

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KAPASITAS GERBANG TOL TANJUNG MULIA
(Studi Kasus)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

**DEDE SYAHPUTRA
1407210142**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
2019**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dede Syahputra

NPM : 1407210142

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis kapasitas Gerbang Tol Tanjung Mulia (Studi Kasus).

Bidang Ilmu : Transportasi

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Medan, 22 Maret 2019

Pembimbing I

Ir. Zurkiyah, MT

Pembimbing II

Citra Utami, ST, MT

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dede Syahputra

NPM : 1407210142

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : “Analisis Kapasitas Gerbang Tol Tanjung Mulia (Studi Kasus)”

Bidang ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 Maret 2019

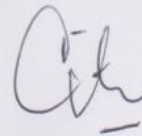
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



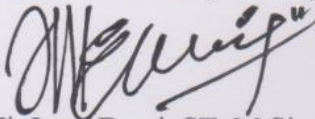
Ir. Zurkiyah, MT

Dosen Pembimbing II / Peguji



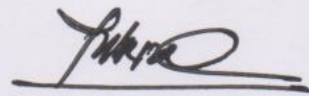
Citra Utami, ST, MT

Dosen Pembimbing I / Penguji



Hj. Irma Dewi, ST, M.Si

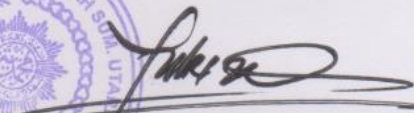
Dosen Pembimbing II / Peguji



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc

Program Studi Teknik Sipil

Ketua,



DR. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Dede Syahputra

Tempat /Tanggal Lahir: Helvetia / 29 Oktober 1995

NPM : 1407210142

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Kapasitas Gerbang Tol Tanjung Mulia (Studi Kasus)”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 Maret 2019



Saya yang menyatakan,

Dede Syahputra

ABSTRAK

ANALISIS KAPASITAS GERBANG TOL TANJUNG MULIA (STUDI KASUS)

Dede Syahputra
1407210142
Ir. Zurkiyah M.T
Citra Utami S.T,M.T

Jalan tol merupakan jalan bebas hambatan bagi kendaraan bermotor yang kepada pemakainya dikenakan kewajiban membayar tol sesuai dengan jarak yang ditempuhnya. Pada suatu sistem jaringan jalan tol kelambatan atau kemacetan sering terjadi di pintu gerbang keluar/masuk, khususnya pada arah yang menghadapi pelayanan pembayaran tol. Oleh sebab itu pengguna jalan tol perlu mendapatkan pelayanan yang baik. Studi kasus penelitian masalah ini dilakukan pada gerbang tol Tanjung Mulia yang merupakan salah satu pintu masuk bagi kendaraan yang akan memasuki ataupun keluar dari kota Medan. Tugas akhir ini menganalisis antrian yang terjadi pada gerbang tol dengan tingkat kedatangan kendaraan dan tingkat pelayanan gerbang. Maksud dari penelitian ini adalah untuk melihat kapasitas dan tingkat kinerja gerbang tol Tanjung Mulia apakah masih memadai untuk melayani pemakainya atau untuk melihat kemampuan pelayanan gerbang tol saat ini. Data didapat dari survei lapangan yaitu survei untuk mendapatkan nilai tingkat kedatangan dan waktu pelayanan pada hari sibuk dan jam sibuk. Selanjutnya parameter yang digunakan dalam penganalisaan kapasitas gerbang tol adalah komponen antrian, diantaranya panjang antrian dan waktu antrian. Dengan mengambil suatu parameter antrian, dengan input data tingkat pelayanan didapat jumlah kendaraan yang dapat dilayani untuk tiap gardu yang beroperasi adalah 355 kendaraan/jam tidak memenuhi Standar Pelayanan Minimum Jalan tol < 300 kendaran/jam per gardu.

Kata kunci: Jalan tol, Antrian, kapasitas gerbang tol.

ABSTRACT

ANALYSIS OF TANJUNG MULIA TOLL CAPACITY (CASE STUDY)

Dede Syahputra
1407210142
Ir. Zurkiyah M.T
Citra Utami S.T,M.T

Toll road is a freeway for motorized vehicles whose obligation is subject to the obligation to pay tolls according to the distance they have traveled. In a toll road network system, delays or congestion often occur at the exit / entry gate, especially in the direction that faces toll payment services. Therefore toll road users need to get good service. The research case study of this problem is carried out at the Tanjung Mulia toll gate which is one of the entrances for vehicles that will enter or exit the city of Medan. This final project analyzes the queues that occur at toll gates with vehicle arrival rates and gate service levels. The purpose of this study is to see whether the capacity and level of performance of the Tanjung Mulia toll gate is still sufficient to serve the wearer or to see the current toll gate service capabilities. Data is obtained from field surveys, namely surveys to get the value of arrival and service times on busy days and rush hour. Furthermore, the parameters used in analyzing toll gate capacity are queuing components, including queue length and queue time. By taking a queue parameter, with the service level data input, the number of vehicles that can be served for each substation in operation is 355 vehicles / hour not meeting the Minimum Service Standard for toll roads <300 vehicles / hour per substation.

Keywords: Toll road, Queue, toll gate capacity.

KATA PENGANTAR

Assalamu'Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “**Analisis Kapasitas Gerbang Tol Tanjung Mulia**” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Ir. Zurkiyah M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Citra Utami S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Hj. Irma Dewi S.T,M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji serta selaku Sekretaris Prodi Teknik Sipil yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji serta Ketua Prodi Teknik Sipil yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury, S.T,M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T, M.Sc selaku Wakil Dekan I Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.

8. Teristimewa sekali kepada Ayahanda Suwarno , Ibunda Sulianik, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi saya, serta mendukung dan meyemangati saya.
9. Terimakasih kepada abang saya Riyan Pratama dan juga adik saya Ferry Sujatmiko yang telah memberikan motivasi kepada saya agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Terimakasih kepada Nurul Ulfa Parinduri S.Pd yang selalu mengingatkan dan memberi semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Terimakasih kepada teman-teman seperjuangan saya, Denny Azari, M. Yudha Pratama, Salman Al-Farisi, M. Yudistira, Aidita Febria, Radhiatul Adawiyah Siregar selaku keluarga besar Kelas Transportasi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Amin.

Wassalamu'Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 3 Oktober 2018

Dede Syahputra

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pengertian Jalan, Jalan Tol Dan Pintu Tol	5
2.1.1. Jalan Tol	5
2.1.2. Pintu Tol	6
2.1.3. Kapasitas Suatu Gerbang Tol	6
2.2. Teori Antrian	7
2.2.1. Analisis Proses Antrian Di Pintu Tol	9
2.2.2. Antrian Deterministik Dan Stokastik	10
2.2.3. Proses Pada Sistem Antrian	11
2.2.4. Karakteristik Sistem Antrian	13
2.2.5. Tingkat Kedatangan	16

2.2.6.	Tingkat Pelayanan	16
2.2.7.	Jumlah Fasilitas Pelayanan	16
2.2.8.	Disiplin Antrian	17
2.2.8.1.	Parameter Antrian	19
2.2.8.2.	Disiplin Antrian FIFO	19
2.2.9.	Faktor Sistem Antrian	20
2.3.	Proses Masukan	22
2.3.1.	Pola Kedatangan	22
2.3.2.	Proses Keluaran	22
2.3.3.	Pola Pelayanan	23
2.3.4.	Model Antrian Pola Kedatangan Berkelompok	26
2.3.5.	Simulasi Antrian	26
2.4.	Sistem Pelayanan Di Pintu Tol	27
2.4.1.	Sistem Pengumpulan Konvensional	28
2.4.2.	Sistem Karcis Langganan Tol	28
2.4.3.	Sistem Pelayanan Gardu Pelayanan Cepat (GPC)	28
2.4.4.	Sistem Pelayanan Kartu Berlangganan	29
2.4.5.	Sistem Pelayanan Dengan Uang Pas	29
2.4.6.	Sistem Pelayanan Dengan Gardu Tandem	29
2.4.7.	Sistem Pelayanan Pre Paid Card (PPC)	29
2.4.8.	Sistem Pelayanan <i>Credit Card</i>	29
2.4.9.	Sistem Pelayanan Tarif Elastis (<i>price elasticities</i>)	30
2.4.10.	Sistem Pengumpulan Elektronik atau <i>Electronic Toll Collection (ETC)</i>	30
2.4.11.	Biaya Tundaan	31
2.4.12.	Biaya Gabungan	32
2.4.13.	Waktu Tempuh	32
2.4.14.	Nilai Waktu	32
2.4.15.	Hubungan Antara Sistem Pengumpulan Elektronik Dengan Pergerakan	34
2.5.	Pengertian Waktu Pelayanan	35
2.5.1.	Pelayanan Jalan Tol	36

2.6. Deskripsi Wilayah Penelitian	37
2.6.1. Gerbang Tol BELMERA	39
2.6.2. Gardu Tol BELMERA	40
2.6.3. Dana Pembangunan Jalan Tol BELMERA	41
2.6.4. Penentuan Tarif Tol	41
2.6.5. Perhitungan Volume Lalu Lintas Di Lapangan	43
2.6.6. Sistem Transaksi Jalan Tol	43
BAB 3 METODE PENELITIAN	45
3.1. Bagan Alir Penelitian	45
3.2. Umum	46
3.3. Tempat Dan Waktu Penelitian	46
3.3.1. Lokasi Penelitian	46
3.3.2. Waktu Penelitian	46
3.4. Metode Pengumpulan Data	46
3.4.1. Pengambilan Data Primer	47
3.4.2. Data Sekunder	47
BAB 4 ANALISA DATA	49
4.1. Perhitungan Tingkat Kedatangan	49
4.2. Perhitungan Waktu Pelayanan (<i>Service Time</i>)	49
4.3. Perhitungan Jumlah Pintu Gerbang (Gardu)	50
4.4. Perhitungan Antrian Pada Pintu Tol (Antrian FIFO)	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Nilai waktu setiap golongan kendaraan (Tamin, 2000)	33
Tabel 2.2: Nilai waktu minimum (Rupiah/Jam/Kendaraan) (Tamin, 2000)	34
Tabel 2.3: Hubungan Aktifitas Dan Klasifikasi Perjalanan (Tamin, 2000)	34
Tabel 2.4: Jumlah Lajur dan Gardu Gerbang Tol Belmera (PT. Jasa Marga)	40
Tabel 2.5: Jumlah Lajur dan Gardu Gerbang Tol Belmera (PT. Jasa Marga)	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: <i>Model Single Channel-Single Phase</i>	12
Gambar 2.2: <i>Model Single Channel-Multi Phase</i>	12
Gambar 2.3: <i>Model Multi Channel-Single Phase</i>	12
Gambar 2.4: <i>Model Multi Channel-Multi Phase</i>	13
Gambar 2.5: Disiplin antrian FIFO	17
Gambar 2.6: Disiplin antrian FVFS	18
Gambar 2.7: Peta Jalan Tol Belmera	39
Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian	45

DAFTAR NOTASI

C	= Biaya parkir (atau tol)
D	= Jarak pergerakan (dalam satuan jarak)
e	= Bilangan logaritma natural ($e = 2.7182818$)
$P(r,T)$	= probabilitas n kedatangan dalam waktu T
$P(s \leq t)$	= probabilitas di mana waktu antar kedatangan persatuan waktu
r	= Jumlah kedatangan dalam waktu T ; ($n = 0,1,2,\dots$)
t	= Waktu rata-rata dalam system (dtk)
T	= Periode waktu
T_v	= Waktu selama dalam angkutan pribadi (dalam satuan waktu)
v	= Nilai waktu per satuan waktu (dalam satuan rupiah)
WP	= Waktu pelayanan
X	= jumlah kedatangan pada periode waktu tertentu
λ	= rata-rata kedatangan persatuan waktu
ρ	= Intensitas lalu lintas atau faktor pemakaian $= \frac{\lambda}{\mu}$
μ	= Tingkat pelayanan rata-rata
ψ	= Biaya operasi kendaraan per satuan jarak (dalam satuan rupiah)
\bar{d}	= Waktu kendaraan atau orang dalam sistem (satuan waktu)
\bar{n}	= Jumlah kendaraan atau orang dalam sistem (kendaraan atau orang
per	satuan waktu)
\bar{q}	= Jumlah kendaraan atau orang dalam antrian (kendaraan atau orang
per	satuan waktu)
\bar{w}	= waktu kendaraan atau orang dalam antrian (satuan waktu)

DAFTAR SINGKATAN

- C_k : Distribusi Cox-k
D : Distribusi Deterministic
 E_k : Distribusi Erlang-k atau Gamma-k
FIFO : First In First Out
FILO : First In Last Out
FVFS : First Vacant First Served
G : Distribusi General, Gamma, Weibull, dll
GI : Distribusi General Independen
 H_k : Distribusi Hyperexponensial-k
M : Distribusi Markovian, Poisson, Eksponensial, atau Memoryless
 PH_k : Distribusi Phase type at k stages

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu prasarana perhubungan darat yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan perekonomian, sosial budaya, pengembangan wilayah pariwisata, dan pertahanan keamanan untuk menunjang pembangunan nasional sebagaimana tercantum dalam undang - undang no. 13 tahun 1980 dan didalam peraturan pemerintah no. 26 tahun 1985.

Di Indonesia sekarang ini mengalami pertumbuhan penduduk yang pesat, menyebabkan peningkatan kegiatan dan kebutuhan manusia, mengakibatkan pergerakan manusia semakin bertambah, kebutuhan sarana transportasi dan pertumbuhan arus lalu lintas mengalami peningkatan, sehingga menyebabkan kepadatan dan kemacetan jalan. Hal ini dikarenakan prasarana yang tersedia tidak mampu melayani arus lalu lintas. Untuk itu perlu di lakukan upaya – upaya sehingga kebutuhan transportasi dapat di penuhi dengan baik.

Untuk itu diperlukan pembangunan jaringan jalan yang memadai agar mampu memberikan pelayanan yang optimal sesuai dengan kapasitas yang di perlukan. Selain perencanaan geometrik jalan, perkerasan jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang harus direncanakan secara efektif dan efisien. Karena kebutuhan tingkat pelayanan jalan semakin tinggi, maka perlu adanya peningkatan kualitas sistem dan prasarana jalan. Diantaranya adalah kebutuhan akan jalan yang aman dan nyaman.

Jalan tol diselenggarakan untuk mendukung pergerakan lalulintas secara optimal serta meningkatkan efisiensi pelayanan jasa distribusi guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi terutama di wilayah yang tingkat perkembangan ekonominya tinggi. Oleh karena itu, jalan tol harus memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol. Seiring dengan berkembangnya kota medan menjadi kota metropolitan maka kebutuhan infratruktur jalan tol pun semakin tinggi, dimana setiap tahunnya pengguna jalan tol semakin bertambah,

sehingga peningkatan pengguna jalan tol ini akan berdampak pada kemacetan, khususnya pada jam sibuk hari kerja.

Kemacetan yang terjadi, salah satunya di gerbang tol tanjung mulia. gerbang tol tanjung mulia merupakan salah satu gerbang tol yang menjadi akses masuk dari tanjung morawa menuju medan maupun sebaliknya. Kemacetan yang sering terjadi di gerbang tol ini yaitu pada jam sibuk pagi dan sore hari jam kerja. Lama waktu pelayanan pada saat melakukan transaksi pembayaran yang tidak sebanding dengan tingkat kedatangan kendaraan dapat menyebabkan antrian di gardu tol tersebut semakin panjang, sedangkan jumlah antrian kendaraan per lajur (per gardu) maksimum adalah 3 kendaraan (standar geometri jalan bebas hambatan untuk jalan tol, binamarga 2009)

Oleh karena itu, diperlukan adanya kajian mengenai permasalahan tersebut untuk mengetahui apakah waktu pelayanan dan kapasitas gerbang tol tanjung mulia masih memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol.

Menurut PerMen Pekerjaan Umum No 392/PRT/M/2005 tentang SPM Jalan Tol, yang dimaksud dengan standar pelayanan minimal adalah ukuran yang harus dicapai dalam penyelenggaraan jalan tol. Standar pelayanan minimal jalan tol diselenggarakan untuk meningkatkan pelayanan kepada masyarakat sebagai pengguna jalan tol.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang dikemukakan di atas, maka permasalahan yang akan diselesaikan dalam penulisan ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Seberapa besarkah jumlah panjang antrian pada gardu tol Tanjung Mulia dilihat dari waktu kedatangan dan waktu pelayanan?
2. Berapa kapasitas yang di tampung gardu tol dengan menggunakan sistem yang ada ?

1.3. Ruang lingkup

Berdasarkan identifikasi masalah, serta mempertimbangkan keterbatasan waktu dan dana serta luasnya cakupan masalah, maka penulis membatasi masalah sebagai berikut:

Adapun batasan-batasan tersebut adalah seperti yang diuraikan dibawah ini:

1. Analisa waktu pelayanan gerbang tol terhadap lalu lintas yang pemakainya mencakup lingkup pembahasan yang luas, oleh sebab itu arus kendaraan yang ditinjau hanya kendaraan yang kedatangan (*arrival rate*) melalui gerbang tol keluar (*exit*) Tanjung Mulia.
2. Ada beberapa faktor mikroskopis yang menentukan kondisi akhir lalu-lintas yaitu kondisi jalan dan mobil (jenis kendaraan, muatan mobil) serta perilaku pengendara/profil pengendara (nominal pembayaran, kesiapan dalam membayar tol, usia pengemudi dan emosi pengemudi). Namun untuk menyederhanakan penelitian, faktor-faktor tersebut belum sepenuhnya disertakan dalam tulisan ini. Waktu pelayanan (*service time*) tersebut ditinjau saat mengadakan transaksi terhadap pemakai yang didukung berdasarkan jenis kendaraan dikaitkan dengan struktur loket pelayanan yang ada di tiap gardu pada lokasi yang akan diteliti. Dimana, jenis kendaraan akan digolongkan dalam beberapa golongan:
 - Golongan I : Sedan, Jip, Pick up/Truk kecil, dan Bus
 - Golongan II : Truk dengan 2 (dua) gandar
 - Golongan III : Truk dengan 3 (tiga) gandar
 - Golongan IV : Truk dengan 4 (empat) gandar
 - Golongan V : Truk dengan 5 (lima) gandar atau lebih

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah:

1. Untuk mengetahui panjang antrian kendaraan di gerbang tol dilihat dari waktu kedatangan dan waktu pelayanan.
2. Untuk mengetahui kemampuan kapasitas yang dapat di tampung oleh gerbang tol pada saat waktu kedatangan apakah masih sesuai dengan standart geometri jalan bebas hambatan untuk jalan tol, Bina Marga 2009.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang di peroleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat menjadi referensi untuk penulis lain yang akan melakukan evaluasi di gardu tol Tanjung Mulia.

2. Untuk mengetahui permasalahan – permasalahan tentang sistem pelayanan dan juga kapasitas yang ada pada gardu tol Tanjung Mulia.
3. Bagi peneliti sebagai ilmu pengetahuan, pengalaman dan menambah wawasan mengenai analisis pelayanan gardu tol .

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum, maka penulis tugas akhir ini dibagi dalam 5 (lima) bab. pembagian ini dimaksudkan untuk memudahkan pembahasan serta penelaahannya, dimana uraian yang dimuat dalam penulisan ini dapat dengan mudah dimengerti. Pembagian yang dimaksud dilakukan sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan saran, manfaat dan sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini terdiri dari tinjauan pustaka atau landasan teori yang digunakan untuk memberikan penjelasan mengenai studi penelitian ini serta metode penghitungan yang akan dibahas.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan langkah-langkah pemecahan masalah yang akan dibahas, meliputi persiapan pengumpulan data, dan teknik pengumpulan data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang penyajian data serta proses tata cara pelaksanaan pengumpulan data hingga di dapat hasil yang dibutuhkan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.`

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Jalan, Jalan Tol Dan Pintu Tol

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah dan/atau air, serta diatas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Jalan umum adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum. Jalan khusus adalah jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha Perorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri.

2.1.1. Jalan Tol

Jalan tol adalah jalan umum yang kepada pemakainya dikenakan kewajiban membayar tol dan merupakan jalan alternatif lintas jalan umum yang telah ada. Jalan tol (di indonesia disebut juga jalan bebas hambatan) adalah suatu jalan yang dikhususkan untuk kendaraan bersumbu dua atau lebih dan bertujuan untuk mempersingkat waktu tempuh dari satu tempat ke tempat lain. Untuk menggunakan fasilitas ini, para pengguna jalan tol harus membayar sesuai dengan tarif yang berlaku.

Penerapan tarif didasarkan pada golongan kendaraan. Bangunan atau fasilitas dimana tol dikumpulkan disebut pintu tol, rumah tol, plaza tol atau di indonesia lebih dikenal sebagai gerbang tol. Bangunan ini biasanya ditemukan sebelum memasuki atau sesudah akan keluar tol. Bangunan ini biasanya ditemukan didekat pintu keluar, di awal atau akhir jembatan (misal : Jembatan Suramadu), dan ketika memasuki suatu jalan layang (*fly-over*). Di indonesia, jalan tol sering di anggap sinonim untuk jalan bebas hambatan, meskipun hal ini sebenarnya salah. Di dunia secara keseluruhan, tidak semua jalan bebas hambatan memerlukan bayaran. Jalan bebas hambatan seperti ini dinamakan (*freeway*) atau (*expressway*) (*free*) berarti gratis, dibedakan dari jalan-jalan bebas hambatan yang memerlukan bayaran yang dinamakan *tollway* atau tollroad (kata *tol* berarti biaya) (wikipedia).

2.1.2. Pintu Tol

Gerbang tol atau pintu tol adalah tempat pelayanan transaksi tol bagi pemakai tol yang terdiri dari beberapa gardu dan sarana kelengkapan lainnya.

Penggunaan gerbang tol di atur sebagai berikut:

- a. Bangunan gerbang tol digunakan untuk pelaksanaan transaksi tol.
- b. Di gerbang tol wajib menghentikan kendaraannya untuk mengambil atau menyerahkan karcis masuk dan membayar tol.
- c. Di larang menaikkan atau menurunkan penumpang dan atau barang dan atau hewan di gerbang tol.

Gardu tol adalah ruang tempat bekerja pengumpul tol untuk melaksanakan tugas pelayanan kepada pemakai jalan tol.

- a. Pada sistem pengumpulan tol terbuka berfungsi untuk melayani pembayaran tol kepada pemakai jalan tol.
- b. Pada sistem pengumpulan tol tertutup berfungsi melakukan transaksi yang dapat dibedakan atas:
 - Gardu masuk adalah melayani pemberian karcis tanda masuk kepada pemakai jalan tol.
 - Gardu keluar adalah untuk melayani pembayaran tol kepada pemakai jalan tol.

2.1.3. 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 terdapat 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, mendefinisikan kapasitas sebagai berikut:

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

2. Highway Research Board, 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”

Oleh karena itu 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. (Sodikin, Bambang Riyanto, 2006)

2.2. Teori Antrian

Antrian panjang disebut juga kemacetan di pintu tol pada umumnya terjadi karena adanya tingkat kedatangan (*flow rate*) tidak seimbang dengan tingkat pelayanan (*service rate*) di fasilitas pelayanan. (Hutahaean, 2007)

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

- Antrian kendaraan yang terjadi di depan pintu gerbang tol atau antrian kendaraan yang terjadi pada setiap lengan persimpangan berlampunya lalu lintas.
- Antrian kendaraan truk pada saat bongkar/muat barang di pelabuhan.
- Antrian kapal laut yang ingin merapat di dermaga.

- Antrian manusia pada loket pembelian karcis di bandara, stasiun kereta api, dan lain-lain.
- Antrian manusia pada loket pelayanan bank, loket pembayaran listrik atau telepon, serta pasar swalayan, dan
- Sangat banyak kejadian lainnya yang terjadi sehari-hari yang dapat dijelaskan dengan bantuan analisis teori antrian.

Antrian tersebut pada dasarnya terjadi karena proses pergerakan arus lalu lintas (manusia dan/atau kendaraan) terganggu oleh adanya suatu kegiatan pelayanan yang harus dilalui, seperti misalnya: antrian kendaraan yang terbentuk di depan pintu gerbang tol terjadi karena pergerakan arus kendaraan tersebut terpaksa harus terganggu oleh adanya kegiatan pengambilan dan/atau pembayaran karcis tol.

Kegiatan inilah yang menyebabkan gangguan pada proses pergerakan arus kendaraan sehingga mengakibatkan terjadinya antrian kendaraan dimana pada suatu kondisi, antrian kendaraan tersebut akan dapat mengakibatkan permasalahan baik buat pengguna (dalam bentuk waktu antrian) maupun buat pengelola (dalam bentuk panjang antrian). Bagi pengguna biasanya hal yang selalu dipermasalahkan adalah waktu menunggu selama proses mengantri, setiap pengendara akan selalu berpikir bagaimana cara agar dapat menyelesaikan antrian ini secepatnya.

Sedangkan bagi pengelola, hal yang selalu dipermasalahkan biasanya adalah panjang antrian yang terjadi. Sebagai contoh: antrian kendaraan yang terlalu panjang akan dapat menyebabkan tambahan permasalahan baru berupa terganggunya sistem pergerakan arus lalu lintas lainnya akibat terhambat oleh antrian yang terlalu panjang tersebut. Teori antrian merupakan suatu alat analisa yang sangat membantu di dalam memecahkan problem tersebut di atas. Teori ini memberikan informasi penting yang dibutuhkan dalam pengambilan keputusan dengan meramalkan berbagai karakteristik dengan sistem antrian tersebut. Jumlah rata-rata dari satuan (antrian dan pelayanan) adalah penting untuk mendimensi luas areal yang dibutuhkan.

Berdasarkan asumsi bahwa satuan waktu yang diperlukan unit pelayanan adalah tetap, maka lama waktu yang dialami oleh obyek (kendaraan) yang datang setelah obyek pertama yang masuk sistem pelayanan merupakan lama waktu

kumulatif, dengan demikian maka waktu terlama akan dialami oleh obyek (kendaraan) yang datang paling akhir, selama disiplin antrian yang digunakan adalah *FIFO* (*first in first out*). Hal ini otomatis akan dialami oleh setiap kendaraan yang datang menuju sistem antrian atau pintu pelayanan karena proses kedatangan sendiri bersifat tidak terbatas. Antrian akan selesai atau obyek (kendaraan) tidak lagi mengalami antrian pada saat satuan pelayanan sudah seimbang dengan lama waktu antar kedatangan.

Besarnya lama waktu hilang atau total waktu yang terbuang yang dialami kendaraan selama perjalanan yang diakibatkan oleh pintu tol adalah pertama pengaruh waktu perlambatan kendaraan saat akan memasuki sistem pelayanan, kedua pengaruh waktu untuk menghentikan kendaraan sehingga siap untuk dilayani atau melakukan antrian di belakang kendaraan yang melakukan antrian atau di belakang kendaraan yang sedang dilayani, ketiga pengaruh waktu pada saat melakukan antrian, keempat pengaruh waktu untuk menerima pelayanan, kelima pengaruh waktu karena selesai dilayani dan bersiap untuk melanjutkan perjalanan dan keenam waktu karena melakukan percepatan kendaraan sampai pada kecepatan kendaraan yang diinginkan.

Komponen antrian yang utama dalam sistem antrian adalah tingkat kedatangan, tingkat pelayanan, jumlah fasilitas pelayanan, kapasitas pelayanan, dan aturan pelayanan atau disiplin antrian. (Sodikin, Bambang Riyanto, 2006)

2.2.1. Analisis Proses Antrian di Pintu Tol

Proses terjadinya antrian terdiri dari 4 (empat) tahap

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

- b. Tahap II: tahap dimana arus lalu lintas (kendaraan) mulai bergabung dengan antrian yang menunggu untuk dilayani. Jadi waktu antrian dapat didefinisikan sebagai waktu sejak kendaraan mulai bergabung dengan antrian sampai dengan waktu kendaraan mulai dilayani oleh suatu tempat pelayanan.
- c. Tahap III: tahap dimana arus lalu lintas (kendaraan) dilayani oleh suatu tempat pelayanan. Jadi waktu pelayanan (WP) dapat didefinisikan sebagai waktu sejak dimulainya kendaraan dilayani sampai dengan waktu kendaraan selesai dilayani.
- d. Tahap IV: tahap dimana arus lalu lintas (kendaraan) meninggalkan tempat pelayanan melanjutkan perjalanan.(Tamin, 2003)

Ada dua teknik analisa yang dapat digunakan dalam mempelajari proses antrian, yaitu analisa dengan shock wave dan analisa antrian. Analisa shock wave dapat digunakan apabila hubungan antara demand dan kapasitas bersifat deterministik. Analisa antrian dapat digunakan baik pada yang bersifat deterministik maupun stokastik.

2.2.2. Antrian Deterministik dan Stokastik

Analisa antrian deterministik secara detail dapat dibedakan menjadi dua tingkatan. Analisa antrian dapat dilakukan pada tingkat makroskopik bila kedatangan dan pelayanan yang ada bersifat menerus. Sedangkan bila kedatangan dan pelayanan yang ada bersifat diskrit, maka analisa dilakukan pada tingkat mikroskopik Suatu perkiraan mengenai klasifikasi diperlukan untuk dapat mengakses karakteristik masukan untuk suatu analisa antrian, apakah termasuk dalam analisa deterministik ataukah termasuk dalam stokastik. Jika masing-masing distribusi kedatangan dan atau distribusi pelayanan probabilistik, kedatangan tetap dan atau waktu pelayanan pada masing-masing kendaraan tidak diketahui, maka pemilihan analisis antrian stokastik menjadi pilihan. Dilain sisi apabila waktu kedatangan dan waktu pelayanan pada masing-masing kendaraan diketahui maka kedua distribusi baik distribusi kedatangan maupun distribusi pelayanan adalah deterministik.(Sodikin, Bambang Riyanto, 2006)

2.2.3. Proses Pada Sistem Antrian

Sistem antrian adalah suatu sistem yang mencakup barisan dan gerbang pelayanan. Sedangkan populasi yang terbentuk dari waktu ke waktu berasal dari suatu sumber disebut *calling population*. Populasi tersebut datang ke sistem dan bergabung membentuk barisan antrian. Pada waktu tertentu, salah satu atau beberapa anggota dari barisan antrian tersebut dipilih untuk mendapat pelayanan.

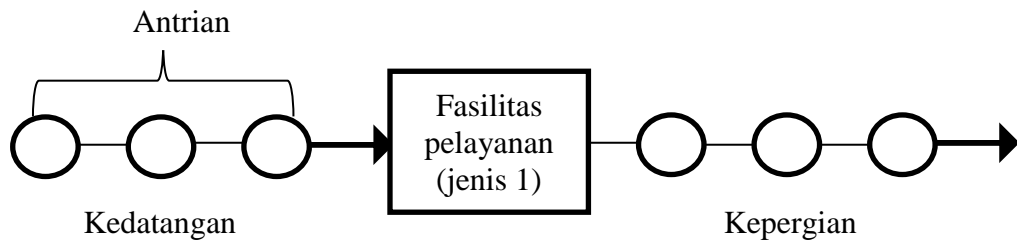
Pemilihan ini berdasarkan pada aturan-aturan tertentu yang disebut disiplin antrian. Populasi yang telah dilayani selanjutnya pergi meninggalkan gerbang pelayanan. Struktur antrian dapat diklasifikasikan berdasarkan banyaknya gerbang atau jalur dan banyaknya tahap pelayanan yang ada.

Tata letak fisik dari sistem antrian digambarkan dengan jumlah saluran, juga disebut sebagai pelayanan. Sistem antrian jalur tunggal (*single channel-single phase*) berarti bahwa dalam sistem antrian tersebut hanya terdapat satu pemberi layanan serta satu jenis layanan yang diberikan. Sementara sistem antrian jalur tunggal tahapan berganda (*single channel-multi phase*) berarti dalam sistem antrian tersebut terdapat lebih dari satu jenis layanan yang diberikan, tetapi dalam setiap jenis layanan hanya terdapat satu pemberi layanan.

Sistem antrian jalur berganda satu tahap (*multi channel-single phase*) adalah terdapat satu jenis layanan dalam sistem antrian tersebut, namun terdapat lebih dari satu pemberi layanan. Sedangkan sistem antrian jalur berganda dengan tahapan berganda (*multi channel-multi phase*) adalah sistem antrian dimana terdapat lebih dari satu jenis layanan dan terdapat lebih dari satu pemberi layanan dalam setiap jenis layanan. Dalam studi ini akan dibahas gerbang tunggal satu tahap (*single channel-single phase*) dan gerbang ganda satu tahap (*multi channel-single phase*).

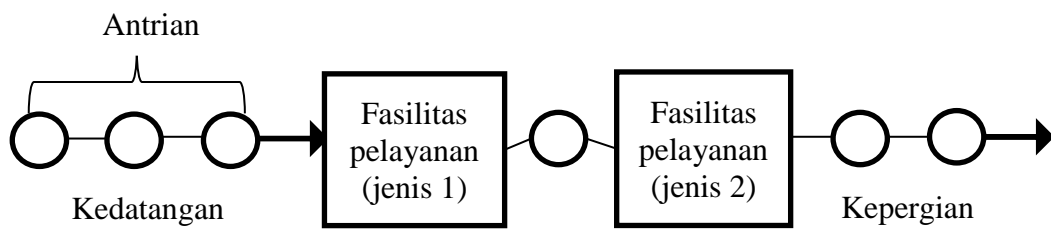
- *Single Channel-Single Phase*

Struktur antrian pada *single channel-single phase* ini hanya memilih satu jalur pelayanan dan dalam jalur ini hanya memiliki satu tahap saja. Struktur ini sangat sederhana dan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.1: Model Single Channel-Single Phase

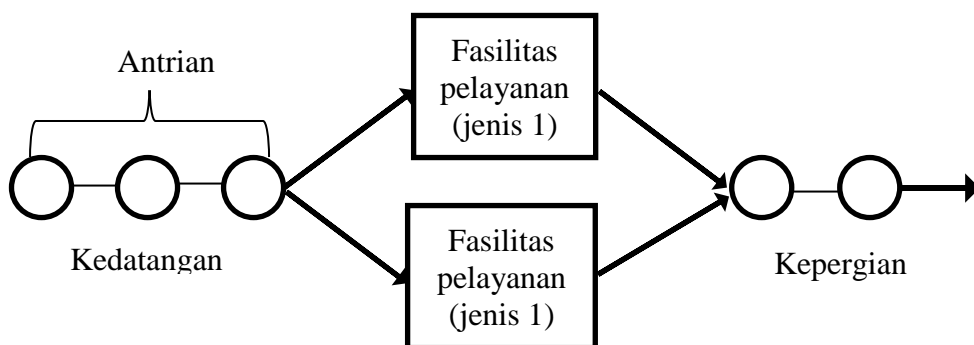
- *Single Channel-Multi Phase*



Gambar 2.2: Model Single Channel-Multi Phase

Struktur antrian pada *single channel-multi phase* ini hanya memiliki satu jalur pelayanan dan dalam jalur ini memiliki dua tahap (lebih dari satu layanan), tetapi dalam setiap jenis layanan hanya terdapat satu pemberi layanan.

- *Multi Channel-Single Phase*

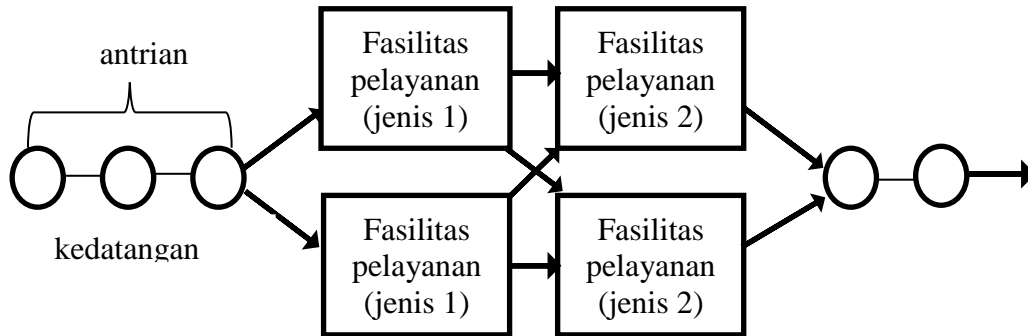


Gambar 2.3: Model Multi Channel-Single Phase

Multi Channel single phase terjadi apabila dua atau lebih fasilitas pelayanan diakhiri oleh antrian tunggal. Sebagai contoh dari model ini adalah pembelian tiket yang dilayani oleh lebih dari satu loket.

- *Multi Channel-Multi Phase*

Multi Channel-Multi Phase terjadi apabila terdapat lebih dari satu jenis layanan dan terdapat lebih dari satu pemberi layanan dalam setiap jenis layanannya.



Gambar 2.4: Model Multi Channel-Multi Phase

2.2.4. Karakteristik Sistem Antrian

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

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

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

a. Kedatangan Populasi yang akan dilayani (*calling population*)

Karakteristik dari populasi yang akan dilayani (*calling population*) dapat dilihat menurut ukurannya, pola kedatangan, serta perilaku dari populasi yang akan dilayani. Menurut ukurannya, populasi yang akan dilayani bisa terbatas (*finite*) bisa juga tidak terbatas (*infinite*). Sebagai contoh jumlah mahasiswa yang

antri untuk registrasi di sebuah perguruan tinggi sudah diketahui jumlahnya (*finite*), sedangkan jumlah nasabah bank yang antri untuk setor, menarik tabungan, maupun membuka rekening baru bisa tak terbatas (*infinite*).

Distribusi headway dari kedatangan lalu lintas, yang mungkin saja merata (yaitu dengan *headway* konstan) atau dapat mengikuti pola kedatangan acak (*Poisson*). Kedatangan yang teratur sering kita jumpai pada proses pembuatan/pengemasan produk yang sudah distandarisasi. Pada proses semacam ini, kedatangan produk untuk diproses pada bagian selanjutnya biasanya sudah ditentukan waktunya, misalnya setiap 30 detik. Sedangkan pola kedatangan yang sifatnya acak (*random*) banyak kita jumpai misalnya kedatangan nasabah di bank. Pola kedatangan yang sifatnya acak dapat digambarkan dengan distribusi statistik dan dapat ditentukan dengan dua cara yaitu kedatangan per satuan waktu dan distribusi waktu antar kedatangan.

Contoh : Kedatangan digambarkan dalam jumlah satu waktu, dan bila kedatangan terjadi secara acak, informasi yang penting adalah Probabilitas n kedatangan dalam periode waktu tertentu, dimana $n = 0, 1, 2, \dots$.

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

Ciri Distribusi 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:

$$P(r,T) = \frac{e^{-\lambda T} (\lambda T)^r}{r!} \quad (2.1)$$

dimana:

λ = rata-rata kedatangan persatuan waktu

T = periode waktu

E = bilangan logaritma natural ($e = 2.7182818$)

r = jumlah kedatangan dalam waktu T ; ($n = 0,1,2,\dots$)

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

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 system (dtk)

Suatu faktor yang mempengaruhi penilaian distribusi kedatangan adalah ukuran populasi panggilan.

Perilaku kedatangan, Populasi yang akan dilayani mempunyai perilaku yang berbeda-beda dalam membentuk antrian. Ada tiga jenis perilaku : *reneging*, *balking*, dan *jockeying*. *Reneging* menggambarkan situasi dimana seseorang masuk dalam antrian, namun belum memperoleh pelayanan, kemudian meninggalkan tempat antrian tersebut. *Balking* menggambarkan orang yang tidak masuk dalam antrian dan langsung meninggalkan tempat antrian. *Jockeying*

menggambarkan orang yang pindah-pindah antrian.(Sodikin, Bambang Riyanto, 2006)

2.2.5. Tingkat Kedatangan

Tingkat kedatangan yang dinyatakan dengan notasi λ adalah jumlah kendaraan atau manusia yang bergerak menuju satu atau beberapa tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit (Tamin, 2003).

2.2.6. 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, biasa 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 pada pers 2.3:

$$WP = 1/r \tag{2.3}$$

Dimana : WP = Waktu pelayanan

r = Jumlah kedatangan dalam waktu

$$r = \frac{\lambda}{N}$$

dimana : r = Jumlah kedatangan dalam waktu

λ = Tingkat kedatangan

N = Jumlah gardu

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, pers 2.4:

$$\rho = \lambda/\mu < 1 \tag{2.4}$$

dimana : ρ = Nisbah antara λ dengan μ

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 (Tamin, 2003).

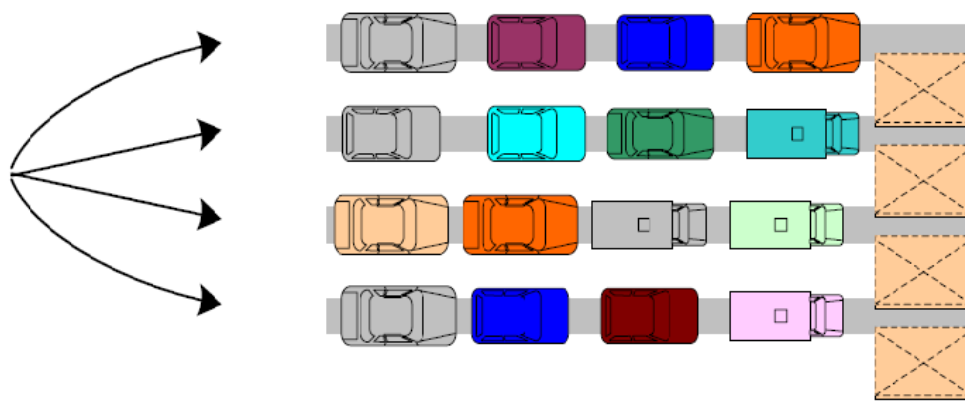
2.2.7. Jumlah Fasilitas Pelayanan

Pada situasi dimana terdapat banyak lajur masuk station dan juga tersedia banyak fasilitas pelayanan, maka asumsi penggunaan fasilitas pelayanan tunggal 10 dapat dilakukan asalkan aliran kendaraan terbagi secara merata/sama diantara fasilitas-fasilitas pelayanan yang ada (Martin, 1967).

2.2.8. Disiplin Antrian

Disiplin antrian mempunyai pengertian tentang bagaimana tata cara kendaraan atau manusia mengantri. Beberapa jenis disiplin antrian yang sering digunakan dalam bidang transportasi atau arus lalu lintas adalah *FIFO (First In First Out)*, *FILO (First In Last Out)* dan *FVFS (First Vacant First Served)* (Tamin, 2003). Beberapa jenis disiplin antrian yang sering digunakan dalam bidang transportasi atau arus lalu lintas, adalah:

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



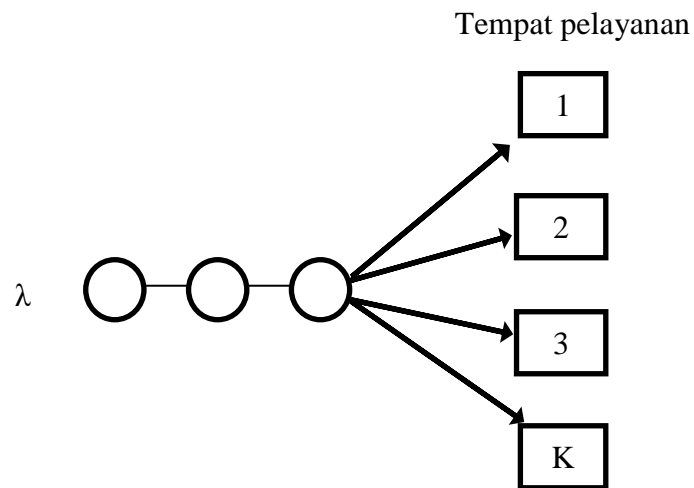
Gambar 2.5: Disiplin antrian FIFO

Gambar tersebut diatas memperlihatkan ilustrasi bagaimana tata cara disiplin antrian FIFO. Sebagai contoh disiplin FIFO yaitu antrian kendaraan yang

terbentuk di depan pintu tol, atau antrian manusia pada loket pembayaran listrik atau telepon, loket pelayanan bank, dan banyak contoh-contoh lainnya.

2. *First Vacant First Served (FVFS)*.

Gambar berikut memperlihatkan ilustrasi bagaimana tata cara disiplin antrian FVFS.



Gambar 2.6: Disiplin antrian FVFS

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

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

sangat bervariasi adalah: loket pelayanan bank, imigrasi atau pabean, pasar swalayan, dan lain – lain.

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

2.2.8.1. Parameter Antrian

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

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

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

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

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

2.8.8.2. Disiplin antrian FIFO

Persamaan (2.5) – (2.8) berikut merupakan yang dapat digunakan untuk menghitung \bar{n} , \bar{q} , \bar{d} , dan \bar{w} untuk disiplin antrian *FIFO*.

$$\bar{n} = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} \tag{2.5}$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \tag{2.6}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \times 3600 \tag{2.7}$$

$$\bar{w} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \times 3600 \tag{2.8}$$

dimana:

λ = tingkat kedatangan rata-rata

μ = tingkat pelayanan rata-rata

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

Beberapa asumsi yang diperlukan dalam penggunaan disiplin antrian FIFO adalah:

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

2.2.9. Faktor Sistem Antrian

Faktor – faktor yang berpengaruh terhadap barisan antrian dan pelayanannya adalah sebagai berikut:

1. Distribusi Kedatangan Pada sistem antrian, distribusi kedatangan merupakan faktor penting yang berpengaruh besar terhadap kelancaran pelayanan. Distribusi kedatangan terbagi dua, yaitu :
 - a. Kedatangan secara individu (tunggal = *single arrivals*)
 - b. Kedatangan secara berkelompok (*bulk arrivals*)

Kedua komponen ini harus mendapatkan perhatian yang memadai pada saat pendisainan sistem pelayanan.

2. Distribusi Waktu Pelayanan

Distribusi waktu pelayanan berkaitan dengan berapa banyak fasilitas pelayanan yang dapat disediakan. Distribusi waktu pelayanan terbagi menjadi dua komponen penting, yaitu:

- a. Pelayanan secara individual (*single service*)
- b. Pelayanan secara kelompok (*bulk service*)

3. Fasilitas Pelayanan

Fasilitas pelayanan berkaitan erat dengan baris antrian yang akan dibentuk. Desain fasilitas pelayanan ini dapat dibagi dalam tiga bentuk, yaitu:

- a. Bentuk *series*, dalam satu garis lurus ataupun garis melingkar.
- b. Bentuk *paralel*, dalam beberapa garis lurus yang antara satu dengan yang lain *parallel*.
- c. Bentuk *network station*, yang dapat didesain secara *series* dengan pelayanan lebih dari satu pada setiap stasiun. Bentuk ini dapat juga dilakukan secara *paralel* dengan stasiun yang berbeda-beda. Dengan demikian bentuk fasilitas pelayanan ini juga harus diperhitungkan dalam sistem antrian.

4. Disiplin pelayanan

Disiplin pelayanan berkaitan erat dengan urutan pelayanan bagi pelanggan yang memasuki fasilitas pelayanan.

5. Ukuran dalam antrian

Besarnya antrian pelanggan yang akan memasuki fasilitas pelayanan pun perlu diperhatikan. Ada dua desain yang dapat dipilih untuk menentukan besarnya antrian, yaitu:

- a. Ukuran kedatangan secara tidak terbatas (*infinite queue*)
- b. Ukuran kedatangan secara terbatas (*finite queue*)

6. Sumber pemanggilan

Dalam fasilitas pelayanan, yang berperan sebagai sumber pemanggilan dapat berupa mesin maupun manusia. Bila ada sejumlah mesin yang rusak maka sumber pemanggilan akan berkurang dan tidak dapat melayani pelanggan. Jadi masalahnya adalah apakah:

- a. Sumber panggilan terbatas (*finite calling source*)

- b. Sumber panggilan tak terbatas (*infinite calling source*)

2.3. Proses Masukan

Diperlukan distribusi pola kedatangan untuk dapat masuk dalam sistem antrian. Pola kedatangan ini biasanya sudah dinyatakan pada suatu distribusi peluang tertentu yang sudah banyak dikenal, seperti distribusi Poisson ataupun distribusi Eksponensial. Namun demikian ada kalanya pola kedatangan tidak mempunyai distribusi tertentu sehingga memerlukan penanganan yang lebih mendalam.

2.3.1. Pola Kedatangan

Pola kedatangan para pelanggan biasanya diperhitungkan melalui waktu antar kedatangan, yaitu waktu antar kedatangan dua pelanggan yang berurutan pada suatu fasilitas pelayanan. Bila pola kedatangan pelanggan tiba satu per satu, maka kedatangan pelanggan mengikuti suatu proses dengan distribusi probabilitas tertentu. Distribusi probabilitas yang sering digunakan adalah distribusi Poisson, dimana kedatangan bersifat bebas, tidak berpengaruh oleh kedatangan sebelum atau sesudahnya. Asumsi distribusi Poisson menunjukkan bahwa kedatangan pelanggan sifatnya acak. Jumlah pelanggan yang datang dalam satuan waktu adalah laju kedatangan (λ) dan panjang interval waktu antara dua kedatangan pelanggan adalah waktu antar kedatangan ($1/\lambda$).

2.3.2. Proses Keluaran

Pada sistem antrian diperlukan pola pelayanan yang dikenal dengan *service time*. Pola pelayanan ini memerlukan proses pelayanan yang dilakukan secara *random*, dengan menggunakan distribusi peluang tertentu. Pelayanan harus dapat dilakukan setelah pelanggan memasuki antrian. Namun demikian apakah pelanggan tersebut dapat segera dilayani sangat tergantung dari jumlah pelanggan yang ada dalam antrian, yang dinyatakan dengan tidak terhingga atau terbatas. Setelah mendapatkan pelayanan yang baik maka pelanggan akan langsung meninggalkan fasilitas pelayanan. Kesemuanya ini kemudian dinyatakan sebagai proses keluaran. Proses pelayanan pada umumnya menggunakan distribusi

peluang tertentu, seperti distribusi Eksponensial negatif ataupun menggunakan parameter distribusi poisson.

2.3.3. Pola Pelayanan

Memilih distribusi dari sifat yang diketahui dari proses sering dilakukan untuk memilih sebuah distribusi yang tepat dengan mempertimbangkan sifat-sifat proses yang dimodelkan. Apabila kedatangan pelanggan pada bank yang sedang dimodelkan, maka mungkin masuk akal untuk mengasumsikan bahwa kedatangan pelanggan adalah secara acak, dan distribusi pelayanan menggunakan Eksponensial negatif. Distribusi Erlang, Gamma dan Lognormal dikenal untuk mewakili sifat dari proses pelayanan. Distribusi Gamma menyediakan rentang bentuk yang lebih besar dari pada Erlang. Distribusi Lognormal dapat memiliki probabilitas yang lebih besar antara Erlang atau distribusi Gamma. Jika waktu antara kegagalan sedang dimodelkan, maka mungkin masuk akal untuk mengasumsikan distribusi Weibull.

suatu kedatangan akan terjadi. Dalam hal ini, distribusi probabilitas Poisson menyediakan deskripsi yang cukup baik untuk suatu pola kedatangan. Formula untuk distribusi Poisson adalah pers 2.9 sebagai berikut:

$$P(x) = \frac{\lambda^x \cdot e^{-\lambda}}{x!} = 0, 1, 2, 3 \dots \quad (2.9)$$

Dimana:

λ = laju kedatangan pada periode waktu tertentu

x = jumlah kedatangan pada periode waktu tertentu

e = 2,71828 (Logaritma natural)

Misalkan sebuah fasilitas pelayanan mempunyai tingkat kedatangan rata-rata pelanggan adalah 5 orang perjam ($\lambda = 5$). Tingkat probabilitas bahwa akan ada tepat 2 pelanggan (x=2) adalah 8,42 %

$$P(x=2) = \frac{5^2 \cdot 2,71828^2}{2!} = \frac{25 \cdot 0,006738}{2 \cdot 1} = \frac{0,168449}{2} = 0,084225$$

a. Distribusi Eksponensial

Waktu pelayanan adalah waktu yang dihabiskan seorang pelanggan pada fasilitas pelayanan. Waktu pelayanan antar seorang pelanggan dengan pelanggan lainnya biasanya tidak konstan. Distribusi probabilitas untuk waktu pelayanan biasanya mengikuti distribusi probabilitas Eksponensial yang formulanya dapat memberikan informasi yang berguna mengenai operasi yang terjadi pada suatu antrian. Sifat dari distribusi Eksponensial yang membuat distribusi tersebut mudah untuk dianalisis adalah bahwa distribusi ini tidak tergantung pada waktu (*memory less property* atau sifat pelupa). Formula untuk distribusi Eksponensial adalah pers 2.10 sebagai berikut:

$$F(t) = \mu \cdot e^{-\mu t}, t \geq 0 \quad (2.10)$$

Dimana:

μ = jumlah pelanggan rata-rata yang dilayani pada periode waktu tertentu

t = waktu pelayanan

e = 2,71828 (Logaritma natural)

Tingkat probabilitas bahwa seorang pelanggan akan dilayani dengan periode waktu tertentu dapat dihitung dengan menggunakan distribusi Eksponensial adalah pers 2.11 sebagai berikut:

$$P(T \leq t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (2.11)$$

Misalkan, tingkat pelayanan adalah 6 pelanggan per jam, maka probabilitas seorang pelanggan akan dilayani dalam waktu 10 menit (0,166 jam) adalah 0,631.

$$P(T \leq 0,17) = 1 - 2,71828^{-6(0,166)}$$

$$= 1 - 2,71828^{-0,996}$$

$$= 1 - 0,369$$

$$= 0,631$$

Untuk melihat hubungan antara distribusi Poisson dengan distribusi eksponensial dapat kembali dilihat dari peluang distribusi Poisson.

$$f(x) = \Pr[X = x] = \left[\frac{(\lambda t)^x}{x!} \right] e^{-\lambda t} \quad (2.12)$$

dimana λ adalah rata-rata kedatangan dan t adalah periode waktu. Definisi T sebagai waktu suatu kejadian, diperoleh:

$$F(t) = \Pr(T \leq t) \quad (2.13)$$

$$F(t) = \Pr(T \leq t) = 1 - \Pr[T > t] \quad (2.14)$$

dimana

$$\Pr [T > t] = \Pr[x=0] = \left[\frac{(\lambda t)^0}{0!} \right] e^{-\lambda t} \quad (2.15)$$

$$\Pr[T > t] = \Pr[x=0] = e^{-\lambda t} \quad (2.16)$$

Selanjutnya disubstitusikan ke hasil $\Pr(T > t)$ dalam persamaan (2.9) maka diperoleh $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$ yang merupakan fungsi distribusi eksponensial (Ross, 2007).

b. Distribusi Weibull

Distribusi Weibull acap kali cocok pada persoalan lama waktu pelayanan misal diloket layanan pelanggan, layanan perbaikan mesin dan lain sebagainya. Disamping itu juga sering terkait dengan waktu kerusakan sebuah komponen dalam masalah perawatan. Berikut ini merupakan *probability density function* dari distribusi Weibull:

$$f(x) = \frac{\beta}{a^\beta} x^{\beta-1} \exp \left[-\left(\frac{x}{a}\right)^\beta \right]$$

Untuk sistem pelayanan diklasifikasikan berdasarkan jumlah *server* dan jumlah *phase*. Berdasarkan konfigurasi jumlah *server* dan jumlah *phasenya*, antrian dikelompokkan menjadi 4 bentuk dasar, yaitu *single channel single phase*, *single channel multiphase*, *multichannel single phase* dan *multichannel multiphase*. Dari keempat konfigurasi dasar ini berkembang menjadi berbagai macam bentuk yang lebih kompleks.

Untuk mendefinisikan model suatu sistem antrian dan merincikan ciri dari suatu sistem antrian digunakan notasi kendall $a/b/c/d/e/f$ (Kakiay, 2004), yang artinya adalah:

- a. Distribusi kedatangan (*Arrival Distribution*)
- b. Distribusi waktu pelayanan / keberangkatan (*Service Time Departure*)
- c. Jumlah fasilitas pelayanan paralel (dimana $c = 1, 2, 3, \dots, \infty$)
- d. Disiplin pelayanan (*FIFO, LCFS, SIRO*)
- e. Jumlah maksimum yang diizinkan dalam sistem (*Queue and System*)
- f. Jumlah pelanggan yang ingin memasuki sistem sebagai sumber.

Untuk distribusi kedatangan pelanggan (a) dan distribusi waktu pelayanan pelanggan (b) yang sering digunakan di dalam suatu sistem antrian, yaitu :

- M : Distribusi *Markovian, Poisson, Eksponensial, atau Memoryless*
- G : Distribusi *General, Gamma, Weibull, dll*
- GI : Distribusi *General Independen*
- D : Distribusi *Deterministic*
- E_k : Distribusi *Erlang-k atau Gamma-k*
- H_k : Distribusi *Hyperexponensial-k*
- C_k : Distribusi *Cox-k*
- PH_k : Distribusi *Phase type at k stages*

2.3.4. Model Antrian Pola Kedatangan Berkelompok

Pola kedatangan pada suatu sistem antrian dapat berupa *batch arrival* yaitu kedatangan sekelompok pelanggan pada satu waktu secara bersamaan. Untuk antrian yang memiliki pola kedatangan berkelompok, kedatangan yang terjadi mengikuti proses Poisson, tetapi setiap kedatangan tidak hanya terdiri dari satu pelanggan tetapi sejumlah pelanggan yang datang bersamaan dalam jumlah yang acak.

Dalam melakukan simulasi, pertama ditentukan dahulu nilai untuk *controllable input*, lalu nilai untuk *probabilistic input* ditentukan secara acak. Model simulasi menggunakan nilai *controllable input* dan nilai *probabilistic input* untuk menghitung nilai outputnya. Dengan melakukan serangkaian eksperimen menggunakan nilai-nilai untuk *controllable input*, dapat dilihat bagaimana *controllable input* mempengaruhi atau mengubah output dari model simulasi. Setelah menganalisis hasil simulasi, biasanya akan dapat diambil keputusan untuk *controllable input* yang menghasilkan *output* yang diinginkan untuk sistem yang sebenarnya.

2.3.5. Simulasi Antrian

Simulasi antrian merepresentasikan keadaan sistem, termasuk jumlah pelanggan dalam antrian dan apakah fasilitas pelayanan sedang sibuk atau menganggur, akan berubah atau berkembang dari waktu ke waktu. Simulasi antrian termasuk dalam simulasi kejadian diskrit (*discrete event Simulation*).

Simulasi kejadian diskrit adalah suatu simulasi yang menggunakan model sistem kejadian diskrit (*discrete event*).

Untuk mensimulasikan suatu sistem antrian, pertama harus didefinisikan dahulu keadaan sistem dan dipahami konsep tentang *event* dan *clock time*. Event didefinisikan sebagai situasi yang menyebabkan keadaan sistem berubah secara cepat. Pada model antrian, hanya ada dua *event* yang mungkin dapat merubah keadaan sistem yaitu proses kedatangan pelanggan dan proses pelayanan pelanggan. Dalam simulasi, *event-event* ini akan dijadwalkan untuk menentukan titik tertentu dalam waktu. Waktu dalam simulasi diatur menggunakan sebuah variabel yang disebut *clock time*.

Pada simulasi antrian *multiple server*, waktu antar kedatangan adalah *independent* yang artinya suatu kedatangan tidak mempengaruhi kedatangan lainnya. Pelanggan yang datang dapat segera dilayani jika *server* dalam keadaan menganggur. Apabila *server* sedang sibuk, maka pelanggan yang datang menunggu dalam satu garis antrian untuk kemudian bergerak menuju *server* yang kosong untuk dilayani dengan aturan *First In First Out* (FIFO). Waktu layanan untuk pelanggan merupakan variabel acak yang terdistribusi secara identik yang *independent* terhadap waktu antar kedatangan.

2.4. Sistem Pelayanan di Pintu Tol

Sistem pelayanan di pintu tol adalah suatu cara pengoperasian yang diselenggarakan oleh pengelola pintu tol untuk melakukan pengumpulan tol atau transaksi pembayaran tol yang dilaksanakan oleh pengguna jalan tol.

Pengumpulan tol dapat dilakukan secara sistem tertutup dan/atau sistem terbuka dengan memperhatikan kepentingan pengguna dan efisiensi pengoperasian jalan tol serta kelancaran lalu lintas. Pada saat melakukan transaksi di gerbang tol, pengguna jalan wajib menghentikan kendaraannya saat mengambil atau menyerahkan kembali karcis masuk dan atau membayar tol, kecuali dengan sistem pengumpulan tol elektronik.

2.4.1. Sistem Pengumpulan Konvensional

Sistem Pengumpulan konvensional atau Pelayanan Tradisional adalah sistem pelayanan tol yang masih menerapkan transaksi tol secara langsung di gerbang tol. Sistem ini dibedakan antara sistem terbuka dan sistem tertutup. Sistem Terbuka adalah sistem transaksi tol dimana pemakai jalan hanya berhenti satu kali di gerbang tol untuk membayar tol. Sistem Tertutup adalah sistem transaksi tol pada ruas tertutup, dimana pada ruas tersebut terdapat gerbang masuk dan gerbang keluar kendaraan. Pada pengumpulan tol tertutup ini, setiap kendaraan yang memasuki jalan tol harus mengambil kartu masuk dan pada saat keluar jalan tol harus mengembalikan kartu masuk tersebut disertai dengan pembayaran tol.

2.4.2. Sistem Karcis Langganan Tol

Karcis langganan tol ini merupakan karcis yang dapat digunakan untuk pembayaran pada jalan tol. Karcis ini selain digunakan sebagai alat untuk mempermudah dan mempercepat transaksi pada jalan tol, juga dapat digunakan oleh pelanggan (pengguna jalan tol) yang setiap hari melewati jalan tol. Untuk sementara karcis ini belum dapat digunakan pada setiap ruas, tetapi hanya pada ruas-ruas tertentu. Karcis langganan tol tersebut dapat dibeli pada gardu tol. Pembelian Karcis Langganan Tol minimal 10 lembar dan mendapat potongan 10%. Karcis langganan tol mempunyai masa berlaku 1 bulan. Apabila tidak terpakai tidak bisa diuangkan kembali.

2.4.3. Sistem Pelayanan Gardu Pelayanan Cepat (GPC)

Untuk memenuhi kebutuhan pemakai jalan yang menginginkan pelayanan cepat, PT Jasa Marga menyediakan fasilitas yang memungkinkan pelayanan 6 detik per kendaraan (biasanya 20 detik per kendaraan). Pengadaan fasilitas ini berakibat seperti menambah dua gardu dengan kecepatan pelayanan biasa.

2.4.4. Sistem Pelayanan Kartu Berlangganan

Kartu langganan tol ini merupakan kartu magnetik jenis stratum, yang telah terisi nilai Rupiah tertentu serta sistem pengamanan yang diperlukan, sehingga dapat digunakan untuk transaksi/pembayaran tol. Untuk sementara kartu ini belum dapat digunakan pada setiap ruas, tetapi hanya pada ruas-ruas tertentu. Kartu langganan tol tersebut dapat dibeli di kantor Cabang Jagorawi dan cabang-cabang Bank Exim di Jakarta.

2.4.5. Sistem Pelayanan dengan Uang Pas

Gardu tol yang khusus melayani pembayaran tol tanpa uang kembalian (uang pas) dan atau dengan karcis/kartu langganan tol.

2.4.6. Sistem Pelayanan dengan Gardu Tandem

Gardu tol yang terletak di belakang gardu utama yang berfungsi untuk melayani pembayaran tol yang sama dengan gardu utama. 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, 2003)

2.4.7. Sistem Pelayanan Pre Paid Card (PPC)

PT. Jasa Marga akan memperkenalkan sistem pembayaran tiket masuk jalan tol berupa kartu yang berbentuk seperti kartu telepon. Sistem kartu langganan ini akan diresmikan Maret 1996. kartu ini disebut *prepaid card* atau kartu pembayaran dimuka.

2.4.8. Sistem Pelayanan *Credit Card*

Beberapa alternatif untuk dapat mempersingkat lama waktu pelayanan di sistem pelayanan terus diupayakan diantaranya seperti yang dilakukan di NJTA (*New Jersey Transroute and ASF*) yaitu dengan mempergunakan *ticket magnetic*,

beberapa gardu *intranse* sudah dioperasikan otomatis tanpa tenaga manusia, pendataan hasil tol di monitor oleh komputer di Toll Plaza yang dihubungkan dengan komputer di Pusat Pemrosesan Data.

2.4.9. Sistem Pelayanan Tarif Elastis (*Price Elasticities*)

Price Elasticities bagi pengguna tol sesuai dengan waktu kedatangan kendaraan di pintu tol akan mampu mengurangi kemacetan di pintu tol pada jam sibuk. Agregat biaya yang besar pada periode jam sibuk dan diskon pada periode lain akan menyebarkan waktu kendaraan yang datang ke pintu tol. Kemacetan yang terjadi pada jam sibuk akan berkurang secara signifikan diakibatkan pertimbangan biaya dan karakteristik yang dimiliki oleh pengguna jalan tol.

2.4.10. Sistem Pengumpulan Elektronik atau *Electronic Toll Collection (ETC)*

Electronic Toll Collection adalah suatu teknologi yang memungkinkan untuk melakukan pembayaran secara elektronik pada sistem pengumpulan tol. Sistem ETC dioperasikan dengan menggunakan alat komunikasi yang terpasang pada kendaraan dengan alat yang terpasang pada sisi jalan yang disebut *Automatic Vehicle Identification (AVI)*, *Automatic Vehicle Classification (AVC)* dan *Vehicle Enforcement System (VES)*. Peralatan ETC dapat dioperasikan secara tradisional dengan cara pengumpulan tol secara manual pada gerbang tol. Pada perkembangannya ETC lebih banyak dioperasikan dengan sistem elektronik sehingga memungkinkan untuk dilakukannya transaksi pembayaran tol dalam kondisi kendaraan tetap berjalan.

Sistem ETC banyak digunakan oleh berbagai negara dalam melakukan transaksi pengumpulan tol karena berbagai keuntungan:

- mereduksi antrian di tol plasa karena kemampuannya dalam meningkatkan kapasitas tingkat pelayanan di pintu tol
- menghemat bahan bakar dan mengurangi gas emisi kendaraan
- mengeliminasi terjadinya perlambatan, waktu tunggu dan percepatan
- mengurangi biaya pengumpulan tol

Penggunaan sistem ETC memungkinkan untuk meningkatkan kualitas pelayanan pintu tol dan meningkatkan kepuasan pelanggan jalan tol. Disamping

itu operator jalan tol juga diuntungkan karena penerapan ETC tidak perlu dengan melakukan penambahan gerbang baru, namun cukup dengan meningkatkan fasilitas pada gerbang yang telah ada sehingga dapat menghemat biaya pengoperasiannya.

Dengan menggunakan fasilitas *Electronic Toll Collection* (ETC), kendaraan tidak perlu berhenti di tol plaza, hal ini berbeda dengan cara pembayaran yang tradisional.

Untuk memberikan fasilitas pembayaran tol oleh pengguna jalan tanpa berhenti dan menggunakan uang yang tidak efisien dan tidak ramah lingkungan, TANFB (*Taiwan Area National Freeway Bureau*) saat ini tengah merencanakan untuk mempromosikan program *Freeway Electronic Toll Collection*. Program ini dimaksudkan untuk meningkatkan kapasitas pintu tol dengan mempersingkat waktu pembayaran, sehingga meningkatkan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan dan meminimalisasi polusi udara. Dengan peningkatan dan pengoperasian *electronic toll collection system*, kebijakan pembayaran tol secara langsung akan mengubah slogan “tua di jalan tol”. Untuk menyelaraskan peningkatan jalan tol yang cerdas, *electronic toll collection system* harus diintegrasikan dengan *Electronic Toll & Transportation Management System* (ETTM) untuk diterapkan sebagai aplikasi dari *Intelligent Transportation System* (ITS). (Sodikin, Bambang Riyanto, 2006)

2.4.11. Biaya Tundaan

Biaya antrian atau biaya yang diakibatkan oleh tundaan dihitung berdasarkan 2 (dua) faktor yaitu (1) besarnya tundaan pada suatu ruas jalan dibandingkan dengan pada kondisi tanpa adanya tundaan dan (2) nilai waktu. Rata-rata besarnya tundaan pada periode jam sibuk pagi dan sore berdasarkan pada data observasi.

2.4.12. Biaya Gabungan

Penelitian di Belanda menunjukkan bahwa ruas jalan yang dipilih pengendara memiliki jarak dan waktu sebagai atribut utama. Dalam proses pemilihan rute diasumsikan bahwa setiap pengendara akan memilih rute yang meminimumkan

kombinasi linear antara jarak dan waktu, yang biasa dikenal dengan biaya gabungan.

Konsep biaya gabungan menggabungkan ketiga komponen utama dalam pemilihan rute (jarak, biaya, dan waktu) menjadi nilai tertentu yang mempunyai unit satuan biaya atau unit satuan waktu.

Sementara itu, biaya gabungan untuk pergerakan angkutan pribadi dapat dinyatakan dengan persamaan (pers 2.17) berikut:

$$G_{cp} = \psi D + vTv + C$$

G_{cp} = Biaya gabungan untuk pergerakan angkutan pribadi (dalam satuan rupiah)

Ψ = Biaya operasi kendaraan per satuan jarak (dalam satuan rupiah)

D = Jarak pergerakan (dalam satuan jarak)

N = Nilai waktu per satuan waktu (dalam satuan rupiah)

Tv = Waktu selama dalam angkutan pribadi (dalam satuan waktu)

C = Biaya parkir (atau tol)

(Tamin, 2000)

2.4.13. Waktu Tempuh

Waktu tempuh adalah waktu total perjalanan yang diperlukan, termasuk berhenti dan tundaan, dari suatu tempat ke tempat lain melalui rute tertentu. Waktu tempuh dapat diamati dengan metoda pengamat bergerak, yaitu pengamat mengemudikan kendaraan survei di dalam arus lalu lintas dan mencatat waktu tempuhnya.(Tamin, 2000)

2.4.14. Nilai Waktu

Nilai waktu adalah sejumlah uang yang disediakan seseorang untuk dikeluarkan (atau dihemat) untuk menghemat satu unit waktu perjalanan. Nilai waktu biasanya sebanding dengan pendapatan per kapita, merupakan perbandingan yang tetap dengan tingkat pendapatan. Ini didasari asumsi bahwa waktu perjalanan tetap konstan sepanjang waktu, relatif terhadap pengeluaran konsumen.(Tamin, 2000)

Beberapa studi telah dilakukan untuk mengukur nilai waktu. Cambridge Systematics (1977) memperkirakan bahwa nilai waktu kendaraan untuk perjalanan komuter di Los Angeles bagi perjalanan non bisnis adalah 72% dari pendapatan mereka. MVA Consultant (1987) memperkirakan bahwa nilai waktu untuk komuter di Inggris berkisar antara 22% sampai dengan 55% dari pendapatan kotor untuk yang memiliki gaji tinggi dan diatas 100% untuk yang memiliki gaji rendah. Hensher (1989) memperkirakan bahwa nilai waktu bagi komuter di Australia adalah 28% dari pendapatan kotor mereka. Small (1992) merangkum dan melakukan penelitian lain dan akhirnya menyimpulkan bahwa “rata-rata nilai waktu yang masuk akal pada perjalanan ke tempat kerja adalah 50% dari tingkat pendapatan kotor”.

Sampai saat ini, belum didapatkan besaran nilai waktu yang berlaku untuk Indonesia. Tabel berikut menampilkan besaran nilai waktu beberapa kajian yang pernah dilakukan.

Tabel 2.1: Nilai waktu setiap golongan kendaraan (Tamin, 2000)

Rujukan	Nilai waktu (Rp/jam/kendaraan)		
	Golongan I	Golongan IIA	Golongan IIB
Pt. Jasa Marga (1990-1996)	12.287	18.534	13.768
Padalarang – Cileunyi (1996)	3.385-5.425	3.827-38.344	5.716
Semarang (1996)	3.411-6.221	14.541	1.506
Ihcm (1995)	3.281	18.212	4.971
Pci (1979)	1.341	3.827	3.152
JIUTR Northern Extension (PCI, 1989)	7.067	14.670	3.659
Surabaya – Mojokerto (JICA, 1991)	8.880	7.960	7.980

Beberapa modifikasi dilakukan dengan memilih nilai waktu yang terbesar antara nilai waktu dasar yang dikoreksi menurut lokasi dengan nilai waktu minimum.

- Nilai waktu = maksimum { $(k \times \text{nilai waktu dasar})$, nilai waktu minimum}

Tabel di bawah merangkum nilai waktu minimum yang digunakan yang diperoleh berdasarkan beberapa faktor koreksi.

Tabel 2.2: Nilai waktu minimum (Rupiah/Jam/Kendaraan) (Tamin, 2000)

No	Kabupaten/kodya	Jasa marga			JIUTR		
		Gol I	Gol IIA	Gol IIB	Gol I	Gol IIA	Gol IIB
1.	DKI – Jakarta	8.200	12.369	9.188	8.200	17.022	4.246
2.	Selain DKI – Jakarta	6.000	9.051	6.723	6.000	12.455	3.107

Dengan demikian, nilai waktu yang berlaku untuk DKI-Jakarta, khususnya bagi kendaraan yang menggunakan jalan tol adalah sebesar Rp. 8.200,00 per kendaraan per jam untuk golongan I dan Rp. 12.369,00 per kendaraan per jam untuk golongan IIA serta Rp. 9.188 per kendaraan per jam untuk golongan IIB dan nilai waktu rata-rata minimum sebesar Rp. 8.287,00 per kendaraan per jam.(Tamin, 2000)

2.4.15. Hubungan Antara Sistem Pengumpulan Elektronik Dengan Pergerakan

Sebab terjadinya pergerakan dapat dikelompokkan berdasarkan maksud perjalanan. Biasanya maksud perjalanan dikelompokkan sesuai dengan ciri dasarnya, yaitu yang berkaitan dengan ekonomi, sosial, budaya, pendidikan dan agama. Jika ditinjau lebih jauh lagi akan dijumpai kenyataan bahwa lebih dari 90% perjalanan berbasis tempat tinggal, artinya mereka memulai perjalanannya dari tempat tinggal (rumah) dan mengakhiri perjalanannya kembali ke rumah.(Tamin, 2000)

Tabel 2.3: Hubungan Aktifitas Dan Klasifikasi Perjalanan (Tamin, 2000)

Aktivitas	Klasifikasi Perjalanan
<p>I. EKONOMI</p> <p>A. Mencari nafkah</p> <p>B. Mendapatkan barang dan pelayanan</p>	<p>1. Ke dan dari tempat kerja</p> <p>2. Yang berkaitan dengan bekerja</p> <p>3. Ke dan dari toko dan keluar untuk keperluan pribadi yang berkaitan dengan belanja atau bisnis pribadi</p>
<p>II. SOSIAL</p> <p>Menciptakan, menjaga hubungan pribadi</p>	<p>1. Yang dan dari rumah teman</p> <p>2. Ke dan dari tempat pertemuan bukan di rumah</p>
<p>III. PENDIDIKAN</p>	<p>Ke dan dari sekolah, kampus dan lain-lain</p>
<p>IV. REKREASI DAN HIBURAN</p>	<p>1. Ke dan dari tempat rekreasi</p> <p>2. Yang berkaitan dengan perjalanan dan berkendara untuk rekreasi</p>
<p>V. KEBUDAYAAN</p>	<p>1. Ke dan dari tempat ibadah</p> <p>2. Perjalanan bukan hiburan ke dan dari daerah budaya serta pertemuan politik</p>

Perjalanan ke tempat kerja atau dengan maksud bekerja biasanya merupakan perjalanan yang dominan, dan karena itu sangat penting diamati secara cermat. Karena pola kerja biasanya dimulai jam 08.00 dan berakhir pada jam 16.00, maka waktu perjalanan untuk maksud perjalanan kerja biasanya mengikuti pola kerjanya. Dalam hal ini kita dapati bahwa pada pagi hari, sekitar jam 06.00 sampai dengan jam 08.00 dijumpai begitu banyak perjalanan untuk tujuan bekerja dan pada sore hari sekitar jam 16.00 sampai dengan jam 18.00 dijumpai banyak perjalanan dari tempat kerja ke rumah masing-masing.

Karena dominannya kedua waktu tersebut, maka menghasilkan waktu jam puncak. Disamping kedua jam puncak tersebut dijumpai pula waktu lainnya, yaitu sekitar jam 12.00 sampai jam 14.00 pada saat itu para pekerja pergi untuk makan siang dan kembali lagi ke kantornya masing-masing. Tentu saja jumlah perjalanan

yang dilakukan pada siang hari ini tidak sebanyak pada pagi atau sore hari mengingat makan siang dapat dilakukan di kantor atau di kantin sekitar kantor.(Tamin, 2000)

2.5. Pengertian Waktu Pelayanan

Terdapat beberapa cara untuk mendefinisikan waktu pelayanan, hal itu tergantung pada apa yang sedang dilayani. Pelayanan berarti memberikan suatu kepuasan bagi si penerima jasa sebagai imbalan dari apa yang si penerima jasa berikan kepada pemberi jasa.

Waktu pelayanan adalah waktu yang diberikan dalam melayani penerima jasa secara efektif dan efisien, dengan waktu yang cepat dan tepat penerima jasa akan merasa puas.

Pertambahan volume lalu lintas yang memakai jalan tol akan menuntut pelayanan yang handal dari jalan tol tersebut sebagai imbalan dari sejumlah uang/tol yang mereka berikan. Target yang menjadi sasaran pelayanan jasa jalan tol terhadap pemakai jasa adalah kelancaran, keamanan dan kenyamanan. Untuk dapat mencapai sasaran tersebut, ditetapkan bahwa sebagai tolak ukur operasiaonalnya adalah berupa waktu pelayanan gardu, waktu tempuh jalan tol, tingkat kelancaran, tingkat fasilitas, tingkat keluhan pelanggan dan standar kerataan jalan.

Dalam hal ini dari pihak pemberi jasa harus mampu memberikan pelayanan prima kepada pemakai jasa jalan tol dengan mengetahui apa yang diinginkan oleh pemakai jalan tol. Kelancaran jalan tol dapat menggambarkan bagaimana sebenarnya peran jalan tol dalam menunjang sistem transportasi dan sektor ekonomi. (Sodikin, Bambang Riyanto, 2006)

2.5.1. Pelayanan Jalan Tol

Pelayanan jalan tol terbagi atas tiga, yaitu:

1. Pelayanan Transaksi

Pelayanan transaksi terlihat jelas pada pengumpul tol karena langsung berhadapan dengan pengemudi. Jadi dengan adanya dinamika dan perkembangan tututan dari pemakai jalan tol maka perlu diberikan image yang baik kepada masyarakat

mengenai pelayanan saat melakukan transaksi. Pengumpul tol gerbang tol merupakan ujung tombak pelayanan jalan tol. Citra pelayanan di gerbang tol merupakan cerminan dari sebagian besar dari pelayanan yang diberikan.

2. Pelayanan Lalu Lintas

Pelayanan lalu lintas yang dilakukan terhadap kendaraan yang melalui jalan tol. Pelayanan ini dapat dilihat dari kejadian-kejadian yang terjadi sepanjang jalantol. Misalnya menurunkan angka kecelakaan pada jalan tol. Disediakkannya fasilitas patroli, ambulans, pemadam kebakaran, dan kendaraan rescue yang dapat digunakan pada saat pengguna jalan tol mengalami kesulitan. Juga penanggulangan wabah longsor/banjir yang terjadi pada beberapa bagian jalan tol.

3. Pelayanan Terhadap Pemeliharaan

Pelayanan terhadap pemeliharaan dikelompokkan dalam tiga kategori, yaitu pemeliharaan rutin, pemeliharaan periodik, dan pemeliharaan khusus. Pemeliharaan rutin dilakukan setiap waktu-waktu tertentu terhadap seluruh aset jalan tol.(Sodikin, Bambang Riyanto, 2006)

2.6. Deskripsi Wilayah Penelitian

Pembangunan jalan tol Belmera dimulai tahun 1980 atas persetujuan Gubernur KDH Tingkat I Sumatera Utara No. 144 Tahun 1980 tanggal 17 Juni 1980. Jalan tol Belmera selesai dibangun tahun 1986 dan resmi beroperasi tanggal 15 Desember 1986.

Untuk mengelola Jalan tol Belmera dibentuk suatu cabang PT. Jasa Marga yang bertugas sebagai penyelenggara tata laksana operatif pengumpul tol dan pelayanan pemakai jalan.

Tujuan pembangunan jalan tol Belmera adalah :

1. Untuk mewujudkan pemerataan pembangunan dan hasil-hasilnya serta keseimbangan dalam pengembangan wilayah dengan memperhatikan keadilan yang dapat dicapai dengan cara membina jaringan jalan yang dananya berasal dari pemakai jalan.
2. Menampung kepadatan lalu lintas pada jalan lama yang merupakan jalan penghubung satu-satunya antara Belawan – Medan – Tanjung Morawa, dimana tahun demi tahun menunjukkan pertumbuhan yang cukup tinggi

sehingga hampir di sepanjang jalan sering terjadi kemacetan lalu lintas. Dengan demikian tingkat pelayanan jalan lama Belawan – Medan sangat rendah.

3. Untuk meningkatkan efisiensi pelayanan jasa distribusi guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi terutama di wilayah yang sudah tinggi tingkat perkembangannya.

Peranan jalan tol Belmera untuk perkembangan pembangunan adalah:

- a. Untuk melayani jasa distribusi utama yang mempunyai spesifikasi bebas hambatan agar dicapai tingkat efisiensi yang maksimal dalam pembangunan sumber daya.
- b. Sebagai pemacu pengembangan wilayah untuk mewujudkan keseimbangan antar daerah.

Pembangunan jalan tol harus memenuhi kriteria tertentu. Adapun syarat-syarat jalan tol adalah sebagai berikut:

1. Jalan tol harus merupakan alternatif lintas jalan umum/arteri yang ada dan pada dasarnya merupakan jalan baru.
2. Jalan tol harus didesign berdasarkan kecepatan 80 ± 20 km/jam.
3. Jumlah jalan masuk ke jalan tol dibatasi secara efisien dan didesain sedemikian rupa sehingga semua jalan masuk terkendali.
4. Spesifikasi jalan tol:
 - Tidak ada persilangan sebidang dengan jalan lain atau prasarana transportasi lain.
 - Sekurang-kurangnya terdiri dari dua lajur untuk masing-masing arah.
 - Lebar bahu jalan yang cukup untuk digunakan sebagai jalur darat.
5. Pada setiap jalan tol dilakukan pemagaran untuk keselamatan lalu lintas jalan tol. Pada tempat-tempat yang diperlukan dibangun jembatan/terowongan penyeberangan orang dan hewan.
6. Pada setiap jalan tol harus tersedia sarana komunikasi, sarana deteksi pengaman atau pelayanan lalu lintas yang memungkinkan pertolongan dengan segera ke tempat kejadian, serta upaya pengaman terhadap pelanggaran, kecelakaan dan gangguan keamanan lainnya.



Gambar 2.7: Peta Jalan Tol BELMERA

2.6.1. Gerbang Tol BELMERA

Gerbang tol berfungsi sebagai jalan masuk (tempat pengambilan tiket/*entran*) dan jalan keluar (tempat pembayaran tarif tol/*exit*) lalu lintas kendaraan yang menggunakan fasilitas jalan tol Belawan – Medan – Tanjung Morawa. Gerbang tol tersebut dimulai dari Sta 04 + 000 (Gerbang tol Belawan) sampai Sta 34 + 000 (Gerbang tol Tanjung Morawa) yang terdapat pada enam lokasi, yakni :

1. Gerbang Tol Belawan (Sta 04 + 000)
2. Gerbang Tol Medan Barat (Sta 11 + 500)

- 3. Gerbang Tol Tanjung Mulia (Sta 14 + 000)
- 4. Gerbang Tol Bandar Selamat (Sta 22 + 000)
- 5. Gerbang Tol Amplas (Sta 28 + 000)
- 6. Gerbang Tol Tanjung Morawa (Sta 34 + 000)

Gerbang tol Belmera terdiri dari tiga tipe, yakni :

1. Tipe *Barrier*

Gerbang tol Belmera yang menggunakan tipe *barrier* adalah gerbang tol Belawan, gerbang tol Tanjung Mulia, gerbang tol Tanjung Morawa, dimana arah masuk dan keluar gardu pada satu tempat.

2. Tipe *1/2 Diamond*

Gerbang tol Belmera yang menggunakan tipe *1/2 Diamond* adalah gerbang tol Mabar, dimana arah masuk dengan arah keluar untuk dua arah.

3. Tipe *Full Diamond*

Gerbang tol Belmera yang menggunakan tipe *full diamond* adalah gerbang tol Badar Selamat.

2.6.2. Gardu Tol BELMERA

Gardu merupakan loket yang dipergunakan untuk mengadakan transaksi antara pengumpul tol dengan pemakai jasa jalan tol. Jumlah gardu yang ada disesuaikan dengan luas jalur perkerasan jalan tol. Banyaknya gardu tol yang dioperasikan/dibuka disesuaikan dengan *shift* yang telah ditetapkan, namun apabila volume kendaraan lebih banyak daripada yang diduga maka gardu dibuka lebih banyak melayani kendaraan yang datang.

Tabel 2.4: Jumlah Lajur dan Gardu Gerbang Tol Belmera (PT. Jasa Marga)

No Gerbang	Jumlah lajur				Jumlah gardu tersedia			
	Ent	Ext	Rev	Jlh	Ent	Ext	Tande m	Jlh
1. Belawan	4	6	3	13	7	9	0	16
2. Mabar	2	2	2	6	4	4	0	8
3. Tanjung Mulia	1	2	1	4	2	3	1	6

Tabel 2.4: *lanjutan*

4. Bandar Selamat	4	4	0	8	4	4	0	8
5. Amplas	2	2	0	4	2	2	0	4
6. Tanjung Morawa	2	3	0	5	2	3	1	6

Tabel 2.5: Jumlah Lajur dan Gardu Gerbang Tol Belmera (PT. Jasa Marga)

No Gerbang	Jumlah Gardu Operasional								Jlh. Gardu Operasi
	Shift 1		Shift 2		Shift 3		Total		
	Ent	Ext	Ent	Ext	Ent	Ext	Ent	Ext	
1. Belawan	4	6	3	13	7	9	0	16	13
2. Mabar	2	2	2	6	4	4	0	8	13
3. Tanjung Mulia	1	2	1	4	2	3	1	6	11
4. Bandar Selamat	4	4	0	8	4	4	0	8	15
5. Amplas	2	2	0	4	2	2	0	4	11
6. Tanjung Morawa	2	3	0	5	2	3	1	6	12

2.6.3. Dana Pembangunan Jalan Tol BELMERA

Biaya pembangunan jalan tol Belawan – Medan – Tanjung Morawa (BELMERA) sebesar Rp.94,479 milyar, yang berasal dari bantuan negara Kuwait dan Jerman ditambah dari pemerintah RI. Besarnya dana yang dipinjamkan dari Kuwait sebesar 4 juta Dinar Kuwait, pinjaman ini disetujui tanggal 1 Agustus 1979, sedangkan 49 juta DM dipinjamkan dari Jerman, disetujui tahun 1982.

2.6.4. Penentuan Tarif Tol

Tarif tol ditentukan dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Penghematan biaya operasi

Biaya operasi kendaraan sangat dipengaruhi oleh waktu perjalanan. Terjadinya kemacetan-kemacetan lalu lintas mengakibatkan naiknya operasi kendaraan, karena bahan bakar yang dipakai menjadi tidak efisien. Unsur waktu

juga menjadi bahan pertimbangan, karena setiap pemakai jalan mengartikan secara tersendiri nilai waktu yang digunakan. Ketidak lancarannya akan memperpanjang waktu.

2. Keuntungan bagi pengguna

Besarnya tol menguntungkan pemakai jalan dan dapat menghasilkan untung sebesar mungkin.

Pemakai jalan mempunyai keuntungan dari segi penghematan biaya operasi perjalanan bila dibandingkan dengan melewati jalan lama atau keuntungan dari segi waktu yang dihemat. Keuntungan yang diraih pemakai jalan harus dicapai, sementara keuntungan pemilik pengelola jalan tol juga harus terpenuhi. Tarif tol sebagai akibat pertimbangan pemakai jalan dan pemilik berada pada keuntungan sama dan tidak merugikan salah satu pihak yang berlangsung pada jalan tol.

Dalam Undang-Undang RI No.13 Tahun 1980, disebutkan :

Tarif tol harus lebih rendah dari biaya operasi kendaraan di jalan lama dikurangi biaya operasi kendaraan di jalan baru (tol). Tarif tol adalah sebagai berikut :

Tarif tol $< (BOK_{lama} - BOK_{baru})$.

Penggolongan kendaraan dan tarif tol yang berlaku pada jalan Tol Belmera sejak Juli 1992, sesuai dengan Keputusan Presiden RI No. 36 Tahun 1992, yaitu

- Golongan I :
Sedan, Jeep, Pick up, Mini bus, Truk kecil
- Golongan II A :
Truk besar dan Bus besar dengan 2 (dua) gandar
- Golongan II B :
Truk besar dan Bus besar dengan 3 (tiga) gandar atau lebih

Berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 370/KPTS/M/2007 Tentang Penetapan Jenis Kendaraan Bermotor dan Besarnya Tarif Tol pada Ruas Jalan Tol, golongan jenis kendaraan bermotor pada jalan tol yang sudah beroperasi, yaitu :

- Golongan I : Sedan, Jip, Pick up/Truk kecil, dan Bus
- Golongan II : Truk dengan 2 (dua) gandar
- Golongan III : Truk dengan 3 (tiga) gandar
- Golongan IV : Truk dengan 4 (empat) gandar

- Golongan V : Truk dengan 5 (lima) gandar atau lebih

Tarif tol yang dikenakan adalah sesuai dengan jenis kendaraan dan jarak yang ditempuh oleh kendaraan tersebut.

2.6.5. Perhitungan Volume Lalu Lintas di Lapangan

Jumlah kendaraan yang dihitung adalah jumlah kendaraan yang keluar dari tiap-tiap pintu gerbang tol (dihitung tiap bulan). Dalam menghitung jumlah kendaraan yang keluar dari pintu gerbang, PT. Jasa Marga menggunakan :

1. Catatan Transaksi

Kendaraan didata/dihitung pada setiap gardu keluar yang dicatat berdasarkan karcis masuk dari arah mana dan jenis golongan kendaraannya. Penggunaan karcis dari kertas pencatatannya dilakukan secara manual sedangkan penggunaan karcis magnetik pencatatannya secara otomatis.

2. Loop Detektor

Loop detektor merupakan alat penghitung yang menggunakan sistem magnetik yang dipasang pada setiap gardu keluar jalan tol. Volume lalu lintas yang didata dikelompokkan berdasarkan arah pergerakan kendaraan serta golongan kendaraan yang didata setiap bulan.

Dari hasil pengelompokan tersebut maka dapat dihitung :

- a. Volume lalu lintas jalan untuk tiap-tiap bulan pada semua ruas
- b. Volume lalu lintas total selama satu tahun untuk tiap-tiap golongan
- c. Besarnya kilometer kendaraan (diperoleh dengan cara mengalikan volume lalu lintas total dengan panjang jalan yang ditinjau)

2.6.6. Sistem Transaksi Jalan Tol

Untuk pelaksanaan transaksi dari pemakai jalan tol dikenal 2 (dua) sistem:

1. Sistem Transaksi Tertutup

Di gardu masuk (entrance) pengemudi mengambil tiket (karcis) dan akan membayar tol pada gardu keluar (exit) sesuai dengan jarak yang ditempuh. Dengan sistem ini kemampuan menampung masuknya kendaraan di gardu masuk besar tetapi di gardu keluar pemakai jalan harus lebih lama berhenti karena ada proses penyerahan tiket dan membayar tol serta menerima tiket

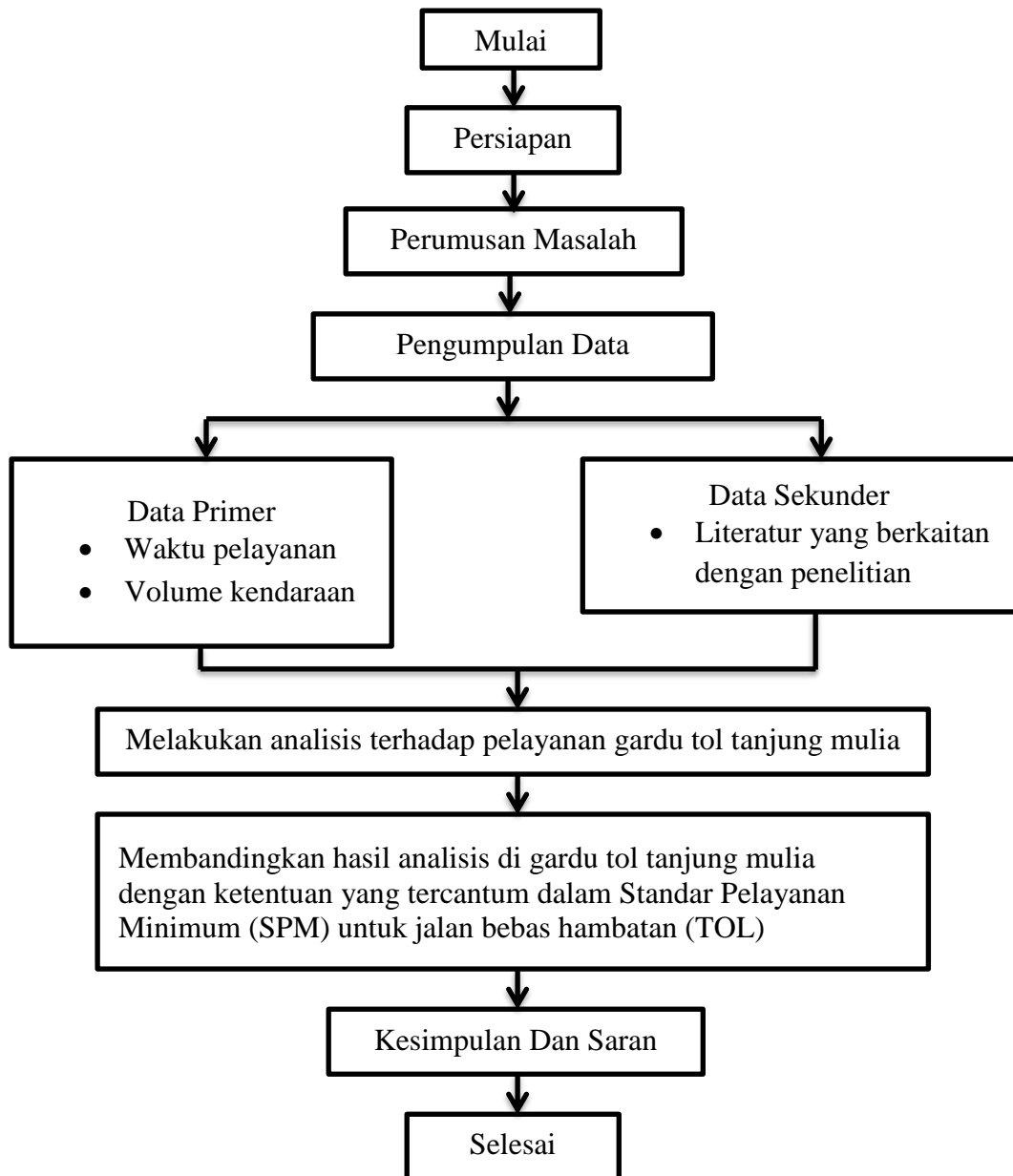
kembali sehingga lebih kecil kemampuan melewatkan kendaraan pada gerbang keluar. Sistem transaksi tertutup diterapkan pada sistem transaksi perseksi (sectional tarif system) yaitu setiap pemakai jalan dikenakan tarif tol untuk setiap pemakai seksi sesuai dengan panjang jalan tertentu yang ditempuh.

2. Sistem Transaksi Terbuka

Pada gardu masuk pemakai jalan langsung membayar tarif tol dan di gardu keluar langsung lewat. Dengan sistem ini kemampuan menampung masuknya kendaraan di gardu masuk kecil, jadi yang harus diatasi adalah banyaknya pemakai jalan yang mengantri di gardu masuk untuk membayar dan menerima tiket. Sistem transaksi terbuka ini diterapkan pada sistem tarif pukol rata (flat tarif system) yaitu setiap pemakai jalan dikenakan tarif yang sama tanpa memperhatikan jarak yang ditempuh.(Hutahaean, 2007)

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian

3.2. Umum

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Secara umum data yang telah diperoleh dari penelitian dapat digunakan untuk memahami, memecahkan dan mengantisipasi masalah. Memahami berarti memperjelas suatu masalah atau informasi yang tidak diketahui dan selanjutnya menjadi tahu, memecahkan berarti meminimalkan atau menghilangkan masalah dan mengantisipasi berarti mengupayakan agar masalah tidak terjadi. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif analitis yaitu penelitian yang bukan bersifat eksperimen dan dimaksudkan untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan berupa data primer dan data sekunder yang berkaitan dengan penelitian, kemudian data-data tersebut akan dilanjutkan dengan proses analisis. Deskripsi berarti pemaparan (identifikasi) masalah-masalah yang ada, sedangkan analisis berarti data yang dikumpulkan mula-mula disusun, dijelaskan dan dianalisis.

3.3. Tempat Dan Waktu Penelitian

Adapun beberapa tempat dan waktu penelitian yang akan dilakukan dalam survei ini, yaitu:

3.3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di gerbang tol Tanjung Mulia sebagaimana lokasi tersebut yang telah di pilih untuk menjadi bahan penelitian didalam judul tugas akhir ini.

3.3.2. Waktu penelitian

Waktu penelitian untuk melakukan pengambilan data pada gerbang tol Tanjung Mulia di lakukan pada saat jam sibuk (*peak hour*) dengan asumsi waktu jam sibuk dimulai pukul 07:00-09:00, 12:00-13:00, 17:00-18:00.

3.4. Metode Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan untuk penelitian langsung di ambil di lapangan dengan mengadakan survei lapangan. Survei dilakukan di gerbang tol yang

dijadikan objek penelitian yaitu gerbang tol Tanjung Mulia. Pengambilan data dilakukan pada gardu *exit* (keluar) yang sedang beroperasi.

Waktu pelayanan dihitung menggunakan stopwatch, dan mulai dihitung ketika pengemudi menyerahkan uang dan karcis tol sampai petugas mengembalikan uang kembali dan bukti tol kepada mengemudi.

Untuk pengambilan data dan tingkat kedatangan dilakukan dengan menghitung jumlah kendaraan yang datang per 15 menit. Sedangkan untuk pengambilan data panjang antrian dilakukan pengukuran panjang antrian yang terjadi sesaat setelah kendaraan berada tepat di depan gardu untuk melakukan transaksi.

3.4.1. Pengambilan Data Primer

Pengambilan data primer dilakukan langsung dilapangan dengan mengadakan survei lapangan. Survei dilakukan pada tiap gardu keluar yang beroperasi di gerbang tol Tanjung Mulia. Data-data yang di ambil dalam sewaktu melakukan survei adalah :

- Waktu pelayanan (*service time*), dilakukan pada saat kendaraan berhenti di depan gardu (loket) untuk mengadakan transaksi (saat pembayaran tol sedang berlangsung) sampai kendaraan tersebut bergerak meninggalkan gardu.
- Tingkat kedatangan, dilakukan dengan menghitung jumlah kendaraan yang datang dalam tiap menit.

3.4.2. Data Sekunder

Pengambilan data sekunder, diperoleh dari literatur-literatur yang berhubungan dengan tugas akhir ini.

3.4.3. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan merupakan survei skala kecil, tetapi sangat penting agar survei sesungguhnya dapat berjalan dengan lancar, efektif, dan efisien. Survei pendahuluan ini meliputi:

1. Penentuan lokasi survei dan pengenalan lapangan

Pengenalan lokasi survei bertujuan untuk mengenal karakteristik dari lokasi dengan tujuan agar pelaksana survei dapat lebih mengetahui lokasi ketika survei mulai dilakukan.

2. Penentuan waktu survei

Pelaksanaan survei dilaksanakan pada saat jam sibuk aktivitas, hal tersebut dikarenakan pada saat jam sibuk sangat cocok dilakukan survei karena dapat mengetahui kapasitas dari gerbang tol tersebut.

3. Pengecekan form survei

Pengecekan form survei bertujuan agar pada saat survei utama surveyor tidak mengalami kesulitan dalam mengisi formulir survei. Kelengkapan form survei seperti. Nama gerbang tol, nomor pintu tol yang dilakukan survei, golongan kendaraan.

BAB 4

ANALISA DATA

4.1. Perhitungan Tingkat Kedatangan (*Arrival Rate*)

Dari data hasil survey *arrival rate* pada gerbang tol Tanjung Mulia, diketahui bahwa arus pergerakan terbesar (λ) adalah 1064 kendaraan/jam.

Perhitungan *arrival rate*

Tempat : Gerbang tol Tanjung Mulia

Tanggal/hari : Rabu, 23 Januari 2019

Waktu : 08.00-09.00, 09.00-10.00 12.00-13.00,17.00-18.00

Tabel 4.1: Data Survei Tingkat Kedatangan Gerbang Tol Tanjung Mulia

No	Jam	Jumlah Kendaraan
1	08.00-09.00	1144
2	09.00-10.00	1087
3	12.00-13.00	903
4	17.00-18.00	1120
TOTAL		4254

$$\lambda = \frac{4254}{4} = 1063.5 \approx 1064 \text{ kendaraan / jam}$$

4.2. Perhitungan Waktu Pelayanan (*Service Time*)

Dari data *service time* pada Gerbang Tol Tanjung Mulia dengan 3 gardu diperoleh waktu transaksi rata – rata berikut:

Tabel 4.2: Data survey perhitungan waktu pelayanan

Gardu	Waktu pelayanan rata-rata (detik)
02	2,44
04	3,52
06	4,21

Dengan waktu pelayanan yang diperoleh dari hasil survei dilapangan, perlu diperhitungkan juga kondisi ideal waktu pelayanan pada suatu gerbang tol agar tercapainya optimalisasi kinerja waktu pelayanan pada satu gerbang tol. Kondisi ideal waktu pelayanan (WP) yang dibutuhkan pada suatu gerbang tol, diperhitungkan dari arus pergerakan terbesar (λ), maka waktu pelayanan yang ideal pada gerbang tol Tanjung Mulia dapat diketahui, yaitu:

$$\lambda = 1064 \text{ kendaraan/jam}$$

$$N = 3$$

$$r = \frac{1064}{3}$$

Diperoleh : $r = 354.6 \approx 355$ kendaraan/jam

Jadi waktu pelayanan yang dibutuhkan adalah

$$WP = \frac{3600}{355}$$

$$WP = 10.14 \text{ detik/kendaraan}$$

Dari tingkat kedatangan $\lambda = 1064$ kendaraan/jam, diperoleh bahwa kondisi ideal waktu pelayanan pada gerbang tol Tanjung Mulia 11 detik perkendaraan, sedangkan dari hasil survei diperoleh waktu pelayanan rata-rata 4 detik perkendaraan.

4.3. Perhitungan Jumlah Pintu Gerbang (Gardu)

Dengan data hasil survey arrival pada gerbang tol Tanjung Mulia, dalam mengendalikan arus pergerakan yang besar dan waktu pelayanan yang sangat singkat, diperhitungkan jumlah gardu yang akan dibutuhkan agar tercapai optimalisasi kinerja pada suatu gerbang tol.

1. Perhitungan gardu tol dengan menggunakan (WP) = 4 detik/kendaraan

dengan $\lambda = 1064$ kendaraan/jam ; $WP = 4$ detik

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

$$\mu = \frac{3600}{4} = 900$$

$$N = 3$$

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

$$\rho = \frac{1064/3}{900} = 0.394 < 1$$

(Dengan $\rho < 1$, berarti tidak akan terjadi antrian kendaraan yang panjang)

Maka dengan kondisi tersebut didapat :

- ✓ Jumlah gardu tol (N) yang dibutuhkan adalah $N = 3$ gardu tol.
- ✓ Dengan waktu pelayanan (WP) 4 detik/ kendaraan, jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 3 gardu tol.

2. Perhitungan gardu tol dengan menggunakan (WP) = 5 detik/kendaraan

dengan $\lambda = 1064$ kendaraan/jam ; $WP = 5$ detik

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

$$\mu = \frac{3600}{5} = 720$$

$$N = 3$$

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

$$\rho = \frac{1064/3}{720} = 0.492 < 1$$

(Dengan $\rho < 1$, berarti tidak akan terjadi antrian kendaraan yang panjang)

Maka dengan kondisi tersebut didapat :

- ✓ Jumlah gardu tol (N) yang dibutuhkan adalah $N = 3$ gardu tol.
- ✓ Dengan waktu pelayanan (WP) 5 detik/ kendaraan, jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 3 gardu tol.

3. Perhitungan gardu tol dengan menggunakan (WP) = 6 detik/kendaraan

dengan $\lambda = 1064$ kendaraan/jam ; $WP = 6$ detik

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

$$\mu = \frac{3600}{6} = 600$$

$$N = 3$$

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

$$\rho = \frac{1064/3}{600} = 0.591 < 1$$

(Dengan $\rho < 1$, berarti tidak akan terjadi antrian kendaraan yang panjang)

Maka dengan kondisi tersebut didapat :

- ✓ Jumlah gardu tol (N) yang dibutuhkan adalah $N = 3$ gardu tol.
- ✓ Dengan waktu pelayanan (WP) 6 detik/ kendaraan, jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 3 gardu tol.

4. Perhitungan gardu tol dengan menggunakan (WP) = 7 detik/kendaraan

dengan $\lambda = 1064$ kendaraan/jam ; $WP = 7$ detik

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

$$\mu = \frac{3600}{7} = 514$$

$$N = 3$$

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

$$\rho = \frac{1064/3}{514} = 0.690 < 1$$

(Dengan $\rho < 1$, berarti tidak akan terjadi antrian kendaraan yang panjang)

Maka dengan kondisi tersebut didapat :

- ✓ Jumlah gardu tol (N) yang dibutuhkan adalah $N = 3$ gardu tol.
- ✓ Dengan waktu pelayanan (WP) 7 detik/ kendaraan, jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 3 gardu tol.

5. Perhitungan gardu tol dengan menggunakan (WP) = 8 detik/kendaraan

dengan $\lambda = 1064$ kendaraan/jam ; $WP = 8$ detik

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

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

$$N = 3$$

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

$$\rho = \frac{1064/3}{450} = 0.788 < 1$$

(Dengan $\rho < 1$, berarti tidak akan terjadi antrian kendaraan yang panjang)

Maka dengan kondisi tersebut didapat :

5. Jumlah gardu tol (N) yang dibutuhkan adalah $N = 3$ gardu tol.
6. Dengan waktu pelayanan (WP) 8 detik/ kendaraan, jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 3 gardu tol.

6. Perhitungan gardu tol dengan menggunakan (WP) = 9 detik/kendaraan

dengan $\lambda = 1064$ kendaraan/jam ; $WP = 9$ detik

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

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

$$N = 3$$

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

$$\rho = \frac{1064/3}{400} = 0.886 < 1$$

(Dengan $\rho < 1$, berarti tidak akan terjadi antrian kendaraan yang panjang)

Maka dengan kondisi tersebut didapat :

- ✓ Jumlah gardu tol (N) yang dibutuhkan adalah $N = 3$ gardu tol.
- ✓ Dengan waktu pelayanan (WP) 9 detik/ kendaraan, jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 3 gardu tol.

7. Perhitungan gardu tol dengan menggunakan (WP) = 10 detik/kendaraan

dengan $\lambda = 1064$ kendaraan/jam ; $WP = 10$ detik

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

$$\mu = \frac{3600}{10} = 360$$

$$N = 3$$

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

$$\rho = \frac{1064/3}{360} = 0.985 < 1$$

(Dengan $\rho < 1$, berarti tidak akan terjadi antrian kendaraan yang panjang)

Maka dengan kondisi tersebut didapat :

- ✓ Jumlah gardu tol (N) yang dibutuhkan adalah $N = 3$ gardu tol.
- ✓ Dengan waktu pelayanan (WP) 10 detik/ kendaraan, jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 3 gardu tol.

8. Perhitungan gardu tol dengan menggunakan (WP) = 11 detik/kendaraan

dengan $\lambda = 1064$ kendaraan/jam ; $WP = 11$ detik

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

$$\mu = \frac{3600}{11} = 327$$

$$N = 3$$

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

$$\rho = \frac{1064/3}{327} = 1.084 > 1$$

(Dengan $\rho > 1$, berarti akan terjadi antrian kendaraan yang panjang)

- ✓ Maka jumlah gardu tol yang sesuai dengan tingkat kedatangan yang ada sehingga tidak akan terjadi antrian yang sangat panjang adalah sebagai berikut :

$$\frac{1064/N}{327} < 1$$

$$N > 3.25$$

$$N = 4$$

- ✓ Dengan waktu pelayanan (WP) 11 detik/ kendaraan, jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 4 gardu tol.

4.4. Perhitungan Antrian pada Pintu Tol (Antrian FIFO)

1. Perhitungan Gardu Tol dengan menggunakan (WP) = 4 detik/kendaraan

Pendekatan (Stasiun Berganda)

Diketahui : $\mu = 900$

$$\lambda = 1064$$

$$N = 3$$

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

$$\bar{n} = \frac{1064/3}{900 - (1064/3)} = 0.650 = 1 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{q} = \frac{(1064/3)^2}{900(900 - (1064/3))} = 0.256 = 1 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{d} = \frac{1}{900 - (1064/3)} \times 3600 = 6.60 = 7 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} \times 3600$$

$$\bar{w} = \frac{(1064/3)}{900(900 - (1064/3))} \times 3600 = 2.601 = 3 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan sistem berganda secara tabel sebagai berikut:

Tabel 4.3: Perhitungan Antrian dengan Waktu Pelayanan (WP) 4 detik

Jumlah pintu tol N	Kendaraan/jam μ	Kendaraan μ	Dalam meter n	Kendaraan Q	Dalam meter q	Detik D	Detik w
2	900	1.44	5.76	0.854	3.416	9.78	5.78
3	900	0.650	2.6	0.256	1.024	6.60	2.60
4	900	0.419	1.676	0.124	0.496	5.67	1.67
5	900	0.309	1.236	0.073	0.292	5.23	1.23

$\lambda = 1064$ kendaraan/jam

2. Perhitungan Gardu Tol dengan menggunakan (WP) = 5 detik/kendaraan

Pendekatan (Stasiun Berganda)

Diketahui : $\mu = 720$

$$\lambda = 1064$$

$$N = 3$$

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

$$\bar{n} = \frac{1064/3}{720 - (1064/3)} = 0.970 = 1 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{q} = \frac{(1064/3)^2}{720(720 - (1064/3))} = 0.478 = 1 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{d} = \frac{1}{720 - (1064/3)} \times 3600 = 9.85 = 10 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} \times 3600$$

$$\bar{w} = \frac{(1064/3)}{720(720 - (1064/3))} \times 3600 = 4.85 = 5 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan sistem berganda secara tabel sebagai berikut:

Tabel 4.4: Perhitungan Antrian dengan Waktu Pelayanan (WP) 5 detik

Jumlah pintu tol N	Kendaraan/jam μ	Kendaraan μ	Dalam meter n	Kendaraan Q	Dalam meter Q	Detik D	Detik w
2	720	2.829	11.316	2.090	8.36	19.14	14.14
3	720	0.970	3.88	0.478	1.912	9.85	4.85
4	720	0.585	2.34	0.216	0.864	7.92	2.92
5	720	0.419	1.676	0.124	0.496	7.09	2.09

$\lambda = 1064$ kendaraan/jam

3. Perhitungan Gardu Tol dengan menggunakan (WP) = 6 detik/kendaraan

Pendekatan (Stasiun Berganda)

Diketahui : $\mu = 600$

$$\lambda = 1064$$

$$N = 3$$

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

$$\bar{n} = \frac{1064/3}{600 - (1064/3)} = 1.445 = 2 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{q} = \frac{(1064/3)^2}{600(600 - (1064/3))} = 0.854 = 1 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{d} = \frac{1}{600 - (1064/3)} \times 3600 = 14.67 = 15 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} \times 3600$$

$$\bar{w} = \frac{(1064/3)}{600(600 - (1064/3))} \times 3600 = 8.67 = 9 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan sistem berganda secara tabel sebagai berikut:

Tabel 4.5: Perhitungan Antrian dengan Waktu Pelayanan (WP) 6 detik

Jumlah pintu tol N	Kendaraan/jam μ	Kendaraan μ	Dalam meter n	Kendaraan Q	Dalam meter Q	Detik d	Detik w
2	600	7.823	31.292	6.936	27.774	52.94	46.94
3	600	1.445	5.78	0.854	3.416	14.67	8.67
4	600	0.796	3.184	0.353	1.412	10.77	4.77
5	600	0.549	2.196	0.194	0.776	9.29	3.29

$\lambda = 1064$ kendaraan/jam

4. Perhitungan Gardu Tol dengan menggunakan (WP) = 7 detik/kendaraan

Pendekatan (Stasiun Berganda)

Diketahui : $\mu = 514$

$$\lambda = 1064$$

$$N = 3$$

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

$$\bar{n} = \frac{1064/3}{514 - (1064/3)} = 2.225 = 3 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{q} = \frac{(1064/3)^2}{514(514 - (1064/3))} = 1.535 = 2 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{d} = \frac{1}{514 - (1064/3)} \times 3600 = 22.59 = 23 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} \times 3600$$

$$\bar{w} = \frac{(1064/3)}{514(514 - (1064/3))} \times 3600 = 15.59 = 16 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan sistem berganda secara tabel sebagai berikut:

Tabel 4.6: Perhitungan Antrian dengan Waktu Pelayanan (WP) 7 detik

Jumlah pintu tol N	Kendaraan/jam μ	Kendaraan μ	Dalam meter N	Kendaraan Q	Dalam meter Q	Detik D	Detik w
2	514	-29.555	-118.22	-30.590	-122.36	-200	-207
3	514	2.225	8.9	1.535	6.14	22.59	15.59
4	514	1.072	4.288	0.555	2.22	14.51	7.51
5	514	0.706	2.824	0.292	1.168	11.95	4.94

$\lambda = 1064$ kendaraan/jam

5. Perhitungan Gardu Tol dengan menggunakan (WP) = 8 detik/kendaraan

Pendekatan (Stasiun Berganda)

Diketahui : $\mu = 450$

$$\lambda = 1064$$

$$N = 3$$

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

$$\bar{n} = \frac{1064/3}{450 - (1064/3)} = 3.720 = 4 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{q} = \frac{(1064/3)^2}{450(450 - (1064/3))} = 2.93 = 3 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{d} = \frac{1}{450 - (1064/3)} \times 3600 = 37.76 = 38 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} \times 3600$$

$$\bar{w} = \frac{(1064/3)}{450(450 - (1064/3))} \times 3600 = 29.76 = 30 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan sistem berganda secara tabel sebagai berikut:

Tabel 4.7: Perhitungan Antrian dengan Waktu Pelayanan (WP) 8 detik

Jumlah pintu tol N	Kendaraan/jam μ	Kendaraan μ	Dalam meter N	Kendaraan Q	Dalam meter Q	Detik D	Detik w
2	450	-6.487	-25.948	-7.670	-30.68	-43.90	-51.90
3	450	3.720	14.88	2.932	11.728	37.76	29.76
4	450	1.445	5.78	0.854	3.416	19.56	11.56
5	450	0.897	3.588	0.424	1.696	15.17	7.17

$\lambda = 1064$ kendaraan/jam

6. Perhitungan Gardu Tol dengan menggunakan (WP) = 9 detik/kendaraan

Pendekatan (Stasiun Berganda)

Diketahui : $\mu = 400$

$$\lambda = 1064$$

$$N = 3$$

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

$$\bar{n} = \frac{1064/3}{400 - (1064/3)} = 7.823 = 8 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{q} = \frac{(1064/3)^2}{400(400 - (1064/3))} = 6.936 = 7 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{d} = \frac{1}{400 - (1064/3)} \times 3600 = 79.41 = 80 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} \times 3600$$

$$\bar{w} = \frac{(1064/3)}{400(400 - (1064/3))} \times 3600 = 70.41 = 71 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan sistem berganda secara tabel sebagai berikut:

Tabel 4.8: Perhitungan Antrian dengan Waktu Pelayanan (WP) 9 detik

Jumlah pintu tol N	Kendaraan/jam μ	Kendaraan μ	Dalam meter N	Kendaraan Q	Dalam meter q	Detik D	Detik w
2	400	-4.030	-16.12	-5.360	-21.44	-27.27	-36.27
3	400	7.823	31.292	6.936	27.744	79.41	70.41
4	400	1.985	7.94	1.320	5.28	26.86	17.86
5	400	1.136	4.544	0.604	2.416	19.23	10.23

$\lambda = 1064$ kendaraan/jam

7. Perhitungan Gardu Tol dengan menggunakan (WP) = 10 detik/kendaraan

Pendekatan (Stasiun Berganda)

Diketahui : $\mu = 360$

$$\lambda = 1064$$

$$N = 3$$

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

$$\bar{n} = \frac{1064/3}{360 - (1064/3)} = 66.5 = 67 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{q} = \frac{(1064/3)^2}{360(360 - (1064/3))} = 65.51 = 66 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{d} = \frac{1}{360 - (1064/3)} \times 3600 = 675 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \frac{(\lambda/N)}{\mu(\mu - (\lambda/N))} \times 3600$$

$$\bar{w} = \frac{(1064/3)}{360(360 - (1064/3))} \times 3600 = 665 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan sistem berganda secara tabel sebagai berikut:

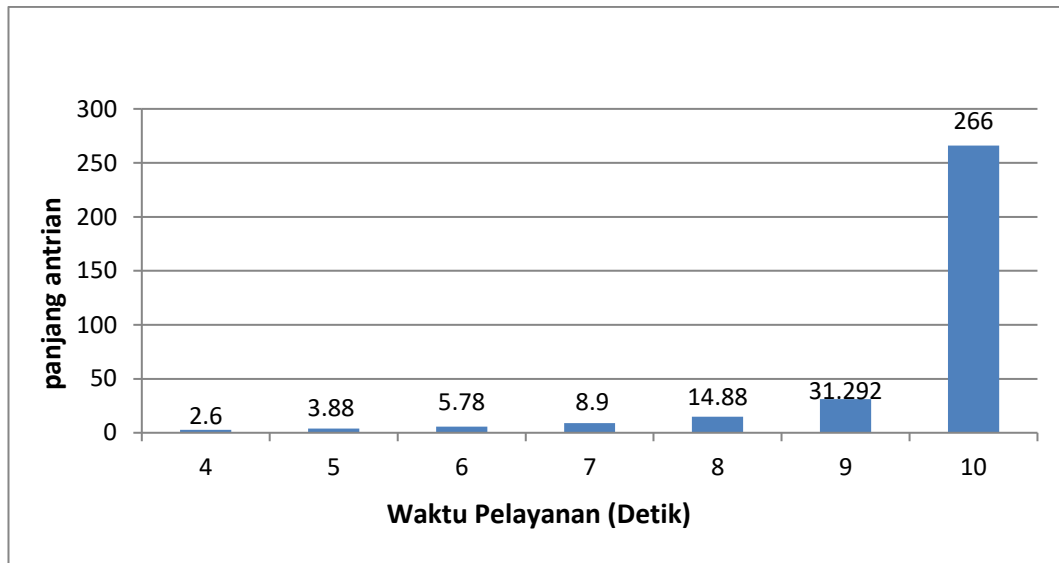
Tabel 4.9: Perhitungan Antrian dengan Waktu Pelayanan (WP) 10 detik

Jumlah pintu tol N	Kendaraan/jam μ	Kendaraan μ	Dalam meter N	Kendaraan Q	Dalam meter Q	Detik D	Detik w
2	360	-3.093	-12.372	-4.570	-18.28	-20.93	-30.93
3	360	66.5	266	65.51	266.04	675	665
4	360	2.829	11.316	1.869	7.476	38.29	28.29
5	360	1.445	5.78	0.854	3.416	24.45	14.45

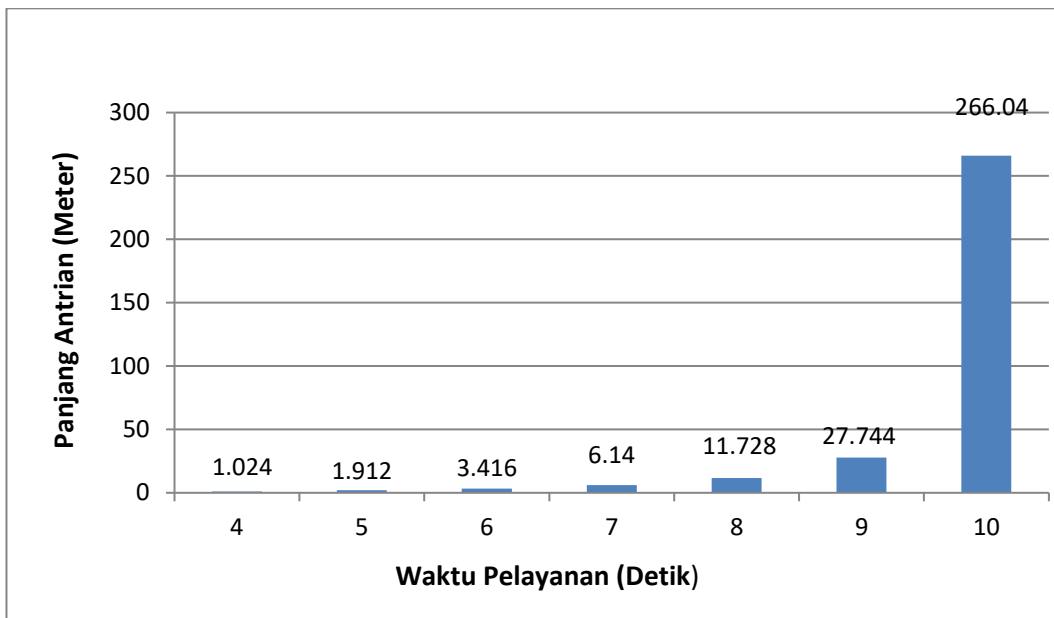
$\lambda = 1064$ kendaraan/jam

Dimana : $\bar{d}-\bar{w}$ = Waktu Pelayanan (WP)
1 kendaraan = 4 meter

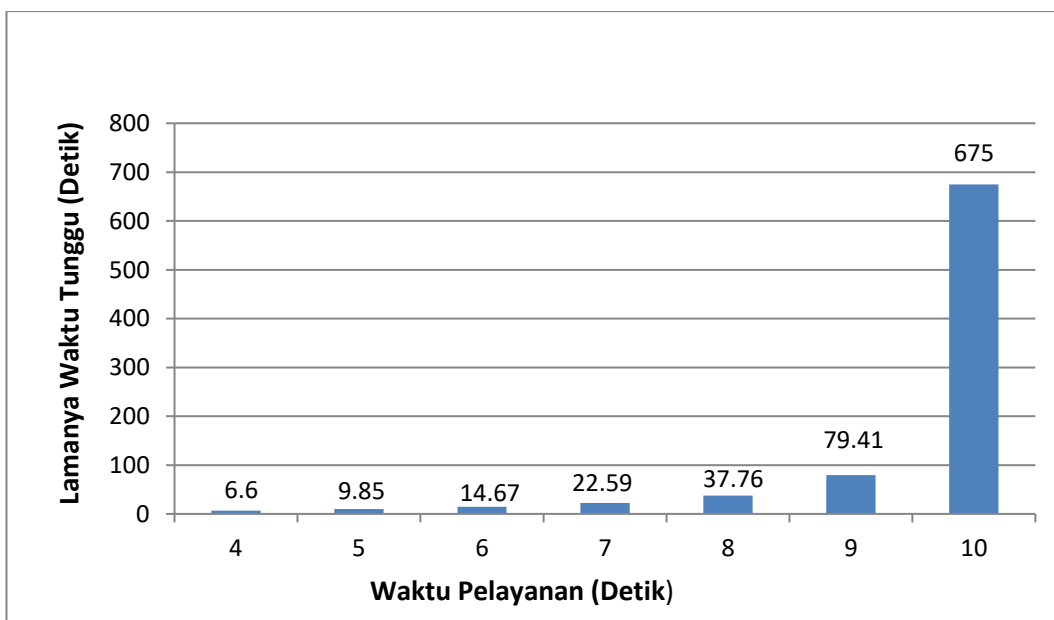
Grafik berikut ini (grafik 4.1 dan grafik 4.2.) memperlihatkan bahwa semakin kecil waktu pelayanan yang digunakan maka panjang antrian \bar{n} dan \bar{q} juga semakin kecil, demikian juga sebaliknya apabila waktu pelayanan semakin besar maka akan terjadi antrian yang cukup mengganggu.



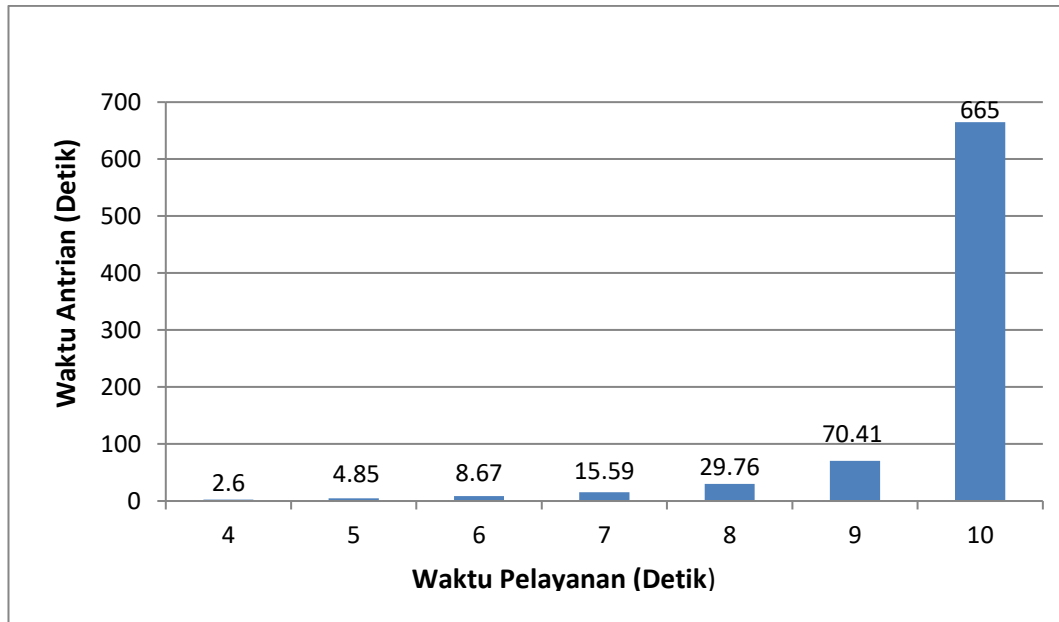
Grafik 4.1. Hubungan Waktu Pelayanan Dengan \bar{n} (panjang antrian)



Grafik 4.2: Hubungan Waktu Pelayanan Dengan \bar{q} (panjang antrian)



Grafik 4.3: Hubungan Waktu Pelayanan Dengan \bar{d} (waktu tunggu)



Grafik 4.4: Hubungan Waktu Pelayanan Dengan \bar{w} (waktu antrian)

Dari grafik di atas (grafik 4.3. dan 4.4.) memperlihatkan bahwa waktu antrian \bar{d} dan \bar{w} akan semakin kecil apabila waktu pelayanan semakin kecil, demikian juga sebaliknya.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisa dari survei yang di lakukan di gerbang tol Tanjung mulia dapat diketahui jumlah antrian yang terjadi pada saat waktu pelayanan maksimal yaitu 4,21 detik dengan jumlah gardu yang berfungsi sebanyak 3 gardu. Dengan menggunakan perhitungan antrian FIFO di dapatkan hasil: $q = 0.478$ kendaraan atau 1.912 meter. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa jumlah antrian pada gerbang tol Tanjung Mulia masih memenuhi standar pelayanan maksimal (SPM) jalan tol sebanyak 3 kendaraan.
2. Dengan tingkat kedatangan 355 kendaraan/jam per gardu maka kapasitas gerbang tol Tanjung Mulia tidak lagi memenuhi persyaratan Standar Pelayanan Minimal (SPM) Jalan tol dengan gerbang tol sistem tertutup pada gardu exit yaitu < 300 kendaraan/jam per gardu.

5.2. Saran

Saran yang dapat saya berikan untuk perbaikan kinerja gerbang tol tanjung mulia adalah sebagai berikut:

1. Pengelola gerbang tol tanjung mulia dapat memperhatikan perawatan pada mesin gerbang tol tanjung mulia yang mana dalam survey yang saya lakukan saya mendapati sebagian pengguna tol kesulitan dalam melakukan transaksi non-tunai yang disebabkan beberapa faktor seperti kartu e-tol yang tidak terbaca sensor pada mesin e-tol, macetnya struk bukti pembayaran e-tol.
2. Pengelola gerbang tol tanjung mulia dapat meninjau kembali proses top-up yang dari hasil survey dilapangan didapatkan salah satu penyebab kemacetan pada gerbang tol tanjung mulia adalah pengguna tol tidak memiliki saldo yang cukup sehingga pengguna tol diharuskan turun dari

kendaraan dan meng top-up kartu e-tol dan hal tersebut menyebabkan kemacetan yang cukup panjang.

3. Ada baiknya pengelola membuat kebijakan agar pelaksanaan top-up dapat dilakukan di gerbang tol masing-masing agar dapat meminimalisir kemacetan yang terjadi akibat dari top-up itu sendiri.
4. Petugas gardu tol agar lebih sigap ketika pengguna tol mengalami masalah pada saat melakukan transaksi non-tunai.
5. Kepada petugas mobil derek gratis yang di sediakan oleh pengelola tol agar lebih sigap lagi ketika terdapat kendaraan yang mogok tepat di gardu tol, dikarenakan hal tersebut dapat sangat mengganggu kelancaran pelayanan di gardu tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Hutahaean, M. (2007). *Evaluasi Kapasitas Dan Pelayanan Gerbang Tol Tanjung Morawa*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Lampung, B. (2015). *Evaluasi kinerja dan pelayanan pada gerbang tol serang timur*.
- Pradana, M. F., Intari, D. E., Kurniawan, F., Teknik, J., Fakultas, S., Universitas, T., & Ageng, S. (2017). *Gerbang Tol Cikande*, 6(2).
- Selamat, B., & Anif, H. (2017). *Gardu Keluar Yang Optimal Pada Gerbang Tol Tanjung*, 13–14.
- Sodikin, Bambang Riyanto, B. P. (2006). *Kajian Masalah Antrian Pada Sistem Pengumpulan Tol Konvensional Terhadap Rancangan Sistem Pengumpulan Tol Elektronik*, (5).
- Suryawan, K. A., Kader, I. M. S., Triadi, I. N. S., & Sudiasa, I. W. (2015). *Evaluasi Kapasitas Dan Waktu Pelayanan Pada Gerbang Tol Nusa Dua , BADUNG – BALI The Evaluation Of Capacity And Service Time At Toll Gates Nusa Dua , Badung Bali*, 15(1), 35–38.
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi* (Edisi Kedu). Bandung: Departemen Teknik Sipil, ITB.
- Tamin, O. Z. (2003). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi : contoh soal dan aplikasi* (Edisi Kesa). Bandung.
- Teknik, J., Fakultas, S., Universitas, T., & Ageng, S. (2018). *Existing Pelabuhan Bakauheni Beserta Pengaruh Jalan Tol Trans Sumatera Terhadap Gerbang Tol*, 7(1).
- Winarsih, N. (2013). *Analisis kapasitas gerbang tol karawang barat*, 5, 8–9.

LAMPIRAN

DOKUMENTASI PADA SAAT PENELITIAN BERLANGSUNG DI
LAPANGAN DI GERBANG TOL TANJUNG MULIA MEDAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA



Gambar L.1: Gerbang tol Tanjung Mulia



Gambar L.2: Panjang antrian di Gerbang masuk Tol Tanjung Mulia



Gambar L.3: Menghitung kendaraan yang melalui Gardu *exit* Tol



Gambar L.4: Menghitung kendaraan yang melalui Gardu *exit* Tol



Gambar L.5: Kendaraan melewati Gardu tol setelah melakukan transaksi pembayaran secara non-tunai



Gambar L.6: Menghitung waktu pelayanan Gardu Tol Tanjung Mulia



Gambar L.7: PETA TOL BELMERA

Tabel L.1: Data Survei Senin, 21 Januari 2019

Waktu	Jumlah kendaraan					total
	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
08.00-08.15	214	34	25	5	1	279
08.15-08.30	187	48	18	4	-	257
08.30-08.45	243	32	27	6	3	311
08.45-09.00	206	21	32	2	1	262
09.00-09.15	267	43	21	4	2	337
09.15-09.30	193	36	27	7	-	263
09.30-09.45	232	41	16	3	-	292
09.45-10.00	228	28	13	6	-	275
12.00-12.15	167	24	18	3	-	212
12.15-12.30	129	31	14	-	1	175
12.30-12.45	154	27	20	1	1	203
12.45-13.00	197	36	18	2	-	253
17.00-17.15	218	32	27	5	1	283
17.15-17.30	178	49	19	4	-	250
17.30-17.45	246	30	27	7	3	313
17.45-18.00	207	23	33	2	1	266
Total						4231

Tabel L.2: Data Survei Selasa, 22 Januari 2019

Waktu	Jumlah kendaraan					Total
	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
08.00-08.15	154	48	12	3	-	217
08.15-08.30	197	23	24	7	1	252
08.30-08.45	176	38	16	-	1	252
08.45-09.00	209	24	14	-	-	247
09.00-09.15	183	53	21	3	2	262
09.15-09.30	164	36	9	3	-	212
09.30-09.45	128	47	18	5	-	198
09.45-10.00	166	34	11	2	-	213
12.00-12.15	136	41	18	1	1	197
12.15-12.30	148	36	12	3	-	199
12.30-12.45	127	18	21	1	-	167
12.45-13.00	183	22	17	1	-	223
17.00-17.15	232	21	35	4	2	295
17.15-17.30	217	28	26	6	-	277
17.30-17.45	192	34	17	2	-	245
17.45-18.00	214	31	24	4	1	274
Total						3730

Tabel L.3: Data Survei Rabu, 23 Januari 2019

Waktu	Jumlah kendaraan					Total
	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
08.00-08.15	244	42	18	2	-	306
08.15-08.30	218	34	24	1	2	279
08.30-08.45	187	48	21	4	-	260
08.45-09.00	261	21	16	1	-	299
09.00-09.15	235	18	25	6	3	287
09.15-09.30	192	44	27	1	1	265
09.30-09.45	206	38	19	5	-	268
09.45-10.00	216	27	22	2	-	267
12.00-12.15	153	24	27	4	-	208
12.15-12.30	187	36	13	-	-	236
12.30-12.45	164	46	19	2	-	231
12.45-13.00	176	29	21	2	-	228
17.00-17.15	217	48	18	6	-	289
17.15-17.30	246	21	32	2	1	302
17.30-17.45	198	34	27	4	1	264
17.45-18.00	207	32	25	-	1	265
Total						4254

Tabel L.4: Data Survei Kamis, 24 Januari 2019

Waktu	Jumlah kendaraan					Total
	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
08.00-08.15	183	36	9	6	-	234
08.15-08.30	176	23	17	2	-	218
08.30-08.45	164	28	28	5	3	228
08.45-09.00	206	26	23	4	-	259
09.00-09.15	193	39	27	2	1	262
09.15-09.30	188	28	19	4	2	241
09.30-09.45	204	33	23	3	-	263
09.45-10.00	163	21	31	7	-	222
12.00-12.15	136	17	21	-	-	174
12.15-12.30	153	24	16	1	-	194
12.30-12.45	155	29	19	3	-	206
12.45-13.00	147	21	24	-	-	192
17.00-17.15	183	32	27	3	-	245
17.15-17.30	164	49	26	5	1	245
17.30-17.45	192	21	18	-	3	234
17.45-18.00	181	27	31	7	-	246
Total						3663

Tabel L.5: Data Survei Jumat, 25 Januari 2019

Waktu	Jumlah kendaraan					Total
	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
08.00-08.15	182	26	18	-	-	226
08.15-08.30	212	32	11	-	-	255
08.30-08.45	193	29	27	5	-	254
08.45-09.00	226	42	22	-	-	290
09.00-09.15	238	48	23	3	-	312
09.15-09.30	213	25	16	1	-	255
09.30-09.45	192	38	16	1	-	247
09.45-10.00	187	29	15	-	-	231
12.00-12.15	162	29	11	3	1	206
12.15-12.30	139	32	19	3	1	194
12.30-12.45	144	19	15	1	-	179
12.45-13.00	156	21	18	2	-	197
17.00-17.15	224	28	26	1	3	282
17.15-17.30	193	32	12	4	-	241
17.30-17.45	217	21	23	-	2	263
17.45-18.00	184	49	27	2	5	267
Total						3899

Tabel L.6: Data Survei Sabtu, 26 Januari 2019

Waktu	Jumlah kendaraan					Total
	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
08.00-08.15	143	28	7	-	-	178
08.15-08.30	157	31	5	4	-	197
08.30-08.45	138	25	18	3	3	187
08.45-09.00	186	28	14	1	5	234
09.00-09.15	174	42	23	-	-	239
09.15-09.30	216	36	16	7	-	275
09.30-09.45	173	34	18	-	1	226
09.45-10.00	188	29	20	-	-	237
12.00-12.15	128	28	21	5	1	183
12.15-12.30	147	48	19	2	2	218
12.30-12.45	161	32	24	-	-	217
12.45-13.00	153	37	27	2	1	220
17.00-17.15	146	21	22	6	-	195
17.15-17.30	173	28	31	5	3	240
17.30-17.45	228	34	18	5	-	285
17.45-18.00	242	25	29	2	-	298
Total						3629

Tabel L.7: Data Survei Minggu, 27 Januari 2019

Waktu	Jumlah kendaraan					Total
	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
08.00-08.15	153	31	27	2	-	213
08.15-08.30	187	24	32	-	-	243
08.30-08.45	144	46	25	4	1	220
08.45-09.00	217	51	18	1	1	288
09.00-09.15	226	34	13	-	1	274
09.15-09.30	183	21	20	-	2	226
09.30-09.45	176	32	16	-	-	224
09.45-10.00	162	48	12	3	1	226
12.00-12.15	216	31	21	2	-	270
12.15-12.30	176	27	13	6	3	225
12.30-12.45	153	34	19	2	-	208
12.45-13.00	194	39	17	8	1	259
17.00-17.15	134	32	21	3	4	194
17.15-17.30	183	26	16	-	-	225
17.30-17.45	207	27	18	6	1	259
17.45-18.00	176	12	22	4	1	215
Total						3769

Tabel L.8: Tarif tol GT. Tanjung Mulia

Gerbang Asal	Tarif (Rp)/Golongan				
	1	2	3	4	5
Belawan	4.000	6.500	8.000	10.000	12.000
Mabar 1	2.500	2.500	4.000	5.000	6.000
B.Selamat 2	2.500	4.000	5.500	6.500	8.000
Amplas	4.000	6.500	8.000	10.000	12.000
Tj.Morawa	5.500	8.000	10.500	13.000	16.000
H.Anif 2	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
Kualanamu	23.000	34.000	36.500	48.000	51.000
Kemiri	19.500	28.500	31.000	40.500	43.500
Lubuk Pakam	21.000	31.000	33.500	43.500	46.500
Perbaungan	33.000	49.000	51.500	68.000	71.000
Teluk Mengkudu	42.500	63.500	66.000	86.500	89.500
Sei Rampah	50.000	75.000	77.500	102.000	105.000
AGS	105.000	160.000	163.000	214.000	221.000



Unggul, Cerdas & Terpercaya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://teknik.umsu.ac.id> E-mail: teknik@umsu.ac.id

Jika menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 1429/IL.3AU/UMSU-07/F/2018

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Sipil Pada Tanggal 14 September 2018 dengan ini Menetapkan :

Nama : **DEDE SYAHPUTRA**
Npm : 1407210142
Program Studi : **TEKNIK SIPIL**
Semester : **IX (SEMBILAN)**
Judul Tugas Akhir : **ANALISIS KAPASITAS GERBANG TOL TANJUNG MULIA**

Pembimbing I : **IR. ZURKIYAH MT.**
Pembimbing II : **CITRA UTAMA ST.,MT**

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Sipil
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.

Medan, 4 Muharram 1439 H

14 September 2018 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT

NIDN: 0101017202

Cc. File

Nomor : CL.HM.08.017.1
Hal : Persetujuan Izin Pengambilan Data

Medan, 10 Januari 2019

Kepada :
Yth. Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
Di : Tempat

Sesuai dengan surat Saudara Nomor : 24/II.3-AU/UMSU-07/F/2019 tanggal 04 Januari 2018 tentang Permohonan Izin Pengambilan Data pada Perusahaan kami, dengan ini dapat disetujui untuk Mahasiswa Saudara yaitu :

Nama : Dede Syaputra
NIM : 1407210142
Jurusan : Teknik Sipil

Pengambilan Data tersebut dapat dimulai pada tanggal 14 Januari 2019 dan sebelum melakukan kegiatan tersebut yang bersangkutan diminta untuk dapat memaparkan keterikatan Data yang akan diambil dengan Judul Tugas Akhir kepada kami dan data yang diperoleh bukan untuk dipublikasikan.

Demikian kami sampaikan, atas perhatiannya di ucapkan terimakasih.

An.General Manager Belmera



JASAMARGA
Indonesia Highway Corp
SUDARSIH
HRA Manager

SDS.ab



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : DEDE SYAHPUTRA (1407210142)

JUDUL : ANALISIS KAPASITAS GERBANG TOL TANJUNG
MULIA (STUDI KASUS)

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	1-11-2018	<ul style="list-style-type: none">- Penulisan disesuaikan dg Format TA FTUMSU.- Keterangan pers. dibuat- Asistensi penulisan ke Pembimbing 2	
2	31-12-2018	<ul style="list-style-type: none">- Perluas teori pd bab 2- Data sekunder dibuat pd Bagaiman Alir- Waktu survei awal pd jam sibuk aja.	
3	16-1-2019	<ul style="list-style-type: none">- Perbaiki penulisan sumber pd tabel- Perbaiki penulisan tabel komputer- Penulisan kalimat table bab 2 berulang- lanjut ke analisis data	

DOSEN PEMIMBING

(Ir. ZURKIYAH M.T)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : DEDE SYAHPUTRA (1407210142)

**JUDUL : ANALISIS KAPASITAS GERBANG TOL TANJUNG
MULIA (STUDI KASUS)**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
4	12-2-2019	<ul style="list-style-type: none">- Pd bab 4 tdk ada lagiRemus dan keterangannya- lanjutkan ke bab 5kesimpulan & saran.- lengkapi buku pengantar, dll.- Ajustemen penulisanke paragraf 2.	
5.	26-2-2019	Acc ✓ di sematkan Perbaikan sesuai kebutuhan	

DOSEN PEMIMBING

(Ir. ZURKIYAH M.T)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : DEDE SYAHPUTRA (1407210142)

**JUDUL : ANALISIS KAPASITAS GERBANG TOL TANJUNG
MULIA (STUDI KASUS)**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	06/12-2018	- Halaman - cek nama tabel	
2.	10/02-2019	- cek tujuan — kesimpulan	
3.	22/02-2019	- Acc lanjut seminar	

DOSEN PEMIMBING 2

(Citra Utami S.T,M.T)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Dede Syahputra
Panggilan : Dede
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 29 Oktober 1995
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Dusun VI Jalan Pringgan Nomor 42
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Suwarno
Ibu : Sulianik
No. HP : 082273034233
E-mail : dedesyahputra29@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1407210142
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SD PAB 13 LABUHAN DELI	2007
2	SMP	SMP NEGERI 1 LABUHAN DELI	2010
3	SMA	SMA PAB 6 HELVETIA	2014
4	Melanjutkan Kuliah Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2015 sampai selesai.		