk multigate 2.5, didapatkan perhitungan sebagai berikut :

$$\lambda = 256 \text{ smp/jam}$$

$$N = 1$$

$$\frac{256/1}{\mu} < 1$$

$$\text{Diperoleh : } \mu = 256 \text{ smp/jam}$$

Jadi waktu pelayanan maksimum yang dibutuhkan adalah

$$256 = \frac{3600}{WP}$$

$$WP = 14,06 \text{ detik}$$

Dari tingkat kedatangan kendaraan $\lambda = 256$ smp/jam, diperoleh waktu pelayanan maksimum pada gerbang tol kapuk untuk multigate 2.5 adalah 14 detik/smp, sedangkan dari rata-rata tiap golongan didapat waktu pelayanan 10,34 detik/kendaraan.

Sedangkan sesuai Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada gerbang tol dengan GTO gardu tol transaksi maksimal 5 detik/kendaraan. Oleh karena itu pada gerbang tol Kapuk untuk gardu multigate 2.5 belum memenuhi persyaratan Standar Pelayanan Minimal (SPM) karena rata-rata waktu pelayanan pada gardu tol lebih dari 5 detik. Tetapi, sudah kurang dari waktu pelayanan maksimal.

5.2.5 Waktu Pelayanan *On Board Unit* Kendaraan Golongan I

Analisis waktu pelayanan pada gardu *on board unit* (OBU) kendaraan golongan I diperoleh dari frekuensi kendaraan golongan I yang melintas pada *On Board Unit* (OBU) gerbang tol Kapuk. Berikut adalah analisis waktu pelayanan pada gardu *on board unit* (OBU) kendaraan golongan I.

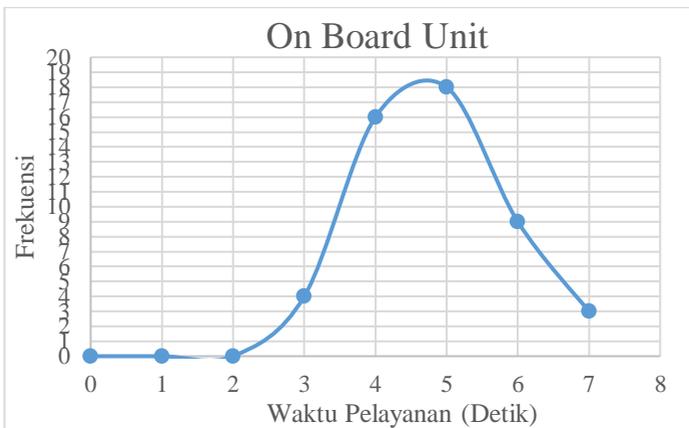
Tabel 5. 24 Frekuensi Waktu Pelayanan On Board Unit Kendaraan Golongan I

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| WP | Frekuensi | Frekuensi Kumulatif | Presentase | Presentase kumulatif |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| 4 | 16 | 20 | 32 | 40 |
| 5 | 18 | 38 | 36 | 76 |

**Tabel 5.24 Frekuensi Waktu Pelayanan On Board Unit
Kendaraan Golongan I (Lanjutan)**

| Waktu pelayanan | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| WP | Frekuensi | Frekuensi Kumulatif | Presentase | Presentase kumulatif |
| 6 | 9 | 47 | 18 | 94 |
| 7 | 3 | 50 | 6 | 100 |

Setelah dianalisis lalu didapatkan grafik frekuensi waktu pelayanan. Gambar 5.33 adalah grafik frekuensi waktu pelayanan gerbang tol otomatis (GTO) kendaraan golongan IV :



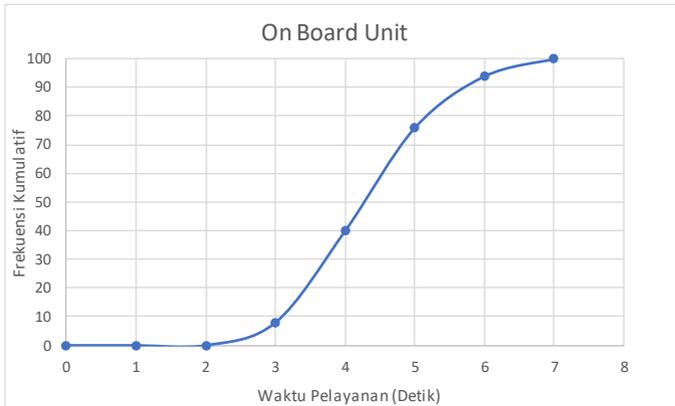
**Gambar 5.33 Grafik Presentase Kumulatif Waktu Pelayanan
On Board Unit Kendaraan Golongan I**

Setelah dilakukan perhitungan dan mendapat nilai di tabel 5.24 dan juga Grafik pada gambar 5.33, maka didapatkan pula beberapa nilai yaitu :

| | |
|----------------------|--------------|
| Rata-rata | : 4,82 |
| Median | : 5 |
| Modus | : 4 |
| Presentase kumulatif | : 50% = 4,25 |
| | 75% = 5 |

Waktu pelayanan : 4 detik

Waktu pelayanan yang digunakan dalam analisis ini adalah 4 detik, karena lebih dekat dengan nilai modus dan juga median. Gambar 5.34 adalah grafik presentase kumulatif terhadap waktu pelayanan untuk kendaraan golongan I yang melintas pada *On Board Unit* (OBU).



Gambar 5. 34 Grafik Presentase Kumulatif dan Waktu Pelayanan OBU

Jika diperhitungkan waktu pelayanan maksimal yang dibutuhkan pada gerbang tol Kapuk untuk OBU kendaraan I, didapatkan :

$$\lambda = 145 \text{ smp/jam}$$

$$N = 1$$

$$\frac{145/1}{\mu} < 1$$

$$\text{Diperoleh : } \mu = 145 \text{ smp/jam}$$

Jadi waktu pelayanan maksimum yang dibutuhkan adalah

$$145 = \frac{3600}{WP}$$

$$WP = 24,82 \text{ detik}$$

Dari tingkat kedatangan kendaraan $\lambda = 145$ smp/jam, diperoleh waktu pelayanan maksimum pada gerbang tol kapuk untuk GTO golongan I adalah 25 detik/smp, sedangkan dari grafik frekuensi kumulatif didapat waktu pelayanan 4 detik/kendaraan. Sehingga waktu pelayanan yang ada pada gardu tol *On Board Unit* sudah aman karena kudang dari waktu pelayanan maksimal yang ada.

5.3 Analisa Tingkat Pelayanan (μ)

Pada perencanaan gerbang tol Kapuk memerlukan tingkat pelayanan untuk gardu tol multigate yang dapat dilewati kendaraan golongan I, kendaraan golongan II, kendaraan golongan III, kendaraan golongan IV dan kendaraan golongan V. Analisa waktu pelayanan ini menggunakan data waktu pelayanan dari tiap golongan yang sudah dianalisis sebelumnya dan tingkat kedatangan dari masing-masing golongan kendaraan pada tiap gerbang.

Berikut merupakan contoh perhitungan tingkat pelayanan untuk gardu tol Multigate 2.2 pada gerbang tol Kapuk yang dapat dilalui semua golongan pada tahun 2019 :

Waktu Pelayanan :

- | | | | |
|-----------------|------------|-----------------------|-------|
| 1. Golongan I | = 7 detik | $\rightarrow 3600/7$ | = 514 |
| 2. Golongan II | = 9 detik | $\rightarrow 3600/9$ | = 400 |
| 3. Golongan III | = 12 detik | $\rightarrow 3600/12$ | = 300 |
| 4. Golongan IV | = 12 detik | $\rightarrow 3600/12$ | = 300 |
| 5. Golongan V | = 13 detik | $\rightarrow 3600/13$ | = 277 |

Tingkat Kedatangan :

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1. Golongan I | = 66 kend/jam |
| 2. Golongan II | = 287 kend/jam |
| 3. Golongan III | = 89 kend/jam |
| 4. Golongan IV | = 39 kend/jam |
| 5. Golongan V | = 46 kend/jam |

$$\mu = \frac{(514 \times 66) + (400 \times 287) + (300 \times 89) + (300 \times 39) + (277 \times 46)}{66 + 287 + 89 + 46}$$

$$= 379 \text{ kend/jam}$$

Tabel 5.25 merupakan tabel tingkat pelayanan untuk tiap gardu multigate pada gerbang tol Kapuk :

Tabel 5. 25 Tabel Pelayanan pada Gardu Tol Multigate

| No | Gardu | Gol. Kendaraan | WP | μ per gol | λ | $\mu \cdot \lambda$ | μ_{gate} |
|----|---------------|----------------|------|---------------|-----------|---------------------|--------------|
| 1 | Multigate 2.2 | Golongan 1 | 7 | 514 | 66 | 34156 | 379 |
| | | Golongan 2 | 9 | 400 | 287 | 114905 | |
| | | Golongan 3 | 12 | 300 | 89 | 26655 | |
| | | Golongan 4 | 12 | 300 | 39 | 11620 | |
| | | Golongan 5 | 13 | 277 | 46 | 12685 | |
| 2 | Multigate 2.3 | Golongan 1 | 8 | 450 | 42 | 18971 | 346 |
| | | Golongan 2 | 10 | 360 | 234 | 84399 | |
| | | Golongan 3 | 11 | 327 | 72 | 23481 | |
| | | Golongan 4 | 12 | 300 | 89 | 26660 | |
| | | Golongan 5 | 12,5 | 288 | 35 | 10169 | |
| 3 | Multigate 2.5 | Golongan 1 | 8,4 | 429 | 29 | 12355 | 348 |
| | | Golongan 2 | 10 | 360 | 114 | 41147 | |
| | | Golongan 3 | 10 | 360 | 40 | 14545 | |
| | | Golongan 4 | 12 | 300 | 52 | 15720 | |
| | | Golongan 5 | 13,4 | 269 | 20 | 5342 | |

5.4 Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2019

Dengan tingkat kedatangan seperti pada analisa di atas, maka perlu dilakukan analisa intensitas lalu lintas (ρ) terhadap gardu pelayanan yang terbuka untuk mengetahui seberapa besar intensitas yang terjadi pada gardu tersebut. Analisa ini dilakukan dengan menggunakan data waktu pelayanan hasil survey pada gerbang tol Kapuk tetapi juga harus mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 yang berisi tentang standar pelayanan minimal jalan tol.

5.4.1 Perhitungan Intensitas Gerbang Tol

Evaluasi waktu pelayanan gerbang Tol Kapuk pada tahun 2019 dapat dilihat dari perhitungan intensitas lalu lintas dengan kondisi lapangan yang sesungguhnya. Tipe gardu yang ada pada gerbang tol Kapuk adalah Gardu tol Otomatis, *On Board Unit* dan Multigate. Berikut adalah contoh perhitungan analisis intensitas gerbang tol Kapuk untuk gardu GTO golongan 1 :

Diketahui :

λ = Banyaknya tingkat kendaraan yang melintas

μ = Waktu pelayanan gardu tol

N = Jumlah Gardu Tol Otomatis

λ Gardu Tol Otomatis (GTO) = 7378 emp/jam

Waktu pelayanan GTO = 7 detik

μ GTO = $\frac{1 \times 3600}{7}$

= 514,28

N = 12 gardu

Analisa :

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

$$\rho = \frac{7378/12}{514,28} = 1,195 > 1$$

Dari hasil analisis terhadap gerbang tol Kapuk diperoleh hasil $\rho > 1$, sehingga gerbang tol ini termasuk dalam kategori yang tidak aman. Perlu dilakukan evaluasi dan perencanaan ulang waktu pelayanan dan jumlah gardu yang ada agar dapat masuk dalam kategori aman.

Analisa ulang :

λ Gardu Tol Otomatis (GTO) = 7378 emp/jam

Waktu pelayanan GTO = 7 detik

μ GTO = $\frac{1 \times 3600}{7}$

= 514

N = 16 gardu

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

$$\rho = \frac{7378/16}{514,28} = 0,897 < 1$$

Dari hasil analisis ulang terhadap gerbang tol Kapuk memperoleh hasil $\rho < 1$, sehingga gerbang tol ini termasuk dalam kategori aman.

Tabel 5.26 adalah hasil analisis intensitas gerbang tol Kapuk pada tahun 2019 yang aman untuk menampung tingkat kedatangan yang terjadi.

Tabel 5. 26 Hasil Analisis Intensitas Gerbang Tol Kapuk 2019

| No | Gardu | Eksisting | | | | | Rencana | | | | |
|----|---------------|-----------|-------|----|--------|------------|-----------|-------|----|--------|------------|
| | | λ | μ | N | ρ | $\rho < 1$ | λ | μ | N | ρ | $\rho < 1$ |
| 1 | GTO gol. 1 | 7378 | 514 | 12 | 1,195 | NOT OK | 7378 | 514 | 16 | 0,897 | OK |
| 2 | OBU gol.1 | 145 | 900 | 1 | 0,161 | OK | 145 | 900 | 1 | 0,161 | OK |
| 3 | Multigate 2.2 | 527 | 379 | 1 | 1,389 | NOT OK | 527 | 379 | 2 | 0,694 | OK |
| 4 | Multigate 2.3 | 473 | 346 | 1 | 1,364 | NOT OK | 473 | 346 | 2 | 0,682 | OK |
| 5 | Multigate 2.5 | 256 | 348 | 1 | 0,734 | OK | 256 | 348 | 1 | 0,734 | OK |

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

Dalam mengevaluasi dan merencanakan gerbang tol diperlukan pula menganalisis antrian yang terjadi. Teori yang digunakan di gerbang tol yaitu teori FIFO (First In First Out). Analisis ini diperlukan untuk mengetahui panjang dan lamanya antrian yang terjadi di gerbang tol Kapuk. Gardu yang dianalisis adalah gardu hasil perencanaan dan yang sudah dianalisis intensitasnya.

5.5.1 Perhitungan Antrian Gerbang Tol

Perhitungan antrian gerbang tol Kapuk ini menggunakan system gardu tol otomatis dan *On Board Unit* sesuai dengan analisis gardu yang telah direncanakan dan dianalisis intensitasnya.

Berikut adalah contoh perhitungan antrian gerbang tol untuk gardu tol otomatis golongan 1 :

$$\lambda = 7378 \text{ kend/jam}$$

$$\mu = 7 \text{ detik}$$

$$\mu = \frac{1 \times 3600}{7}$$

$$= 514$$

$$N = 17$$

$$\rho = 0,897$$

Analisis :

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,897}{1 - 0,897} = 8,67 \approx 9 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0,897^2}{1 - 0,897} = 7,78 \approx 8 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \frac{\lambda}{N}} \times 3600 = \frac{1}{514 - \frac{7378}{16}} \times 3600 = 67,71 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 67,71 - \frac{1}{514} \times 3600 = 60,71 \text{ detik}$$

Dari hasil analisis antrian gerbang tol Kapuk didapatkan bahwa gerbang tol masih cukup aman untuk menampung antrian yang terjadi.

Tabel 5.27 adalah tabel hasil perhitungan antrian yang terjadi pada gerbang tol kapuk menggunakan metode First In First Out (FIFO) yang sudah sesuai dengan standar pelayanan minimum.

Tabel 5. 27 Hasil Perhitungan Analisa Antrian 2019

| No | Gardu | Rencana | | | | |
|----|---------------|------------|----------|--------------|--------------|------------|
| | | n (emp) | q emp | d (detik) | w (detik) | q < 10 emp |
| 1 | GTO gol. 1 | 8,67 | 7,78 | 67,71 | 60,71 | OK |
| 2 | OBU gol.1 | 0,19 | 0,03 | 4,77 | 0,77 | OK |
| 3 | Multigate 2.2 | 2,27 | 1,58 | 31,04 | 21,56 | OK |
| 4 | Multigate 2.3 | 2,15 | 1,46 | 32,69 | 22,29 | OK |
| 5 | Multigate 2.5 | 2,76 | 2,03 | 38,91 | 28,57 | OK |

Dari hasil perhitungan analisis antrian gerbang tol Kapuk didapatkan komposisi jumlah gardu yang aman, sesuai dengan syarat dan standart.

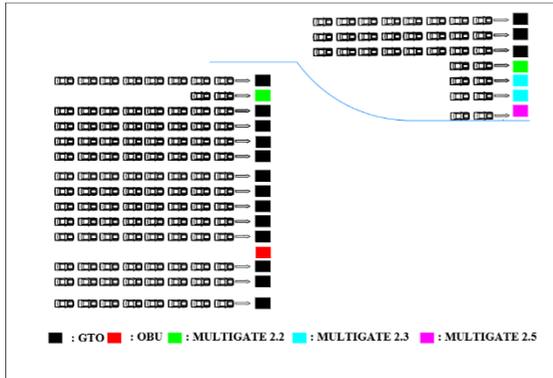
Berikut adalah hasil evaluasi gerbang tol Kapuk pada tahun 2019 :

1. GTO yang semula hanya ada 12 gardu belum mampu menampung tingkat kedatangan yang ada, sehingga dievaluasi menjadi 16 gardu dengan jumlah antrian kendaraan 8 emp.
2. *On Board Unit* yang hanya ada 1 gardu masih mampu menampung tingkat kedatangan yang ada pada tahun 2019 dengan panjang antrian 0 emp atau dapat dikatakan tidak ada panjang antrian kendaraan.
3. Gardu tol Multigate yang semula hanya ada 3 gardu yaitu Multigate 2.2, Multigate 2.3, Multigate 2.5 tidak mampu menampung tingkat kedatangan yang ada. Sehingga harus ada penambahan jumlah gate. Multigate 2.2 dievaluasi menjadi 2 gardu dengan panjang antrian 2 emp, Multigate 2.3 dievaluasi menjadi 2 gardu dengan panjang antrian 2 emp, Multigate 2.5 masih mampu menampung tingkat kedatangan yang ada sehingga tidak membutuhkan tambahan jumlah gate dengan panjang antrian 2 emp.

Tabel 5.28 adalah hasil panjang antrian kendaraan dan jumlah gardu tol tahun 2019 berdasarkan analisis pada perhitungan sebelumnya.

Tabel 5. 28 Hasil Panjang Antrian dan Jumlah Gardu tahun 2019

| No | Gardu | q (<10) | N |
|----|---------------|---------|----|
| 1 | GTO gol. 1 | 8 | 16 |
| 2 | OBU gol. 1 | 0 | 1 |
| 3 | Multigate 2.2 | 2 | 2 |
| 4 | Multigate 2.3 | 2 | 2 |
| 5 | Multigate 2.5 | 2 | 1 |



Gambar 5. 35 Ilustrasi Antrian Kendaraan tahun 2019

5.6 Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2024

Data yang dibutuhkan untuk menganalisis gerbang tol ini sama dengan perencanaan sebelumnya yaitu data lalu lintas harian tahun 2024 yang sudah didapatkan dengan metode forecasting yang telah dihitung dengan analisis sebelumnya dan juga waktu pelayanan gerbang tol. Namun perhitungan perencanaan gerbang tol Kapuk untuk golongan I pada tahun ini direncanakan memiliki proporsi jumlah gardu 50% GTO 50% OBU, dan gardu tol multigate hanya direncanakan untuk golongan II, III, IV, dan V. Tabel 5.29 adalah volume lalu lintas pada tahun 2024 :

Tabel 5. 29 Volume Lalu Lintas Harian 2024

| No | Gate | Golongan Kendaraan | Jumlah (kend/jam) |
|----|-----------|--------------------|-------------------|
| 1 | GTO | I | 46590 |
| 2 | OBU | I | 46590 |
| 3 | Multigate | II | 6.134 |
| | | III | 1.502 |
| | | IV | 1.333 |
| | | V | 756 |

5.6.1 Perencanaan Tingkat Kedatangan 2024

Seperti pada perhitungan sebelumnya, menurut tabel A.6 Jalan Bebas Hambatan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia no.3 untuk mendapatkan arus jam puncak kendaraan yang melintas maka volume kendaraan yang ada harus dikalikan dengan factor K yang nilainya adalah 0,11 dan dikalikan lagi dengan ekr (Ekivalensi Kendaraan Ringan) atau emp (Ekivalensi Mobil Penumpang). Contoh perhitungan jumlah kendaraan untuk mendapatkan arus jam puncak :

Jumlah kendaraan untuk GTO golongan 1 gerbang tol Kapuk :
 $46590 \times 0,11 = 5125$ Kendaraan

Kemudian dari hasil tersebut dikalikan lagi dengan nilai ekr (Ekivalensi Kendaraan Ringan) atau emp (Ekivalensi Mobil Penumpang) menurut nilai ekr jalan bebas hambatan yang ada pada PKJI tahun 2014. Untuk kendaraan golongan 1 masuk pada kategori kendaraan ringan dengan nilai ekr 1.

Jumlah kendaraan untuk GTO golongan 1 gerbang tol Kapuk yang sudah menggunakan ekr adalah :
 $5125 \times 1 = 5125$ Kendaraan

Tabel 5.30 adalah hasil perhitungan jumlah kendaraan yang sudah dikalikan dengan factor jam puncak dan nilai EKR.

Tabel 5. 30 Jumlah Kendaraan yang Menggunakan EKR

| No | Gate | Golongan Kendaraan | Jumlah (smp/jam) |
|----|-----------|--------------------|------------------|
| 1 | GTO | I | 5125 |
| 2 | OBU | I | 5125 |
| 3 | Multigate | II | 851 |
| | | III | 270 |
| | | IV | 239 |
| | | V | 135 |

5.6.2 Analisa Tingkat Pelayanan Gardu Multigate

Pada perencanaan gerbang tol Kapuk memerlukan tingkat pelayanan untuk gardu tol Multigate yang dapat dilewati kendaraan golongan II, kendaraan golongan III, kendaraan golongan IV dan kendaraan golongan V. Analisa waktu pelayanan ini menggunakan proporsi terkecil dari data waktu pelayanan dari tiap golongan yang sudah dianalisis sebelumnya dan tingkat kedatangan dari masing-masing golongan kendaraan.

Berikut merupakan perhitungan tingkat pelayanan untuk gardu tol multigate pada gerbang tol Kapuk yang dapat dilalui kendaran golongan II, kendaran golongan III, kendaran golongan IV, dan kendaran golongan V pada tahun 2024 :

Waktu Pelayanan :

- | | | | |
|-----------------|--------------|-------------|-------|
| 1. Golongan II | = 10 detik | → 3600/10 | = 360 |
| 2. Golongan III | = 11 detik | → 3600/11 | = 327 |
| 3. Golongan IV | = 11 detik | → 3600/12 | = 300 |
| 4. Golongan V | = 12,5 detik | → 3600/12,5 | = 288 |

Tingkat Kedatangan :

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1. Golongan II | = 851 kend/jam |
| 2. Golongan III | = 270 kend/jam |
| 3. Golongan IV | = 239 kend/jam |
| 4. Golongan V | = 135 kend/jam |

$$\mu = \frac{(360 \times 851) + (327 \times 270) + (300 \times 239) + (288 \times 135)}{851 + 270 + 239 + 135}$$

$$= 388 \text{ kend/jam}$$

Sehingga tingkat pelayanan gardu tol Multigate adalah 388 kend/jam.

5.6.3 Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2024

Tahap selanjutnya dalam analisis gerbang tol adalah menganalisis intensitas lalu lintas digerbang yang akan direncanakan dan juga tipe gardu yang akan digunakan. Dalam menganalisis intensitas lalu lintas, standart pelayanan minimum

yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 yang berisi tentang standart pelayanan minimal jalan tol. Data yang digunakan adalah data waktu pelayanan GTO, OBU dan Gardu Tol Multigate. Untuk mempercepat waktu pelayanan maka digunakan waktu pelayanan 5 detik untuk gardi tol otomatis dan 4 detik untuk *On Board Unit*. Perhitungan perencanaan gerbang tol Kapuk pada tahun ini direncanakan memiliki proporsi jumlah gardu 50% GTO 50% *On Board Unit*.

Berikut adalah contoh perhitungan analisis intensitas gerbang tol Kapuk untuk gardu GTO golongan 1 :

Diketahui :

λ = Banyaknya tingkat kendaraan yang melintas

μ = Waktu pelayanan gardu tol

N = Jumlah Gardu Tol Otomatis

λ Gardu Tol Otomatis (GTO) = 5125 emp/jam

Waktu pelayanan GTO = 5 detik

μ GTO = $\frac{1 \times 3600}{5}$

= 720

N = 10 gardu

Analisa :

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

$$\rho = \frac{5125/10}{720} = 0,7118 < 1$$

Dari hasil analisis terhadap gerbang tol Kapuk diperoleh hasil $\rho < 1$, sehingga gerbang tol ini termasuk dalam kategori yang aman. Tabel 5.21 adalah hasil perhitungan intensitas lalu lintas tahun 2024.

Tabel 5. 31 Hasil Perhitungan Intensitas Lalu Lintas 2024

| No | Jenis Gardu | λ | μ | N | ρ | $\rho < 1$ |
|----|----------------|-----------|-------|----|--------|------------|
| 1 | GTO Golongan 1 | 5125 | 720 | 10 | 0,7118 | OK |
| 2 | OBU Golongan 1 | 5125 | 900 | 7 | 0,8135 | OK |
| 3 | Multigate | 1495 | 338 | 5 | 0,8846 | OK |

5.6.4 Analisis Antrian Gerbang Tol

Dalam merencanakan gerbang tol untuk tahun 2024 diperlukan pula menganalisis antrian yang terjadi menggunakan data hasil analisa intensitas lalu lintas. Teori yang digunakan adalah teori antrian FIFO (*First In First Out*). Analisis ini diperlukan untuk mengetahui panjang dan lamanya antrian yang terjadi pada gerbang tol Kapuk. Gardu yang dianalisis adalah gardu yang sudah direncanakan dan dianalisis intensitasnya.

Perencanaan gerbang tol Kapuk direncanakan menggunakan gardu tol otomatis dan gardu tol *On Board Unit*. Berikut adalah contoh perhitungan antrian gerbang tol untuk gardu tol otomatis golongan 1 :

$$\lambda = 5125 \text{ kend/jam}$$

$$\mu = 5 \text{ detik}$$

$$\mu = \frac{1 \times 3600}{5}$$

$$= 720$$

$$N = 10$$

$$\rho = 0,7118$$

Analisis :

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,7118}{1 - 0,7118} = 2,47 \approx 3 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0,7118^2}{1 - 0,7118} = 1,76 \approx 2 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \frac{\lambda}{N}} \times 3600 = \frac{1}{720 - \frac{5125}{10}} \times 3600 = 17,35 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 17,35 - \frac{1}{720} \times 3600 = 12,35 \text{ detik}$$

Dari hasil analisis antrian gerbang tol Kapuk didapatkan bahwa gerbang tol masih cukup aman untuk menampung antrian yang terjadi.

Tabel 5.32 adalah tabel hasil perhitungan antrian yang terjadi pada gerbang tol kapuk menggunakan metode First In First Out (FIFO) yang sudah sesuai dengan standar pelayanan minimum.

Tabel 5. 32 Hasil Analisa Antrian Gerbang Tol Kapuk 2024

| No | Jenis Gardu | n (emp) | q (emp) | d (detik) | w (detik) | q < 10 emp |
|----|----------------|------------|------------|--------------|--------------|---------------|
| 1 | GTO Golongan 1 | 2,47 | 1,76 | 17,35 | 12,35 | OK |
| 2 | OBU Golongan 1 | 4,36 | 3,55 | 21,45 | 17,45 | OK |
| 3 | Multigate | 7,67 | 6,78 | 92,32 | 81,67 | OK |

Dari hasil perhitungan analisis antrian gerbang tol Kapuk didapatkan komposisi jumlah gardu yang aman, sesuai dengan syarat dan standart untuk menampung antrian yang akan terjadi tahun 2024.

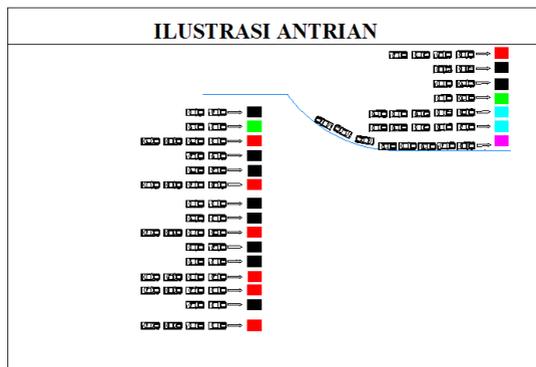
Berikut adalah hasil perencanaan ulang gerbang tol Kapuk pada tahun 2024 :

1. Perencanaan gerbang tol Kapuk pada tahun ini direncanakan memiliki proporsi jumlah gardu 50% GTO 50% *On Board Unit*.
2. Jumlah GTO pada evaluasi tahun 2019 16 gardu direncanakan ulang pada tahun 2024 menjadi 10 gardu, jumlah gardu ini merupakan hasil analisis yang diakibatkan oleh pengurangan proporsi tingkat kedatangan gardu tol GTO. Jumlah antrian kendaraan yang ada pada gardu GTO adalah 2 emp.
3. *On Board Unit* pada evaluasi tahun 2019 yang semula hanya ada 1 direncanakan ulang menjadi 7 gardu dengan panjang antrian 4 emp.
4. Gardu tol Multigate direncanakan hanya untuk kendaraan golongan II, III, IV dan V yang direncanakan menggunakan proporsi tingkat pelayanan terkecil dari perencanaan sebelumnya. Hasil analisis perencanaan ulang ini masih menggunakan 5 gardu tol Multigate karena masih mampu menampung tingkat kedatangan yang ada dengan jumlah antrian kendaraan 7 emp.

Tabel 5.33 adalah tabel hasil panjang antrian dan jumlah gardu tol pada tahun 2024 yang telah dianalisis sebelumnya.

Tabel 5. 33 Hasil Panjang Antrian dan Jumlah Gardu Tol

| No | Gardu | $q < 10$ | N |
|----|----------------|----------|----|
| 1 | GTO golongan 1 | 2 | 10 |
| 2 | OBU golongan 1 | 4 | 7 |
| 3 | Multigate | 7 | 5 |



Gambar 5. 36 Ilustrasi Antrian Kendaraan tahun 2024

5.7 Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2029

Data yang dibutuhkan untuk menganalisis gerbang tol ini sama dengan perencanaan sebelumnya yaitu data lalu lintas harian tahun 2029 yang sudah didapatkan dengan metode forecasting yang telah dianalisis sebelumnya dan juga waktu pelayanan gerbang tol. Namun perhitungan perencanaan gerbang tol Kapuk untuk golongan I pada tahun ini direncanakan memiliki proporsi jumlah gardu 30% GTO dan 70% OBU, dan gardu tol Multigate hanya direncanakan untuk kendaraan golongan II, III, IV, dan V dengan proporsi jumlah kendaraan. Berikut adalah analisis tingkat kedatangan yang terjadi :

Tabel 5. 34 Volume Lalu Lintas Harian 2029

| No | Gate | Golongan Kendaraan | Jumlah (kend/jam) |
|----|-----------|--------------------|-------------------|
| 1 | GTO | I | 37405 |
| 2 | OBU | I | 87279 |
| 3 | Multigate | II | 8.208 |
| | | III | 2.010 |
| | | IV | 1.783 |
| | | V | 1.012 |

5.7.1 Perencanaan Tingkat Kedatangan 2029

Seperti pada perhitungan sebelumnya, menurut tabel A.6 Jalan Bebas Hambatan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia no.3 untuk mendapatkan arus jam puncak kendaraan yang melintas maka volume kendaraan yang ada harus dikalikan dengan factor K yang nilainya adalah 0,11 dan dikalikan lagi dengan ekr (Ekivalensi Kendaraan Ringan) atau emp (Ekivalensi Mobil Penumpang). Contoh perhitungan jumlah kendaraan untuk mendapatkan arus jam puncak :

Jumlah kendaraan untuk GTO golongan 1 gerbang tol Kapuk :
 $37405 \times 0,11 = 4115$ Kendaraan

Kemudian dari hasil tersebut dikalikan lagi dengan nilai ekr (Ekivalensi Kendaraan Ringan) atau emp (Ekivalensi Mobil Penumpang) menurut nilai ekr jalan bebas hambatan yang ada pada PKJI tahun 2014. Untuk kendaraan golongan 1 masuk pada kategori kendaraan ringan dengan nilai ekr 1.

Jumlah kendaraan untuk GTO golongan 1 gerbang tol Kapuk yang sudah menggunakan ekr adalah :
 $4115 \times 1 = 4115$ Kendaraan

Tabel 5.35 adalah hasil perhitungan lalu lintas harian rata-rata yang sudah dikalikan dengan factor K dan nilai EKR.

Tabel 5. 35 Jumlah Kendaraan yang Sudah Menggunakan EKR

| No | Gate | Golongan Kendaraan | Jumlah (smp/jam) |
|----|-----------|--------------------|------------------|
| 1 | GTO | I | 4115 |
| 2 | OBU | I | 9601 |
| 3 | Multigate | II | 1138 |
| | | III | 361 |
| | | IV | 320 |
| | | V | 180 |

5.7.2 Analisis Tingkat Pelayanan Gardu Multigate

Pada perencanaan gerbang tol Kapuk pada tahun 2029 memerlukan tingkat pelayanan untuk gardu tol Multigate yang direncanakan dapat dilewati kendaraan golongan II, kendaraan golongan III, kendaraan golongan IV dan kendaraan golongan V. Analisa waktu pelayanan ini menggunakan proporsi terkecil dari data waktu pelayanan dari tiap golongan yang sudah dianalisis sebelumnya dan tingkat kedatangan dari masing-masing golongan kendaraan.

Berikut merupakan perhitungan tingkat pelayanan untuk gardu tol Multigate pada gerbang tol Kapuk yang dapat dilalui kendaran golongan II, kendaran golongan III, kendaran golongan IV, dan kendaran golongan V pada tahun 2029 sesuai dengan tingkat kedatangan yang ada :

Waktu Pelayanan :

1. Golongan II = 10 detik $\rightarrow 3600/10 = 360$
2. Golongan III= 11 detik $\rightarrow 3600/11 = 327$
3. Golongan IV= 11 detik $\rightarrow 3600/11 = 300$
4. Golongan V = 12,5 detik $\rightarrow 3600/12,5 = 288$

Tingkat Kedatangan :

1. Golongan II = 1138 kend/jam
2. Golongan III = 361 kend/jam
3. Golongan IV = 320 kend/jam
4. Golongan V = 180 kend/jam

$$\mu = \frac{(360 \times 1138) + (327 \times 361) + (300 \times 320) + (288 \times 180)}{1138 + 361 + 320 + 180}$$

$$= 338 \text{ kend/jam}$$

Sehingga tingkat pelayanan pada gerbang tol Multigate pada tahun 2029 adalah 338 kend/jam.

5.7.3 Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2029

Tahap selanjutnya dalam analisis gerbang tol adalah menganalisis intensitas lalu lintas digerbang yang akan direncanakan dan juga tipe gardu yang akan digunakan. Dalam menganalisis intensitas lalu lintas, standart pelayanan minimum yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 yang berisi tentang standart pelayanan minimal jalan tol. Data yang digunakan adalah data waktu pelayanan GTO dan OBU. Untuk mempercepat waktu pelayanan maka digunakan waktu pelayanan 5 detik untuk gardi tol otomatis dan 2 untuk *On Board Unit*.

Perhitungan perencanaan gerbang tol Kapuk pada tahun ini direncanakan memiliki proporsi jumlah gardu 30% GTO 70% OBU. Berikut adalah contoh perhitungan analisis intensitas gerbang tol Kapuk untuk gardu GTO golongan 1 :

Diketahui :

λ = Banyaknya tingkat kendaraan yang melintas

μ = Waktu pelayanan gardu tol

N = Jumlah Gardu Tol Otomatis

λ Gardu Tol Otomatis (GTO) = 4115 emp/jam

Waktu pelayanan GTO = 5 detik

$$\begin{aligned}\mu \text{ GTO} &= \frac{1 \times 3600}{5} \\ &= 720 \\ N &= 7 \text{ gardu}\end{aligned}$$

Analisa :

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{\lambda/N}{\mu} \\ \rho &= \frac{4115/7}{720} = 0,8164 < 1\end{aligned}$$

Dari hasil analisis terhadap gerbang tol Kapuk diperoleh hasil $\rho < 1$, sehingga gerbang tol ini termasuk dalam kategori yang aman. Tabel 5.36 adalah hasil perhitungan intensitas lalu lintas tahun 2029.

Tabel 5. 36 Analisis Intensitas Lalu Lintas 2029

| No | Jenis Gardu | λ | μ | N | ρ | $\rho < 1$ |
|----|----------------|-----------|-------|---|--------|------------|
| 1 | GTO golongan 1 | 4115 | 720 | 7 | 0,8164 | OK |
| 2 | OBU golongan 1 | 9601 | 1800 | 8 | 0,6668 | OK |
| 3 | Multigate | 1999 | 338 | 7 | 0,8449 | OK |

5.7.4 Analisis Antrian Gerbang Tol

Dalam merencanakan gerbang tol untuk tahun 2029 diperlukan pula menganalisis antrian yang terjadi. Teori yang digunakan adalah teori antrian FIFO (*First In First Out*). Analisis ini diperlukan untuk mengetahui panjang dan lamanya antrian yang terjadi pada gerbang tol Kapuk. Gardu yang dianalisis adalah gardu yang sudah direncanakan dan dianalisis intensitasnya.

Perencanaan gerbang tol Kapuk direncanakan menggunakan gardu tol otomatis, gardu tol *On Board Unit* dan gardu Multigate. Berikut adalah contoh perhitungan antrian gerbang tol untuk gardu tol otomatis golongan 1 :

$$\begin{aligned}\lambda &= 4115 \text{ kend/jam} \\ \mu &= 5 \text{ detik} \\ \mu &= \frac{1 \times 3600}{5} \\ &= 720\end{aligned}$$

$$N = 7$$

$$\rho = 0,8164$$

Analisis :

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,8164}{1 - 0,8164} = 4,45 \approx 5 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0,8164^2}{1 - 0,8164} = 3,63 \approx 4 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \frac{\lambda}{N}} \times 3600 = \frac{1}{720 - \frac{4115}{7}} \times 3600 = 27,24 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 27,24 - \frac{1}{720} \times 3600 = 22,24 \text{ detik}$$

Dari hasil analisis antrian gerbang tol Kapuk didapatkan bahwa gerbang tol masih cukup aman untuk menampung antrian yang terjadi.

Tabel 5.37 adalah tabel hasil perhitungan analisis antrian gerbang tol Kapuk menggunakan metode First In First Out (FIFO) :

Tabel 5. 37 Analisis Antrian Tahun 2029

| No | Jenis Gardu | n (emp) | q (emp) | d (detik) | w (detik) | q < 10 emp |
|----|----------------|------------|------------|--------------|--------------|---------------|
| 1 | GTO golongan 1 | 4,45 | 3,63 | 27,24 | 22,24 | OK |
| 2 | OBU golongan 1 | 2,001 | 1,33 | 6,00 | 4,00 | OK |
| 3 | Multigate | 5,45 | 4,60 | 68,66 | 58,01 | OK |

Dari hasil perhitungan analisis antrian gerbang tol Kapuk didapatkan komposisi jumlah gardu yang aman, sesuai dengan syarat dan standart untuk menampung antrian yang akan terjadi tahun 2029.

Berikut adalah hasil perencanaan ulang gerbang tol Kapuk pada tahun 2029 :

1. Perencanaan gerbang tol Kapuk pada tahun ini direncanakan memiliki proporsi jumlah gardu 30% GTO 70% *On Board Unit*.

2. Jumlah GTO pada perencanaan tahun 2024 10 gardu direncanakan ulang pada tahun 2029 menjadi 7 gardu, jumlah gardu ini merupakan hasil analisis yang diakibatkan oleh pengurangan proporsi tingkat kedatangan gardu tol GTO. Panjang antrian yang ada pada gardu GTO pada tahun 2029 adalah 4 emp.
3. Jumlah gardu *On Board Unit* pada perencanaan tahun 2024 adalah 7 gardu dan direncanakan ulang pada tahun 2029 menjadi 8 gardu. Panjang antrian yang ada pada gardu *On Board Unit* adalah 2 emp.
4. Gardu tol Multigate masih direncanakan hanya untuk kendaraan golongan II, III, IV dan V yang menggunakan proporsi tingkat pelayanan terkecil dari hasil evaluasi tingkat pelayanan multigate pada tahun 2019. Hasil analisis perencanaan ulang ini menggunakan 7 gardu tol Multigate dengan panjang antrian 5 emp.

Tabel 5.38 adalah tabel hasil panjang antrian dan jumlah gardu tol pada tahun 2029.

Tabel 5. 38 Hasil Panjang Antrian dan Jumlah Gardu 2029

| No | Gardu | q < 10 | N |
|----|----------------|--------|---|
| 1 | GTO golongan 1 | 4 | 7 |
| 2 | OBU golongan 1 | 2 | 8 |
| 3 | Multigate | 5 | 7 |

“Halaman sengaja dikosongkan...”

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi dan analisa pada tahun 2019 serta perencanaan ulang pada tahun 2024 dan 2029, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Panjang antrian yang terjadi di tiap gardu pada gerbang tol Kapuk :
 - a. Panjang antrian pada tahun 2019 :
 - Gardu Tol Otomatis untuk golongan I : $n = 9$ emp, $q = 8$ emp.
 - *On Board Unit* : $n = 1$ emp, $q = 0$ emp.
 - Multigate 2.2 untuk golongan kendaraan I, II, III, IV dan golongan V : $n = 3$ emp, $q = 2$ emp.
 - Multigate 2.3 untuk golongan kendaraan I, II, III, IV dan golongan V : $n = 3$ emp, $q = 2$ emp.
 - Multigate 2.5 untuk golongan kendaraan I, II, III, IV dan golongan V : $n = 3$ emp, $q = 2$ emp.
 - b. Panjang antrian pada tahun 2024 :
 - Gardu Tol Otomatis untuk golongan I : $n = 3$ emp, $q = 2$ emp.
 - *On Board Unit* : $n = 5$ emp, $q = 4$ emp.
 - Multigate untuk golongan kendaraan II, III, IV dan golongan V : $n = 8$ emp, $q = 7$ emp.
 - c. Panjang antrian pada tahun 2019 :
 - Gardu Tol Otomatis untuk golongan I : $n = 5$ emp, $q = 4$ emp.
 - *On Board Unit* : $n = 3$ emp, $q = 2$ emp.
 - Multigate untuk golongan kendaraan II, III, IV dan golongan V : $n = 6$ emp, $q = 5$ emp..
2. Dari hasil analisis intensitas lalu lintas seluruh gardu tol sudah dirancang maksimal dengan komposisi jumlah gardu yang

memenuhi standar pelayanan minimum (SPM) Peraturan Menteri PU no. 16/PRT/M/2014.

3. Hasil analisis perhitungan jumlah gardu pada gerbang tol Kapuk :
 - a. Jumlah gardu pada tahun 2019, dengan system GTO, OBU dan multigate :
 - Gardu Tol Otomatis untuk golongan I = 16
 - *On Board Unit* = 1
 - Multigate 2.2 untuk golongan kendaraan I, II, III, IV dan golongan V = 2
 - Multigate 2.3 untuk golongan kendaraan I, II, III, IV dan golongan V = 2
 - Multigate 2.5 untuk golongan kendaraan I, II, III, IV dan golongan V = 1
 - b. Jumlah gardu pada tahun 2024, dengan proporsi 50% GTO dan 50% OBU untuk golongan I. Waktu pelayanan untuk GTO diperkecil menjadi 5 detik :
 - Gardu Tol Otomatis untuk golongan I = 10
 - *On Board Unit* = 7
 - Multigate untuk golongan kendaraan II, III, IV dan golongan V = 5
 - c. 2029, dengan proporsi 30% GTO dan 70% OBU untuk golongan I. Waktu pelayanan untuk GTO diperkecil menjadi 5 detik dan waktu pelayanan OBU diperkecil menjadi 1 detik :
 - Gardu Tol Otomatis untuk golongan I = 7
 - *On Board Unit* = 8
 - Multigate untuk golongan kendaraan II, III, IV dan golongan V = 7

6.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran yang dapat diberikan agar pemerintah atau pengelola jalan tol agar gerbang tol Kapuk dapat memenuhi standar pelayanan minimum yang sesuai dan di realisasikan untuk perencanaan 10 tahun yang akan datang :

1. Memperbanyak jumlah gate on board unit dan disarankan perangkat OBU dijual dengan harga terjangkau.
2. Meningkatkan system atau memperbarui system pada tiap jenis gardu supaya bisa memperpendek waktu transaksi pada gardu tol otomatis dan *On Board Unit*.
3. Pada tahun 2024 dan 2029 gardu tol multigate hanya diperuntukan untuk golongan kendaraan II, III, IV dan V. Kendaraan golongan I tidak dapat melewati gardu multigate mengingat adanya beberapa resiko yang akan terjadi diantaranya keamanan pengendara kendaraan golongan I jika melewati gate yang sama dengan kendaraan lain yang lebih besar selain itu mencegah kemungkinan kendaraan golongan I yang melewati gardu tol multigate tanpa melakukan pembayaran.
4. Diperlukan sosialisasi untuk perencanaan layout gerbang tol sesuai dengan letak gardu dilapangan agar tidak menghambat dan memperparah antrian kendaraan yang ada.
5. Diperlukan studi yang lebih detail untuk perencanaan gerbang tol agar tidak terjadi penumpukan kendaraan pada gerbang tol.

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

DAFTAR PUSTAKA

- Dondokambey, A.Y. 2018. **Perencanaan Gerbang Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Eleque. 2018. **Disiplin Antrian**. <http://eleque.com/disiplin-antrian/>. 19 November 2018.
- Gaudenshi, M. 2017. **Perencanaan Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Karang Tengah, Tangerang**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hutahaean, M. 2007. **Evaluasi Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Tanjung Morawa**. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2014. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 16/PRT/M/2014 Tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol**. Jakarta.
- Poerwanto, G. H. 2013. **Konsep Teori Antrian**. <http://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>. 19 November 2018.
- Tamin, O.Z. 2008. **Perencanaan, Permodelan, dan Rekayasa Transportasi**. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Wohl, M., dan Martin, B.V. 1967. *Traffic System Analisis For Engineers and Planners*. New York.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Survey waktu pelayanan gerbang tol Kapuk pada gardu tol otomatis (GTO) golongan I.

No Gardu : 9

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------------|-----------------|
| 1 | I | 7 | ± 2,5 km |
| 2 | I | 8 | |
| 3 | I | 10 | |
| 4 | I | 10 | |
| 5 | I | 9 | |
| 6 | I | 8 | |
| 7 | I | 6 | |
| 8 | I | 8 | |
| 9 | I | 7 | |
| 10 | I | 8 | |
| 11 | I | 5 | |
| 12 | I | 7 | |
| 13 | I | 6 | |
| 14 | I | 11 | |
| 15 | I | 8 | |
| 16 | I | 7 | |
| 17 | I | 9 | |
| 18 | I | 5 | |
| 19 | I | 7 | |
| 20 | I | 9 | |
| 21 | I | 10 | |
| 22 | I | 7 | |
| 23 | I | 6 | |
| 24 | I | 11 | |
| 25 | I | 11 | |

Lampiran 1 Data Survey waktu pelayanan gerbang tol Kapuk pada gardu tol otomatis (GTO) golongan I. (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------------|-----------------|
| 26 | I | 6 | ± 2,5 km |
| 27 | I | 10 | |
| 28 | I | 7 | |
| 29 | I | 8 | |
| 30 | I | 7 | |
| 31 | I | 7 | |
| 32 | I | 7 | |
| 33 | I | 6 | |
| 34 | I | 8 | |
| 35 | I | 6 | |
| 36 | I | 10 | |
| 37 | I | 7 | |
| 38 | I | 6 | |
| 39 | I | 9 | |
| 40 | I | 9 | |
| 41 | I | 8 | |
| 42 | I | 10 | |
| 43 | I | 7 | |
| 44 | I | 8 | |
| 45 | I | 9 | |
| 46 | I | 7 | |
| 47 | I | 6 | |
| 48 | I | 7 | |
| 49 | I | 6 | |
| 50 | I | 7 | |

Lampiran 2 Data Survey waktu pelayanan gerbang tol Kapuk pada On Board Unit (OBU) golongan I.

No Gardu : 10

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian (kend) |
|----|---------------|--------------------------|---------------------------|
| 1 | I | 4 | 3 |
| 2 | I | 5 | 1 |
| 3 | I | 5 | 0 |
| 4 | I | 5 | 1 |
| 5 | I | 5 | 0 |
| 6 | I | 4 | 0 |
| 7 | I | 4 | 1 |
| 8 | I | 4 | 0 |
| 9 | I | 3 | 0 |
| 10 | I | 5 | 0 |
| 11 | I | 6 | 0 |
| 12 | I | 4 | 0 |
| 13 | I | 5 | 0 |
| 14 | I | 7 | 1 |
| 15 | I | 4 | 0 |
| 16 | I | 4 | 0 |
| 17 | I | 5 | 0 |
| 18 | I | 4 | 0 |
| 19 | I | 6 | 1 |
| 20 | I | 4 | 4 |
| 21 | I | 4 | 4 |
| 22 | I | 5 | 3 |
| 23 | I | 5 | 2 |
| 24 | I | 6 | 1 |
| 25 | I | 5 | 0 |
| 26 | I | 6 | 0 |
| 27 | I | 6 | 0 |
| 28 | I | 7 | 1 |

Lampiran 2 Data Survey waktu pelayanan gerbang tol Kapuk pada On Board Unit (OBU) golongan I. (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian (kend) |
|----|---------------|--------------------------|---------------------------|
| 29 | I | 6 | 0 |
| 30 | I | 4 | 0 |
| 31 | I | 4 | 0 |
| 32 | I | 5 | 1 |
| 33 | I | 7 | 0 |
| 34 | I | 6 | 1 |
| 35 | I | 3 | 0 |
| 36 | I | 5 | 0 |
| 37 | I | 5 | 1 |
| 38 | I | 5 | 5 |
| 39 | I | 3 | 4 |
| 40 | I | 4 | 3 |
| 41 | I | 5 | 2 |
| 42 | I | 4 | 1 |
| 43 | I | 4 | 3 |
| 44 | I | 6 | 2 |
| 45 | I | 3 | 1 |
| 46 | I | 5 | 0 |
| 47 | I | 5 | 0 |
| 48 | I | 4 | 0 |
| 49 | I | 6 | 1 |
| 50 | I | 5 | 0 |

Lampiran 3 Data Survey waktu pelayanan gerbang tol Kapuk pada Multigate 2.2.

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------------|-----------------|
| 1 | I | 9 | ± 2,5 km |
| 2 | I | 6 | |
| 3 | I | 8 | |
| 4 | I | 7 | |
| 5 | I | 8 | |
| 6 | I | 11 | |
| 7 | I | 7 | |
| 8 | I | 7 | |
| 9 | I | 11 | |
| 10 | I | 7 | |
| 11 | I | 6 | |
| 12 | II | 10 | |
| 13 | II | 14 | |
| 14 | II | 8 | |
| 15 | II | 12 | |
| 16 | II | 11 | |
| 17 | II | 9 | |
| 18 | II | 14 | |
| 19 | II | 8 | |
| 20 | II | 13 | |
| 21 | II | 10 | |
| 22 | II | 15 | |
| 23 | II | 10 | |
| 24 | II | 8 | |
| 25 | II | 10 | |
| 26 | II | 13 | |
| 27 | II | 11 | |
| 28 | II | 8 | |
| 29 | II | 16 | |
| 30 | II | 11 | |

Lampiran 3 Data Survey waktu pelayanan gerbang tol Kapuk pada Multigate 2.2. (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------------|-----------------|
| 31 | II | 9 | ± 2,5 km |
| 32 | II | 14 | |
| 33 | II | 10 | |
| 34 | III | 10 | |
| 35 | III | 13 | |
| 36 | III | 11 | |
| 37 | III | 14 | |
| 38 | III | 12 | |
| 39 | III | 8 | |
| 40 | III | 15 | |
| 41 | III | 12 | |
| 42 | III | 11 | |
| 43 | III | 11 | |
| 44 | III | 13 | |
| 45 | III | 9 | |
| 46 | III | 13 | |
| 47 | III | 14 | |
| 48 | III | 12 | |
| 49 | III | 15 | |
| 50 | III | 12 | |
| 51 | III | 10 | |
| 52 | III | 14 | |
| 53 | III | 12 | |
| 54 | III | 16 | |
| 55 | IV | 13 | |
| 56 | IV | 10 | |
| 57 | IV | 12 | |
| 58 | IV | 11 | |
| 59 | IV | 12 | |
| 60 | IV | 13 | |

Lampiran 3 Data Survey waktu pelayanan gerbang tol Kapuk pada Multigate 2.2. (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------------|-----------------|
| 61 | IV | 9 | ± 2,5 km |
| 62 | IV | 16 | |
| 63 | IV | 12 | |
| 64 | IV | 15 | |
| 65 | V | 13 | |
| 66 | V | 12 | |
| 67 | V | 15 | |
| 68 | V | 14 | |
| 69 | V | 11 | |
| 70 | V | 16 | |
| 71 | V | 13 | |
| 72 | V | 20 | |
| 73 | V | 15 | |
| 74 | V | 11 | |
| 75 | V | 14 | |
| 76 | V | 13 | |
| 77 | V | 10 | |
| 78 | V | 16 | |
| 79 | V | 12 | |
| 80 | V | 14 | |
| 81 | V | 13 | |
| 82 | V | 13 | |
| 83 | V | 10 | |
| 84 | V | 15 | |
| 85 | V | 12 | |
| 86 | V | 16 | |

Lampiran 4 Data Survey waktu pelayanan gerbang tol Kapuk pada Multigate 2.3.

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------------|-----------------|
| 1 | I | 11 | $\pm 2,5$ km |
| 2 | I | 8 | |
| 3 | I | 8 | |
| 4 | I | 9 | |
| 5 | I | 8 | |
| 6 | I | 10 | |
| 7 | I | 7 | |
| 8 | II | 12 | |
| 9 | II | 10 | |
| 10 | II | 8 | |
| 11 | II | 14 | |
| 12 | II | 9 | |
| 13 | II | 11 | |
| 14 | II | 15 | |
| 15 | II | 8 | |
| 16 | II | 13 | |
| 17 | II | 10 | |
| 18 | II | 9 | |
| 19 | II | 11 | |
| 20 | II | 10 | |
| 21 | II | 10 | |
| 22 | II | 16 | |
| 23 | II | 9 | |
| 24 | II | 12 | |
| 25 | II | 11 | |
| 26 | III | 11 | |
| 27 | III | 14 | |
| 28 | III | 8 | |
| 29 | III | 13 | |
| 30 | III | 16 | |

Lampiran 4 Data Survey waktu pelayanan gerbang tol Kapuk pada Multigate 2.3. (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian |
|----|---------------|--------------------------|-----------------|
| 31 | III | 12 | ± 2,5 km |
| 32 | III | 10 | |
| 33 | III | 10 | |
| 34 | III | 14 | |
| 35 | III | 11 | |
| 36 | III | 16 | |
| 37 | III | 11 | |
| 38 | III | 13 | |
| 39 | III | 9 | |
| 40 | III | 12 | |
| 41 | III | 11 | |
| 42 | III | 15 | |
| 43 | IV | 9 | |
| 44 | IV | 13 | |
| 45 | IV | 12 | |
| 46 | IV | 14 | |
| 47 | IV | 10 | |
| 48 | IV | 14 | |
| 49 | IV | 13 | |
| 50 | IV | 12 | |
| 51 | IV | 18 | |
| 52 | IV | 12 | |
| 53 | IV | 14 | |
| 54 | IV | 12 | |
| 55 | IV | 11 | |
| 56 | IV | 13 | |
| 57 | IV | 10 | |
| 58 | IV | 16 | |
| 59 | IV | 17 | |
| 60 | IV | 12 | |

Lampiran 4 Data Survey waktu pelayanan gerbang tol Kapuk pada Multigate 2.3. (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian |
|----|---------------|--------------------------|-----------------|
| 61 | IV | 11 | ± 2,5 km |
| 62 | IV | 15 | |
| 63 | IV | 13 | |
| 64 | IV | 10 | |
| 65 | IV | 17 | |
| 66 | V | 13 | |
| 67 | V | 12 | |
| 68 | V | 11 | |
| 69 | V | 14 | |
| 70 | V | 13 | |
| 71 | V | 18 | |
| 72 | V | 12 | |
| 73 | V | 12 | |
| 74 | V | 15 | |
| 75 | V | 10 | |
| 76 | V | 19 | |
| 77 | V | 12 | |
| 78 | V | 13 | |
| 79 | V | 14 | |
| 80 | V | 16 | |
| 81 | V | 11 | |
| 82 | V | 15 | |

Lampiran 5 Data Survey waktu pelayanan gerbang tol Kapuk pada Multigate 2.5.

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------------|-----------------|
| 1 | I | 9 | $\pm 2,5$ km |
| 2 | I | 8 | |
| 3 | I | 6 | |
| 4 | I | 10 | |
| 5 | I | 8 | |
| 6 | I | 7 | |
| 7 | II | 15 | |
| 8 | II | 9 | |
| 9 | II | 16 | |
| 10 | II | 10 | |
| 11 | II | 10 | |
| 12 | II | 13 | |
| 13 | II | 9 | |
| 14 | II | 12 | |
| 15 | II | 10 | |
| 16 | II | 13 | |
| 17 | II | 10 | |
| 18 | III | 13 | |
| 19 | III | 10 | |
| 20 | III | 11 | |
| 21 | III | 17 | |
| 22 | III | 15 | |
| 23 | III | 9 | |
| 24 | III | 13 | |
| 25 | III | 11 | |
| 26 | III | 12 | |
| 27 | III | 12 | |
| 28 | III | 11 | |
| 29 | III | 9 | |
| 30 | IV | 12 | |

Lampiran 5 Data Survey waktu pelayanan gerbang tol Kapuk pada Multigate 2.5. (Lanjutan)

| No | Gol.Kendaraan | Waktu Pelayanan (dtk) | Panjang Antrian |
|----|---------------|-----------------------|-----------------|
| 31 | IV | 11 | ± 2,5 km |
| 32 | IV | 16 | |
| 33 | IV | 13 | |
| 34 | IV | 11 | |
| 35 | IV | 14 | |
| 36 | IV | 16 | |
| 37 | IV | 12 | |
| 38 | IV | 15 | |
| 39 | IV | 10 | |
| 40 | IV | 13 | |
| 41 | IV | 14 | |
| 42 | IV | 10 | |
| 43 | IV | 12 | |
| 44 | IV | 12 | |
| 45 | IV | 13 | |
| 46 | IV | 12 | |
| 47 | V | 13 | |
| 48 | V | 10 | |
| 49 | V | 19 | |
| 50 | V | 14 | |
| 51 | V | 13 | |
| 52 | V | 11 | |
| 53 | V | 18 | |
| 54 | V | 12 | |
| 55 | V | 14 | |
| 56 | V | 13 | |
| 57 | V | 11 | |
| 58 | V | 12 | |

Lampiran 6. Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol perbulan

| NO | CABANG-CABANG | GOLONGAN KENDARAAN | | | | |
|----|---------------|--------------------|---------|--------|--------|--------|
| | | I | II | III | IV | V |
| 1 | Cililitan | 2.054.967 | 65.882 | 26.145 | 16.285 | 12.159 |
| 2 | Halim | 1.652.650 | 141.857 | 43.384 | 16.912 | 11.730 |
| 3 | Cawang | 300.336 | 1.745 | 808 | 203 | 52 |
| 4 | Tebet 1 | 252.704 | 394 | 135 | 16 | 14 |
| 5 | Tebet 2 | 285.706 | 576 | 170 | 177 | 154 |
| 6 | Kuningan 1 | 253.479 | 339 | 237 | 37 | 41 |
| 7 | Kuningan 2 | 410.832 | 566 | 282 | 182 | 140 |
| 8 | Semanggi 1 | 294.471 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Semanggi 2 | 235.046 | 593 | 215 | 85 | 82 |
| 10 | Senayan | 510.964 | 207 | 124 | 6 | 15 |
| 11 | Pejompongan | 188.462 | 543 | 224 | 41 | 65 |
| 12 | Slipi 1 | 327.744 | 588 | 397 | 656 | 211 |
| 13 | Slipi 2 | 192.025 | 3.093 | 3.845 | 770 | 2.773 |
| 14 | Tomang | 1.182.000 | 24.286 | 20.487 | 13.328 | 11.619 |
| 15 | Tjg. Duren | 341.171 | 4.128 | 2.588 | 152 | 202 |
| 16 | Jelambar 1 | 343.465 | 1.456 | 833 | 1.380 | 1.115 |
| 17 | Jelambar 2 | 117.831 | 566 | 142 | 46 | 44 |
| 18 | Angke 1 | 236.553 | 2.372 | 1.112 | 1.495 | 804 |
| 19 | Angke 2 | 106.983 | 1.990 | 928 | 255 | 203 |
| 20 | Kebon Nanas | 157.311 | 5.611 | 1.553 | 587 | 271 |

Lampiran 6. Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol perbulan (Lanjutan)

| | | | | | | |
|----|--|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 21 | Pedati | 170.922 | 9.936 | 1.709 | 123 | 41 |
| 22 | Jatinegara | 115.292 | 9.704 | 1.374 | 1.309 | 236 |
| 23 | Rawamangun | 483.668 | 9.084 | 886 | 148 | 97 |
| 24 | Pulomas | 137.648 | 6.340 | 841 | 339 | 288 |
| 25 | Cempaka Putih | 502.121 | 17.276 | 5.910 | 891 | 973 |
| 26 | Sunter | 217.921 | 19.878 | 5.335 | 1.000 | 1.479 |
| 27 | S. Podomoro | 300.659 | 24.119 | 7.182 | 10.607 | 4.714 |
| 28 | Tj. Priok 2 | 383.851 | 15.886 | 4.756 | 8.382 | 5.721 |
| 29 | Tj. Priok 1 | 90.505 | 7.917 | 1.469 | 4.741 | 2.935 |
| 30 | Kemayoran | 565.675 | 10.346 | 1.246 | 241 | 135 |
| 31 | Ancol Timur | 320.095 | 23.737 | 5.323 | 1.338 | 897 |
| 32 | Ancol Barat | 216.753 | 15.395 | 5.465 | 7.270 | 4.492 |
| 33 | Gedong Panjang 2 | 161.718 | 43.919 | 8.945 | 3.141 | 2.187 |
| 34 | Gedong Panjang 1 | 188.314 | 8.773 | 684 | 95 | 57 |
| 35 | Jembatan Tiga 2 | 108.850 | 9.162 | 1.313 | 919 | 260 |
| 36 | Jembatan Tiga 1 | 118.786 | 4.911 | 192 | 21 | 12 |
| 37 | Pluit 1 (transaksi dlm kota) | 1.970.862 | 129.741 | 31.769 | 28.184 | 15.994 |
| 38 | Pluit 2 | 226.387 | 9.917 | 3.049 | 1.828 | 955 |
| 39 | Kebon Bawang | 470.969 | 42.010 | 19.137 | 45.958 | 33.905 |
| | Ruas Cawang - Tomang - Pluit | 9.287.389 | 251.181 | 102.056 | 52.026 | 41.423 |
| | Ruas Cawang - Tj.Priok - Pluit | 6.908.307 | 423.662 | 108.138 | 117.122 | 75.649 |
| | Ruas Jln Tol Dalam Kota Jakarta | 16.195.696 | 674.843 | 210.194 | 169.148 | 117.072 |

Lampiran 6. Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol perbulan (Lanjutan)

| | | | | | | |
|-------------|--------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 40 | Kapuk (ke Jakarta) | 1.970.862 | 129.741 | 31.769 | 28.184 | 15.994 |
| 41 | Pluit 3 | 470.336 | 20.316 | 10.348 | 13.916 | 4.697 |
| 42 | Cengkareng (ke Bandara) | 2.476.237 | 81.454 | 26.628 | 3.346 | 2.297 |
| 43 | Kamal 1 | 769.065 | 64.082 | 21.721 | 12.807 | 8.662 |
| 44 | Kamal 2 | 192.229 | 4.201 | 780 | 20 | 36 |
| 45 | Kamal 3 | 588.297 | 10.038 | 8.428 | 123 | 179 |
| 46 | Kamal 4 | 108.954 | 280 | 170 | 60 | 74 |
| 47 | Benda | 24.822 | 2.915 | 141 | 4 | 3 |
| | Ruas Jln Tol Prof Dr Sedyatmo | 6.600.802 | 313.027 | 99.985 | 58.460 | 31.942 |
| A.IV | Cabang CTC | 22.796.498 | 987.870 | 310.179 | 227.608 | 149.014 |

Lampiran 7. Data Volume Lalu Lintas Pergardu / Jam

GERBANG : KAPUK

TANGGAL : 01-Maret-2019

| SHIFT | JAM | 6644 | | | | | | | | | | | | | | | | Total |
|----------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1302 | 202 | 15323 | 15600 | 15091 | 15153 | 203 | 1003 | 1001 | 1303 | 1002 | 15616 | 15564 | 15514 | 15358 | 15289 | |
| | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 21 | 22 | 23 | 25 | |
| 2 | 12-13 | 0 | 0 | 1 | 0 | 12 | 16 | 15 | 18 | 0 | 25 | 17 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 113 |
| | 13-14 | 332 | 327 | 165 | 285 | 342 | 335 | 365 | 298 | 63 | 353 | 345 | 99 | 136 | 188 | 167 | 175 | 3975 |
| | 14-15 | 320 | 357 | 267 | 70 | 289 | 348 | 348 | 286 | 46 | 334 | 319 | 107 | 0 | 223 | 251 | 282 | 3847 |
| | 15-16 | 381 | 372 | 259 | 221 | 351 | 344 | 372 | 309 | 46 | 350 | 326 | 112 | 0 | 247 | 213 | 110 | 4013 |
| | 16-17 | 328 | 342 | 259 | 303 | 314 | 328 | 344 | 321 | 66 | 348 | 311 | 83 | 0 | 246 | 223 | 33 | 3849 |
| | 17-18 | 281 | 353 | 237 | 302 | 351 | 329 | 379 | 333 | 107 | 334 | 361 | 122 | 0 | 248 | 208 | 17 | 3962 |
| | 18-19 | 313 | 365 | 255 | 268 | 274 | 328 | 329 | 303 | 61 | 307 | 328 | 103 | 0 | 197 | 224 | 90 | 3745 |
| | 19-20 | 301 | 216 | 192 | 187 | 184 | 235 | 234 | 152 | 44 | 233 | 198 | 61 | 115 | 205 | 192 | 127 | 2876 |
| | Total | 2256 | 2332 | 1635 | 1636 | 2117 | 2263 | 2386 | 2020 | 433 | 2284 | 2205 | 696 | 251 | 1554 | 1478 | 834 | 26380 |

Jakarta, 1-Mar-2019 21:39:39

Tertanda

HERI JUNAEDI

NIK.7263



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

TUGAS AKHIR

EVALUASI TINGKAT PELAYANAN
 GERBANG TOL KAPUK PADA
 RUAS TOL PROF. DR SEDYATMO,
 JAKARTA UTARA

DOSEN ASISTENSI

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

MAHASISWA

WIKA WULANDARI
 (NRP. 0311174500023)

JUDUL GAMBAR **SKALA**

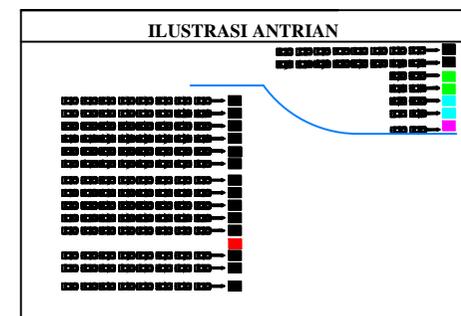
LAYOUT GT. KAPUK
 TAHUN 2019 1 : 250

KETERANGAN

-  : GARDU TOL OTOMATIS
-  : ON BOARD UNIT
-  : MULTIGATE 2.2
-  : MULTIGATE 2.3
-  : MULTIGATE 2.5

JUMLAH GAMBAR **NOMOR GAMBAR**

3 1





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

TUGAS AKHIR

EVALUASI TINGKAT PELAYANAN
 GERBANG TOL KAPUK PADA
 RUAS TOL PROF. DR SEDYATMO,
 JAKARTA UTARA

DOSEN ASISTENSI

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

MAHASISWA

WIKA WULANDARI
 (NRP. 0311174500023)

JUDUL GAMBAR **SKALA**

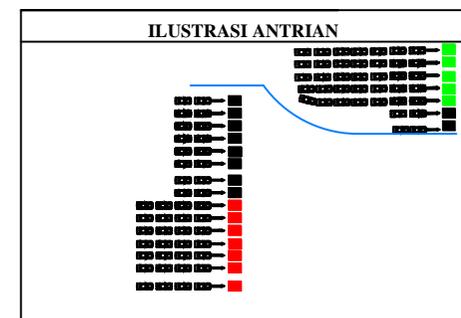
LAYOUT GT. KAPUK
 TAHUN 2024 1 : 250

KETERANGAN

-  : GARDU TOL OTOMATIS
-  : ON BOARD UNIT
-  : MULTIGATE

JUMLAH GAMBAR **NOMOR GAMBAR**

3 2





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

TUGAS AKHIR

EVALUASI TINGKAT PELAYANAN
GERBANG TOL KAPUK PADA
RUAS TOL PROF. DR SEDYATMO,
JAKARTA UTARA

DOSEN ASISTENSI

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

MAHASISWA

WIKA WULANDARI
(NRP. 0311174500023)

JUDUL GAMBAR

LAYOUT GT. KAPUK
TAHUN 2029

SKALA

1 : 250

KETERANGAN

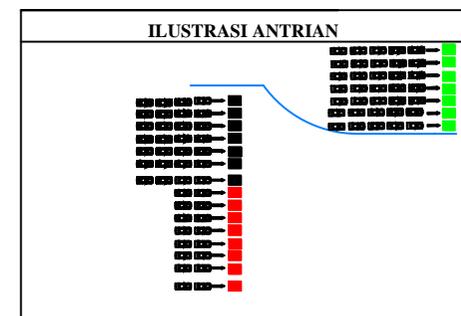
-  : GARDU TOL OTOMATIS
-  : ON BOARD UNIT
-  : MULTIGATE

JUMLAH GAMBAR

3

NOMOR GAMBAR

3



BIODATA PENULIS



Wika Wulandari,
Penulis dilahirkan di Sukoharjo, Jawa Tengah pada tanggal 04 Oktober 1996. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita Grogol II (Sukoharjo), SDN Grogol II (Sukoharjo), SMPN II Weru (Sukoharjo), SMAN I Cawas (Klaten). Setelah lulus dari SMAN I Cawas (Klaten) pada tahun 2014, penulis mengikuti SPMB Universitas Sebelas Maret Surakarta dengan jalur

Ujian Tulis Mandiri untuk Sekolah Vokasi pada tahun 2014. Penulis diterima pada Program Studi DIII Teknik Sipil Bangunan Gedung Fakultas Teknik UNS pada tahun 2014 dan tercatat sebagai mahasiswa dengan NIM I8514045. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan seminar yang diadakan oleh kampus ITS, aktif dalam beberapa kegiatan kepanitiaan yang diadakan oleh Fakultas Teknik UNS, serta aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Diploma III Fakultas Teknik UNS. Setelah lulus dari Diploma III Teknik Sipil UNS, penulis mengikuti ujian masuk program SI Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSLK ITS dan diterima di program SI Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSLK ITS pada tahun 2017 dan tercatat sebagai mahasiswa dengan NRP 03111745000023. Di Jurusan Teknik Sipil ITS ini penulis mengambil Tugas Akhir pada bidang transportasi, khususnya tentang lalu lintas dengan judul “Evaluasi Tingkat Pelayanan Gerbang Tol Kapuk Pada Ruas Tol Prof Dr. Sedyatmo, Jakarta Utara”. Penulis pernah mengikuti beberapa seminar yang diselenggarakan oleh kampus ITS.

wikawulandari2@gmail.com