

# EVALUASI KINERJA PELAYANAN GERBANG TOL

*(Studi Kasus di Gerbang Tol Waru Utama*

*Jalan Tol Surabaya – Gempol)*

## SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**PENI KURNIANINGSIH**  
NIM 0210612045 - 61

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN SIPIL  
2007**

# EVALUASI KINERJA PELAYANAN GERBANG TOL

*(Studi Kasus di Gerbang Tol Waru Utama*

*Jalan Tol Surabaya – Gempol)*

## SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**PENI KURNIANINGSIH**

NIM. 0210612045 – 61

DOSEN PEMBIMBING :

**Ir.H. Achmad Wicaksono, M.Eng, Ph.D.**

NIP. 132 007 111

**Ir. H. M. Zainul Arifin, MT**

NIP. 131 577 613

# EVALUASI KINERJA PELAYANAN GERBANG TOL

*(Studi Kasus di Gerbang Tol Waru Utama*

*Jalan Tol Surabaya – Gempol)*

Disusun oleh :

**PENI KURNIANINGSIH**

NIM. 0210612045 – 61

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

tanggal 12 Agustus 2006

**DOSEN PENGUJI**

**Amelia K Indriastuti, ST, MT.**

NIP. 132 282 203

**Ir.H. Achmad Wicaksono, M.Eng, Ph.D.**

NIP. 132 007 111

**Ir. H. M. Zainul Arifin, MT.**

NIP. 131 577 613

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil

**Ir. Achmad Wicaksono, M.Eng, Ph.D.**

NIP. 132 007 111

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga kami dapat menyelesaikan penyusunan laporan skripsi tentang penelitian ini dengan baik.

Laporan skripsi ini disusun sebagai bagian dari proses untuk memperoleh gelar sarjana strata satu (S-1) di lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Pada kesempatan ini kami menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ponimin dan Almarhumah Ibu Supinah yang telah memberikan perhatian dan dukungan selama ini.
2. Bapak Ir. H. Achmad Wicaksono, M.Eng, Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang sekaligus pembimbing I.
3. Bapak Ir. H. M. Zainul Arifin, MT, selaku KKDK transportasi sekaligus sebagai pembimbing II.
4. Bapak Ir. Ludfi Djakfar, MSCE, Ph.D, selaku dosen wali.
5. Ibu Amelia K Indrastuti, ST, MT selaku dosen peguji yang telah memberikan masukan.
6. M. Enik, M. Ali, M. Dwi, M. Ita dan M. Rafi atas bantuan dan dukungannya.
7. Bapak-bapak dinas Jasa Marga.
8. Staf pengajar dan karyawan jurusan Teknik Sipil
9. Rekan – rekan Teknik Sipil yang tidak bisa disebutkan satu persatu terutama Alj angkatan 2002 dan rekan 236.

Akhir kata semoga Skripsi ini dapat memenuhi sebagian kebutuhan referensi yang ada dan kepada semua pihak yang terlibat secara langsung ataupun tidak langsung ini mendapat imbalan sepentasnya dari Allah SWT. Amien.

Malang, 12 Februari 2007

Penulis

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	ii
Daftar Tabel .....	iv
Daftar Gambar .....	v
Daftar Lampiran .....	vi
Daftar Simbol .....	vii
Ringkasan .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	2
1.3 Rumusan Masalah .....	2
1.4 Asumsi dan Batasan Masalah .....	2
1.5 Tujuan Penelitian .....	3
1.6 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Teori Antrian .....	4
2.2 Konsep-Konsep Dasar Teori Antrian.....	4
2.2.1 Tujuan .....	4
2.2.2 Struktur Dasar Model Antrian .....	5
2.2.3 Sumber Masukan .....	5
2.2.4 Pola Kedatangan .....	5
2.2.5 Mekanisme Pelayanan .....	6
2.2.6 Tingkat Pelayanan.....	7
2.2.7 Keluar .....	7
2.2.8 Disiplin Pelayanan .....	8
2.3 Sistem Antrian .....	8
2.4 Model Antrian .....	11
2.4.1 Intensitas Lalu Lintas .....	11
2.4.2 Panjang Antrian .....	11
2.4.3 Jumlah Rata-Rata Kendaraan Dalam Sistem .....	12
2.4.4 Waktu Rata-Rata Kendaraan Dalam Sistem .....	13
2.4.5 Waktu Rata-Rata Kendaraan Dalam Antrian .....	13
2.5 Distribusi Data.....	14
2.5.1 Distribusi Poisson .....	14
2.5.2 Distribusi Eksponensial.....	15
2.6 Uji Keselarasan .....	15
2.6.1 Uji Keselarasan Chi Kuadrat.....	15

**BAB III METODE PENELITIAN**

3.1	Diagram Penelitian .....	17
3.2	Tahapan Penelitian .....	19
3.2.1	Pendahuluan .....	19
3.2.2	Pengumpulan Data .....	19
3.2.3	Pengolahan Data .....	20
3.2.4	Analisis Kinerja Pelayanan .....	22

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

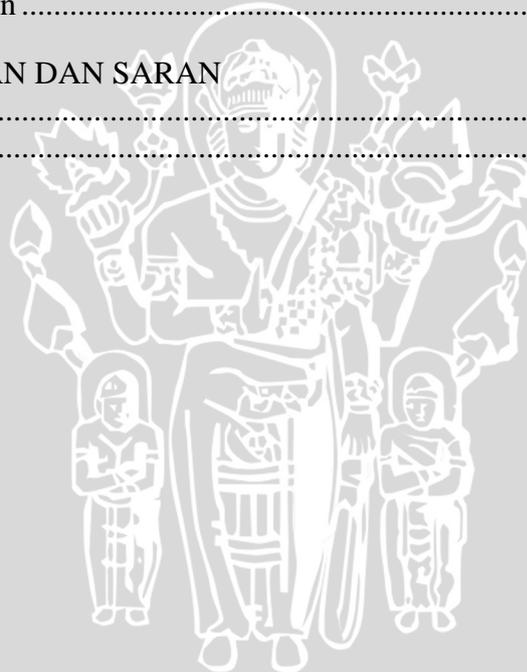
4.1	Gambaran Umum Gerbang Tol Waru Utama .....	24
4.2	Data Survei .....	25
4.3	Pengolahan Data .....	26
4.3.1	Perhitungan Tingkat Kedatangan .....	26
4.3.2	Perhitungan Tingkat Pelayanan .....	28
4.4	Distribusi Data .....	29
4.5	Antrian Kendaraan .....	32

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	38
5.2	Saran .....	39

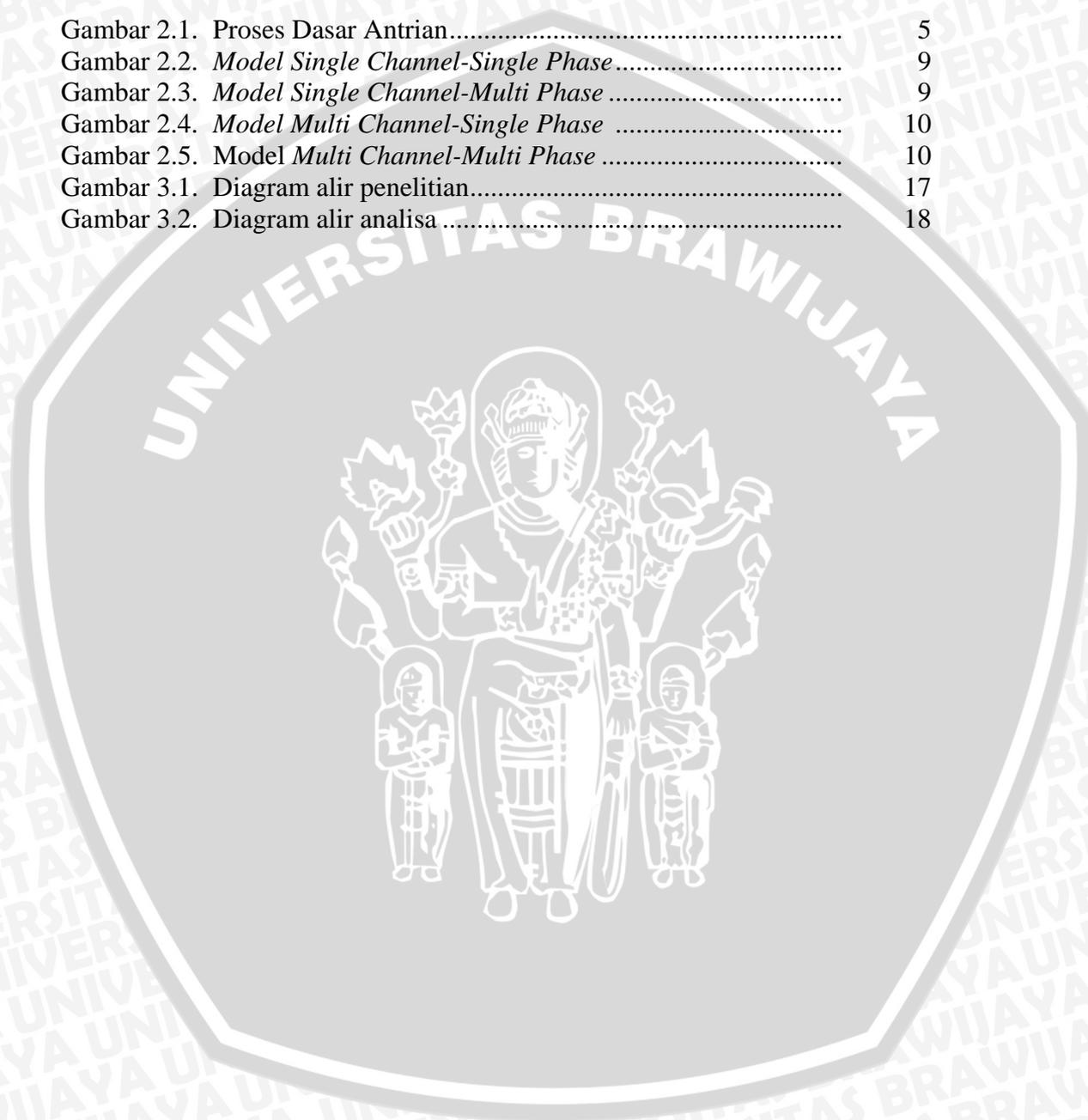
**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



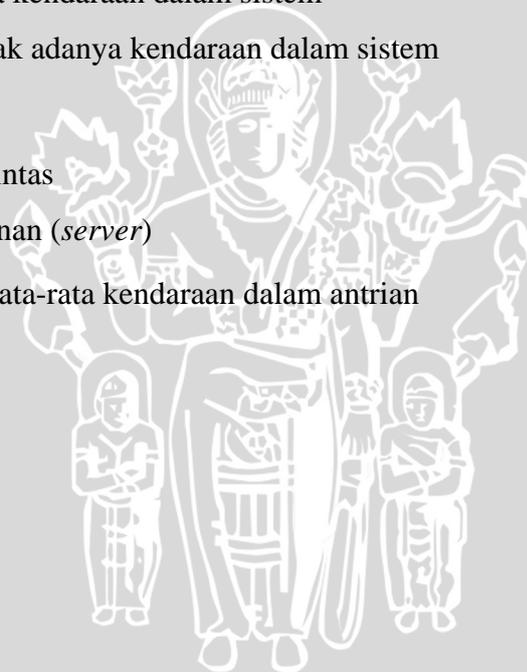
## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Proses Dasar Antrian.....	5
Gambar 2.2.	<i>Model Single Channel-Single Phase</i> .....	9
Gambar 2.3.	<i>Model Single Channel-Multi Phase</i> .....	9
Gambar 2.4.	<i>Model Multi Channel-Single Phase</i> .....	10
Gambar 2.5.	<i>Model Multi Channel-Multi Phase</i> .....	10
Gambar 3.1.	Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 3.2.	Diagram alir analisa .....	18



## DAFTAR SIMBOL

- $\bar{d}$  = Waktu tunggu rata-rata dalam sistem  
 $k$  = Jumlah saluran  
 $\lambda$  = Tingkat kedatangan rata-rata  
 $\lambda'$  = Tingkat kedatangan rata-rata simulasi  
 $M$  = Antrian  
 $\mu$  = Tingkat pelayanan rata-rata  
 $n$  = Jumlah kedatangan  
 $\bar{n}$  = Jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem  
 $P_{(0)}$  = Probabilitas tidak adanya kendaraan dalam sistem  
 $\bar{q}$  = Panjang antrian  
 $\rho$  = Intensitas lalu lintas  
 $S$  = Fasilitas pelayanan (*server*)  
 $\bar{w}$  = Waktu tunggu rata-rata kendaraan dalam antrian

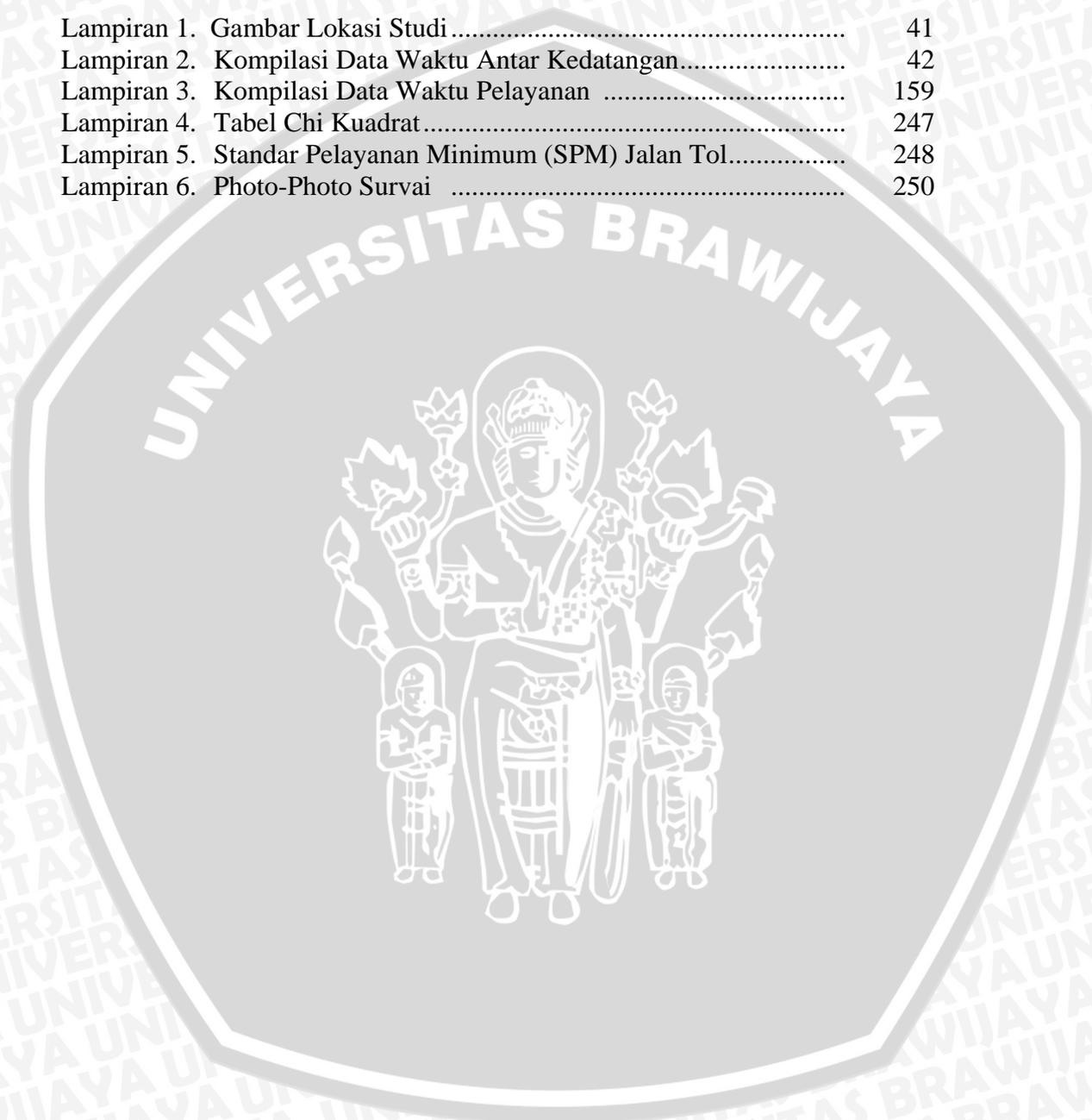


## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 4.1.	Waktu Antar Kedatangan Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama .....	25
Tabel 4.2.	Rekapan Waktu Transaksi Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama .....	26
Tabel 4.3.	Rekapitulasi Tingkat Kedatangan Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama.....	27
Tabel 4.4.	Rekapitulasi Tingkat Kedatangan Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama.....	28
Tabel 4.5.	Perhitungan Distribusi Kedatangan Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama Jum'at 7 Juli 2006 (interval 3 detik) .....	30
Tabel 4.6.	Perhitungan Distribusi Kedatangan Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama Jum'at 7 Juli 2006 (interval 3,5 detik) ....	30
Tabel 4.7..	Perhitungan Distribusi Kedatangan Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama Jum'at 7 Juli 2006 (interval 4 detik) .....	31
Tabel 4.8.	Perhitungan Distribusi Kedatangan Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama Gabungan .....	31
Tabel 4.9.	Hasil Perhitungan Antrian Kendaraan Kondisi Eksisting...	33
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Kebutuhan Jumlah Pintu di Gerbang Tol Waru Utama Tahun 2011 .....	34
Tabel 4.11	Hasil Perhitungan Kebutuhan Jumlah Pintu di Gerbang Tol Waru Utama Tahun 2016 .....	34
Tabel 4.12	Hasil Perhitungan Kebutuhan Jumlah Pintu di Gerbang Tol Waru Utama Tahun 2021 .....	34
Tabel 4.13	Rekapitulasi Kebutuhan Jumlah Pintu .....	35
Tabel 4.14	Hasil Perhitungan Antrian Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama .....	36

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Gambar Lokasi Studi.....	41
Lampiran 2.	Kompilasi Data Waktu Antar Kedatangan.....	42
Lampiran 3.	Kompilasi Data Waktu Pelayanan .....	159
Lampiran 4.	Tabel Chi Kuadrat.....	247
Lampiran 5.	Standar Pelayanan Minimum (SPM) Jalan Tol.....	248
Lampiran 6.	Photo-Photo Survai .....	250



## RINGKASAN

Peni Kurnianingsih, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2006, *EVALUASI KINERJA PELAYANAN GERBANG TOL (Studi Kasus : Gerbang Tol Waru Utama Jalan Tol Surabaya - Gempol)*, Dosen Pembimbing : Ir. Achmad Wicaksono, M.Eng. Ph.D dan Ir. M. Zainul Arifin, MT.

---

Jalan tol adalah salah satu pilihan bagi pengendara untuk mempersingkat waktu ke tempat tujuan. Di pintu gerbang pengumpulan tol sering terjadi kelambatan atau kemacetan sehingga terkadang terlihat antrian kendaraan yang menunggu giliran membayar tol. Di Gerbang Tol Waru Utama telah tersedia 7 pintu pelayanan dan masih 5 pintu yang beroperasi. Pada jam-jam sibuk yaitu pagi dan menjelang sore hari terkadang masih terlihat antrian. Tujuan penelitian ini untuk menganalisa kinerja pelayanan di pintu keluar Gerbang Tol Waru utama dan mensimulasikan tingkat kedatangan kendaraan di masa mendatang.

Pengambilan data dilakukan di pintu keluar Gerbang Tol Waru Utama pada Hari Kamis (6 Juli 2006) pada shift I (08.00 – 10.00) dan pada shift kedua (15.30 – 17.30), Jum'at (7 Juli 2006) pada shift I (07.00 – 09.00) dan pada shift kedua (15.30 – 17.30) dan diakhiri pada Hari Sabtu (8 Juli 2006) pada shift I (07.00 – 09.00) dan pada shift kedua (15.30 – 17.30). Data yang dikumpulkan berupa waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan. Waktu antar kedatangan direkam melalui *handycam*, waktu pelayanan dilakukan secara manual, yaitu dihitung dengan menggunakan *stopwatch* kemudian dicatat ke dalam blanko survai. Untuk menganalisa distribusi data menggunakan uji keselarasan Chi Kuadrat. Metode analisa antrian menggunakan model antrian *Multi Channel-Single Phases* dengan disiplin pelayanannya FCFS (*First Come First Served*).

Hasil studi memperlihatkan bahwa pada kondisi eksisting waktu pelayanan rata-rata sebesar 0,224 kend./detik/pintu dan tingkat kedatangan 0,325 kend./detik. Dengan nilai tersebut, diperoleh panjang antrian 0,007 kendaraan. Ini menunjukkan bahwa tidak terjadi antrian sehingga kendaraan yang datang langsung dilayani di pintu pelayanan. Untuk itu cukup dibuka 2 pintu untuk melayani tingkat kedatangan yang ada. Prediksi tingkat kedatangan di masa mendatang didasarkan pada asumsi tingkat pertumbuhan lalu lintas jalan tol sebesar 11 %, sesuai dengan tingkat pertumbuhan yang terjadi selama ini. Dengan tingkat pertumbuhan tersebut, pada tahun 2011 akan terjadi tingkat kedatangan sebesar 1.975 kend./jam, sehingga diperlukan 3 pintu. Pada tahun 2016 kedatangan akan meningkat menjadi 3.328 kend./jam, sehingga jumlah pintu yang harus dibuka menjadi 5. Kinerja gerbang masih baik jika panjang antrian  $\leq 10$  kendaraan. Dengan dioperasikannya 7 pintu pelayanan panjang antrian mendekati 10 kendaraan akan tercapai pada 14,2 tahun yang akan datang yaitu tahun 2020. Dengan demikian kinerja pelayanan di Gerbang Tol Waru Utama saat ini baik dan selanjutnya perlu diantisipasi antrian yang panjang dengan pembayaran menggunakan sistem elektrik dan kartu langganan sehingga waktu pelayanan bisa diperkecil.

**Kata kunci :** Surabaya-Gempol, Gerbang, Kinerja, Pelayanan, Tol, Waru



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Prasarana jalan sangat diperlukan terutama untuk mendukung kegiatan sosial dan ekonomi, untuk memenuhi kebutuhan pokok, menunjang kelancaran mobilitas masyarakat, memperlancar distribusi barang dan jasa baik di perkotaan maupun di pedesaan, serta sebagai penghubung antar wilayah dalam rangka mendukung pemerataan pembangunan antar wilayah demi terwujudnya kesatuan dan persatuan wilayah.

Peningkatan kegiatan ekonomi di kota-kota besar menyebabkan peningkatan pergerakan barang atau manusia. Pertambahan ini menyebabkan peningkatan volume kendaraan yang melewati ruas jalan. Karena volume lalu lintas semakin meningkat yang tidak diikuti dengan peningkatan prasarana jalan maka sering terlihat kemacetan. Untuk mengatasi kemacetan di bangun jalan bebas hambatan. Jalan tol adalah salah satu pilihan bagi pengendara untuk mempersingkat waktu ke tempat tujuan. Jalan tol merupakan jalan yang menghubungkan kota-kota yang mempunyai pergerakan sehingga arus lalulintasnya harus dijalin selancar mungkin.

Jalan bebas hambatan umumnya berstandar tinggi yang tentunya memerlukan biaya yang tinggi pula. Berdasarkan aspek keadilan dan pemerataan, maka pemerintah tidak menyediakan anggaran untuk pembangunan jalan bebas hambatan karena anggaran yang ada digunakan untuk pembangunan dan peningkatan prasarana jalan di wilayah lain yang dianggap lebih membutuhkan. Untuk itu diambil kebijakan pembangunan dan pemeliharaan jalan tersebut dibebankan pada penggunaannya dengan membayarkan suatu tarif tertentu. Di pintu gerbang pengumpulan tol inilah sering terjadi antrian kendaraan yang menunggu giliran membayar tol.

Studi kasus penelitian ini diambil pada Gerbang Tol Waru Utama yang merupakan bagian dari ruas Tol Surabaya-Gempol yang melayani akses

kendaraan keluar masuk kota Surabaya. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi semakin pesat di Ibukota Jawa Timur tersebut maka pergerakan barang atau manusia semakin meningkat pula. Hal ini menyebabkan peningkatan volume lalu lintas jalan Tol Surabaya - Gempol. Di pintu keluar Gerbang Tol Waru Utama terdapat 7 pintu pelayanan dan saat ini masih beroperasi 5 pintu. Meski demikian terkadang pada jam-jam sibuk yang terjadi menjelang akhir pekan masih terlihat antrian. Panjang antrian ini berbeda untuk setiap rentang waktunya sehingga perlu diusahakan peningkatan pelayanan terhadap pengguna jalan tol, khususnya dalam segi waktu tunggu dengan mengoptimalkan pintu-pintu pelayanan secara efisien sehingga bisa memperkecil panjang antrian.

### **1.2. Identifikasi Masalah**

Dari uraian tersebut diatas dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut :

1. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi semakin pesat di Surabaya dan sekitarnya maka pergerakan barang atau manusia semakin meningkat pula, hal ini menyebabkan peningkatan volume lalu lintas jalan tol.
2. Perlu dilakukan optimalisasi pintu-pintu pelayanan untuk meningkatkan pelayanan kepada pengguna jalan tol.
3. Masih sedikit sekali penelitian mengenai kinerja pelayanan gerbang tol.

### **1.3. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kinerja pelayanan Gerbang Tol Waru Utama?
2. Bagaimana hasil simulasi tingkat kedatangan yang diprediksi akan terjadi di Gerbang Tol Waru Utama di masa mendatang?

### **1.4. Asumsi dan Batasan Masalah**

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kedatangan bersifat random.
2. Sumber populasi kedatangan tak terbatas

3. Disiplin pelayanan FCFS (*First Come First Served*) yaitu sistem pelayanan untuk kendaraan pertama datang pertama dilayani.
4. Sistem antrian menggunakan *Multi Channel - Single Phase*

Adapun batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya membahas aspek kinerja pelayanan di pintu pembayaran.
2. Lokasi penelitian dibatasi pada pintu pelayanan di pintu keluar Waru Utama.
3. Setiap pintu pelayanan mempunyai mutu pelayanan dan fasilitas yang sama.
4. Analisa antrian dengan teori antrian.

### **1.5. Tujuan Penelitian**

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk :

1. Menganalisa kinerja pelayanan Gerbang Tol Waru Utama berdasarkan panjang antrian dan waktu transaksi.
2. Mensimulasikan tingkat kedatangan yang akan terjadi di Gerbag Tol Waru Utama di masa mendatang sampai batas antrian lebih kecil dari sepuluh kendaraan.

### **1.6. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan untuk dapat memberikan manfaat :

1. Bagi para pihak yang terkait dalam pengelolaan jalan Tol Surabaya - Gempol
2. Sebagai wacana ilmiah bagi ilmu pengetahuan, khususnya mengenai kinerja pelayanan jalan tol.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Teori Antrian

Dalam kehidupan sehari-hari kata antrian yang dalam bahasa Inggris disebut *queuing* atau *waiting line* sangat sering dijumpai ketika kita menunggu giliran untuk menerima pelayanan (*services*).

Teori tentang antrian ditemukan dan dikembangkan oleh A.K. Erlang, seorang insinyur dari Denmark yang bekerja pada perusahaan telepon di Kopenhagen pada tahun 1910. Dia melakukan eksperimen tentang fluktuasi permintaan fasilitas telepon yang berhubungan dengan *automatic dialing equipment*, yaitu peralatan penyambungan telepon secara otomatis. Dalam waktu-waktu yang sibuk operator sangat kewalahan untuk melayani para penelpon secepatnya, sehingga para penelpon harus antri menunggu giliran.

Persoalan aslinya Erlang hanya memperlakukan perhitungan keterlambatan (*delay*) dari seorang operator, kemudian pada tahun 1917 studi atau penelitian dilanjutkan untuk menghitung kesibukan beberapa operator. Baru setelah perang dunia kedua, hasil penelitian Erlang diperluas penggunaannya antara lain dalam teori antrian (*queues or waiting line*).

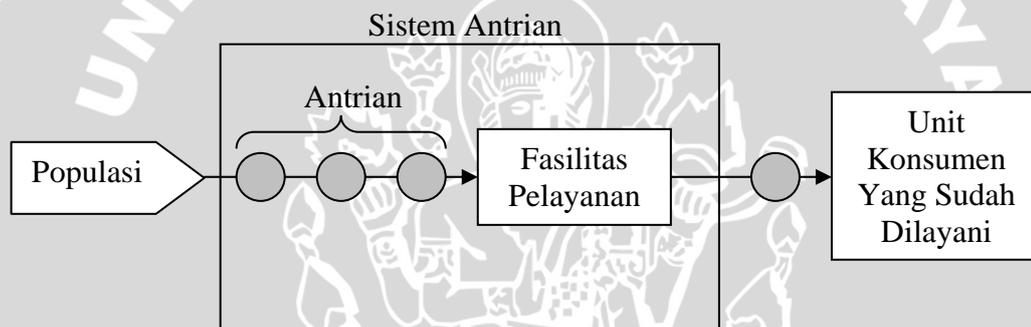
#### 2.2. Konsep-Konsep Dasar Teori Antrian

##### 2.2.1. Tujuan

Tujuan dari penerapan teori antrian adalah untuk dapat mengurangi biaya waktu yang hilang akibat antrian dan biaya tambahan fasilitas untuk menanggulangi antrian tersebut. Dalam sejumlah persoalan kita bahkan memperoleh pemecahan yang memberikan total biaya terendah dari waktu yang hilang akibat orang harus menunggu untuk memperoleh pelayanan dan biaya gaji petugas yang memberikan pelayanan.

### 2.2.2. Struktur Dasar Model Antrian

Proses dasar yang dianggap oleh model antrian ialah bahwa pelanggan (*customer*) yang memerlukan pelayanan berasal dari suatu populasi yang disebut sumber masukan (*input source*). Pelanggan memasuki sistem antrian (*queuing system*) dan menggabungkan diri atau membentuk suatu antrian. Pada waktu tertentu, anggota dalam antrian dipilih untuk memperoleh pelayanan dengan aturan tertentu yang disebut disiplin pelayanan (*service discipline*). Pelayanan yang diperlukan oleh pelanggan kemudian dilakukan oleh mekanisme pelayanan (*service mechanism*). Setelah pelayanan diperoleh, pelanggan meninggalkan sistem. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses dasar antrian

### 2.2.3. Sumber Masukan

Salah satu dari sumber masukan (*input source*) ialah kumpulan orang atau barang yang memerlukan pelayanan dari waktu ke waktu. Kumpulan ini bisa terbatas (*finite*) bisa juga tidak terbatas (*infinite*). Mengingat perhitungan akan dipermudah kalau populasi tidak terbatas, maka biasanya populasi dianggap tidak terbatas dalam membahas model antrian.

### 2.2.4. Pola Kedatangan

Cara dimana individu-individu dari populasi memasuki sistem disebut pola kedatangan. Individu-individu mungkin datang dengan tingkat kedatangan yang konstan ataupun acak (yaitu berupa banyak individu-individu per periode waktu).

Asumsi yang sering digunakan ialah bahwa kedatangan pelanggan mengikuti proses Poisson artinya banyak langganan yang datang (untuk memperoleh pelayanan) sampai pada waktu tertentu mengikuti distribusi Poisson. Distribusi Poisson berkenaan dengan probabilitas terjadinya suatu kedatangan (*arrival*) yang bebas (*independent*) terhadap kedatangan sebelum atau sesudahnya. Asumsi tentang Poisson menunjukkan bahwa kedatangan pelanggan sifatnya acak dan mempunyai tingkat kedatangan rata-rata (*mean arrival rate*) sebesar  $\lambda$  (lamda). Rata-rata waktu antar dua kedatangan (*T*) pelanggan sebesar  $1/\lambda$  disebut *intervalarrival time*. Dengan demikian bisa dirumuskan :

$$\lambda = \frac{1}{T} \dots \dots \dots (2.1)$$

### 2.2.5. Mekanisme Pelayanan

Ada tiga (3) aspek pelayanan yang harus diperhatikan dalam mekanisme pelayanan :

#### 1. Tersedianya Pelayanan

Mekanisme pelayanan tidak selalu tersedia setiap saat. Sebagai contoh dalam pertunjukan bioskop, loket penjualan karcis masuk hanya dibuka pada waktu tertentu antara satu pertunjukan berikutnya. Pada saat loket ditutup, mekanisme pelayanan terhenti.

#### 2. Kapasitas Pelayanan

Kapasitas dari mekanisme pelayanan diukur berdasarkan jumlah langganan yang dapat dilayani secara bersama-sama. Kapasitas pelayanan tidak selalu sama untuk setiap saat, ada yang tetap, tapi ada juga yang berubah-ubah. Karena itu, fasilitas pelayanan dapat memiliki satu atau lebih saluran. Fasilitas yang mempunyai satu saluran disebut saluran tunggal atau sistem pelayanan tunggal dan fasilitas yang mempunyai lebih dari satu saluran disebut saluran ganda atau pelayanan ganda.

#### 3. Lamanya Pelayanan

Lamanya pelayanan adalah waktu yang dibutuhkan untuk melayani seseorang langganan atau satuan-satuan. Ini harus dinyatakan secara pasti.

Oleh karena itu, waktu pelayanan boleh tetap dari waktu ke waktu untuk semua pelanggan atau boleh juga berupa variabel acak. Untuk keperluan analisis, waktu pelayanan dianggap sebagai variabel acak yang terpengaruh secara bebas dan tidak bergantung pada waktu kedatangan.

**2.2.6. Tingkat Pelayanan**

Tingkat pelayanan bisa konstan dari waktu ke waktu sama, mengikuti distribusi Eksponensial atau mempunyai bentuk lain. Waktu pelayanan (*service time*) ialah lamanya waktu sejak pelayanan diberikan kepada satuan penerima pelayanan sampai selesai, pada fasilitas pelayanan.

Model antrian harus secara khusus menyebutkan distribusi probabilitas waktu pelayanan bagi setiap penerima pelayanan, kalau mungkin untuk beberapa penerima pelayanan walaupun dalam prakteknya dianggap mempunyai probabilitas yang sama.

Tingkat pelayanan rata-rata (*mean server rate*) diberi simbol  $\mu$ . Nilai ini merupakan banyaknya satuan penerima pelayanan atau langganan yang dapat dilayani dalam satuan waktu. Sedangkan rata-rata waktu pelayanan (*average service time*) diberi simbol  $WL$ . Nilai ini merupakan rata-rata waktu yang dipergunakan untuk melayani setiap penerima pelayanan, besarnya  $1/\mu$ . Dari pernyataan diatas bisa dirumuskan juga sebagai berikut :

$$\mu = \frac{1}{WL} \dots\dots\dots(2.2)$$

**2.2.7. Keluar**

Setelah selesai dilayani, individu akan keluar dari sistem. Sesudah keluar, ada kemungkinan individu tersebut akan bergabung dengan populasi asal dan mempunyai probabilitas yang sama untuk memasuki sistem kembali, atau mungkin bergabung dengan populasi lain yang mempunyai probabilitas lebih kecil dalam hal kebutuhan pelayanan tersebut kembali.



### 2.2.8. Disiplin Pelayanan

Disiplin pelayanan merupakan urutan (*order*) di mana anggota dalam antrian yaitu para pelanggan dipilih untuk menerima pelayanan. atau disebut juga disiplin antrian. Disiplin pelayanan menunjukkan pedoman keputusan yang digunakan untuk menyeleksi individu-individu yang memasuki antrian untuk dilayani terlebih dahulu (prioritas). Disiplin antrian yang paling umum adalah pedoman *first come, first served* (FCFS), atau *first in-first out* (FIFO), yang pertama kali datang pertama kali dilayani. Ada beberapa tipe disiplin antrian lainnya yang dapat termasuk dalam model-model matematis antrian, antara lain :

1. Last come, first served (LCFS) atau last in, first out (LIFO). Artinya, yang tiba terakhir yang lebih dahulu keluar
2. Service in random order (SIRO). Artinya, panggilan didasarkan pada peluang secara random, tidak masalah siapa yang lebih dulu tiba.
3. Priority Service (PS). Artinya, prioritas pelayanan diberikan kepada mereka yang mempunyai prioritas yang lebih tinggi dibandingkan dengan mempunyai prioritas lebih rendah, meskipun yang terakhir ini kemungkinan sudah lebih dulu tiba.

### 2.3. Sistem Antrian

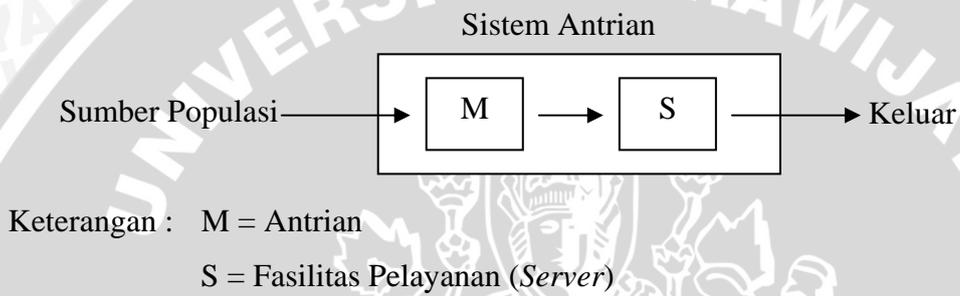
Banyak perbedaan sistem-sistem antrian yang terdapat dalam masyarakat yang semakin kompleks. Perbedaan-perbedaan dalam jumlah antrian, fasilitas pelayanan dan hubungan-hubungan yang terjadi dapat menghasilkan bentuk/susunan yang bervariasi.

Dalam model antrian, istilah saluran atau *channel* menunjukkan jumlah jalur memasuki sistem pelayanan, yang juga menunjukkan jumlah fasilitas pelayanan. Istilah *phase* berarti jumlah stasiun-stasiun pelayanan, di mana para pelanggan harus melaluinya sebelum pelayanan dinyatakan lengkap.

Berdasarkan jumlah dan susunan saluran atau *channel* dan *phase*, ada empat model sistem antrian yang umum terjadi, yaitu :

1. *Single Channel-Single Phase*

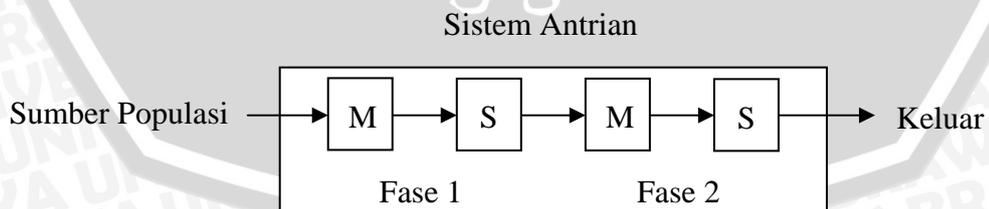
Sistem antrian ini merupakan sistem yang paling sederhana. *Single channel* berarti bahwa hanya ada satu jalur untuk memasuki sistem pelayanana atau hanya ada satu fasilitas pelayanan. *Single phase* menunjukkan bahwa hanya ada satu stasiun pelayanan. Setelah menerima pelayanan, individu-individu keluar dari sistem. Model antrian dapat ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Model *Single Channel-Single Phase*

2. *Single Channel-Multi Phase*

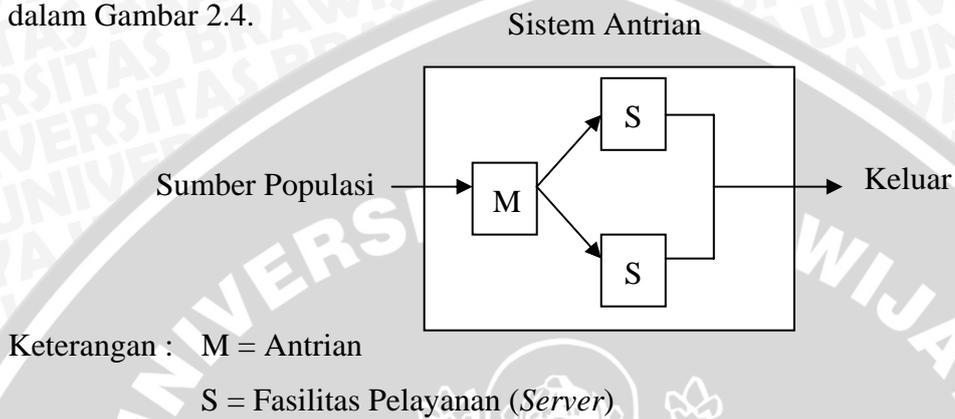
Istilah *multi phase* menunjukkan bahwa ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berturutan (dalam fase-fase). Pelayanan dianggap sudah lengkap apabila telah melalui dua atau lebih pelayanan. Model sistem antrian ini ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Model *Single Channel-Multi Phase*

### 3. Multi Channel-Single Phase

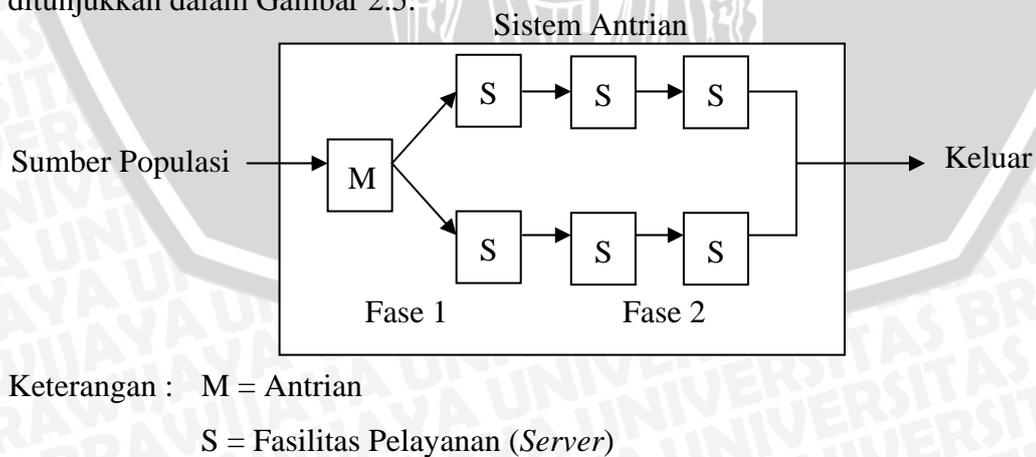
Sistem Multi Channel – Single Phase terjadi saat dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal. Populasi mempunyai kebebasan memilih jalur pelayanan dengan waktu tunggu yang singkat. Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Model *Multi Channel-Single Phase*

### 4. Multi Channel-Multi Phase

Sistem ini mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahap, sehingga ada lebih dari satu individu dapat dilayani pada suatu waktu. Pada umumnya, jaringan antrian ini terlalu kompleks untuk dianalisis dengan teori antrian, akan lebih baik bila digunakan simulasi. Sistem multi channel-multi phase ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Model *Multi Channel-Multi Phase*

Selain empat model sistem antrian diatas sering terjadi sistem campuran yang merupakan campuran dari dua atau lebih sistem antrian di atas.

#### 2.4. Model Antrian

Salah satu cara untuk menurunkan garis tunggu adalah dengan membuat saluran pelayanan bekerja lebih efektif. Cara lain ialah jelas dengan menambah jumlah saluran pelayanan. Kalau sistem antrian mempunyai lebih dari satu saluran, maka sistem antrian dikatakan sebagai sistem saluran ganda. Seperti ditulis dalam model, karakteristik dari sistem ini ialah pelayanan atau saluran ganda, masukan Poisson, waktu pelayanan Eksponensial dan antrian tak terhingga.

##### 2.4.1. Intensitas Lalu Lintas

Pada sistem antrian saluran ganda, untuk mencari intensitas lalu lintas dari fasilitas pelayanan dengan membagi Lamda atau tingkat kedatangan dengan tingkat pelayanan yang dikali dengan banyaknya saluran.

Adapun penentuan intensitas lalu lintas menggunakan rumus berikut :

$$\rho = \frac{\lambda}{k \cdot \mu} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$\rho$  = Intensitas lalu lintas

$\lambda$  = Tingkat kedatangan rata-rata

$\mu$  = Tingkat pelayanan rata-rata

k = Jumlah saluran

##### 2.4.2. Panjang Antrian

Panjang antrian adalah jumlah langganan yang menunggu untuk waktu pelayanan atau panjang garis tunggu dikurangi jumlah langganan yang sedang dilayani.

Adapun penentuan panjang antrian menggunakan rumus berikut :

$$q = \frac{\lambda \mu \cdot (\lambda/\mu)^k}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2} \cdot \frac{1}{\sum_{n=0}^{k-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n + \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{k\mu}{k\mu - \lambda}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

- q = Panjang antrian
- λ = Tingkat kedatangan rata-rata
- μ = Tingkat pelayanan rata-rata
- n = Jumlah kedatangan
- k = Jumlah saluran

Intensitas lalu lintas harus lebih kecil dari 1,0, kalau tidak maka antrian akan makin panjang dengan bertambahnya waktu dan suatu keadaan tetap (*steady state*) tidak akan terjadi.

**2.4.3. Jumlah Rata-Rata Kendaraan Dalam Sistem**

Jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem adalah jumlah kendaraan yang menunggu pada waktu pelayanan.

Adapun penentuan jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem menggunakan rumus berikut :

$$\bar{n} = \frac{\lambda \mu \cdot (\lambda/\mu)^k}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2} \cdot P_{(0)} + \frac{\lambda}{\mu} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- $\bar{n}$  = Jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem
- λ = Tingkat kedatangan rata-rata
- μ = Tingkat pelayanan rata-rata
- n = Jumlah kedatangan
- k = Jumlah saluran



**2.4.4. Waktu Rata-Rata Kendaraan Dalam Sistem**

Waktu rata-rata kendaraan dalam sistem adalah waktu yang dibutuhkan kendaraan yang menunggu pada waktu pelayanan.

Adapun penentuan waktu rata-rata kendaraan dalam sistem menggunakan rumus berikut :

$$\bar{d} = \frac{\mu \cdot (\lambda/\mu)^k}{(k-1)! \cdot (k\mu - \lambda)^2} \cdot P_{(0)} + \frac{1}{\mu} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- $\bar{d}$  = Waktu rata-rata kendaraan dalam sistem
- $\lambda$  = Tingkat kedatangan rata-rata
- $\mu$  = Tingkat pelayanan rata-rata
- $n$  = Jumlah kedatangan
- $k$  = Jumlah saluran

**2.4.5. Waktu Rata-Rata Kendaraan Dalam Antrian**

Waktu rata-rata kendaraan dalam sistem adalah waktu yang dibutuhkan kendaraan yang menunggu dalam antrian untuk mendapatkan pelayanan.

Adapun penentuan waktu rata-rata kendaraan dalam antrian menggunakan rumus berikut :

$$\bar{w} = \frac{\mu \cdot (\lambda/\mu)^k}{(k-1)! \cdot (k\mu - \lambda)^2} \cdot P_{(0)} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

- $\bar{w}$  = Waktu rata-rata kendaraan dalam antrian
- $\lambda$  = Tingkat kedatangan rata-rata
- $\mu$  = Tingkat pelayanan rata-rata
- $n$  = Jumlah kedatangan
- $k$  = Jumlah saluran



**2.5. Distribusi Data**

Dalam banyak situasi, perhatian kita terpusat pada sifat dasar yang dimiliki oleh satu atau beberapa distribusi populasi. Kesahihan prosedur-prosedur inferensi statistik parametrik, misalnya, bergantung pada bentuk populasi-populasi asal sampel-sampel yang dianalisis. Apabila kita tidak mengetahui bentuk-bentuk fungsi dari populasi-populasi ini, maka yang pertama ingin kita uji adalah apakah populasi yang kita minati memiliki kecenderungan untuk terdistribusi sesuai dengan asumsi-asumsi yang mendasari prosedur parametrik yang diusulkan.

**2.5.1. Distribusi Poisson**

Distribusi Poisson adalah jumlah peristiwa yang terjadi selama selang waktu yang diketahui atau didalam suatu daerah yang ditentukan. Selang waktu yang diketahui dapat sembarang lamanya, seperti menit, hari, minggu, bulan, bahkan tahun. Distribusi tersebut menghasilkan nilai-nilai numerik suatu peubah acak X untuk suatu pengamatan.

Asumsi yang mendasari proses poisson sebagai berikut :

1. Suatu peristiwa dapat terjadi secara acak dan pada waktu atau titik dalam ruang yang mana saja.
2. Kejadian suatu peristiwa pada suatu selang waktu (atau tempat) yang tertentu adalah bebas. Peristiwa yang terjadi pada selang lain tidak tumpang tindih.
3. Probabilitas terjadinya suatu peristiwa didalam suatu selang waktu yang singkat adalah sebanding dengan lama selang waktu atau ukuran daerah itu dan tidak bergantung pada jumlah peristiwa yang terjadi diluar selang waktu atau daerah ini.

Sebaran probabilitas peubah acak Poisson X, yang mewakili jumlah peristiwa yang terjadi di dalam suatu selang waktu yang diketahui atau daerah yang ditentukan dan ditunjukkan oleh *t* adalah sebagai berikut :

$$p(x; \lambda t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^x}{x!}, \quad x = 0, 1, 2, \dots, \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan nilai  $\lambda$  adalah rata-rata jumlah peristiwa per waktu atau daerah satuan, dan  $e = 2,71828\dots$



**2.5.2. Distribusi Eksponensial**

Distribusi eksponensial dapat digunakan untuk memecahkan berbagai permasalahan teknik dan sains yang memerlukan jenis-jenis fungsi berbeda. Distribusi eksponensial memainkan peranan penting baik di dalam teori antrian dan masalah keandalan. Waktu di antara kedatangan di dalam fasilitas pelayanan sering dimodelkan dengan baik oleh sebaran ekponensial.

Sebaran probabilitas peubah acak untuk X diberikan oleh, persamaan berikut ini :

$$P(0 \leq X \leq x) = 1 - e^{-\lambda x} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan nilai  $\lambda$  adalah rata-rata jumlah peristiwa per waktu atau daerah satuan, dan  $e = 2,71828\dots$

**2.6. Uji Keselarasan**

Dalam suatu riset, orang telah membuat model-model probabilitas untuk menerangkan struktur populasi-populasi yang terjadi. Model-model ini mengandaikan berlakunya kondisi-kondisi dan asumsi-asumsi tertentu. Apabila sampel-sampel ditarik dari populasi-populasi yang tidak diketahui, peneliti harus menggunakan metode-metode keselarasan (*goodness of fit*) untuk menentukan sampai seberapa jauh data sampel yang teramati “selaras”, “cocok” atau “fit” dengan model tertentu yang ditawarkan. Di berbagai bidang yang menyangkut analisis kuantitatif, pembuatan model merupakan suatu kegiatan yang penting. Uji keselarasan (*goodness of-fit test*) bisa menjadi alat yang bermanfaat untuk mengevaluasi sampai seberapa jauh suatu model mampu mendekati situasi nyata yang digambarkannya.

**2.6.1. Uji Keselarasan Chi Kuadrat**

Uji chi kuadrat digunakan untuk memeriksa keselarasan yang dihasilkan dari perbandingan antara frekuensi-frekuensi harapan dan frekuensi-frekuensi teramati.

Adapun asumsi-asumsi yang digunakan dalam pengujian tersebut adalah :

1. Data yang tersedia untuk analisis adalah sebuah sampel acak yang terdiri atas  $n$  hasil pengamatan bebas.



2. Skala pengukuran yang digunakan mungkin hanya skala nominal
3. Hasil-hasil pengamatan dapat diklasifikasikan ke dalam  $r$  buah kategori yang tidak saling tumpang tindih dengan memanfaatkan semua kemungkinan klasifikasi yang ada. Dengan perkataan lain, kategori-kategori tersebut saling eksklusif dan lengkap. Banyaknya hasil pengamatan yang masuk ke dalam suatu kategori tersebut disebut *frekuensi teramati* kategori yang bersangkutan.

Hipotesis :

$H_0$  : sampel ditarik dari sebuah populasi yang mengikuti suatu distribusi yang ditetapkan

$H_1$  : sampel bukan berasal dari populasi dengan distribusi yang telah ditetapkan

Dalam pengujian ini kita menyimpan harapan bahwa sampel-sampel acak yang ditarik dari populasi mencerminkan karakteristik populasi yang bersangkutan. Dengan demikian, jika hipotesis nol benar kita mengharapkan adanya kecocokan yang erat antara frekuensi yang teramati dan frekuensi harapan untuk setiap kategori.

Sarana yang tepat untuk mengukur keselarasan antara frekuensi teramati dengan frekuensi harapan adalah statistik uji yang dihitung dengan cara membagi kuadrat selisih/beda antara frekuensi teramati dan frekuensi harapan untuk masing-masing pasangan frekuensi dengan frekuensi harapan dan menjumlahkan semuanya. Seperti terlihat pada rumus :

$$X^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.10)$$

Pengambilan keputusannya adalah jika harga  $X^2$  hasil perhitungan sama atau lebih besar dari daripada harga chi kuadrat dalam tabel untuk derajat bebas  $r-1$  dan aras kebermaknaan  $\alpha$ , maka kita bisa menolak  $H_0$  pada taraf nyata  $\alpha$ .

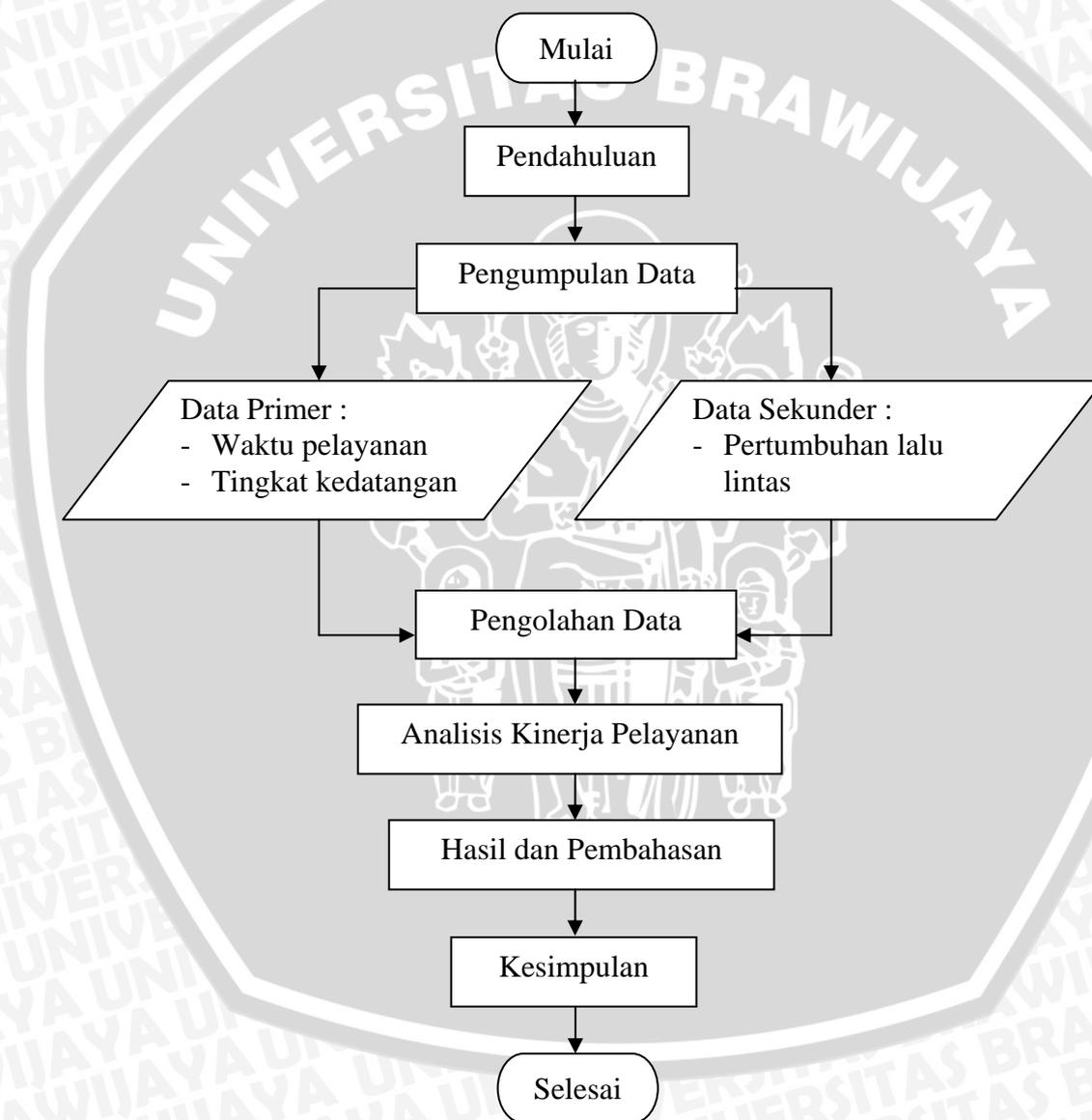


## BAB III

### METODE PENELITIAN

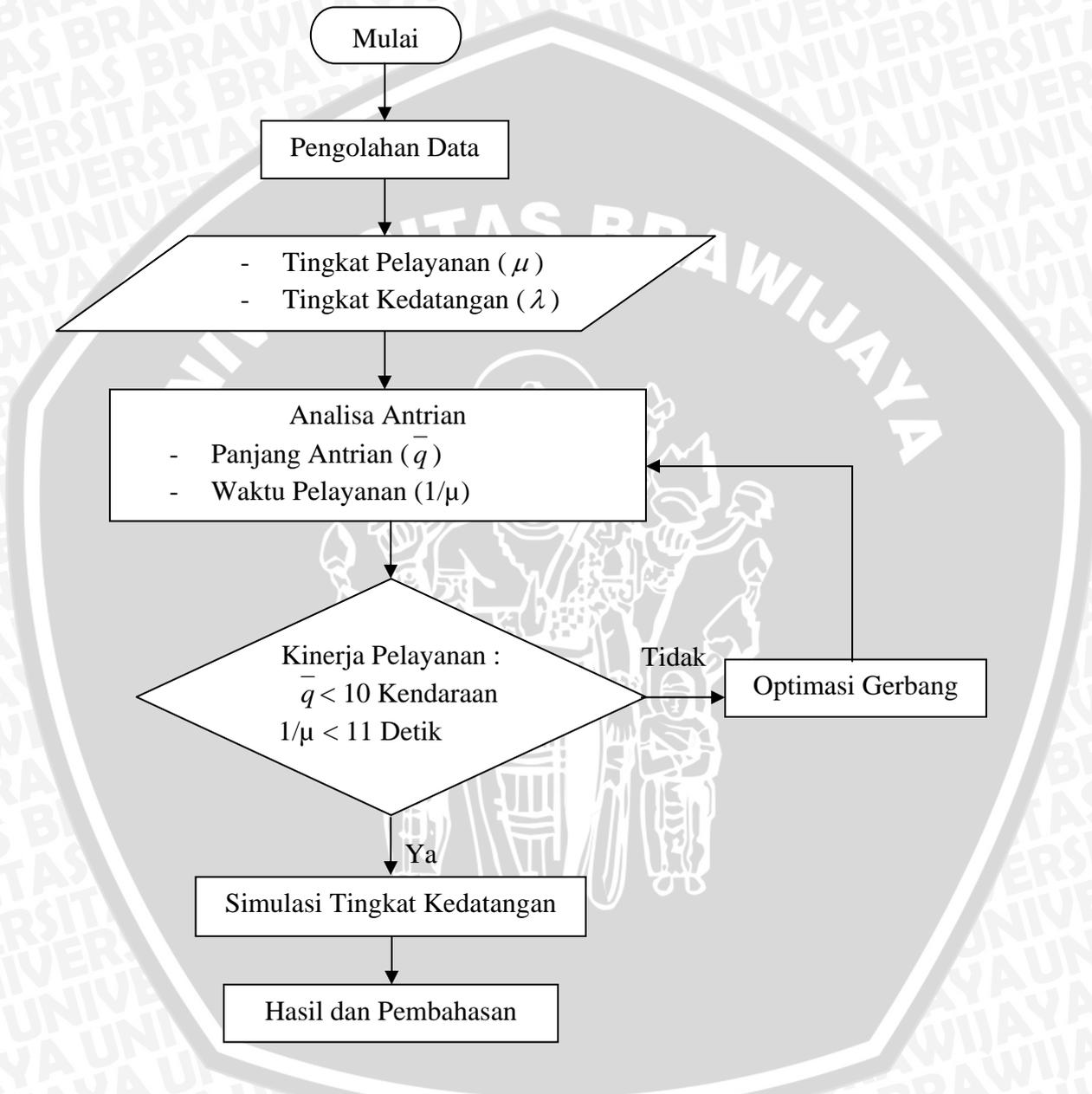
#### 3.1. Diagram Penelitian

Proses dan tahap-tahap yang dilalui dalam melakukan penelitian ini terlihat seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

Adapun Diagram alir analisis kinerja pelayanan dilakukan melalui tahapan-tahapan seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Diagram Alir Analisis kinerja pelayanan

### 3.2. Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan meliputi tahap pendahuluan, pengumpulan data, pengolahan data dan analisa hasil/pembahasan.

#### 3.2.1. Pendahuluan

##### a. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas adalah kinerja pelayanan gerbang tol dan mensimulasikan tingkat kedatangan yang akan terjadi di Gerbang Tol Waru Utama di masa mendatang.

##### b. Studi Literatur

Dalam studi literatur ini penulis mencari beberapa referensi yang menunjang studi ini. Dari beberapa literatur diperoleh defenisi, dasar teori, data-data pendukung dari studi yang dilakukan sebelumnya serta mempelajari teori antrian yang akan digunakan untuk menganalisa antrian di gerbang tol.

##### c. Survai Pendahuluan

Survai pendahuluan adalah survai dalam skala kecil sebelum survai utama dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi di lapangan, menentukan metode survai yang cocok, menentukan durasi pengamatan dan mengetahui karakteristik lalu lintas yang selanjutnya akan dipergunakan dalam pelaksanaan survai.

#### 3.2.2. Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dalam studi ini meliputi data primer dan data sekunder.

##### a. Data Primer

- Lokasi Studi

Penelitian ini dilakukan di gerbang tol Waru Utama

- Waktu dan Peralatan Survai

Berdasarkan karakteristik lalu lintas yang ada di lapangan, kepadatan lalu lintas yang cukup ramai adalah menjelang akhir pekan. Pengumpulan data dilakukan pada Hari Kamis (6 Juli 2006) pada shift I (08.00 – 10.00) dan pada shift kedua (15.30 – 17.30), Jum'at (7 Juli 2006) pada shift I (07.00 –

09.00) dan pada shift kedua (15.30 – 17.30) dan diakhiri pada Hari Sabtu (8 Juli 2006) pada shift I (07.00 – 09.00) dan pada shift kedua (15.30 – 17.30). Sedangkan peralatan survai yang dipergunakan antara lain pencatat waktu (*stopwatch*), alat tulis, *handycam* dan blangko survai

#### b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait yaitu instansi yang berkenaan dengan penyediaan data yang berhubungan dengan masalah yang sedang diteliti. Data sekunder ini berupa angka pertumbuhan lalu lintas sebesar 11% yang digunakan untuk memprediksi tingkat kedatangan di masa mendatang.

### 3.2.3. Pengolahan Data

Hal-hal yang termasuk analisa data antara lain :

#### a. Uji Pendugaan Distribusi Data

Setelah data diperoleh, maka selanjutnya data tersebut akan diuji dengan asumsi bahwa waktu antar kedatangan mengikuti distribusi Poisson dan waktu pelayanan mengikuti distribusi Eksponensial. Untuk memenuhi asumsi tersebut dilakukan analisa data dengan menggunakan uji statistik. Adapun jenis pengujian adalah dengan menggunakan uji Chi Kuadrat untuk sebaran Poisson dan Eksponensial.

Langkah –langkah pengujian dengan uji Chi Kuadrat :

#### 1. Uji kecocokan /keselarasan Chi Kuadrat untuk kedatangan :

- Dibuat suatu hipotesa, yaitu sebagai berikut :

$H_0$  : data banyaknya kedatangan menyebar secara Poisson

$H_1$  : data banyaknya kedatangan tidak menyebar secara Poisson

Penyusunan data ke dalam tabel distribusi frekuensi

- Probabilitas Poisson ke-i,  $P_i = P(x_i)$  :

$$P_i = \frac{e^{-\lambda} \lambda^{x_i}}{x_i!}$$

- Pengujian statistik untuk menguji hipotesa, yaitu :

$$X^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

dimana  $O_i$  : frekuensi pengamatan

$$E_i : \text{frekuensi yang diharapkan} = P_i = \sum_{i=1}^k O_i$$

- Pengujian statistik dengan menggunakan tabel Chi Kuadrat, yaitu :

$$X^2_{(1-\alpha)(k-1)}$$

dimana :  $\alpha$  = taraf nyata untuk pengujian

$k$  = banyak interval klasifikasi

Sehingga keputusan pengujian, jika :

$$X^2 = X^2_{(1-\alpha)(k-1)}$$

maka  $H_0$  diterima

Kesimpulan bahwa data banyaknya kedatangan menyebar secara Poisson.

## 2. Uji kecocokan /keselarasan Chi Kuadrat untuk pelayanan :

- Dibuat suatu hipotesa, yaitu sebagai berikut :

$H_0$  : data banyaknya kedatangan menyebar secara Eksponensial

$H_1$  : data banyaknya kedatangan tidak menyebar secara Eksponensial

Penyusunan data ke dalam tabel distribusi frekuensi

- Probabilitas Poisson ke- $i$ ,  $P_i = P(x_i)$  :

$$P_i = \int_{x_{ai}}^{x_{bi}} \mu e^{-\mu t} dt = e^{-\mu x_{ai}} - e^{-\mu x_{bi}}$$

dimana  $X_{ai}$  = batas atas kelas ke- $i$

$X_{bi}$  = batas bawah kelas ke- $i$

- Pengujian statistik untuk menguji hipotesa, yaitu :

$$X^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

dimana  $O_i$  : frekuensi pengamatan

$$E_i : \text{frekuensi yang diharapkan} = P_i = \sum_{i=1}^k O_i$$

- Pengujian statistik dengan menggunakan tabel Chi Kuadrat, yaitu :

$$X^2_{(1-\alpha)(k-1)}$$

dimana :  $\alpha$  = taraf nyata untuk pengujian

$k$  = banyak interval klasifikasi

Sehingga keputusan pengujian, jika :

$$X^2 = X^2_{(1-\alpha)(k-1)}$$

maka  $H_0$  diterima

Kesimpulan bahwa data banyaknya kedatangan menyebar secara Eksponensial.

#### b. Analisa Model Antrian

Dalam analisa model antrian akan dicari :

- Tingkat kedatangan ( $\lambda$ )
- Tingkat pelayanan ( $\mu$ )
- Jumlah rata-rata kendaraan dalam antrian ( $\bar{q}$ )
- Jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem ( $\bar{n}$ )
- Waktu tunggu rata-rata kendaraan dalam antrian ( $\bar{w}$ )
- Waktu tunggu rata-rata kendaraan dalam sistem ( $\bar{d}$ )

#### 3.2.4. Analisa Kinerja Pelayanan

Untuk analisa kinerja pelayanan yang berkenaan dengan antrian kendaraan didasarkan pada teori antrian yang memakai model *Multi Chanel-Single Phase*.

Model ini sesuai dengan karakteristik dari gerbang tol yang umumnya mempunyai jumlah fasilitas pelayanan lebih dari satu. Parameter-parameter yang dapat dicari dengan model tersebut diantaranya :

a. Waktu Pelayanan

Setiap kendaraan yang memerlukan pelayanan akan masuk sistem antrian dan membentuk antrian terlebih dahulu. Kemudian kendaraan menuju tempat pelayanan untuk melakukan pembayaran tol setelah kendaraan di depannya meninggalkan tempat pelayanan. Waktu pelayanan adalah lamanya waktu mulai pelayanan diberikan sampai selesai. Waktu pelayanan ini mempengaruhi waktu menunggu baik dalam antrian maupun dalam sistem. Berdasarkan standar pelayanan minimal jalan tol waktu pelayanan [ 11 detik setiap kendaraan.

b. Waktu tunggu dalam antrian dan sistem

Pada penelitian ini waktu menunggu adalah waktu kendaraan mulai memasuki antrian sampai siap melakukan pelayanan. Sedangkan waktu tunggu dalam sistem adalah waktu menunggu ditambah dengan waktu pelayanan. Semakin besar waktu yang diperlukan akan memperbesar jumlah kendaraan yang menunggu.

c. Jumlah kendaraan dalam antrian dan sistem

Jumlah kendaraan dalam antrian adalah banyaknya kendaraan yang menunggu untuk memperoleh pelayanan. Sedangkan jumlah kendaraan dalam sistem adalah banyaknya kendaraan menunggu ditambah dengan satu kendaraan yang menerima pelayanan. Apabila jumlah kendaraan yang ada dalam antrian besar maka kinerja pelayanan dari gerbang tol itu perlu ditingkatkan. Batasan jumlah kendaraan yang berada dalam antrian adalah sepuluh kendaraan.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Gambaran Umum Gerbang Tol Waru Utama

Gerbang Tol Waru Utama merupakan bagian dari ruas jalan tol Surabaya-Gempol yang melayani pengguna jalan yang menuju dan meninggalkan Kota Surabaya. Gerbang tol ini terletak di Waru Kotamadya Sidoarjo, mulai dioperasikan sejak 26 Juli 1986 dengan sistem pembayaran tunai pada pintu keluar.

Kendaraan yang memasuki gerbang tol dibagi dalam tiga (3) golongan yaitu :

1. Golongan I meliputi sedan, jip, pick-up, bus kecil, truk kecil dan bus sedang.
2. Golongan IIA meliputi truk besar dan bus besar dengan dua (2) gandar.
3. Golongan IIB meliputi truk besar dan bus besar dengan tiga (3) gandar atau lebih.

Kendaraan ini akan memasuki sistem antrian secara bebas menuju loket yang tersedia di gerbang tol. Loket tersebut terdiri dari loket pengambilan kartu yang berjumlah tiga (3) pintu dan loket pembayaran yang berjumlah tujuh (7) pintu. Untuk loket pembayaran yang beropersai sebanyak lima (5) pintu, dua (2) pintu lagi masih digunakan pada kondisi tertentu saja yaitu bila jenis kendaraan tidak termasuk dalam golongan yang ada sehingga tidak bisa memasuki pintu dan harus melalui pintu yang memiliki *space* lebih lebar. Dari kelima loket pembayaran tiga diantaranya berupa gardu tandem. Gardu tandem ini digunakan untuk mengantisipasi kenaikan jumlah pengguna jalan tol yang keluar dari Kota Surabaya melebihi dari kapasitas pintu yang tersedia.

Selain fasilitas utama yang tersebut diatas, Gerbang Tol Waru Utama juga dilengkapi dengan fasilitas pendukung lainnya. Fasilitas tersebut adalah KM/WC, mushola, tempat parkir sehingga pengguna jalan tol bisa beristirahat sejenak.

## 4.2. Data Survai

Data yang dihasilkan dari survai meliputi jumlah kendaraan per jenis kendaraan yang masuk pada gerbang tol beserta waktunya dan jumlah kendaraan yang melakukan transaksi beserta waktu yang dibutuhkan untuk melakukan transaksi.

Tabel 4.1 memperlihatkan data hasil survai waktu antar kedatangan kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama pada Hari Kamis pagi. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran Kompilasi Data Waktu Antar Kedatangan.

Tabel 4.2 menunjukkan data hasil survai waktu pelayanan di Gerbang Tol Waru Utama pada Hari Kamis pagi. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran Kompilasi Data Waktu Transaksi.

Tabel 4.1 Waktu Antar Kedatangan Kendaraan  
di Gerbang Tol Waru Utama

Hari : Kamis, 6 Juli 2006

Jam : 08.00-09.00

No	Jenis Kendaraan			Waktu antar Kedatangan
	Gol. I	Gol. II A	Gol. II B	
	8:00:00.00			
1	8:00:10.95			10,95
2	8:00:13.87			2,92
3	8:00:19.83			5,96
4	8:00:23.39			3,56
5	8:00:24.93			1,54
6	8:00:25.81			0,88
7	8:00:28.31			2,5
8	8:00:29.18			0,97
9	8:00:35.92			6,64
10	8:00:42.72			6,8
dst				

Sumber : Hasil Survai (2006)

Tabel 4.2 Rekapitan Waktu Transaksi Kendaraan  
di Gerbang Tol Waru Utama

Hari : Kamis (6 Juli 2006)  
Jam : 08.00 - 09.00  
Pintu : 2

No	Waktu Transaksi (Detik)		
	Gol. I	Gol. II A	Gol. II B
1	3,17		
2	4,02		
3	9,22		
4	7,19		
5	7,2		
6	5,08		
7	1,02		
8	2,22		
9	5,04		
10	4,12		
11			3,19
12	5,06		
13	4,02		
14			2,19
15	2,12		
16	3,1		
17	1,13		
18	4,42		
19	4,11		
20	3,2		
dst			

Sumber : Hasil Survei (2006)

### 4.3. Pengolahan Data

#### 4.3.1. Perhitungan Tingkat Kedatangan

Tingkat kedatangan diperoleh dari pengolahan data primer hasil survei di pintu keluar Gerbang Tol Waru Utama. Dari data hasil survei diketahui pola distribusinya bersifat fluktuatif atau tidak teratur, kadang waktu jarak kedatangan jauh dan sebaliknya kadang kedatangannya bersamaan. Waktu kendaraan yang bersamaan ditunjukkan dengan waktu antar kendaraan yang bernilai 0.

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan rata-rata dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- Data Kamis pagi

$$\text{Total waktu antar kedatangan} = 6.869,87 \text{ detik}$$

$$\text{Jumlah kendaraan} = 1.563 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Rata-rata waktu antar kedatangan (T)} = \frac{6.869,87}{1.563} = 4,395 \text{ detik/kend.}$$

$$\text{Rata-rata tingkat kedatangan } (\lambda) = \frac{1}{T} = \frac{1}{4,395}$$

$$= 0,228 \text{ kend./detik} \approx 819 \text{ kend./jam}$$

Untuk hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Tingkat Kedatangan Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama

Hari/Tanggal	Waktu	Total Waktu Antar	Jumlah	Waktu	$\lambda$	
		detik	kend.	Rata-Rata	kend./dtk	kend./jam
Kamis 6 Juli 2006	pagi	6869,868	1.563	4,395	0,228	819,055
	sore	6368,451	2.036	3,128	0,320	1150,924
Jumat 7 Juli 2006	pagi	6449,862	2.099	3,073	<b>0,325</b>	<b>1171,560</b>
	sore	6586,440	1.758	3,747	0,267	960,883
Sabtu 8 Juli 2006	pagi	6521,673	1.954	3,338	0,300	1078,619
	sore	6429,37	1.818	3,537	0,283	1017,954

$\lambda$  = Tingkat kedatangan

Sumber : Pengolahan data

Dari tabel diatas bisa disimpulkan bahwa tingkat kedatangan puncak terjadi pada Hari Jum'at pagi dengan tingkat kedatangan sebesar 0,325 kend./detik  $\approx$  1.172 kend./jam. Kondisi ini bisa terjadi karena pagi hari merupakan waktu aktivitas orang berangkat menuju tempat kerja mengingat Kota Surabaya sebagai pusat kegiatan ekonomi. Untuk selanjutnya data pada kondisi puncak akan dilakukan uji distribusi.

### 4.3.2 Perhitungan Tingkat Pelayanan

Dari data waktu pelayanan untuk masing-masing kendaraan dapat di hitung rata-rata waktu transaksi (WL) yang diperoleh dengan membagi total waktu transaksi dengan jumlah total kendaraan dan akhirnya diperoleh nilai rata-rata kendaraan yang dapat dilayani ( $\mu$ ).

Contoh perhitungan akan ditampilkan sebagai berikut :

- Data Kamis pagi

$$\text{Total waktu transaksi} = 7.294,82 \text{ detik}$$

$$\text{Jumlah kendaraan} = 1.526 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Rata-rata waktu transaksi (WL)} = \frac{7.294,82}{1.526} = 4,780 \text{ detik/kend.}$$

$$\text{Rata-rata tingkat pelayanan } (\mu) = \frac{1}{WL} = \frac{1}{4,780}$$

$$= 0,209 \text{ kend./detik} \approx 754 \text{ kend./jam}$$

Untuk hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Tingkat Pelayanan Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama

Hari	Waktu	Total Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Kendaraan (kend.)	Waktu Pelayanan (det. / kend.)	$\mu$	
					(kend./det.)	(kend./jam)
Kamis 6 Juli 2006	Pagi	7294,820	1.526	4,780	0,209	753,082
	Sore	12750,120	2.057	6,198	0,161	580,795
Jumat 7 Juli 2006	Pagi	9289,720	2.076	4,475	0,223	804,502
	Sore	9315,920	1.735	5,369	0,186	670,465
Sabtu 8 Juli 2006	Pagi	9678,330	1.928	5,020	0,199	717,149
	Sore	8254,287	1.805	4,573	0,219	787,227

$\mu$  = Tingkat Pelayanan (kend./detik)

Sumber : Pengolahan data

Berdasarkan Standar Pelayanan Minimum (SPM) Jalan Tol waktu transaksi rata-rata di pintu keluar untuk gerbang tol sistem tertutup  $\leq 11$  detik/kend. sehingga waktu transaksi rata-rata hasil survai di Gerbang Tol Waru Utama masih dalam batas waktu yang disyaratkan. Untuk tingkat pelayanan pada

Hari Jum,at pagi sebesar 805 kend./jam yang akan dipakai pada perhitungan antrian.

#### 4.4 Distribusi Data

Dari tabel rekapitulasi data tingkat kedatangan kendaraan dapat diketahui bahwa tingkat kedatangan puncak terjadi pada hari Jumat pagi yaitu sebesar 0,325 kend./detik.

Selanjutnya data pada hari Jum'at pagi dilakukan perhitungan lebih lanjut untuk mengetahui apakah pola kedatangan kendaraan mengikuti distribusi *Poisson* atau tidak yang nantinya digunakan sebagai dasar analisis pelayanan kendaraan dengan teori antrian. Uji kecocokan data yang digunakan adalah Chi Kuadrat dengan  $\alpha=5$ .

Dengan  $\lambda$  sebesar 0,325 kend./detik akan diperoleh persamaan distribusi Poisson sebagai berikut :

$$P(n) = \frac{(0,325 * t)x e^{-(0,325*t)}}{n!}$$

Dengan persamaan distribusi Poisson tersebut dapat diperoleh nilai frekuensi harapan, nilai ini akan diselaraskan dengan frekuensi hasil pengamatan menggunakan statistik uji yang dihitung dengan cara membagi kuadrat selisih/beda antara frekuensi teramati dan frekuensi harapan untuk masing-masing pasangan frekuensi dengan frekuensi harapan dan menjumlahkan semuanya. Nilai  $X^2$  hasil perhitungan akan dibandingkan dengan harga chi kuadrat dalam tabel untuk derajat bebas  $r-1$  dan aras kebermaknaan  $\alpha$ . Hasil perhitungan dari beberapa interval waktu 3, 3,5 dan 4 detik ditampilkan pada Tabel 4.5 - 4.8.

Tabel 4.5 Tabel Perhitungan Distribusi Kedatangan Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama dengan Interval Waktu 3 detik

Diketahui :

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,325 \\ e &= 2,718 \\ \alpha &= 5\% \end{aligned}$$

n	frekuensi observasi xi	n!	P(n) t=3	frekuensi teoritis (P x 2.400) ei	(xi - ei)^2	(xi - ei)^2/ei
0	964	1	0,377	904,086	3589,741	3,971
1	852	1	0,368	882,659	939,955	1,065
2	425	2	0,180	430,870	34,455	0,080
3	127	6	0,058	140,219	174,752	1,246
4	30	24	0,014	34,224	17,843	0,521
5	2	120	0,003	6,683	21,927	3,281
	2.400					10,164

C(0,95),4 9,488

Tabel 4.6 Tabel Perhitungan Distribusi Kedatangan Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama dengan Interval Waktu 3,5 detik

Diketahui :

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,325 \\ e &= 2,718 \\ \alpha &= 5\% \end{aligned}$$

n	frekuensi observasi xi	n!	P(n) t=3	frekuensi teoritis (P x 2.058) ei	(xi - ei)^2	(xi - ei)^2/ei
0	715	1	0,320	658,835	3154,500	4,788
1	727	1	0,365	750,424	548,688	0,731
2	421	2	0,208	427,373	40,612	0,095
3	150	6	0,079	162,262	150,346	0,927
4	37	24	0,022	46,205	84,726	1,834
5	8	120	0,005	10,526	6,379	0,606
	2.058					8,980

C(0,95),4 9,488



Tabel 4.7 Tabel Perhitungan Distribusi Kedatangan Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama dengan Interval Waktu 4 detik

Diketahui :

$$\begin{aligned}\lambda &= 0,325 \\ e &= 2,718 \\ \alpha &= 5\%\end{aligned}$$

n	frekuensi observasi xi	n!	P(n) t=3	frekuensi teoritis (P x 1.800) ei	(xi - ei)^2	(xi - ei)^2/ei
0	523	1	0,272	489,708	1108,380	2,263
1	641	1	0,354	637,469	12,470	0,020
2	408	2	0,231	414,907	47,709	0,115
3	173	6	0,100	180,033	49,460	0,275
4	44	24	0,033	58,589	212,829	3,633
5	10	120	0,008	15,253	27,598	1,809
6	0	720	0,002	3,309	10,951	3,309
7	1	5.040	0,000	0,615	0,148	0,240
	1.800					11,664

$$C(0,95),6 \quad 12,592$$

Karena pada n ke-6 dan ke-7 diperoleh nilai frekuensi harapan  $<5$  maka dilakukan penggabungan dengan kelas di atasnya untuk mendapatkan nilai frekuensi harapan  $>5$ . Hasil perhitungan dengan penggabungan ditampilkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perhitungan Distribusi Kedatangan Kendaraan Gabungan di Gerbang Tol Waru Utama dengan Interval Waktu 4 detik

n	frekuensi observasi xi	n!	P(n) t=3	frekuensi teoritis (P x 1.800) ei	(xi - ei)^2	(xi - ei)^2/ei
0	523	1	0,272	489,708	1108,380	2,263
1	641	1	0,354	637,469	12,470	0,020
2	408	2	0,231	414,907	47,709	0,115
3	173	6	0,100	180,033	49,460	0,275
4	44	24	0,033	58,589	212,829	3,633
5	11	120	0,008	15,253	18,091	1,186
	1.800					7,491

$$C(0,95),4 \quad 9,488$$

Selanjutnya dari ketiga nilai tersebut dipilih nilai selisih yang paling kecil antara hasil perhitungan teoritis dan tabel. Nilai  $X^2$  hasil perhitungan yang mendekati nilai tabel adalah distribusi Poisson dengan interval waktu 3,5 detik. Setelah nilai waktu antar kedatangan sudah diketahui selanjutnya nilai tersebut dipakai untuk menghitung antrian yang terjadi pada gerbang tol.

#### 4.5 Antrian Kendaraan

Sebelum dilakukan simulasi tingkat kedatangan dilakukan analisa antrian pada kondisi eksisting dengan beberapa bukaan pintu. Berikut akan ditampilkan contoh perhitungan antrian untuk 5 pintu dengan nilai  $\lambda = 0,325$  kend./detik dan  $\mu = 0,224$  kend./detik.

$$\sum_{n=0}^{k-1} \frac{1}{n!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n = 1 + \left( \frac{0,325}{0,224} \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{0,325}{0,224} \right)^2 + \frac{1}{6} \left( \frac{0,325}{0,224} \right)^3 + \frac{1}{24} \left( \frac{0,325}{0,224} \right)^4$$

$$= 4,22$$

$$\frac{1}{k!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^k \frac{k\mu}{k\mu - \lambda} = \frac{1}{5!} \times \left( \frac{0,325}{0,224} \right)^5 \times \frac{5 * 0,224}{5 * 0,224 - 0,325} = 0,08$$

$$1) P_{(0)} = \frac{1}{4,08 + 0,08} = 0,233$$

$$2) q = \frac{\lambda \mu \cdot (\lambda/\mu)^k}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2} P_{(0)} = \frac{(0,325 * 0,224) \cdot \left( \frac{0,325}{0,224} \right)^5}{(5-1)! * (5 * 0,224 - 0,325)^2} * 0,233$$

$$= 0,007 \text{ kendaraan}$$

$$3) \bar{n} = \frac{\lambda \mu \cdot (\lambda/\mu)^k}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2} P_{(0)} + \frac{\lambda}{\mu} = 0,007 + \frac{0,325}{0,224} = 1,463 \text{ detik}$$

$$4) \bar{d} = \frac{\mu \cdot (\lambda/\mu)^k}{(k-1)! \cdot (k\mu - \lambda)} P_{(0)} + \frac{1}{\mu} = \frac{0,224 \cdot \left( \frac{0,325}{0,224} \right)^5}{(5-1)! * (5 * 0,224 - 0,325)} * 0,233 + \frac{1}{0,224}$$

$$= 4,497 \text{ detik}$$

$$5) \bar{w} = \frac{\mu \cdot (\lambda/\mu)^k}{(k-1)! \cdot (k\mu - \lambda)^2} P_{(0)} = \frac{0,224 * \left( \frac{0,325}{0,224} \right)^5}{(5-1)! * (5 * 0,224 - 0,325)^2} * 0,233$$

$$= 0,257 \text{ detik}$$

Keterangan :

$k$  = Jumlah saluran

$n$  = Jumlah kedatangan

$\lambda$  = Tingkat kedatangan rata-rata

$\mu$  = Tingkat pelayanan rata-rata

$P_{(0)}$  = Probabilitas tidak adanya kendaraan dalam sistem

$\bar{q}$  = Panjang antrian

$\bar{n}$  = Jumlah rata-rata kendaraan dalam system

$\bar{d}$  = Waktu tunggu rata-rata dalam sistem

$\bar{w}$  = Waktu tunggu rata-rata kendaraan dalam antrian

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Antrian Kondisi Eksisting

$\lambda'$ (kend/detik)	$k$	$\mu$ (kend/detik)	$\rho$	$a$	$b$	$P_{(0)}$	$q$ (kend.)	(kend.)	(detik)	(detik)
0,325	5	0,224	0,291	4,217	0,077	0,233	0,007	1,463	4,497	0,023
0,325	4	0,224	0,364	4,030	0,294	0,231	0,039	1,495	4,594	0,120
0,325	3	0,224	0,485	3,516	0,999	0,221	0,209	1,665	5,116	0,641
0,325	2	0,224	0,728	2,456	3,896	0,157	<b>1,641</b>	3,097	9,518	5,044

Dengan lima pintu pelayanan panjang antrian yang dihasilkan 0,007 kendaraan ini berarti di gerbang tol tidak terjadi antrian. Oleh karena itu untuk melayani tingkat kedatangan yang ada cukup dibuka dua pintu.

Setelah itu akan dilakukan prediksi kebutuhan jumlah pintu untuk beberapa tahun mendatang. Berdasarkan informasi dari PT. Jasa Marga tingkat pertumbuhan lalu lintas tiap tahunnya sebesar 11%, angka ini yang akan dipakai untuk memprediksi tingkat kedatangan kendaraan, sehingga dengan tingkat kedatangan tersebut akan bisa diprediksi kebutuhan pintu yang harus tersedia Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 4.10 – 4.12.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Kebutuhan Jumlah Pintu di Gerbang Tol Waru Utama Tahun 2011

$\lambda'$		k	$\mu$ (kend/detik)	$\rho$	a	b	$P_{(0)}$	q (kend.)	(kend.)	(detik)	(detik)
(kend/detik)	(kend/jam)										
0,546	1.966	5	0,224	0,489	10,341	1,418	0,085	0,115	2,558	4,685	0,211
0,546	1.966	4	0,224	0,611	8,857	3,812	0,079	0,472	2,915	5,339	0,865
0,546	1.966	3	0,224	0,814	6,427	13,087	0,051	<b>2,941</b>	5,384	9,861	5,387
0,546	1.966	2	0,224	1,221	3,443	-13,473	-0,100	-7,408	-4,965	-9,094	-13,568

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Kebutuhan Jumlah Pintu di Gerbang Tol Waru Utama Tahun 2016

$\lambda'$		k	$\mu$ (kend/detik)	$\rho$	a	b	$P_{(0)}$	q (kend.)	(kend.)	(detik)	(detik)
(kend/detik)	(kend/jam)										
0,924	3.328	7	0,224	0,591	54,714	10,041	0,015	0,224	4,360	4,717	0,242
0,924	3.328	6	0,224	0,689	47,761	22,381	0,014	0,708	4,844	5,240	0,766
0,924	3.328	5	0,224	0,827	37,675	58,371	0,010	<b>2,909</b>	7,045	7,622	3,147
0,924	3.328	4	0,224	1,034	25,482	-358,577	-0,003	-32,734	-28,598	-30,937	-35,411
0,924	3.328	3	0,224	1,379	13,689	-31,141	-0,057	-6,497	-2,361	-2,554	-7,028

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Kebutuhan Jumlah Pintu di Gerbang Tol Waru Utama Tahun 2021

$\lambda'$		k	$\mu$ (kend/detik)	$\rho$	a	b	$P_{(0)}$	q (kend.)	(kend.)	(detik)	(detik)
(kend/detik)	(kend/jam)										
1,558	5.607	7	0,224	0,996	483,077	35920,702	0,000	<b>222,744</b>	229,713	147,479	143,004
1,558	5.607	6	0,224	1,162	323,952	-985,163	-0,002	-10,714	-3,745	-2,404	-6,879
1,558	5.607	5	0,224	1,394	186,956	-347,862	-0,006	-7,651	-0,682	-0,438	-4,912

Dari Tabel 4.10 diketahui dengan 2 pintu panjang antrian yang terjadi – 7,41 kendaraan, ini menunjukkan tingkat kedatangan tinggi dengan tingkat pelayanan kecil sehingga pintu yang ada perlu ditambah. Untuk itu pada tahun 2011 harus dibuka 3 pintu. Panjang antrian yang dihasilkan dengan beroperasinya 3 pintu adalah 2,94 kendaraan.

Tabel 4.11 menunjukkan dengan 3 pintu dan 4 pintu tingkat kedatangan tinggi sehingga menghasilkan panjang antrian negatif untuk itu perlu dibuka 5 pintu. Panjang antrian yang terjadi untuk 5 pintu adalah 2,909 kendaraan.

Dari Tabel 4.12 diketahui dengan 7 pintu pelayanan panjang antrian yang terjadi sebesar 222,744 kendaraan. Untuk itu pada tahun 2021 jumlah pintu harus lebih dari tujuh.

Rekapitulasi dari perhitungan kebutuhan jumlah pintu terlihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Kebutuhan Jumlah Pintu

Tahun	$\lambda$		$\mu$	$q$	jumlah pintu
	kend./jam	kend./detik	kend./detik	kendaraan	
2006	1172	0,325	0,224	1,641	2
2011	1975	0,549	0,224	2,941	3
2016	3328	0,924	0,224	2,909	5
2021	5608	1,558	0,224	222,744	>7

Pada Laporan Tahunan PT. Jasa Marga tahun 2002, dijelaskan kinerja pelayanan gerbang tol masih baik bila panjang antrian <10 kendaraan. Karena panjang antrian pada tahun 2021 (15 tahun mendatang) masih > 10 kendaraan maka akan dicari tingkat kedatangan kendaraan yang maksimal sampai batas panjang antrian yang disyaratkan. Tingkat kedatangan ini akan dicari dengan memprediksi tingkat kedatangan kendaraan berdasarkan hasil Distribusi Poisson dengan periode waktu 3,5 detik. Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Prhitungan Antrian Kendaraan di Gerbang Tol Waru Utama

Hari/Tanggal : Jumat, 07 Juli 2006

 $\lambda$  = 0,325

t= 3.5 detik	T (kend/dtk)	$\lambda$		k	$\mu$ (kend/dtk)	$\rho$	a	b	$P_{(0)}$	q (kend.)	(kend.)	(detik)	(detik)
		(kend/dtk)	(kend/jam)										
1,000	3,500	0,286	1.029	7	0,224	0,183	3,555	0,001	0,281	0,000	1,278	4,475	0,000
1,139	3,073	0,325	1.171	7	0,224	0,208	4,217	0,003	0,237	0,000	1,456	4,475	0,001
2,000	1,750	0,571	2.057	7	0,224	0,365	11,391	0,223	0,086	0,011	2,568	4,494	0,019
3,000	1,167	0,857	3.086	7	0,224	0,548	30,604	5,355	0,028	0,180	4,016	4,685	0,211
4,000	0,875	1,143	4.114	7	0,224	0,730	69,958	67,298	0,007	1,329	6,442	5,637	1,163
5,000	0,700	1,429	5.143	7	0,224	0,913	140,891	995,418	0,001	9,207	15,598	10,919	6,445
5,026	0,696	1,436	5.170	7	0,224	0,918	143,278	1091,894	0,001	9,879	16,304	11,354	6,879

Dari Tabel 4.14 bisa diketahui jumlah antrian mendekati 10 kendaraan tercapai pada tingkat kedatangan sebesar 1,436 kend./detik  $\approx 5.170$  kend./jam. Selanjutnya akan dilakukan prediksi pada tahun seberapa tingkat kedatangan kendaraan itu terjadi dengan tingkat pertumbuhan 11%.

- Total Lalin eksisting = 1.172 kendaraan/jam
- Total Lalin maksimal = 5.170 kendaraan/jam

$$P_n = P_0(1+i)^n$$

$$5.170 = 1.172 (1 + 0,11)^n$$

$$4,411 = (1,11)^n$$

$$n = 14,2 \text{ tahun}$$

Jadi kondisi tingkat kedatangan kendaraan sebesar 5.170 kend./jam akan tercapai pada 14,2 tahun mendatang yaitu tahun 2020.







## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil survai menunjukkan bahwa maksimum kedatangan yang dilayani oleh setiap pintu sebesar 299 kend./jam/pintu. Nilai ini belum melebihi kapasitas pintu yang ada yaitu 300 kend./jam/pintu karena nilai maksimum ini belum terjadi di semua pintu pada selang waktu satu jam. Dari data waktu transaksi kendaraan diperoleh nilai rata-rata waktu transaksi sebesar 4,475 – 6,198 detik/kendaraan. Nilai ini masih dibawah nilai yang disyaratkan yaitu 11 detik/kendaraan, sehingga tingkat pelayanan yang ada di Gerbang Tol Waru Utama masih dikategorikan baik.

Tingkat kedatangan puncak terjadi pada Hari Jum'at pagi yaitu sebesar 0,325 kend./detik dengan tingkat pelayanan sebesar 0,224 kend./detik. Dengan nilai tersebut diperoleh panjang antrian sebesar 0,007 kendaraan. Ini menunjukkan bahwa tidak terjadi antrian sehingga kendaraan yang datang dapat langsung dilayani tanpa harus menunggu lama. Pada kondisi eksisting cukup dibuka 2 pintu untuk melayani tingkat kedatangan kendaraan yang ada.

2. Prediksi tingkat kedatangan didasarkan pada tingkat pertumbuhan lalu lintas di jalan tol sebesar 11%. Dengan tingkat pertumbuhan tersebut, pada tahun 2011 tingkat kedatangan yang terjadi sebesar 1.975 kend./jam sehingga diperlukan 3 pintu pelayanan. Pada tahun 2016 kedatangan akan meningkat menjadi 3.312 kend./jam , sehingga jumlah pintu yang harus dibuka menjadi 5 pintu pelayanan. Pada tahun 2021 panjang antrian yang dihasilkan oleh 7 pintu pelayanan sudah >10 kendaraan. Setelah dilakukan simulasi tingkat kedatangan, panjang antrian 10 kendaraan akan tercapai pada 14,2 tahun mendatang yaitu pada tahun 2020 dengan tingkat kedatangan sebesar 5.170 kend./jam.

## 5.2. Saran

1. Perlu diperjelas tentang tarif yang harus dibayarkan sehingga tidak terjadi pembayaran yang kurang. Biasanya pembayaran kurang terjadi karena pengendara langsung meninggalkan loket sebelum menerima bukti pembayaran sehingga untuk melayani kendaraan berikutnya harus menunggu pembayaran sebelumnya selesai. Untuk mengantisipasi hal ini maka perlu dibuat pintu pembatas sehingga pengendara tidak bisa melewatinya sebelum mendapatkan bukti pembayaran.
2. Untuk selanjutnya perlu diterapkan sistem pembayaran secara elektrik disetiap gerbang tol untuk memperkecil waktu pelayanan.
3. Perlu adanya penelitian yang lebih mendalam mengenai dampak kinerja petugas jaga terhadap kinerja gerbang tol sendiri.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alviansyah, Dkk, 1999. *Penentuan Jumlah Gerbang Tol Yang Dioperasikan Berdasarkan Hibrida Model Antrian Dengan Logika Fuzzy*, Simposium II FSTPT, Surabaya.
- Anonim, 2002. *Laporan Tahunan, Jasa Marga (Persero)*, Jakarta.
- Daniel, Wayne W, 1989. *Statistika Nonparametrik Terapan*, PT. Gramedia, Jakarta.
- Morlok, E.K, 1978. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, (Terjemahan) Mc Graw – Hill Book Company, Erlangga, Jakarta
- Santoso, Singgih, 2000. *SPSS Statistik Non Parametrik*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Supranto, Johannes, 1988. *Riset Operasi Untuk Pengambilan Keputusan*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Walpole, Ronald E, Myers, Raymond H dan Myers, Raymond L, 2000. *Probabilitas & Statistika Untuk Teknik dan Sains*, PT. Prenhallindo, Jakarta.
- Wicaksono, Achmad, 1995. *Level Of Service Analysis Of Toll Plazas Bangkok And Surabaya*, Bangkok : Thesis Tidak Diterbitkan.

Lampiran 6. Photo - Photo Penelitian



Gambar 1. Gerbang Tol Waru Utama



Gambar 2. Pintu Pelayanan



**Gambar 3.** Team Survai



**Gambar 4.** Survai Waktu Pelayanan



**Gambar 5.** Survai Tingkat Kedatangan



**Gambar 6.** Kondisi Antrian