

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KAPASITAS DAN PELAYANAN GERBANG
TOL TANJUNG MORAWA
(Studi Kasus)**

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD NOVRIANSYAH PUTRA
1207210084



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Novriasnyah Putra

NPM : 1207210084

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Kapasitas dan Pelayanan Grbang Tol Tanjung Morawa (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, Oktober 2017

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji

Dosen Pembimbing II / Peguji

Ir. Zurkiyah, MT

Hj. Irma Dewi, ST, MSi

Dosen Pembanding I / Penguji

Dosen Pembanding II / Peguji

Ir. Sri Asfiati, MT

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Novriansyah Putra

Tempat /Tanggal Lahir: PKS PT Asam Jawa / 27 November 1993

NPM : 1207210084

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

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

“Evaluasi Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Tanjung Morawa”,

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 orisinal dan otentik.

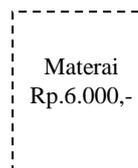
Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

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.

2017

Medan, Oktober

menyatakan,



Saya yang

Muhammad Novriansyah Putra

ABSTRAK

EVALUASI KAPASITAS DAN PELAYANAN GERBANG TOL TANJUNG MORAWA (STUDI KASUS)

Muhammad Novriansyah Putra
1207210084
Ir.Zurkiyah,M.T
Hj.Irma Dewi,S.T,M.Si

Mengevaluasi antrian yang terjadi pada gerbang tol dengan tingkat kedatangan kendaraan dan tingkat pelayanan gerbang. Maksud dari penelitian ini adalah untuk melihat kapasitas dan tingkat kinerja gerbang tol Tanjung Morawa apakah masih memadai untuk melayani pemakainya atau untuk melihat kemampuan pelayanan gerbang tol saat ini dan juga ditahun-tahun mendatang dalam menghadapi lonjakan arus jalan tol.

Data didapat dari survei lapangan yaitu survei untuk mendapatkan nilai tingkat kedatangan dan waktu pelayanan pada hari sibuk dan jam sibuk. Data tersebut kemudian diolah yaitu mencakup uji kecukupan data dan uji pola distribusi. 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 374 kendaraan/jam tidak memenuhi Standar Pelayanan Minimum Jalan tol < 300 kendaraan/jam per gardu. Dan juga dapat disimpulkan usaha untuk meningkatkan pelayanan gerbang adalah dengan meminimumkan waktu pelayanan, menambah pintu tol dan penerapan gardu sistem tandem.

Kata Kunci: Kapasitas gerbang tol, waktu layanan, panjang antrian.

ABSTRACT

EVALUATION OF CAPACITY AND SERVICE GATES TOL TANJUNG MORAWA (CASE STUDY)

Muhammad Novriansyah Putra
1207210084
Ir.Zurkiyah, M.T
Hj.Irma Dewi, S.T, M.Si

Evaluates the queues occurring at the toll gate with the vehicle arrival rate and service level of the gate. The purpose of this study is to see the capacity and performance level of Tanjung Morawa toll gate whether it is still adequate to serve the wearer or to see the current toll gate service capability as well as in the coming years in the face of the current highway surge.

Data obtained from field surveys are surveys to get the value of arrival rate and service time on busy days and peak hours. The data is then processed that includes test data adequacy and test distribution patterns. Furthermore, the parameters used in analyzing the toll gate capacity are queue components, including queue length and queue time. By taking a queuing parameter, with service level data input, the number of vehicles that can be serviced for each substation that operates is 374 vehicles / hour does not meet Minimum Service Standard of toll road <300 vehicles / hour per substation. And also can be concluded effort to improve service of gate is to minimize service time, increase toll booth and application of tandem system substation.

Keywords: toll gate capacity, service time, queue length.

KATA PENGANTAR

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 “Evaluasi Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Tanjung Morawa” 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, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Hj. Irma Dewi ST, MSi selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Sri Asfiati, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Rahmatullah ST, MSc selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Jumaidi, dan Rosmawati, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: seluruh sahabat Teknik 2012 yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan 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.

Medan, Oktober 2017

Muhammad Novriansyah Putra

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	
xiv	
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 STUDI PUSTAKA	
2.1. Jalan Bebas Hambatan	5
2.2. Sistem Pembayaran yang ada di Gerbang Tol	6
2.3. Pendekatan Distribusi Tingkat Kedatangan	7
2.4. Kapasitas Suatu Gerbang Tol	7
2.5. Pengertian Waktu Pelayanan	9
2.6. Pelayanan Jalan Tol	9
2.7. Teori Antrian	10
2.7.1. Model-Model Sistem Antrian	11

2.7.2.	Proses Pada Sistem Antrian	12
2.7.3.	Karakteristik Sistem Antrian	15
2.7.3.1.	Kedatangan Populasi yang akan dilayanin	16
2.7.3.2.	Tingkat Pelayanan	18
2.7.3.3.	Mekanisme dan Jumlah Gerbang Pelayanan	19
2.7.3.4.	Disiplin Antrian	19
2.7.4.	Parameter Antrian	21
2.7.4.1.	Disiplin Antrian <i>FIFO</i>	21
2.7.4.2.	Disiplin <i>FVFS</i>	22
2.8.	Proses Antrian	23
2.9.	Model Ongkos Dari Antrian	24
2.9.1.	Nilai Pelayanan	24
2.9.2.	Jumlah Pelayanan	25
2.10.	Analisa Kebijakan yang dapat dilakukan	25
2.10.1.	Kebijakan Mengurangi Waktu Pelayanan	25
2.10.2.	Kebijakan Menambah Pintu Tol	26
2.10.3.	Kebijakan Sistem Tandem	26
2.10.4.	Kebijakan Sistem Pembayaran Tol Elektronik	26
2.11.	Jenis Gardu Tol	27
2.11.1.	Gardu Tol Konvensional	27
2.11.2.	Gardu Tol Otomatis (GTO)	27
2.11.3.	<i>Electronic Toll Collection</i> atau <i>On-Board Unit (OBU)</i>	27
2.12.	Pelataran Tol dan Gerbang Tol	28

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1.	Tahapan Penelitian	30
3.2.	Studi Pustaka	31
3.3.	Studi Awal	31
3.4.	Penentuan Lokasi	31
3.5.	Pengambilan Data Primer	32

3.6.	Pengambilan Data Sekunder	32
3.7.	Penyusunan Data	32
3.8.	Pelaksanaan Pengumpulan Data	33
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1.	Kriteria Lokasi yang Ditinjau	34
4.2.	Penyajian Data	34
4.3.	Pengujian Data	34
4.3.1.	Pengujian Kecukupan Data	34
4.4.	Analisa Data	37
4.4.1.	Perhitungan Tingkat Kedatangan (<i>Arrival Rate</i>)	37
4.4.2.	Perhitungan Waktu Pelayanan (<i>Service Time</i>)	38
4.4.3.	Perhitungan Jumlah Pintu Gerbang (Gardu)	39
4.4.4.	Perhitungan Antrian Pada Pintu Tol (Antrian <i>FIFO</i>)	42
4.4.5.	Analisa Efektifitas	49
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1.	Kesimpulan	52
5.2.	Saran	53
	DAFTAR PUSTAKA	54
	LAMPIRAN	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Panjang Minimum <i>Taper</i>	29
Tabel 4.1. Data Survei Tingkat Kedatangan Gerbang Tol Tanjung Morawa	37
Tabel 4.2. Data Waktu Pelayanan rata-rata Gerbang Tol Tanjung Morawa	38
Tabel 4.3. Perhitungan Antrian dengan Waktu Pelayanan (WP) 5 detik	42
Tabel 4.4. Perhitungan Antrian dengan Waktu Pelayanan (WP) 6 detik	43
Tabel 4.5. Perhitungan Antrian dengan Waktu Pelayanan (WP) 7 detik	44
Tabel 4.6. Perhitungan Antrian dengan Waktu Pelayanan (WP) 8 detik	45
Tabel 4.7. Perhitungan Antrian dengan Waktu Pelayanan (WP) 9 detik	46
Tabel 4.8. Nilai n , q , d , dan w untuk disiplin FIFO dengan waktu pelayanan 8 detik dan 10 detik serta sistem tandem	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Model Single Channel-Single Phase</i>	14
Gambar 2.2. <i>Model Single Channel-Multi Phase</i>	14
Gambar 2.3. <i>Model Multi Channel-Single Phase</i>	14
Gambar 2.4. <i>Model Multi Channel-Multi Phase</i>	15
Gambar 2.5. Ruang Bebas Pada Gerbang Tol	28
Gambar 2.6. Pelataran Tol Pada Gerbang Tol <i>Ramp</i>	29
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 3.2. Gerbang Tol Tanjung Morawa	31
Gambar 4.1. Hubungan Waktu Pelayanan dengan n (panjang antrian)	47
Gambar 4.2. Hubungan Waktu Pelayanan dengan q (panjang antrian)	47
Gambar 4.3. Hubungan Waktu Pelayanan dengan d (waktu tunggu)	48
Gambar 4.4. Hubungan Waktu Pelayanan dengan w (waktu antrian)	48
Gambar 4.5. Nilai q untuk disiplin antrian FIFO dengan waktu pelayanan 7 detik dan 9 detik, serta sistem tandem ($\lambda = 1124$ kendaraan/jam)	50
Gambar 4.6. Nilai w untuk disiplin antrian FIFO dengan waktu pelayanan 7 detik dan 9 detik, serta sistem tandem ($\lambda = 1124$ kendaraan/jam)	50

DAFTAR NOTASI

$P(r,T)$	= Probabilitas n kedatangan dalam waktu T
λ	= Rata-rata kedatangan persatuan waktu
e	= Bilangan logaritma natural ($e = 2.7182818$)
r	= Jumlah kedatangan dalam waktu T ; ($n = 0,1,2,\dots$)
n	= Jumlah kendaraan atau orang dalam sistem
q	= Jumlah kendaraan atau orang dalam antrian
d	= Waktu kendaraan atau orang dalam sistem
w	= Waktu kendaraan atau orang dalam antrian
μ	= Tingkat pelayanan rata-rata
ρ	= Intensitas lalu lintas atau faktor pemakaian
N	= Jumlah gerbang pelayanan
Σ	= Sigma
n	= Jumlah sampel
Z	= Confidence level (tingkat kepercayaan)
V	= Variabelitas
C	= Confidence limit (%)
WP	= Waktu pelayanan
t	= Waktu rata-rata dalam sistem
C_1	= Ongkos pelayanan tiap pelanggan per satuan waktu
C_2	= Ongkos tunggu tiap pelanggan per satuan waktu
$T\{C(\mu)\}$	= Ongkos total dengan laju pelayanan μ
$C_2E(nt)$	= Ongkos tunggu per satuan waktu
c	= Jumlah optimal pelayanan
$T\{C(c)\}$	= Ongkos total dengan jumlah pelayanan c

DAFTAR LAMPIRAN

- Gambar L.1 Lokasi Penelitian dan Gardu *Exit*
- Gambar L.2 Menghitung Waktu Pelayanan Gardu Konvensional
- Gambar L.3 Pelayanan *Exit* dengan E-tol
- Gambar L.4 Panjang Antrian di Gardu Konvensional
- Tabel L.1 Data Survei Rabu, 16 Agustus 2017
- Tabel L.2 Data Survei Kamis, 17 Agustus 2017
- Tabel L.3 Data Survei Jumat, 18 Agustus 2017
- Tabel L.4 Data Survei Sabtu, 19 Agustus 2017
- Tabel L.5 Data Survei Minggu, 20 Agustus 2017
- Tabel L.6 Data Survei Senin, 21 Agustus 2017
- Tabel L.7 Data Survei Selasa, 22 Agustus 2017
- Tabel L.8 Data Volume Lalu Lintas Gardu Keluar Bulan Agustus 2017
- Tabel L.9 Data Waktu Pelayanan Rara-Rata Gerbang Tol
- Tabel L.10 Data Volume Lalu Lintas Per Tahun
- Tabel L.11 Standar Pelayanan Minimal (SPM) Jalan Tol

BAB 1

PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Jalan tol merupakan jalan alternatif bagi kendaraan beroda empat atau lebih dengan sistem berbayar. Jalan tol berfungsi sebagai jalan bebas hambatan yang memberikan keuntungan dan kenyamanan lebih banyak dibandingkan jalan umum bukan tol. Pengguna jalan tol dapat mengatasi kemacetan lalu lintas, mempersingkat jarak serta waktu tempuh perjalanan ke tempat tujuan.

Pesatnya pembangunan saat ini, membutuhkan sarana dan prasarana transportasi yang baik, lancar dan efisien. Karena keberhasilan pembangunan akan mengakibatkan meningkatnya taraf kehidupan ekonomi, juga pergerakan manusia dari suatu tempat ke tempat lain terus meningkat dengan berbagai macam keperluan.

Pada kota besar seperti Medan, ruas jalan menampung volume lalu lintas yang lebih besar dari kapasitas jalan, terutama pada jam-jam sibuk. Hal tersebut mengakibatkan turunnya tingkat pelayanan jalan, ini ditandai dengan turunnya kecepatan lalu lintas dan timbulnya kemacetan. Kondisi ini akan mengurangi efisiensi dari sistem transportasi. Masalah yang ditimbulkan dapat diatasi dengan mengadakan pelebaran jalan, peningkatan kapasitas persimpangan maupun memperbaiki perkerasan, sementara lahan yang akan digunakan untuk pelebaran jalan tidak lagi mencukupi. Oleh sebab itu PT. Jasa Marga mengantisipasi dengan membuka jalan bebas hambatan yang dikenal sebagai jalan tol dengan mengutip tol bagi pemakai jalan tersebut. Dalam hal ini jalan tol harus memberi keandalan yang lebih tinggi dari pada jalan alternatif (jalan lama) yang ada. Jalan tol menjamin bahwa operasi kendaraan jalan tol serta pelayanannya harus lebih baik dari pada jalan alternatif yang ada.

Kelancaran lalu lintas di jalan tol dipengaruhi oleh waktu pelayanan (*service time*) yang diberikan kepada pengemudi saat mereka mengambil tiket di gardu/loket gerbang keluar tol saat membayar biaya administrasi yang dikenakan kepada pengguna 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

Volume kendaraan yang memasuki jalan tol mempunyai sifat fluktuatif, sehingga banyaknya gardu tol yang beroperasi disesuaikan berdasarkan volume kendaraan yang datang menuju gerbang tol tersebut. Dalam menentukan banyaknya gardu tol yang akan dioperasikan memerlukan suatu optimalisasi yang ditinjau dari sisi pengelola dan pengguna jalan tol. Pada kenyataannya jika jumlah gerbang tol lebih banyak dari yang dibutuhkan maka pihak pengelola memerlukan dana tambahan dalam pengopersian gerbang tol, sebaliknya jika pembukaan gerbang tol kurang dari jumlah yang dibutuhkan maka pihak pengguna jalan tol akan menambah biaya dan waktu baik secara langsung maupun tidak langsung karena akan terjadi antrian yang cukup mengganggu.

Maka permasalahan yang dibahas pada tugas akhir ini adalah:

1. Berapa besar panjang antrian pada gardu tol dilihat dari waktu kedatangan dan waktu pelayanan.
2. Bagaimana pelayanan yang diberikan operator gardu untuk mengurangi panjang antrian.
3. Berapa kapasitas yang ditampung tiap gardu tol dengan menggunakan sistem yang ada.

1. 3 Ruang Lingkup dan Pembatasan Masalah

Agar permasalahan lebih terpusat dan memberikan hasil yang baik, penulis memandang perlunya membatasi permasalahan yang timbul diluar jangkauan penulis.

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

1. Analisa waktu pelayanan gerbang tol terhadap lalu lintas yang memakainya mencakup lingkup pembahasan yang luas, oleh sebab itu arus kendaraan yang

ditinjau hanya kendaraan yang kedatangan (*arrival rate*) melalui gerbang tol keluar (*exit*) Tanjung Morawa.

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 yang diharapkan dari analisis ini adalah:

1. Untuk mengetahui waktu pelayanan (*service time*) gerbang tol Tanjung Morawa dalam melayani kendaraan dan tingkat kedatangan kendaraan (*arrival rate*) yang dari tahun ke tahun semakin meningkat jumlahnya.
2. Untuk mengetahui panjang antrian yang terjadi pada gardu tol saat kedatangan pemakai jalan tol.
3. Untuk menganalisis kapasitas dan tingkat pelayanan pada gerbang tol Tanjung Morawa dengan menggunakan sistem yang ada. Hasil analisis tersebut digunakan untuk mengetahui apakah pada gerbang tol Tanjung Morawa dapat menampung kendaraan yang datang sesuai Standar Pelayanan Minimum (SPM) serta mencari alternatif pemecahan masalah apabila sistem dan pelayanan yang telah ada sekarang tidak efektif lagi.

1. 5 Manfaat Penelitian

Sedangkan manfaat yang diharapkan dari analisis ini adalah:

1. Sebagai informasi tentang faktor–faktor apa saja yang menentukan berapa jumlah gerbang tol BELMERA yang dioperasikan pihak pengelola jalan tol.
2. Sebagai acuan dan sumbangan pemikiran kepada pengelola jalan tol (dalam kasus ini PT. Jasa Marga) untuk membuat kebijakan baru di masa yang akan datang dalam menanggulangi persoalan antrian di gerbang tol.
3. Sebagai acuan bagi penulis lain yang akan melanjutkan kajian tentang persoalan pelayanan gerbang tol.

1. 6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini akan menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang penelitian ini dilakukan, permasalahan yang dihadapi dan batasannya, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang literatur - literatur yang berhubungan dengan penelitian dan rumus - rumus yang diperlukan serta mendudukan istilah yang tertera pada judul penelitian ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Berisikan tentang metode yang dipakai dalam penelitian ini, termasuk pengambilan data, langkah penelitian, dan analisis data, serta pemilihan wilayah penelitian.

BAB 4 ANALISIS DATA

Berisikan tentang data yang telah dikumpulkan, lalu dianalisis, sehingga dapat diperoleh kesimpulan.

BAB 5 PENUTUP

Berisikan tentang kesimpulan yang telah diperoleh dari pembahasan pada bab sebelumnya, dan saran mengenai hasil penelitian yang dapat dijadikan masukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jalan Bebas Hambatan

Pengertian jalan bebas hambatan dan jalan tol menurut Undang-Undang Republik Indonesia No: 13 Tahun 1980 adalah suatu lintas jalan yang mempunyai persyaratan teknis sebagai berikut:

1. Tidak mempunyai persimpangan yang sebidang dengan jalan lain sehingga kendaraan dapat melaju dengan bebas sesuai persyaratan batas kecepatan yang ditentukan.
2. Kendaraan-kendaraan hanya dapat memasuki jalan-jalan tersebut dengan melewati kedua ujungnya atau melewati suatu jembatan silang layang.
3. Untuk mengamankan agar orang, hewan ternak, dan lain-lainnya tidak melintas jalan disepanjang jalan tol dipasang pagar penghalang.

Jalan tol adalah:

- Suatu lintasan jalan yang merupakan alternatif dari pada lintasan jalan yang ada.
- Mempunyai spesifikasi jalan bebas hambatan.
- Jalan tol hanya diperuntukan bagi kendaraan bermotor beroda empat atau lebih yang membayar tol.

Karena yang memiliki dan menyelenggarakan jalan tol adalah pemerintah, maka jenis kendaraan dan besarnya tol ditetapkan oleh keputusan Presiden, sedang wewenangnya diberikan kepada PT. Jasa Marga perawatan jalan selanjutnya.

Syarat-syarat jalan tol:

- a. Jalan tol harus mempunyai spesifikasi yang lebih tinggi daripada lintas jalan umum yang ada.
- b. Jalan tol harus memberikan kendala yang lebih tinggi kepada pemakainya daripada lintas jalan umum yang ada.

Pelaksanaan ketentuan yang dimaksud diatas lebih lanjut diatur didalam peraturan pemerintah.

Desain jalan tol harus memberikan waktu tempuh sesingkat mungkin. Jarak tempuh tersingkat didapat apabila dua zona dihubungkan dengan satu garis lurus, suatu hal yang hampir hampir tidak mungkin dilaksanakan di kota besar. Pembuatan jalan tol ditujukan agar dapat memberikan pelayanan terhadap arus lalu lintas antar dua zona kegiatan, misalnya antara kawasan pemukiman dan pusat perniagaan. Dengan mempersingkat waktu tempuh diharapkan dapat mendorong kelancaran komunikasi perekonomian serta mengurangi kepadatan lalu lintas.

2.2 Sistem Pembayaran yang ada di Gerbang Tol

Sistem yang ada dan telah dipakai pada gerbang-gerbang tol di Indonesia adalah dengan cara konvensional yaitu dengan menentukan penempatan gerbang-gerbang tol. Akan tetapi sistem ini diterapkan berdasarkan suatu survey asal tujuan lalu lintas yang bisa didapat banyaknya kendaraan yang akan lewat pada ruas lalu lintas dimana penentuan jumlah gardu tol masih terbatas pada sistem trial and error. Dari data yang didapat biasanya untuk tahun-tahun sebelumnya jumlah tersebut diperkirakan tidak lagi dapat melayani pemakaian jalan yang ada. Hal ini dapat menimbulkan suatu masalah pada jalan tol karena adanya penambahan pengguna jasa tol.

Untuk melayani pengguna jasa tol ada 2 (dua) sistem pelayanan yang dilakukan yaitu:

- Sistem tertutup, dimana proses pengambilan tanda bukti pembayaran dilakukan pada gerbang tol tersendiri misalnya pada jalan tol Jakarta-Cikampek. Pada saat memasuki gerbang tol dengan tujuan dari Jakarta ke Cikampek. Pada saat memasuki gerbang tol dengan tujuan dari Jakarta ke Cikampek maka di gerbang awal kita mengambil kartu tanda masuk dan pada gerbang tol arah keluar ke Cikampek kita menyerahkan tanda masuk tadi dan melakukan pembayaran tol, sesuai dengan tarif yang tercantum.
- Sistem terbuka, dimana pada gerbang tol masuk kita sudah melakukan pembayaran dan mengambil tanda bukti pembayaran sekaligus. Biayanya sistem ini diterapkan di jalan tol kota.

2.3 Pendekatan Distribusi Tingkat Kedatangan

Distribusi tingkat kedatangan adalah jumlah kendaraan sampai pada gardu gerbang tol pada periode waktu tertentu, dimana kendaraan mulai dengan kendaraan lain antri pada gerbang tol yang dihitung jumlah tingkat kedatangan kendaraan selama waktu survei. Secara matematis volume lalu lintas atau jumlah kedatangan pada periode waktu tertentu adalah:

$$q = \frac{n}{t} \quad (2.1)$$

Dimana:

q = volume kendaraan lalu lintas atau jumlah kedatangan pada periode waktu tertentu

n = jumlah kendaraan atau frekuensi

t = waktu

Jika kendaraan-kendaraan yang datang pada fasilitas pelayanan mempunyai kemungkinan random atau acak maka pada n kedatangan kendaraan yang memberikan suatu waktu interval t . Untuk jumlah kelas n ditentukan oleh periode waktu yang direncanakan dengan pertimbangan arus lalu lintas pada jam sibuk. Ada beberapa pendekatan distribusi tingkat kedatangan secara terotis yang lazim digunakan yaitu:

1. Distribusi Poisson
2. Distribusi Binomial
3. Distribusi Generalized Poisson
4. Distribusi Exponensial
5. Distribusi Erlang

2.4 Kapasitas Suatu Gerbang Tol

Kapasitas suatu gerbang tol dapat diperoleh berdasarkan hasil survei asal tujuan (*Origin – Destination*) dan sistem Trial and Error, dimana data yang diperoleh biasanya digunakan untuk prediksi pada tahun-tahun yang akan datang. Akan tetapi jumlah data tersebut diperkirakan tidak lagi mampu menampung kapasitas pemakai jalan tol tersebut, sehingga hal ini dapat menimbulkan adanya penambahan kapasitas pintu tol. Untuk mengatasi masalah penambahan kapasitas

akibat jumlah pemakai jalan tol yang semakin bertambah, maka diperlukan suatu data mengenai kapasitas suatu gerbang tol. Pendataan jumlah kendaraan yang melewati jalan tol dapat dihitung. Besarnya kapasitas untuk gerbang tol berbeda-beda tergantung tingkat pelayanannya. Dengan tingkat pelayanan yang singkat dan tepat akan menambah besarnya kapasitas suatu gerbang tol.

Kapasitas dari suatu gerbang tol dapat dipengaruhi terhadap kelakuan para pengemudi, tindakan para penjaga tol, pembayaran tol (membutuhkan kembalian atau tidak), fasilitas dari gerbang tol itu sendiri dan beberapa faktor lingkungan.

Banyaknya kendaraan yang melewati pintu-pintu di tiap gerbang tol setiap harinya akan menunjukkan kapasitas pada setiap gerbang berbeda-beda tergantung dari tingkat pelayanan. Tingkat pelayanan yang maksimum akan mempersingkat waktu pelayanan.

Waktu pelayanan di pintu gerbang tol juga dipengaruhi oleh sikap pemakai jalan tol yang sebaiknya sudah mempersiapkan dahulu biaya tol yang akan dibayarkan.

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” (Pengukuran kuantitatif volume (per unit waktu) bahwa fasilitas tertentu dapat ditemukan (pada batas), dan ini biasanya memberikan ukuran kemampuan pembawa volume maksimum).

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” (Jumlah maksimum kendaraan yang memiliki harapan yang masuk akal melewati jalan raya yang diberikan dalam jangka waktu tertentu di bawah kondisi jalan dan lalu lintas yang berlaku).

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.

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 operasionalnya 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.

2.6 Pelayanan Jalan Tol

Pelayanan jalan tol terbagi atas tiga, yaitu:

1. Pelayanan Transaksi
2. Pelayanan Lalu Lintas
3. Layanan Terhadap Pemeliharaan.

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.

2.7 Teori Antrian

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

- 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 selaludipermasalahkan 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.

2.7.1 Model-Model Sistem Antrian

Bentuk umum antrian

beberapa model antrian yang diklasifikasikan berdasarkan format berikut adalah (Siagian, 1986):

Format umum $(a/b/c);(d/e/f)$

- a. Bentuk distribusi kedatangan, yaitu jumlah kedatangan persatuan waktu.
- b. Bentuk distribusi waktu pelayanan pemberangkatan yaitu selang waktu antara satuan-satuan yang dilayani berangkat.
- c. Jumlah saluran paralel dalam sistem.
- d. Disiplin pelayanan.
- e. Jumlah maksimum yang diperkenankan berada dalam sistem.
- f. Besarnya populasi.

2.7.2 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.

Proses dasar antrian yang diasumsikan oleh kebanyakan model-model antrian adalah satuan-satuan yang memerlukan pelayanan berasal dari sumber, dimana satuan-satuan ini memasuki sistem antrian dan kemudian memasuki antrian. Dan pada suatu saat dan pada kedudukan tertentu anggota antrian dilayani dengan suatu antrian tertentu yang biasanya disebut dengan disiplin pelayanan. Terdapat 4 (empat) karakteristik atau variabel-variabel dari antrian yang ditentukan untuk mengevaluasi yaitu:

1. Distribusi *headway* dari kedatangan kendaraan sumber tersebut bisa terbatas dan bisa tak terhingga.
2. Distribusi dari waktu pelayanan yaitu proses pembentukan suatu bentuk antrian akibat adanya antara satuan-satuan kendaraan. Secara teori waktu kedatangan antara satuan-satuan kendaraan dengan satuan-satuan kendaraan berikutnya dianggap acak dan bebas. Bentuk umum dari proses ini sering digunakan dalam model antrian yaitu yang dikenal proses *eksponensial*.
3. Pada saluran untuk pelayanan yang mekanisme pelayanan terdiri dari satu atau beberapa saluran/fasilitas pelayanan waktu yang diperlukan sampai selesai pelayanan disebut waktu pelayanan. Pada setiap model antrian harus dispesifikasikan distribusi waktu pelayanan untuk masing-masing

saluran pelayanan. Ada beberapa distribusi waktu pelayanan yang banyak digunakan yaitu distribusi *eksponensial*, distribusi *erlang* dan distribusi *degenerate* (pelayanan konstan). Apabila kedatangan kendaraan ke dalam suatu antrian berdistribusi *Poisson*, maka dapat dinyatakan bahwa distribusi kedatangan yang berurutan adalah *eksponensial*.

4. Disiplin antrian bentuk disiplin pelayanan yang bias dipergunakan dalam persoalan antrian:

- *First-Come, First-Served* (pertama datang, pertama dilayani) atau *First-In, First-Out* (pertama masuk, pertama keluar) artinya, lebih dulu datang sampai lebih dulu dilayani. Misalnya antri tiket bioskop.
- *Last-Come, First Served* (terakhir datang, pertama dilayani) atau *Last-In, First-Out* (datang terakhir yang lebih dahulu dilayani).
- *Service In Random Order* (layanan secara acak) yaitu panggilan didasarkan pada peluang secara acak, tidak mempersoalkan siapa yang dulu datang.
- *General service Discipline* (disiplin pelayanan umum) yaitu disiplin pelayanan secara umum yang mencakup ketiga disiplin pelayanan sebelumnya.

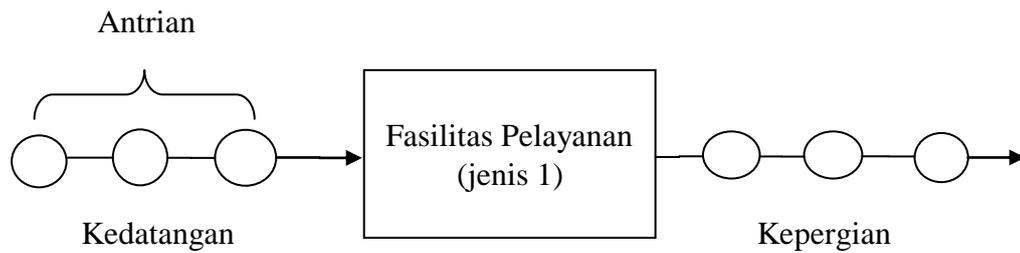
Pemilihan ini berdasarkan pada aturan-aturan tertentu yang disebut disiplin antrian. Populasi yang telah dilayani selanjutnya pergi meninggalkan gerbang pelayanan. Struktur antrian dapat diklasifikasikan berdasarkan banyaknya gerbang atau jalur dan banyaknya tahap pelayanan yang ada. Tata letak fisik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

A. *Single Channel-Single Phase*(saluran tunggal – fase tunggal)

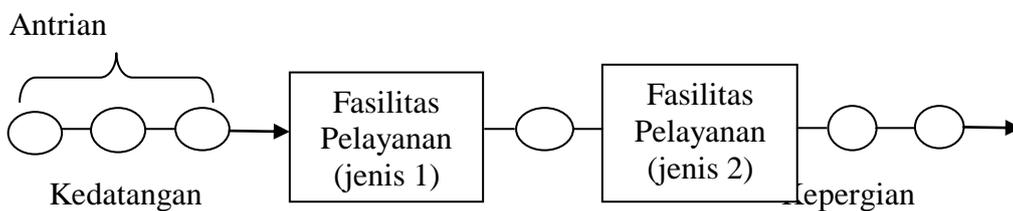
Struktur antrian pada *single channel-single phase* ini hanya memilih satu jalur pelayanan dan dalam jalur ini hanya memiliki satu tahap saja. Struktur ini sangat sederhana dan dapat dilihat pada Gambar 2.1:



Gambar 2.1: *Model single channel-single phase* (Marthyn, 2007)

B. *Single Channel-Multi Phase*(saluran tunggal – fase berganda)

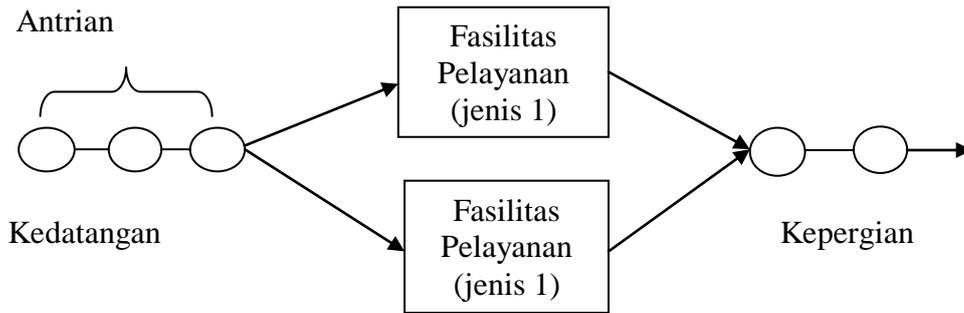
Struktur antrian pada *single channel-multi phase* ini hanya memiliki satu jalur pelayanan dan dalam jalur ini memiliki dua tahap (lebih dari satu layanan), tetapi dalam setiap jenis layanan hanya terdapat satu pemberi layanan.



Gambar 2.2: *Model single channel-multi phase*(Marthyn, 2007).

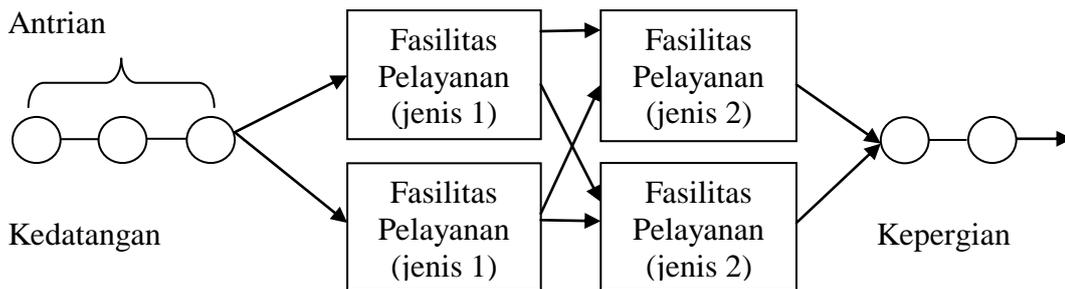
C. *Multi Channel-Single Phase*(saluran berganda – fase tunggal)

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.



Gambar 2.3: Model multi channel-single phase (Marthyn, 2007).

D. *Multi Channel-Multi Phase* (saluran berganda – fase berganda)



Gambar 2.4: Model multi channel-multi phase (Marthyn, 2007).

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

2.7.3 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.

2.7.3.1 Kedatangan Populasi yang akan dilayani (*calling population*)

Karakteristik dari populasi yang akan dilayani (*calling population*) dapat dilihat menurut ukurannya, pola kedatangan, serta perilaku dari populasi yang akan dilayani. Menurut ukurannya, populasi yang akan dilayani bisa terbatas (*finite*) bisa juga tidak terbatas (*infinite*). 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 Pers.2.2:

$$P(r, t) = \frac{e^{-\lambda T} (\lambda T)^r}{r!} \quad (2.2)$$

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.

$$P(s \leq t) = e^{-\lambda t}, \quad 0 \leq t \leq \infty \quad (2.3)$$

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)

Untuk mengetahui besarnya sampel yang diambil dan dapat mewakili suatu populasi, dapat diselesaikan dengan pendekatan rumus Dixon dan B. Leach:

$$n = \left[\frac{Z \cdot V}{C} \right]^2 \quad (2.4)$$

Dimana:

n = jumlah sampel

Z = confidence level (tingkat kepercayaan) 1.96

V = variabelitas

Variabelitas yang dapat diperoleh dengan rumus:

$$V = \sqrt{p(100-p)} \quad (2.5)$$

P = persentase karakteristik

C = confidence limit (%)

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

2.7.3.2 Tingkat Pelayanan

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

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

$$WP = \frac{1}{\mu} \quad (2.6)$$

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.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1 \quad (2.7)$$

Jika nilai $\rho > 1$, hal ini berarti bahwa tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan. Jika hal ini terjadi, maka dapat dipastikan akan terjadi antrian yang akan selalu bertambah panjang (tidak terhingga).

2.7.3.3 Mekanisme dan Jumlah Gerbang Pelayanan

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

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

2.7.3.4 Disiplin Antrian

Disiplin antrian mempunyai pengertian tentang bagaimana tata cara kendaraan atau manusia mengantri. Ada dua klasifikasi dalam disiplin mengantri yaitu prioritas dan *first come first served*. Disiplin prioritas dikelompokkan menjadi dua, yaitu *preemptive* dan *non preemptive*. Disiplin *preemptive* menggambarkan situasi dimana pelayan sedang melayani seseorang, kemudian beralih melayani orang yang diprioritaskan meskipun belum selesai melayani orang sebelumnya. Sementara disiplin *non preemptive* menggambarkan situasi dimana pelayan akan menyelesaikan pelayanaanya baru kemudian beralih melayani orang yang

diprioritaskan. Sedangkan disiplin *first come first served* menggambarkan bahwa orang yang lebih dahulu datang akan dilayani lebih dahulu.

Beberapa jenis disiplin antrian yang sering digunakan dalam bidang transportasi atau arus lalu lintas, adalah:

1. *First In First Out*(pertama masuk pertama keluar) atau *First Come First Served*(pertama datang pertama dilayani).

Disiplin antrian *FIFO* sangat sering digunakan dalam bidang transportasi dimana orang dan/atau kendaraan yang pertama tiba pada suatu tempat pelayanan akan dilayani pertama. 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 In Last Out* (pertama masuk terakhir keluar) atau *First Come Last Served* (pertama datang terakhir dilayani).

Disiplin *FILO* juga cukup sering digunakan di bidang transportasi dimana orang dan/atau kendaraan yang pertama tiba akan dilayani terakhir. Salah satu contoh disiplin *FILO* adalah: antrian kendaraan pada pelayanan feri di terminal penyeberangan (kendaraan yang pertama masuk ke feri, akan keluar terakhir, atau barang yang pertama masuk pada gudang pada saat pemuatan akan keluar terakhir pada saat pembongkaran), dan cukup banyak contoh lainnya.

3. *First Vacant First Served*(pertama kosong pertama dilayani).

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.

2.7.4 Parameter Antrian

Terdapat 4 (empat) parameter utama yang selalu digunakan dalam menganalisis antrian, yaitu \bar{n} , \bar{q} , \bar{d} , dan \bar{w} . Defenisi 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)

2.7.4.1 Disiplin Antrian *First In First Out (FIFO)*

Pers.2.8–2.11 berikut merupakan yang dapat digunakan untuk menghitung \bar{n} , \bar{q} , \bar{d} , dan \bar{w} untuk disiplin antrian *FIFO* (Tamin,2008).

$$\bar{n} = \frac{\lambda / N}{\mu - (\lambda / N)} = \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (2.8)$$

$$\bar{q} = \frac{(\lambda / N)^2}{\mu(\mu - (\lambda / N))} \quad (2.9)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - (\lambda / N)} \times 3600 \quad (2.10)$$

$$\bar{w} = \frac{(\lambda / N)}{\mu(\mu - (\lambda / N))} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \quad (2.11)$$

dimana:

N = jumlah gardutol

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. Pers. 2.8–2.11 hanya berlaku untuk lajur-tunggal dan dengan nilai $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$.

Jikanilai $\rho > 1$, maka diharuskan menambah beberapa lajur-tunggal (multilajur).

b. Jika terdapat lebih dari 1 (satu) lajur (katakan N lajur), maka diasumsikan bahwa tingkat kedatangan (λ) akan membagi dirinya secara merata untuk setiap lajur sebesar $\frac{\lambda}{N}$ dimana N adalah jumlah lajur. Dengan demikian, dapat diasumsikan akan terbentuk N buah antrian berlaju tunggal dimana setiap antrian berlaju-tunggal akan dapat menggunakan Pers.2.8–2.11.

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).

2.7.4.2 Disiplin FVFS

Pers.2.12–2.16 berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung \bar{n} , \bar{q} , \bar{d} , dan \bar{w} untuk disiplin antrian FVFS (Tamin,2008).

$$P(0) = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{K-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \left[\frac{1}{K!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^K \frac{K\mu}{K\mu - \lambda} \right]} \quad (2.12)$$

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

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

$$\bar{q} = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^K}{(K-1)!(K\mu - \lambda)^2} p(0) = \bar{n} - \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.14)$$

$$\bar{d} = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^K}{(K-1)!(K\mu - \lambda)^2} p(0) + \frac{1}{\mu} \quad (2.15)$$

$$\bar{w} = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K}{(K-1)!(K\mu-\lambda)^2} p(0) = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \quad (2.16)$$

dimana:

λ = tingkat kedatangan rata-rata

μ = tingkat pelayanan rata-rata

k = jumlah gerbang pelayanan

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

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

2.8 Proses Antrian

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

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

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

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

2.9 Model Ongkos Dari Antian

Model ongkos dari antrian ini digunakan untuk mendapatkan tingkat pelayanan dengan hasil yang optimal yang ditujukan baik dari nilai pelayanan maupun jumlah pelayanan yang ada dalam suatu sistem. Hal ini dapat dicapai menyeimbangkan antara ongkos pelayanan dengan ongkos tunggu tiap pelanggan persatuan waktu.

Ongkos pelayanan ini tergabung dalam pengoperasian fasilitas sedangkan ongkos tunggu menyatakan ongkos menunggu bagi pelanggan sampai dengan pelayanan selesai. Menambah atau meningkatkan pelayanan berarti mengurangi waktu tunggu atau menambah pelayanan dan sebaliknya.

Tingkat pelayanan yang optimum dicapai pada ongkos gabungan yang paling rendah. Ongkos gabungan ini berupa ongkos tunggu persatuan waktu dengan ongkos pengoperasian fasilitas pelayanan persatuan waktu.

Seperti telah disebutkan dimuka bahwa ada dua kriteria yang dapat dioptimalkan yaitu:

2.9.1 Nilai Pelayanan

Untuk menaikkan pelayanan ini jumlah tetap sedangkan keadaan optimum dapat dicapai dengan merubah-ubah nilai pelayanan.

$$T\{C(\mu)\} = C_1 \cdot \mu + C_2 E(nt) \quad (2.17)$$

Dimana:

C_1 = Ongkos pelayanan tiap pelanggan per satuan waktu

C_2 = Ongkos tunggu tiap pelanggan per satuan waktu

$T\{C(\mu)\}$ = Ongkos total dengan laju pelayanan μ

$C_2 E(nt)$ = Ongkos tunggu per satuan waktu

2.9.2 Jumlah Pelayanan

Pengoptimalkan tingkat pelayanan ini dengan merubah-ubah jumlah pelayanan dengan menganggap kedatangan dan pelayanan tetap.

$$T\{C(c)\} = C_1 \cdot c + C_2 E_c(nt) \quad (2.18)$$

Dimana:

$T\{C(c)\}$ = Ongkos total dengan jumlah pelayanan c

C_1 = Ongkos pelayanan tiap pelanggan per satuan waktu

C_2 = Ongkos tunggu tiap pelanggan per satuan waktu

c = Jumlah optimal pelayanan

2.10 Analisa Kebijakan yang dapat dilakukan

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

- a. Kebijakan mengurangi waktu pelayanan
- b. Kebijakan menambah pintu tol
- c. Kebijakan sistem tandem

2.10.1 Kebijakan mengurangi waktu pelayanan

Kebijakan ini merupakan pilihan terbaik, karena dapat dikatakan tidak membutuhkan biaya besar (mungkin hanya berupa dana insentif bagi karyawan

yang dapat menurunkan waktu pelayanan). Akan tetapi, waktu pelayanan tersebut hanya bisa ditekan seminimal mungkin, tidak bisa dihilangkan sama sekali.

2.10.2 Kebijakan Menambah Pintu Tol

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

2.10.3 Kebijakan Sistem Tandem

Bentuk dasar sistem tandem adalah dua kendaraan bergerak pada dua gerbang tol yang berurutan secara seri depan belakang, dan setiap pengumpul tol akan melakukan transaksi tol masing-masing satu kendaraan pada waktu masuk kendaraan yang sama. Kebijakan sistem tandem merupakan usaha untuk meningkatkan kinerja pintu tol, karena dapat menurunkan waktu pelayanan sampai 50 % (Morlok, 1978; Hobbs, 1979). Sistem tandem dengan mempergunakan daerah penghalang belum lazim digunakan di Indonesia tetapi untuk memecahkan kemacetan lalu lintas pada jalan non tol akibat panjang antrian pada gerbang tol mungkin dapat digunakan sistem tandem tanpa daerah penghalang, ini pasti akan menambah kapasitas gerbang untuk dapat melewati jumlah kendaraan untuk masuk ke jalan tol.

2.10.4 Kebijakan Sistem Pembayaran Tol Elektronik

Pembayaran tol elektronik, adalah sebuah adaptasi dari teknologi militer identifikasi teman atau lawan, yang bertujuan untuk menghilangkan kemacetan di jalan tol. Metode tersebut merupakan implementasi teknologi konsep pembayaran jalan dan menentukan apakah mobil-mobil yang melewati terdaftar dalam program, alarm bagi yang tidak terdaftar, dan mendebit secara elektronik rekening

dari mobil terdaftar tanpa harus berhenti, atau membuka jendela. *ETC (Electronic Toll Collection)* pertama kali diperkenalkan pada 1987 di Aalesund, Norwegia. Penggunaan teknologi sistem pembayaran elektronik seperti penggunaan *smart card* sebagai alat pembayaran sudah digunakan pada ruas tol di Singapura dan Malaysia. Dengan karu ini, pengguna jalan tol tidak perlu membayar tiket di gerbang tol tujuan, tetapi cukup menyentuh kartu ke sensor (*touch and pass*) sehingga secara langsung akan mendebit biaya tol. Pengguna tol tidak perlu lagi berhenti lama untuk membayar tol namun secara otomatis mengurangi *account* yang dimiliki pengguna tol melalui mekanisme *scanning* yang sangat cepat. Smart card seperti ini di negara maju digunakan tidak hanya untuk pembayaran suatu ruas jalan tol, tetapi juga digunakan untuk berbagai keperluan transportasi, misalnya bisa digunakan untuk kereta api, parkir dan sebagainya

2.11. Jenis Gardu Tol

Terdapat beberapa jenis gardu tol yang saat ini tersedia, antara lain:

1. Gardu Tol Konvensional
2. Gardu Tol Otomatis (GTO)
3. *Electronic Toll Collection* atau *On-Board Unit (OBU)*

2.11.1. Gardu Tol Konvensional

Gardu tol konvensional adalah gardu yang melayani pembayaran tol menggunakan uang biasa. Dalam Standar Pelayanan Minimum (SPM) Jalan Tol 2015 dikatakan bahwa untuk sistem terbuka, waktu maksimal pelayanan yang diijinkan adalah 6 detik. Untuk sistem tertutup, pada gardu masuk waktu maksimal pelayanan adalah 5 detik dan gardu keluar maksimal 9 detik.

2.11.2. Gardu Tol Otomatis (GTO)

Gardu Tol Otomatis (GTO) adalah gardu yang melayani pembayaran tol menggunakan kartu khusus. Kartu tersebut biasanya dapat diperoleh dari bank atau instansi yang terkait. Waktu pelayanan yang diijinkan adalah 4 detik.

2.11.3. *Electronic Toll Collection* atau *On-Board Unit(OBU)*

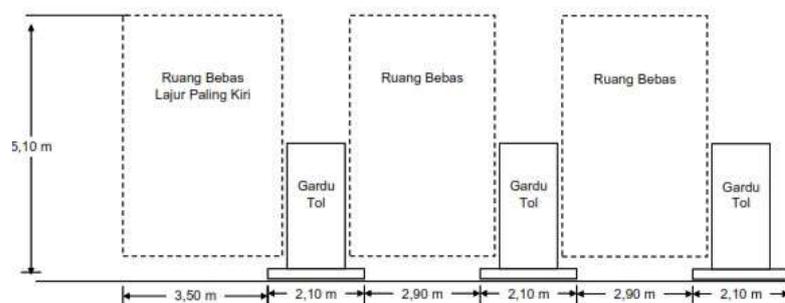
On-Board Unit (OBU) adalah sistem pembayaran jalan tol yang mulai dikenalkan pada tahun 1989. Pembayaran yang dilakukan menggunakan alat yang telah dipasang sisi depan kendaraan. Sistem pembayaran ini dapat digunakan untuk sistem tol terbuka maupun tertutup. Waktu pelayanan yang digunakan adalah < 2 detik.

2.12. Pelataran Tol dan Gerbang Tol

Menurut peraturan, pelataran tol (*tollplaza*) adalah daerah atau bagian dari jalan tol dengan bentuk geometris yang lebih lebar dari lebar normal jalan tol dimana gerbang tol ditempatkan. Untuk merencanakan pelataran tol dan gerbang tol, digunakan persyaratan perencanaan menurut Bina Marga tentang geometri jalan bebas hambatan. Perencanaan pelataran tol dan gerbang tol harus memperhatikan hal-hal berikut:

1. Kelancaran lalu lintas
2. Keamanan dan efisiensi pengoperasian
3. Pandangan bebas

Dalam peraturan tersebut juga diatur untuk lebar lajur lalu lintas pada gerbang tol adalah 2,90m dan lebar pulau tol 2,10m dengan panjang minimum 25m untuk lajur searah dan 33m untuk lajur bolak balik. Untuk melayani kendaraan yang bersifat khusus contohnya angkutan dengan kendaraan ekstra lebar maka pada lajur paling luar (kiri) dibuat dengan minimal lebar 3,50m. Pada Gambar 2.5 memperlihatkan ruang bebas pada gerbang tol.

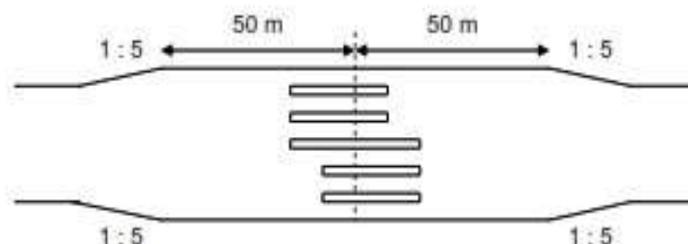


Gambar 2.5: Ruang bebas pada gerbang tol (Peraturan Bina Marga No 9 Tahun 2009).

Kemiringan melintang permukaan perkerasan pada pelataran tol minimal 1,0% dan maksimum 2,0%. Apabila pada pelataran tol dilakukan pelebaran jalur, harus direncanakan panjang transisi yang cukup untuk melakukan maneuver dari jalur normal ke arah lajur gardu yang dituju atau sebaliknya. Pada tol Gempol-Pasuruan, gerbang tol yang ada merupakan gerbang tol *ramp* yang menghubungkan jalan non tol dengan jalan utama tol. Pelebaran pelataran tol *ramp* memerlukan *taper* yang berfungsi untuk awal lajur percepatan/perlambatan secara serong menuju gardu tol yang ada. Pada Tabel 2.1 menjelaskan panjang *taper* minimum yang digunakan dan pada Gambar 2.6 merupakan sketsa kemiringan *taper* maksimum pelataran tol.

Tabel 2.1: Panjang minimum *taper* (Peraturan Bina Marga No 9 Tahun 2009).

Kecepatan rencana (km/jam)	Panajang taper minimum (m)	
	Memisah	Menggabung
120	135	270
100	113	225
80	90	180
60	42	84

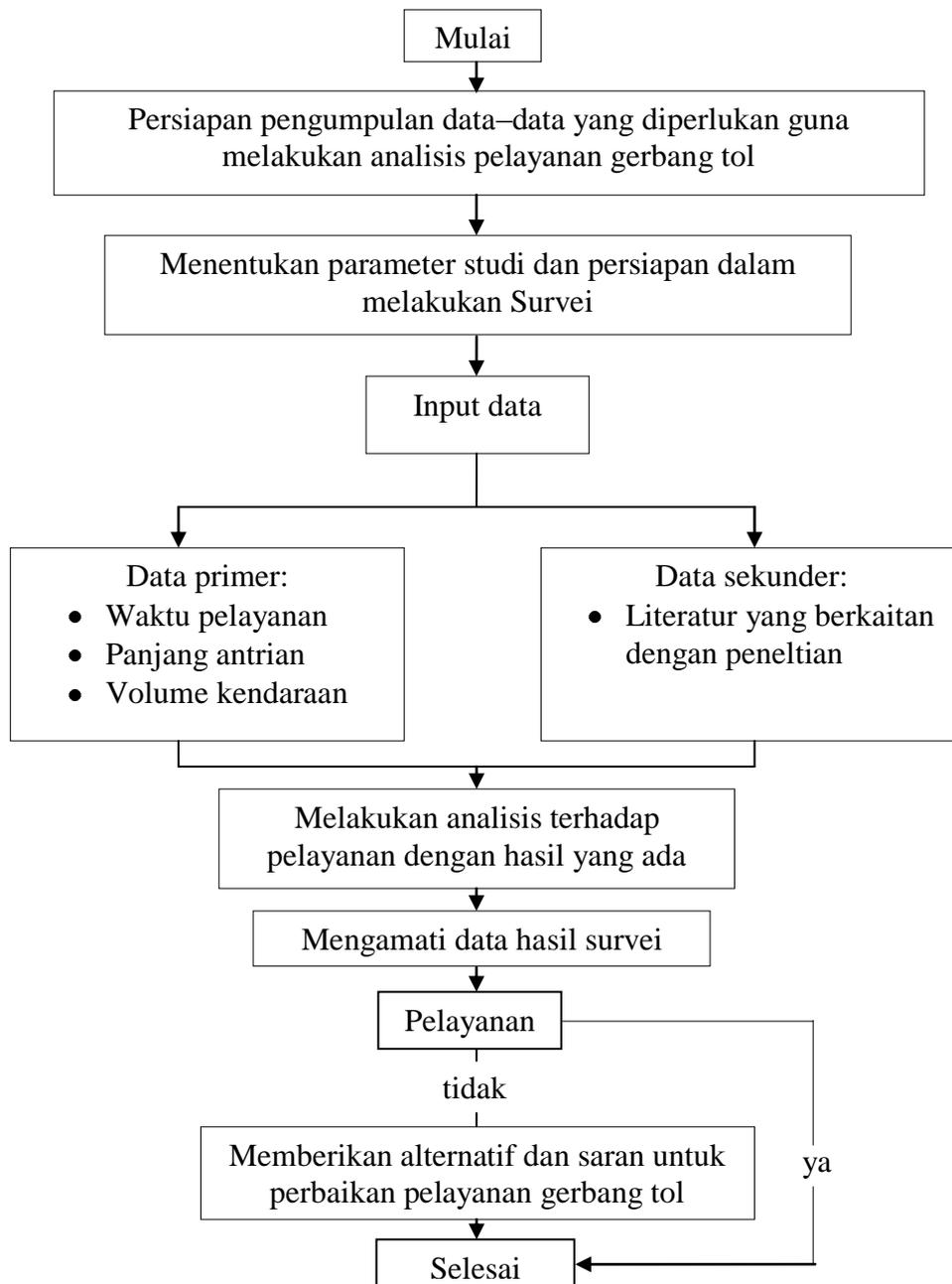


Gambar.2.6: Pelataran tol pada gerbang tol *ramp* (Peraturan Bina Marga No 9 Tahun 2009).

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian maka perlu dibuat suatu metodologi penelitian yang dapat dilihat melalui bagan alir pada Gambar 3.1:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

3.2 Studi Pustaka

Adapun studi pustaka dari penelitian ini adalah mengenai teori antrian, seperti yang sudah diuraikan sebelumnya. Dimana kendaraan yang ditinjau diklasifikasikan ke dalam:

- 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

Dan yang dicatat adalah:

1. tingkat kedatangan (λ)
2. tingkat pelayanan (μ)
3. panjang antrian (q)
4. waktu pelayanan / *service time* (t)

3.3 Studi Awal

Sebelum melakukan survei ke lapangan perlu dilakukan suatu survei awal untuk melihat situasi/kondisi di gerbang tol tersebut. Dimana survei ini dibutuhkan untuk mengetahui jam-jam puncak (*peak hour*) atau saat-saat kapan saja terjadi antrian di gerbang tol dan untuk menentukan gerbang tol yang akan ditinjau.

3.4 Penentuan Lokasi

Setelah dilakukan survei awal, maka dapat ditentukan lokasi/gerbang tol yang akan ditinjau. Dalam kasus ini gerbang tol yang ditinjau adalah Gerbang Tol Tanjung Morawa.



Gambar 3.2: Gerbang tol Tanjung Morawa.

3.5 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 Morawa. Data-data yang diambil sewaktu melakukan survei adalah:

- Waktu pelayanan (*service time*), dilakukan pada saat kendaraan berhenti di depan gardu (loket) untuk mengandakan transaksi (saat pembayaran tol sedang berlangsung) sampai kendaraan tersebut bergerak meninggalkan gardu.
- Panjang antrian, dilakukan dengan mengukur panjang antrian yang terjadi sesaat setelah kendaraan berada tepat didepan gardu untuk melakukan transaksi.
- Tingkat kedatangan, dilakukan dengan menghitung jumlah kendaraan yang datang dalam tiap menit.

3.6 Pengambilan Data Sekunder

Pengambilan data sekunder, diperoleh dari pihak PT. Jasa Marga selaku pengelola jalan tol BELMERA. Data yang diambil adalah data-data yang berhubungan dengan tugas akhir ini.

3.7 Penyusunan Data

Setelah formulir data diisi dengan lengkap maka data-data tersebut disusun ke dalam komputer dengan menggunakan Microsoft Exel sebagai data base. Pada

data base tersebut semua informasi yang diperoleh dari survei disusun ke dalam bentuk tabel. Adapun data-data yang disusun adalah:

1. Tingkat kedatangan (λ)
2. Tingkat pelayanan (μ)
3. Panjang antrian (q)
4. Waktu pelayanan / *service time* (t)

3. 8 Pelaksanaan Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan untuk penelitian langsung diambil di lapangan dengan mengadakan survei lapangan. Survei dilakukan di gerbang tol yang dijadikan objek penelitian yaitu Gerbang Tol Tanjung Morawa. Pengambilan data dilakukan pada 3 (tiga) gardu *exit* (keluar) yang sedang beroperasi, (*lay out* terlampir). Pengambilan 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.

Waktu pelayanan dihitung dengan menggunakan *stopwatch*, dan mulai dihitung ketika pengemudi menyerahkan uang dan karcis tol sampai petugas mengembalikan uang kembali dan bukti tol kepada pengemudi. Untuk pengambilan data tingkat kedatangan dilakukan dengan menghitung jumlah kendaraan yang datang per 1 jam dan dalam waktu 7 hari (1 minggu) dimulai pada tanggal 16-22 Agustus 2017. Sedangkan untuk pengambilan data panjang antrian dilakukan dengan mengukur panjang antrian yang terjadi sesaat setelah kendaraan berada tepat di depan gardu untuk melakukan transaksi.

BAB 4

ANALISA DATA

4.1 Kriteria Lokasi yang Ditinjau

Lokasi yang ditinjau adalah Gerbang tol Tanjung Morawa. Permasalahan yang sering timbul pada gerbang ini adalah antrian yang panjang mengakibatkan berkurangnya kualitas pelayanan jalan tol. Terutama pada saat jam sibuk pada hari awal pekan dan akhir pekan. Analisa pada lokasi ini dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas dan tingkat pelayanan yang diberikan kepada pemakai jalan tol pada saat mengadakan transaksi (membayar tol) di gardu (loket) gerbang tol. Waktu pelayanan (*service time*) terhadap pemakai jalan tol perlu diketahui untuk meningkatkan mutu pelayanan. Pelayanan yang baik dapat terlihat dari waktu pelayanan yang diberikan secara singkat dan tepat sehingga tidak akan terjadi antrian yang mengganggu.

4.2 Penyajian Data

Data yang diperoleh diolah untuk menguji keabsahannya, sehingga perlu dianalisa. Data disajikan dalam bentuk tabel dan data tersebut merupakan data base untuk analisis.

4.3 Pengujian Data

4.3.1 Pengujian Kecukupan Data

Dari data sekunder dapat diperoleh banyaknya lalu lintas yang keluar melalui gerbang tol Tanjung Morawa adalah:

1. Tahun 2015 = 3.734.906 kendaraan
2. Tahun 2016 = 4.171.638 kendaraan

Data tersebut diatas akan dijadikan sebagai acuan untuk memperoleh sampel. Maka data yang digunakan adalah data maksimum yaitu pada tahun 2016, yakni dengan klasifikasi sebagai berikut:

- Golongan I = 3.072.177 kendaraan

- Golongan II= 453.470 kendaraan
 - Golongan III = 455.991 kendaraan
 - Golongan IV =127.531 kendaraan
 - Golongan V = 72.469 kendaraan
- Total = 4.171.638 kendaraan

Untuk mengetahui besarnya sampel yang diambil dan dapat mewakili suatu populasi. Dianggap bahwa level (Z) adalah 95 % dan confidence limit 10 % sedang persentase karakteristik C disesuaikan dengan golongan moda kendaraan yang ada karena ada sampel yang tidak homogen. Dianggap bahwa level (Z) adalah 95 % dan confidence limit 10 % sedang persentase karakteristik C disesuaikan dengan golongan moda kendaraan yang ada karena ada sampel yang tidak homogen.

- .Golongan I

$$P = \frac{3.072.177}{4.171.638} \times 100 = 73,64\%$$

$$V = \sqrt{p(100 - p)} = \sqrt{73,64 (100 - 73,64)}$$

$$V = 44,05 \approx 44$$

$$n = \left[\frac{Z \cdot V}{C} \right]^2 = \left[\frac{1,96 (44)}{10} \right]^2 = 74,37$$

Jumlah sampel setelah dikoreksi:

$$n' = \frac{n}{1 + \left[\frac{n}{N} \right]} = \frac{74,37}{1 + \left[\frac{74,37}{4.171.638} \right]} = \frac{74,37}{1,000017} = 74$$

Maka, sampel Golongan I sebanyak 74 kendaraan

- Golongan II

$$P = \frac{453.470}{4.171.638} \times 100 = 10,87\%$$

$$V = \sqrt{p(100 - p)} = \sqrt{10,87 (100 - 10,87)}$$

$$V = 31,12 \approx 32$$

$$n = \left[\frac{Z \cdot V}{C} \right]^2 = \left[\frac{1,96 (32)}{10} \right]^2 = 39,33$$

Jumlah sampel setelah dikoreksi:

$$n' = \frac{n}{1 + \left[\frac{n}{N}\right]} = \frac{39,33}{1 + \left[\frac{39,33}{4.171.638}\right]} = \frac{39,33}{1,00001} = 39$$

Maka, sampel Golongan II sebanyak 39 kendaraan

- Golongan III

$$P = \frac{455.991}{4.171.638} \times 100 = 10,93\%$$

$$V = \sqrt{p(100 - p)} = \sqrt{10,93 (100 - 10,93)}$$

$$V = 31,20 \approx 32$$

$$n = \left[\frac{Z.V}{C}\right]^2 = \left[\frac{1,96 (32)}{10}\right]^2 = 39,33$$

Jumlah sampel setelah dikoreksi:

$$n' = \frac{n}{1 + \left[\frac{n}{N}\right]} = \frac{39,33}{1 + \left[\frac{39,33}{4.171.638}\right]} = \frac{39,33}{1,00001} = 39$$

Maka, sampel Golongan III sebanyak 39 kendaraan

- Golongan IV

$$P = \frac{127.531}{4.171.638} \times 100 = 3,05\%$$

$$V = \sqrt{p(100 - p)} = \sqrt{3,05 (100 - 3,05)}$$

$$V = 17,19 \approx 18$$

$$n = \left[\frac{Z.V}{C}\right]^2 = \left[\frac{1,96 (18)}{10}\right]^2 = 12,44$$

Jumlah sampel setelah dikoreksi:

$$n' = \frac{n}{1 + \left[\frac{n}{N}\right]} = \frac{12,44}{1 + \left[\frac{12,44}{4.171.638}\right]} = \frac{12,44}{1,00001} = 12$$

Maka, sampel Golongan IV sebanyak 12 kendaraan

- Golongan V

$$P = \frac{72.469}{4.171.638} \times 100 = 1,73\%$$

$$V = \sqrt{p(100 - p)} = \sqrt{1,73 (100 - 1,73)}$$

$$V = 9,84 \approx 10$$

$$n = \left[\frac{Z \cdot V}{C} \right]^2 = \left[\frac{1,96 (10)}{10} \right]^2 = 3,84$$

Jumlah sampel setelah dikoreksi:

$$n' = \frac{n}{1 + \left[\frac{n}{N} \right]} = \frac{3,84}{1 + \left[\frac{3,84}{4.171.638} \right]} = \frac{3,84}{1,00001} = 3,84 \approx 4$$

Maka, sampel Golongan V sebanyak 4 kendaraan

4.4 Analisa Data

4.4.1 Perhitungan Tingkat Kedatangan (*Arrival Rate*)

Dari data hasil *survey arrival rate* pada gerbang tol Tanjung Morawa, diketahui bahwa arus pergerakan terbesar (λ) adalah 1124 kendaraan/jam.

Perhitungan tingkat kedatangan (*arrival rate*)

Tempat : Gerbang Tol Tanjung Morawa

Tanggal/hari : 16 Agustus 2017 / Rabu

Waktu : 08.00 – 18.00 WIB

Tabel 4.1: Data survei tingkat kedatangan gerbang tol Tanjung Morawa.

No	Jam (WIB)	Jumlah Kendaraan
1	08.00 – 09.00	883
2	09.00 – 10.00	1115
3	10.00 – 11.00	1144
4	11.00 – 12.00	1133
5	12.00 – 13.00	1087
6	13.00 – 14.00	879
7	14.00 – 15.00	794
8	15.00 – 16.00	787
9	16.00 – 17.00	908
10	17.00 – 18.00	1485
TOTAL		11240

$$\lambda = \frac{11240}{10} = 1124 \text{ kendaraan/jam}$$

Tingkat kedatangan (λ) dengan tingkat pelayanan (μ) memiliki persyaratan bahwa nilai tersebut selalu harus lebih kecil dari 1.

4.4.2 Perhitungan Waktu Pelayanan (*Service Time*)

Dari data *service time* pada gerbang tol Tanjung Morawa dengan 3 gardu diperoleh waktu transaksi rata-rata berikut:

Tabel 4.2: Data waktu pelayanan rata-rata Gerbang Tol Tanjung Morawa.

Gardu	Waktu Pelayanan Rata-Rata (dtk)
02	5,37
04	3,55
06	4,198

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 Morawa dapat diketahui, yaitu:

$$\lambda = 1124 \text{ kendaraan/jam}$$

$$N = 3$$

$$\mu = \frac{1124}{3}$$

Diperoleh: $\mu = 374,33 \approx 374$

Jadi waktu pelayanan yang dibutuhkan adalah

$$374 = \frac{3600}{WP}$$

WP= 9,62 detik/kendaraan

Dari tingkat kedatangan $\lambda = 1124$ kendaraan/jam, diperoleh bahwa kondisi ideal waktu pelayanan pada gerbang tol Tanjung Morawa 10 detik perkendaraan, sedangkan dari hasil survei diperoleh waktu pelayanan 5 detik perkendaraan.

4.4.3 Perhitungan Jumlah Pintu Gerbang (Gardu)

Dengan data hasil *survey arrival* pada gerbang tol Tanjung Morawa, 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) = 5 detik/kendaraan

Dengan $\lambda = 1124$ kendaraan/jam ; WP = 5 detik

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

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

$$N = 3$$

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

$$\rho = \frac{1124/3}{720} = 0,52 < 1$$

(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.

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

Dengan $\lambda = 1124$ kendaraan/jam ; WP = 6 detik

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

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

$$N = 3$$

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

$$\rho = \frac{1124/3}{600} = 0,62 < 1$$

(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.

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

Dengan $\lambda = 1124$ kendaraan/jam ; WP = 7 detik

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

$$\mu = \frac{3600}{7} = 514,25 \approx 515$$

$$N = 3$$

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

$$\rho = \frac{1124/3}{515} = 0,72 < 1$$

(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.

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

Dengan $\lambda = 1124$ kendaraan/jam ; WP = 8 detik

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

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

$$N = 3$$

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

$$\rho = \frac{1124/3}{450} = 0,89 < 1$$

(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) 8 detik/ kendaraan, jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 3 gardu tol.

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

Dengan $\lambda = 1124$ kendaraan/jam ; WP = 9 detik

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

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

$$N = 3$$

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

$$\rho = \frac{1124/3}{400} = 0,93 < 1$$

(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.

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

Dengan $\lambda = 1124$ kendaraan/jam ; WP = 10 detik

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

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

$$N = 3$$

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

$$\rho = \frac{1124/3}{360} = 1,04 > 1$$

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

- Maka jumlah gardu tol tidak sesuai dengan tingkat kedatangan yang ada sehingga akan terjadi antrian yang sangat panjang.
- Dengan waktu pelayanan (WP) = 10 detik/kendaraan, jumlah gardu tol yang dibutuhkan adalah 4 gardu tol agar sesuai dengan tingkat kedatangan dan tidak mengalami antrian yang panjang.

4.4.4 Perhitungan Antrian pada Pintu Tol (Antrian *FIFO*)

1. Perhitungan gardu tol dengan menggunakan (WP) = 5 detik/kendaraan Pendekatan (Stasiun Berganda).

Diketahui: $\mu = 720$

$$\lambda = 1124$$

$$N = 3$$

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

$$\bar{n} = \frac{1124/3}{720 - (1124/3)} = 1,084 = 1 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{q} = \frac{(1124 / 3)^2}{720(720 - (1124/3))} = 0,564 = 1 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{d} = \frac{1}{720 - (1124/3)} \times 3600 = 10,424 = 10 \text{ detik}$$

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

$$\bar{w} = \frac{(1124/3)}{720(720 - (1124/3))} \times 3600 = 5,424 = 5 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan sistem berganda seperti pada Tabel 4.3:

Tabel 4.3: Perhitungan antrian dengan waktu pelayanan (WP) 5 detik dengan $\lambda = 1124$ kendaraan/jam.

Jumlah pintu tol	Kendaraan /jam	Kendaraan	Dalam meter	Kendaraan	Dalam meter	Detik	Detik
N	μ	N	n	q	q	d	w
2	720	3.556	14.224	2.776	11.104	22.784	17.784

Tabel 4.3: Lanjutan.

Jumlah pintu tol	Kendaraan /jam	Kendaraan	Dalam meter	Kendaraan	Dalam meter	Detik	Detik
N	μ	n	n	q	q	d	w
3	720	1.084	4.336	0.564	2.256	10.424	5.424

4	720	0.640	2.560	0.249	0.996	8.200	8.892
5	720	0.453	1.812	0.141	0.564	7.269	2.269

2. Perhitungan gardu tol dengan menggunakan (WP) = 6 detik/kendaraan
Pendekatan (Stasiun Berganda).

Diketahui: $\mu = 600$

$$\lambda = 1124$$

$$N = 3$$

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

$$\bar{n} = \frac{1124/3}{600 - \left(\frac{1124}{3}\right)} = 1,662 = 2 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{q} = \frac{(1124 / 3)^2}{600(600 - (1124/3))} = 1,038 = 1 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{d} = \frac{1}{600 - (1124/3)} \times 3600 = 15,976 = 16 \text{ detik}$$

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

$$\bar{w} = \frac{(1124/3)}{600(600 - (1124/3))} \times 3600 = 9,976 = 10 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan sistem berganda seperti pada Tabel 4.4:

Tabel 4.4: Perhitungan antrian dengan waktu pelayanan (WP) 6 detik dengan $\lambda = 1124$ kendaraan/jam.

Jumlah pintu tol N	Kendaraan /jam μ	Kendaraan n	Dalam meter n	Kendaraan q	Dalam meter q	Detik d	Detik w
2	600	14,789	59,157	13,852	55,411	94,736	88,736

3	600	1,662	6,650	1,038	4,153	15,976	9,976
4	600	0,880	3,523	0,412	1,650	11,285	5,285
5	600	0,599	2,396	0,224	0,897	9,594	3,594

3. Perhitungan gardu tol dengan menggunakan (WP) = 7 detik/kendaraan Pendekatan (Stasiun Berganda).

Diketahui: $\mu = 515$

$$\lambda = 1124$$

$$N = 3$$

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

$$\bar{n} = \frac{1124/3}{515 - \left(\frac{1124}{3}\right)} = 2,669 = 3 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{q} = \frac{(1124 / 3)^2}{515(515 - (1124/3))} = 1,942 = 2 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{d} = \frac{1}{515 - (1124/3)} \times 3600 = 25,653 = 26 \text{ detik}$$

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

$$\bar{w} = \frac{(1124/3)}{515(515 - (1124/3))} \times 3600 = 18,622 = 19 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan sistem berganda seperti pada Tabel 4.5:

Tabel 4.5: Perhitungan antrian dengan waktu pelayanan (WP) 7 detik dengan $\lambda = 1124$ kendaraan/jam.

Jumlah pintu tol N	Kendaraan /jam μ	Kendaraan n	Dalam meter n	Kendaraan q	Dalam meter q	Detik d	Detik w
2	515	-11,957	-47,829	-13,048	-52,194	-76,595	-83,586
3	515	2,669	10,679	1,942	7,769	25,653	18,662

4	515	1,200	4,803	0,655	2,620	15,384	8,394
5	515	0,774	3,098	0,338	1,352	12,405	5,414

4. Perhitungan gardu tol dengan menggunakan (WP) = 8 detik/kendaraan Pendekatan (Stasiun Berganda).

Diketahui: $\mu = 450$

$$\lambda = 1124$$

$$N = 3$$

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

$$\bar{n} = \frac{1124/3}{450 - \left(\frac{1124}{3}\right)} = 4,973 = 5 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{q} = \frac{(1124 / 3)^2}{450(450 - (1124/3))} = 4,140 = 4 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{d} = \frac{1}{450 - (1124/3)} \times 3600 = 47,787 = 48 \text{ detik}$$

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

$$\bar{w} = \frac{(1124/3)}{450(450 - (1124/3))} \times 3600 = 39,787 = 40 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan sistem berganda seperti pada Tabel 4.6:

Tabel 4.6: Perhitungan antrian dengan waktu pelayanan (WP) 8 detik dengan $\lambda = 1124$ kendaraan/jam.

Jumlah pintu tol	Kendaraan /jam	Kendaraan	Dalam meter	Kendaraan	Dalam meter	Detik	Detik
N	μ	n	n	q	q	d	w
2	450	-5,017	-20,071	-6,266	-25,066	-32,142	-40,142
3	450	4,973	19,893	4,140	16,563	47,787	39,787
4	450	1,662	6,650	1,0382	4,153	21,301	13,301

5	450	0,998	3,992	0,498	1,994	15,985	7,985
---	-----	-------	-------	-------	-------	--------	-------

5. Perhitungan gardu tol dengan menggunakan (WP) = 9 detik/kendaraan Pendekatan (Stasiun Berganda).

Diketahui: $\mu = 400$

$$\lambda = 1124$$

$$N = 3$$

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

$$\bar{n} = \frac{1124/3}{400 - (1124/3)} = 14,789 = 15 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{q} = \frac{(1124 / 3)^2}{400(400 - (1124/3))} = 13,852 = 14 \text{ kendaraan}$$

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

$$\bar{d} = \frac{1}{400 - (1124/3)} \times 3600 = 142,105 = 142 \text{ detik}$$

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

$$\bar{w} = \frac{(1124/3)}{400(400 - (1124/3))} \times 3600 = 133,105 = 133 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan sistem berganda seperti pada Tabel 4.7:

Tabel 4.7: Perhitungan antrian dengan waktu pelayanan (WP) 9 detik dengan $\lambda = 1124$ kendaraan/jam.

Jumlah pintu tol N	Kendaraan /jam μ	Kendaraan n	Dalam meter n	Kendaraan q	Dalam meter q	Detik d	Detik w
2	400	-3,469	-13,876	-4,874	-19,496	-22,222	-31,222
3	400	14,789	59,157	13,852	55,411	142,10	133,10
4	400	2,361	9,445	1,658	6,635	30,252	21,252
5	400	1,283	5,132	0,721	2,884	20,547	11,547

Dimana: \bar{n} = rata-rata jumlah kendaraan dalam sistem

\bar{q} = rata-rata jumlah kendaraan dalam antrian

\bar{d} = waktu rata-rata yang dipakai dalam sistem

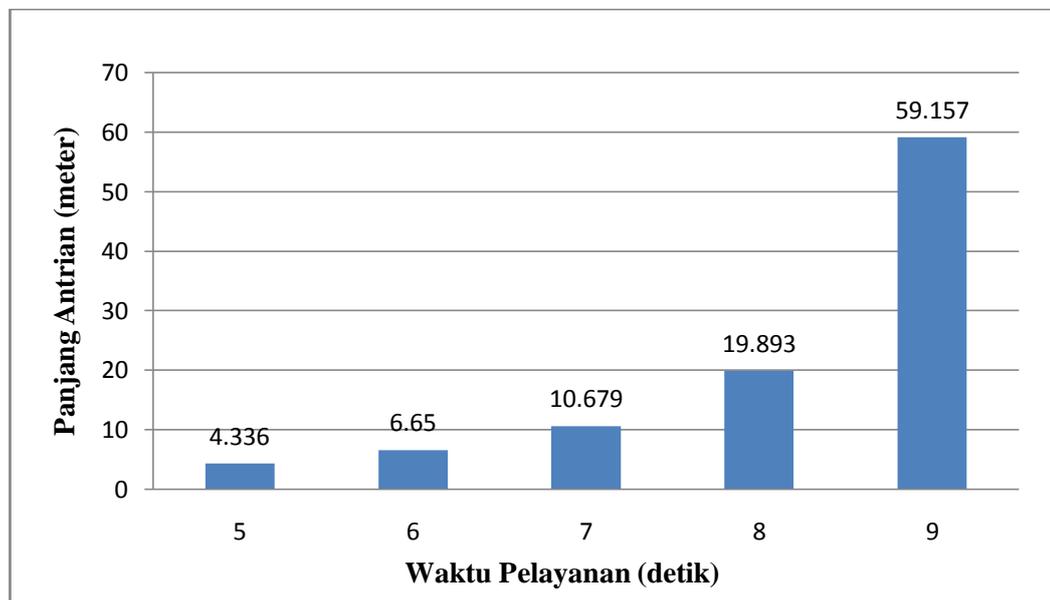
\bar{w} = waktu menunggu rata-rata dalam antrian

$\bar{n} - \bar{q} = 1$

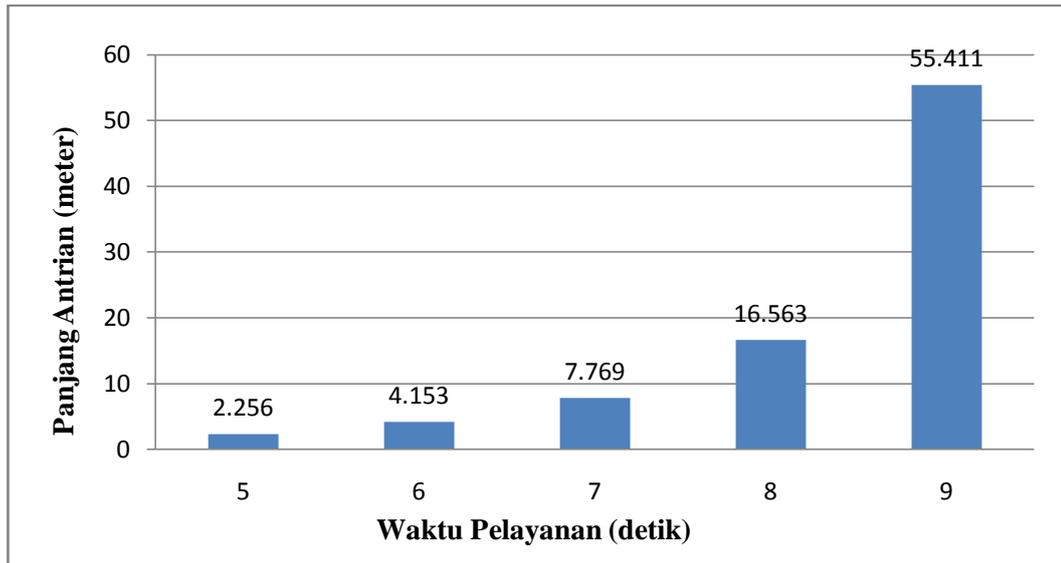
$\bar{d} - \bar{w}$ = Waktu Pelayanan (WP)

1 kendaraan = 4 meter

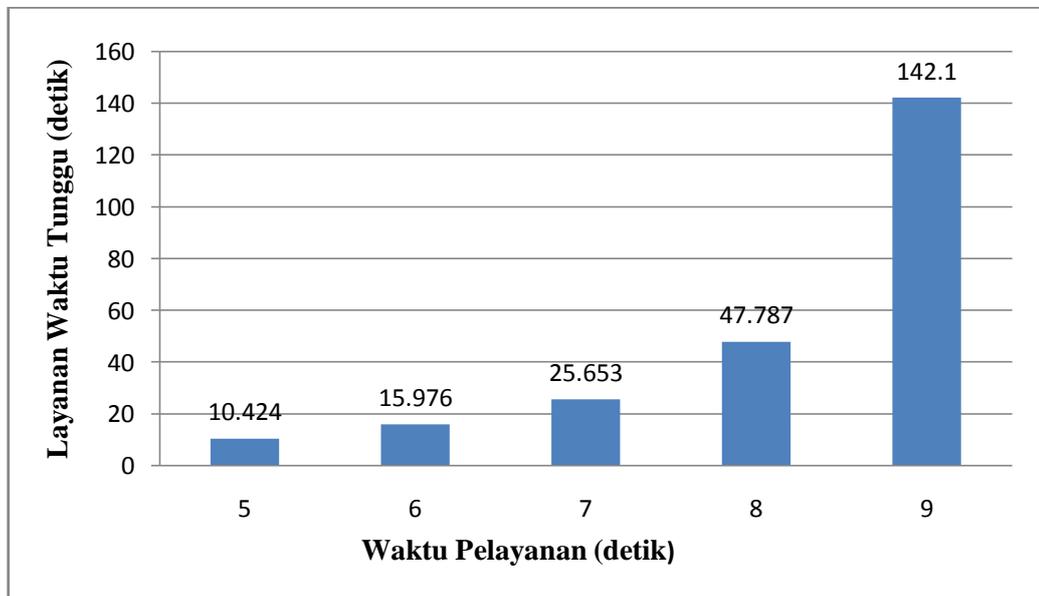
Gambar berikut ini (Gambar 4.1 dan Gambar 4.2) memperlihatkan bahwa semakin kecil waktu pelayanan yang digunakan maka panjang antrian n dan q juga semakin kecil, demikian juga sebaliknya apabila waktu pelayanan semakin besar maka akan terjadi antrian yang cukup mengganggu.



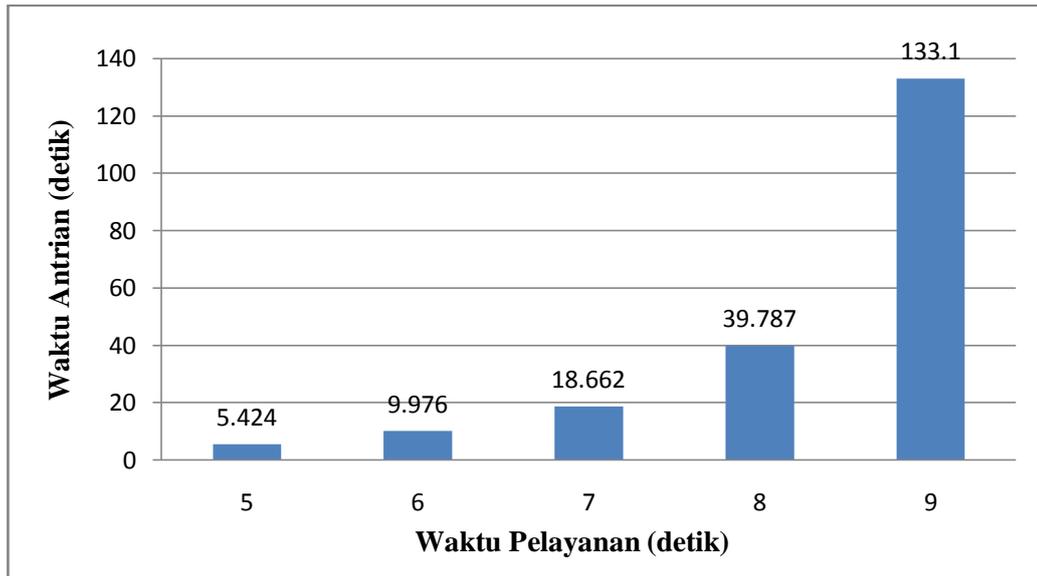
Gambar 4.1: Hubungan waktu pelayanan dengan n (panjang antrian).



Gambar 4.2: Hubungan waktu pelayanan dengan q (panjang antrian).



Gambar 4.3: Hubungan waktu pelayanan dengan d (waktu tunggu).



Gambar 4.4: Hubungan waktu pelayanan dengan w (waktu antrian).

Dari Gambar diatas (Gambar 4.3 dan Gambar 4.4) memperlihatkan bahwa waktu antrian d dan w akan semakin kecil apabila waktu pelayanan semakin kecil, demikian juga sebaliknya waktu menunggu akan semakin besar apabila waktu pelayanan semakin lama (besar).

4.4.5 Analisis Efektifitas Kebijakan

Selanjutnya, pertanyaan yang perlu didiskusikan pada tahapan ini adalah efektifitas dari setiap kebijakan yang telah diterangkan pada Bab 2 dalam usaha meminimumkan nilai n , q , d , dan w .

Kebijakan yang diambil:

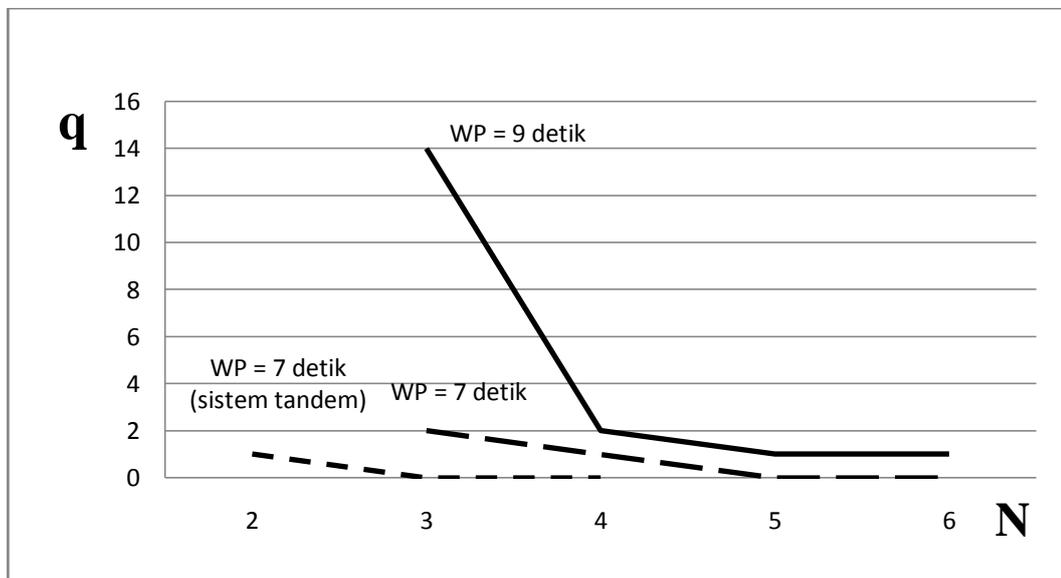
1. Menambah jumlah pintu tol (dari 3 gardu sampai dengan 5 gardu)
2. Mengurangi waktu pelayanan (WP) dari 9 detik menjadi 7 detik.
3. Menerapkan sistem tandem dengan waktu pelayanan 7 detik

Tabel berikut memperlihatkan nilai n , q , d , dan w untuk beberapa kebijakan yang diambil. Grafik memperlihatkan nilai n dan q untuk disiplin antrian FIFO dengan waktu pelayanan 7 detik dan 9 detik, serta sistem tandem.

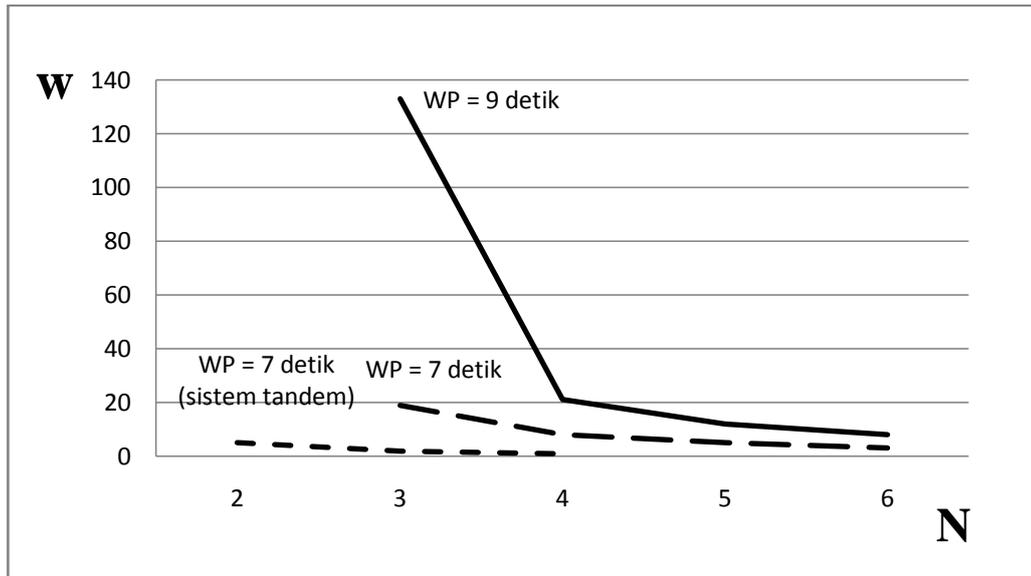
Tabel 4.8: Nilai sistem tandem.

N	WP = 9 detik				WP = 7 detik				WP = 7 detik (Sistem Tandem)		
	3	4	5	6	3	4	5	6	2	3	4
n	15	2	1	1	3	1	1	1	2	1	1
q	14	2	1	1	2	1	0	0	1	0	0
d	142	30	21	16	26	15	12	9	8	6	5
w	133	21	12	8	19	8	5	3	5	2	1

Nilai n , q , d , dan w untuk disiplin FIFO dengan waktu pelayanan 7 detik dan 9 detik serta sistem tandem. dan $N = 3$ gardu. Hal yang sama, panjang antrian (q) pintu tol dengan waktu pelayanan 9 detik dan $N = 4$ gardu adalah 2 kendaraan. Kinerja yang sama dapat juga dihasilkan oleh pintu tol, malah lebih baik yaitu 1 kendaraan dengan waktu pelayanan 7 detik dan $N = 3$ gardu.



Grafik 4.5: Nilai q untuk disiplin antrian FIFO dengan waktu pelayanan 7 detik dan 9 detik, serta sistem tandem ($\lambda = 1124$ kendaraan/jam).



Grafik 4.6: Nilai w untuk disiplin antrian FIFO dengan waktu pelayanan 7 detik dan 9 detik, serta sistem tandem ($\lambda = 1124$ kendaraan/jam).

Kebijakan sistem tandem terlihat sangat efektif, karena dapat menurunkan waktu pelayanan menjadi 50%. Akan tetapi, seperti telah dijelaskan pada Bab 2 sebelumnya bahwa persyaratan utama dalam penerapan sistem tandem adalah waktu pelayanan antar kendaraan harus relatif sama. Jika hal ini tidak dipenuhi, maka dapat dipastikan kinerja sistem tandem malah akan menjadi jauh lebih buruk dibandingkan dengan sistem biasa.

Maka dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa kebijakan menurunkan waktu pelayanan merupakan prioritas pertama yang harus dilakukan dalam usaha meminimumkan nilai n , q , d , dan w . Hal ini disebabkan kebijakan menurunkan waktu pelayanan tidak membutuhkan biaya besar, sedangkan kinerja menambah pintu membutuhkan biaya yang sangat besar.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan pada hari Rabu tanggal 16 Agustus 2017 pukul 08.00 – 18.00 WIB didapatkan volume kendaraan pada gardu *exit* gerbang tol Tanjung Morawa untuk tahun 2017 sebesar 1124 kendaraan / jam. Serta berdasarkan hasil survei pada hari yang sama didapatkan waktu pelayanan rata-rata maksimum pada gerbang tol Tanjung Morawa adalah 5.37 detik.
2. Dengan tingkat kedatangan 374 kendaraan/jam per gardu maka Gerbang Tol Tanjung Morawa tidak lagi memenuhi persyaratan Standar Pelayanan Minimal (SPM) Jalan Tol dengan gerbang tol sistem tertutup pada gardu *exit* yaitu < 300 kendaraan/jam per gardu yang mengakibatkan panjang antrian 59 meter.
3. Dengan tingkat pelayanan seperti pada *point* sebelumnya maka dengan perhitungan teori antrian untuk *multiple channel* didapatkan bahwa untuk tahun 2017 gerbang tol Tanjung Morawa masih mampu melayani besarnya jumlah/kapasitas kendaraan yang datang. Sementara untuk tahun selanjutnya tingkat kedatangan sudah melebihi tingkat pelayanannya maka perlu dilakukan penanganan atau solusi, sehingga dengan metode prioritas untuk menentukan solusi didapatkan bahwa perlu dilakukan pengurangan waktu pelayanannya ataupun penambahan gardu tandem untuk meningkatkan tingkat pelayanan sehingga mampu melayani tingkat kedatangan yang ada. Dalam usaha meminimumkan nilai n , q , d , dan w dapat disimpulkan urutan prioritas pengambilan kebijakan, yaitu:
 - 1). Prioritas pertama adalah kebijakan meminimumkan waktu pelayanan sekecil mungkin,
 - 2). Prioritas kedua adalah kebijakan menambah pintu tol,
 - 3). Prioritas ketiga adalah kebijakan penerapan gardu sistem tandem.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan kinerja gerbang tol Tanjung Morawa adalah sebagai berikut:

1. Untuk tahun berikutnya jumlah lalu lintas yang ada pada ruas tol Tanjung Morawa sudah melampaui kapasitas yang ada saat ini, maka disarankan jumlah lajur yang ada saat ini ditambah satu lajur tambahan sehingga menjadi 3 lajur untuk setiap arah.
2. Untuk dapat mengurangi waktu pelayanan kendaraan maka harus dilakukan perbaikan pada pelayanan gardu baik secara kuantitatif maupun kemungkinan implementasi teknologi yang dapat membantu, hal-hal yang dapat dilakukan pengelola untuk mengurangi waktu pelayanan adalah sebagai berikut:
 - a. Sosialisasi pemanfaatan karcis langganan tol kepada pengguna yang memang sangat menguntungkan baik untuk pengelola dalam hal mempercepat pelayanan maupun untuk pengguna, karena PT. Jasa Marga memang memberikan potongan harga untuk karcis langganan tol.
 - b. Sosialisasi pentingnya pengemudi menyiapkan uang pas sebelum memasuki gerbang tol.
 - c. Pelatihan-pelatihan untuk operator gardu tol dalam hal perbaikan pelayanan.
 - d. Penggunaan teknologi seperti penggunaan *smart card* yang sudah digunakan pada ruas tol di Singapura dan Malaysia, sehingga pengguna tol tidak perlu lagi berhenti lama untuk membayar tol namun secara otomatis mengurangi *account* yang dimiliki pengguna tol melalui mekanisme *scanning* yang sangat cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Banks, J.H. (2002) *Introduction to Transportation Engineering*, International Edition, New York: Mc. Graw – Hill Companies.
- Jotin, C.K. dan Lall, B.K. (2003) *Dasar–Dasar Rekayasa Transportasi*, Jilid 1, Jakarta: Erlangga.
- Kantor Wilayah Departemen Pekerjaan Umum Propinsi Sumatera Utara, (1988) *Jalan Tol Belmera*, Medan.
- Nugraha, D. (2013) *Penentuan Model Sistem Antrian Kendaraan Di Gerbang Tol Banyumanik Semarang*, Semarang: Universitas Diponegoro.
- Mand, B.V.W. (1967) *Traffic System Analisis For Engineers and Planners*, New York.
- Morlok, E.K. (1988) *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Jakarta: Erlangga.
- Siagian, P. (1987) *Toeri Simulasi Antrian*, Jakarta: Universitas Indonesia.
- Suryawan, A.K. Suardana, K.I.M. Sedana, T.I.N. Sudiasa, I.W. (2015) *Evaluasi Kapasitas Dan Waktu Pelayanan Pada Gerbang Tol Nusa Dua, Badung-Bali*, Bali: Politeknik Negeri Bali.
- Tamin, O.Z. (1997) *Perencanaan Dan Pemodelan Transportasi Bandung*, Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Tika, M.P. (1997) *Pengantar Statistika*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Umum.
- PT. Jasa Marga, (1993) *Melaju Bebas Menuju Cakrawala 15 Tahun Penyelenggara Jalan Tol di Indonesia*, Jakarta.
- Winarsih, N. Kusumaningrum, J. (2013) *Analisis Kapasitas Gerbang Tol Karawang Barat*, Bandung: Universitas Gunadarma.

LAMPIRAN



Gambar L.1: Lokasi penelitian dan gardu exit.



Gambar L.2: Menghitung waktu pelayanan gardu konvensional.



Gambar L.3: Pelayanan exit dengan e-tol.



Gambar L.4: Panjang antrian di gardu konvensional.

Tabel L.1: Data survei Rabu, 16 Agustus 2017.

Waktu (WIB)	Jumlah Kendaraan					Total
	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
08.00-09.00	417	294	107	41	24	883
09.00-10.00	587	316	156	28	21	1115
10.00-11.00	565	332	152	41	35	1144
11.00-12.00	432	250	168	31	32	1133
12.00-13.00	509	351	124	56	47	1087
13.00-14.00	412	287	105	40	35	879
14.00-15.00	225	128	112	32	29	794
15.00-16.00	298	206	118	25	20	787
16.00-17.00	312	215	125	31	25	908
17.00-18.00	612	352	210	76	35	1485

Tabel L.2: Data survei Kamis, 17 Agustus 2017.

Waktu (WIB)	Jumlah Kendaraan					Total
	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
08.00-09.00	324	213	141	31	33	742
09.00-10.00	418	265	132	45	32	892
10.00-11.00	438	310	230	31	43	1052
11.00-12.00	421	294	246	43	36	1040
12.00-13.00	502	308	231	40	43	1124
13.00-14.00	312	257	165	31	28	793
14.00-15.00	275	135	167	25	21	623
15.00-16.00	387	243	189	32	20	871
16.00-17.00	493	289	145	45	38	1010
17.00-18.00	524	315	187	53	43	1122

Tabel L.3: Data survei Jumat, 18 Agustus 2017.

Waktu (WIB)	Jumlah Kendaraan					Total
	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
08.00-09.00	312	207	145	34	33	731
09.00-10.00	401	261	138	32	21	853
10.00-11.00	421	318	226	31	39	1035
11.00-12.00	437	294	154	49	36	970
12.00-13.00	518	365	187	32	29	1131
13.00-14.00	302	206	156	31	34	729
14.00-15.00	271	142	139	26	26	604
15.00-16.00	387	254	198	34	28	901
16.00-17.00	493	301	169	25	38	1026
17.00-18.00	524	315	201	53	43	1136

Tabel L.4: Data survei Sabtu, 19 Agustus 2017.

Waktu (WIB)	Jumlah Kendaraan					Total
	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
08.00-09.00	324	235	141	31	28	759
09.00-10.00	418	284	132	45	32	911
10.00-11.00	438	315	230	31	43	1057
11.00-12.00	421	345	261	43	36	1106
12.00-13.00	502	321	238	40	43	1144
13.00-14.00	312	290	176	31	28	837
14.00-15.00	275	204	167	25	21	692
15.00-16.00	387	243	159	32	20	841
16.00-17.00	478	289	145	45	38	995
17.00-18.00	524	315	253	53	43	1188

Tabel L.5: Data survei Minggu, 20 Agustus 2017.

Waktu (WIB)	Jumlah Kendaraan					Total
	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
08.00-09.00	324	213	153	31	31	752
09.00-10.00	418	302	132	45	32	929
10.00-11.00	412	310	187	31	43	983
11.00-12.00	421	317	246	43	36	1063
12.00-13.00	502	308	256	40	43	1149
13.00-14.00	334	257	178	34	28	831
14.00-15.00	275	165	153	32	30	655
15.00-16.00	387	243	212	32	20	894
16.00-17.00	513	323	250	45	38	1169
17.00-18.00	524	315	285	53	43	1220

Tabel L.6: Data survei Senin, 21 Agustus 2017.

Waktu (WIB)	Jumlah Kendaraan					Total
	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
08.00-09.00	324	232	145	31	33	765
09.00-10.00	413	265	142	45	32	897
10.00-11.00	432	287	230	31	40	1020
11.00-12.00	421	294	246	43	36	1040
12.00-13.00	512	308	231	40	43	1134
13.00-14.00	312	257	154	31	28	782
14.00-15.00	275	221	187	25	21	729
15.00-16.00	387	243	189	32	20	871
16.00-17.00	493	289	145	45	38	1010
17.00-18.00	524	315	256	53	43	1191

Tabel L.7: Data survei Selasa, 22 Agustus 2017.

Waktu (WIB)	Jumlah Kendaraan					Total
	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	
08.00-09.00	324	234	141	31	33	763
09.00-10.00	432	265	132	45	32	906
10.00-11.00	438	310	246	31	43	1068
11.00-12.00	421	321	246	43	36	1067
12.00-13.00	502	308	231	40	43	1124
13.00-14.00	312	257	221	31	28	849
14.00-15.00	275	135	210	25	21	666
15.00-16.00	387	243	189	32	20	871
16.00-17.00	493	310	145	45	38	1031
17.00-18.00	524	315	231	53	43	1166

Tabel L.8: Data Volume Lalu Lintas Gardu Keluar Bulan Agustus 2017.

Gerbang	Gol	Tanggal/Hari Operasi														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa
Tanjung Morawa	I	1491 1	1502 3	1595 2	1688 3	1747 9	17991	1578 3	1553 0	1575 9	1553 0	1642 3	1648 6	16918	1552 4	15 15 8
	II	1504	1362	1412	1376	1150	334	1459	1396	1449	1386	1430	1123	366	1505	15 16
	III	1217	1187	1307	1215	1002	386	1283	1152	1392	1317	1406	1009	347	1126	12 39
	IV	226	247	222	231	189	67	238	226	248	245	267	178	88	236	24 7
	V	238	241	241	252	136	112	238	238	269	270	266	141	84	223	26 2
Sub Total		1809 6	1806 0	1913 4	1993 9	1995 6	18890	1900 1	1854 4	1911 7	1874 8	1979 2	1893 7	17803	1861 4	18 42 4

Tabel L.9: Data waktu pelayanan rata-rata gerbang tol.

Gardu	Waktu Pelayanan Rata-Rata (dtk)	Panjang Antrian Maksimum (meter)
2	5,37	56
4	3,55	30
6	4,198	36

Tabel L.10: Data Volume lalu lintas per tahun.

Gerbang	Tahun	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
Tanjung Morawa	2015	2.951.789	324.626	307.285	97.638	53.568	3.734.906
	2016	3.072.177	453.470	455.991	127.531	72.469	4.181.638

Tabel L.11: Standar pelayanan minimal (SPM) jalan tol.

Akseibilitas	Kecepatan Transaksi Rata-rata	Gerbang tol sistem terbuka	Maksimal 6 detik setiap kendaraan	Waktu pemenuhan setiap saat
		Gerbang tol sistem tertutup	Maksimal 5 detik setiap kendaraan	
		• Gardu masuk	Maksimal 9 detik setiap kendaraan	
		• Gardu keluar		
		GTO	Maksimal 4 detik setiap kendaraan	Dilakukan tera ulang instrumen transaksi elektronik tiap 180 hari dan pemasangan “tombol bantuan” pada alat transaksi
	• Gardu tol ambil kartu	Maksimal 5 detik setiap kendaraan		
Jumlah antrian kendaraan	Gardu tol	Maksimal 10 kendaraan per-gardu dalam kondisi normal	Gardu tol harus terbuka semua kecuali pada saat kondisi lalu lintas tidak padat	



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Muhammad Novriansyah Putra
Panggilan : Novri
Tempat, Tanggal Lahir : Perumahan PKS, 27 Nopember 1993
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat Sekarang : Jln. Sidorukun gg kerang no 48B
Nomor KTP : 1222032711930001
Alamat KTP : Dusun PKS PT. Asam Jawa
No. Telp Rumah : -
No. HP/ Telp.Seluler : 081377174546
E-mail : mnovri93@yahoo.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1207210084
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jln. Kapten Muchtar Basri BA, No.3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD Swasta Widya Dharma, Labuhan Batu Selatan	2006
2	SMP	SMP Negeri 6 Kisaran, Asahan	2009
3	SMA	SMK Negeri 3 Medan	2012
4	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2012 sampai dengan selesai		