



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS PENYESUAIAN JUMLAH GARDU DAN
PENGUNAAN SISTEM PEMBAYARAN ELEKTRONIK
TERHADAP ANTRIAN DI GERBANG TOL CILILITAN**

TESIS

**AYU WIDYASARI
1006735132**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS PENYESUAIAN JUMLAH GARDU DAN
PENGUNAAN SISTEM PEMBAYARAN ELEKTRONIK
TERHADAP ANTRIAN DI GERBANG TOL CILILITAN**

TESIS

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik

**AYU WIDYASARI
1006735132**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Ayu Widyasari

NPM : 1006735132

Tanda Tangan :



Tanggal : 23 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Ayu Widyasari

NPM : 1006735132

Program Studi : Teknik Industri

Judul Tesis : Analisis Penyesuaian Jumlah Gardu dan Penggunaan Sistem Pembayaran Elektronik Terhadap Antrian di Gerbang Tol Cililitan

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Isti Surjandari, PhD (.....)

Pembimbing : Ir. Amar Rachman, MEIM (.....)

Penguji : Arian Dhini, ST, MT (.....)

Penguji : Ir. Erlinda Muslim, MEE (.....)

Penguji : Dr. Akhmad Hidayatno, MBT (.....)

Penguji : Ir.Boy Nurtjahyo, MSIE (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 23 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Jurusan Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, penyusunan tesis ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini,. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Isti Surjandari, Ph.D dan Bapak Ir. Amar Rachman, MEIM selaku dosen pembimbing yang telah banyak menyediakan waktu, pikiran, dan kesabarannya yang luar biasa untuk memberikan motivasi, arahan, semangat, dan doa dalam menyelesaikan penelitian ini.
2. Seluruh Staf Man. Pengumpulan Tol Jasa Marga cabang CTC dan Gerbang Tol Cililitan atas segala bantuan yang telah diberikan.
3. Kedua orang tua, Drs. H. Sartomo Sardjono dan (Almh) Dra. Hj, Swarniyati M.Si, serta anggota keluarga tercinta (Alm) Aji Sarsito, Aji Sarsanto, Indriani Susilowati, dan Sassy Kirana Sarjono atas segala kenangan, doa, motivasi, dukungan, nasihat serta bantuan dalam penyusunan tesis ini.
4. Segenap dosen dan karyawan Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia yang telah membantu selama masa perkuliahan.
5. Rekan-rekan S2 TI UI Depok 2010 untuk segala waktu, canda tawa, dan bantuan yang telah diberikan selama masa perkuliahan dan penyusunan tesis.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam proses pembuatan tesis ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan tesis ini masih terdapat kekurangan, karena itu penulis tidak menutup diri terhadap saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan tesis ini. Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 23 Juni 2012
Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ayu Widyasari
NPM : 1006735132
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive RoyaltyFree Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Analisis Penyesuaian Jumlah Gardu dan Penggunaan Sistem Pembayaran Elektronik Terhadap Antrian di Gerbang Tol Cililitan”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

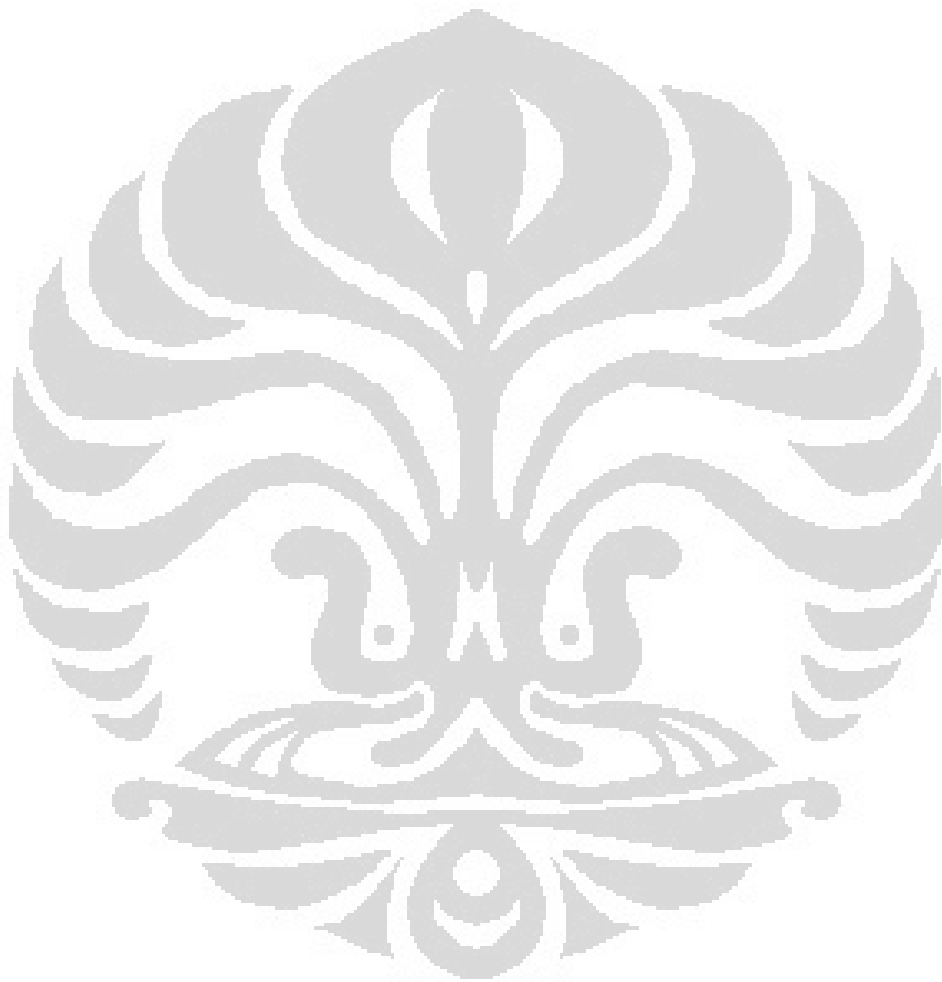
Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 23 Juni 2012

Yang menyatakan



(Ayu Widyasari)



ABSTRAK

Nama : Ayu Widyasari
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Analisis Penyesuaian Jumlah Gardu dan Penggunaan Sistem
Pembayaran Elektronik Terhadap Antrian di Gerbang Tol Cililitan.

Masalah antrian yang disebabkan kapasitas pelayanan yang tidak mencukupi kerap terjadi pada gerbang tol Cililitan. Penambahan kapasitas gerbang tol dengan penambahan gardu tidak mungkin lagi untuk dilakukan karena keterbatasan lahan yang tersedia sehingga sangat dianjurkan untuk menerapkan suatu strategi dengan menggunakan sistem pembayaran elektronik. Peramalan dengan menggunakan metode *seasonal ARIMA* dan *Analytical Neural Network* dilakukan untuk mengetahui jumlah kendaraan lima tahun ke depan. Simulasi eksperimen dengan menggunakan software Promodel pada berbagai skenario jumlah pengguna sistem pembayaran tunai dan sistem pembayaran elektronik, serta konfigurasi pengoperasian gardu tol tunai dan otomatis berdasarkan hasil peramalan untuk lima tahun ke depan dilakukan untuk mengetahui konfigurasi gardu untuk setiap kombinasi persentase pengguna sistem pembayaran tunai, *e-toll*, dan *e-pass* yang memiliki kondisi antrian tidak melebihi standar pelayanan minimum ataupun antrian terpendek. Peningkatan jumlah pengguna sistem pembayaran elektronik dan penyesuaian jumlah gardu yang dioperasikan mampu mereduksi antrian hingga mencapai rata-rata satu kendaraan di dalam antrian. Untuk lima tahun ke depan, antrian di gerbang tol dapat teratasi jika jumlah pengguna sistem pembayaran elektronik minimal sebesar 25%.

Kata kunci :
Antrian, tol, simulasi, peramalan, *seasonal ARIMA*, *Analytical Neural Network*

ABSTRACT

*Name : Ayu Widyasari
Program : Industrial Engineering
Title : Queueing Analysis at Cililitan Toll Plaza by Considering Toll Booth Configuration and the Use of Electronic Payment Systems*

Queueing problems caused by insufficient capacity of toll booth services often occurs in Cililitan toll plaza. Additional capacity with the addition of toll booths is no longer possible to do because of limited space available. So, it is advisable to apply a strategy of using electronic payment systems. Forecasting using seasonal ARIMA and Analytical Neural Network conducted to determine the number of vehicles the next five years. Simulation experiments using ProModel based on various scenarios of the number of users on each cash payment system and electronic payment systems. The simulation was also based on the configuration and operation of both cash and automatic tollbooth by using the forecasting's results for the next five years to find out the toll booth's configurations for any percentage combination of the cash payment system users, e-toll, and the e-pass which has the shortest queue or queue condition that does not exceed the minimum service standards. Increase in the number of users of electronic payment systems and adjust the amount of operated toll booths would be able to reduce the queue up to an average of one vehicle in the queue. For the next five years, the queues at toll gates can be resolved if the number of users of electronic payment systems at least by 25%.

Key words : Queueing, toll, simulation, forecasting, Seasonal ARIMA, Analytical Neural Network

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
1.3 Perumusan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup Permasalahan	5
1.6 Metodologi Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Definisi Tol.....	8
2.2. Peramalan.....	8
2.2.1. Metode Kausal.....	9
2.2.2. Metode Deret Berkala.....	9
2.2.2.1. Metode <i>Seasonal Exponential Smoothing</i>	10
2.2.2.2. Metode <i>Winter's</i>	10
2.2.2.3. <i>Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (Seasonal ARIMA)</i>	11
2.3. Jaringan Syaraf Tiruan	12
2.3.1. Susunan Jaringan Syaraf Tiruan.....	13
2.3.2. Arsitektur Jaringan.....	13
2.3.3. Fungsi Aktivasi.....	14
2.4. Teori Antrian.....	14
2.4.1. Komponen Antrian.....	16
2.4.2. Proses Antrian.....	17
2.4.3. Parameter Antrian.....	17
2.5. Simulasi.....	19
2.5.1. Elemen Dasar Simulasi.....	19
2.5.1.1. Lokasi (<i>locations</i>).....	20
2.5.1.2. Entitas (<i>entities</i>).....	20
2.5.1.3. Kedatangan (<i>arrivals</i>).....	20
2.5.1.4. Proses (<i>processing</i>).....	20
3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	21
3.1. Pengumpulan Data.....	21
3.1.1. Gambaran Umum Gerbang Tol Cililitan.....	21

3.1.2. Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cililitan.....	22
3.1.3. Data Waktu Kedatangan	24
3.1.4. Data Waktu Pelayanan	25
3.2. Pengolahan Data.....	26
3.2.1. Peramalan Jumlah Kendaraan untuk Lima Tahun ke Depan	26
3.2.1.1. Peramalan dengan Metode <i>Seasonal Exponential Smoothing</i>	27
3.2.1.2. Peramalan dengan Metode <i>Winter's</i>	29
3.2.1.3. Peramalan dengan Metode <i>Seasonal ARIMA</i>	32
3.2.1.4. Peramalan dengan Metode ANN.....	33
3.2.1.5. Peramalan dengan Metode <i>Seasonal ARIMA</i> dan ANN.....	34
3.2.1.6. Perbandingan Metode Peramalan.....	36
3.2.1.7. Hasil Peramalan Jumlah Kendaraan Golongan I.....	36
3.2.1.8. Hasil Peramalan Jumlah Kendaraan Non-Golongan I	37
3.2.1.9. Estimasi Jumlah Kendaraan pada Jam Sibuk.....	38
3.2.2. Pembuatan Model Simulasi.....	38
3.2.2.1. Pendefinisian Elemen Dasar Model.....	39
3.2.2.2. Penentuan Distribusi Waktu Kedatangan.....	40
3.2.2.3. Penentuan Distribusi Waktu Pelayanan.....	41
3.2.2.4. Validasi Model.....	41
3.2.3. Perancangan Eksperimen.....	42
3.2.3.1. Penentuan Jumlah Gardu Tol Minimal.....	43
3.2.3.2. Pendefinisian Elemen Model untuk Eksperimen.....	44
3.2.3.3. Hasil Eksperimen untuk Tahun Peramalan 2017.....	45
4. ANALISIS DATA.....	48
4.1. Analisis Metode Peramalan.....	48
4.2. Analisis Hasil Peramalan.....	49
4.3. Analisis Model Simulasi.....	50
4.4. Analisis Eksperimen.....	51
4.4.1. Analisis Jumlah Gardu Tol Minimal untuk Eksperimen.....	51
4.4.2. Analisis Hasil Peramalan untuk Tahun Peramalan 2017.....	51
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1. Kesimpulan.....	55
5.2. Saran.....	56
DAFTAR REFERENSI.....	57
LAMPIRAN.....	58

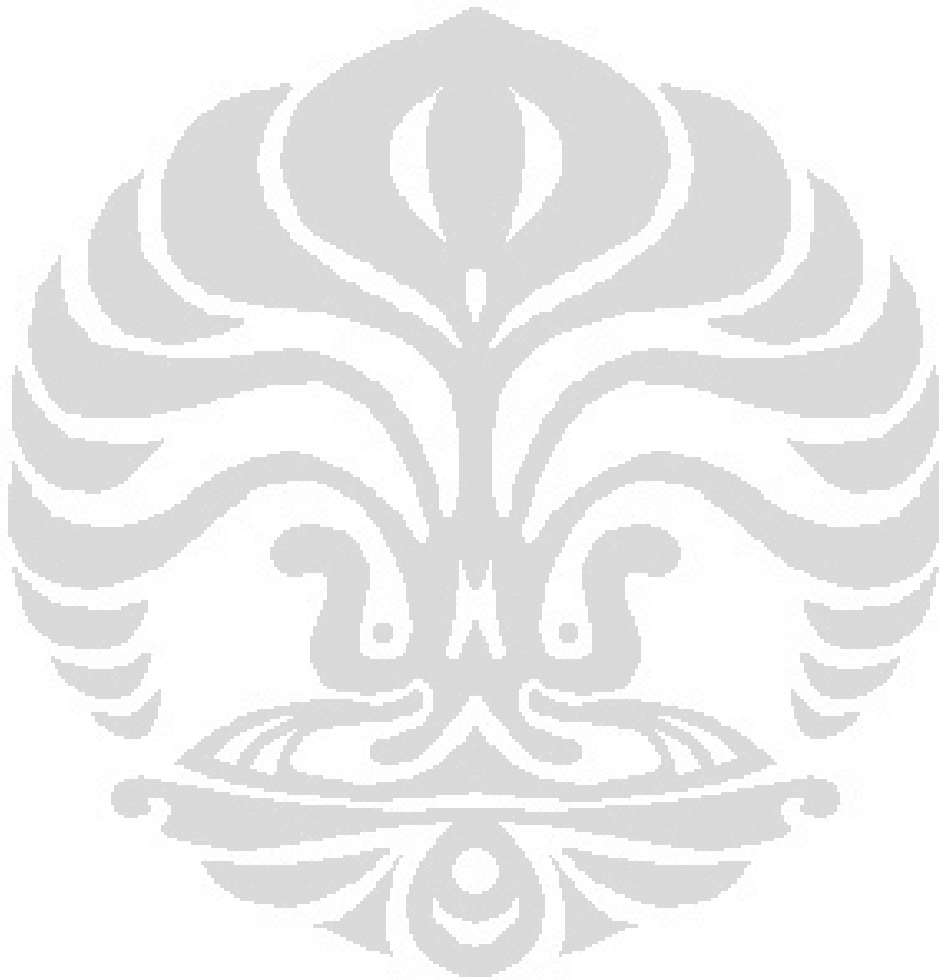
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
Gambar 1.2.	Metodologi Penelitian.....	6
Gambar 2.1.	Model Jaringan Syaraf Tiruan.....	13
Gambar 3.1	<i>Layout</i> Gerbang Tol Cililitan.....	21
Gambar 3.2.	Grafik Jumlah Kendaraan Golongan I per Bulan.....	22
Gambar 3.3.	Grafik Jumlah Kendaraan Non Golongan I per Bulan...	23
Gambar 3.4	Grafik Persebaran Volume Kendaraan per Jam.....	23
Gambar 3.5	Arsitektur Jaringan untuk Peramalan dengan Metode ANN.....	33
Gambar 3.5	Arsitektur Jaringan untuk Peramalan dengan Metode <i>Seasonal</i> ARIMA dan ANN.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Pertumbuhan Volumen Kendaraan di Gerbang Tol Cililitan..	22
Tabel 3.2.	Komposisi Golongan Kendaraan pada Jam Sibuk.....	24
Tabel 3.3.	Jumlah Kedatangan Kendaraan pada Jam Sibuk.....	25
Tabel 3.4.	Waktu Antar Kedatangan Kendaraan pada Jam Sibuk.....	25
Tabel 3.5.	Waktu Pelayanan untuk Tiap Golongan Kendaraan.....	26
Tabel 3.6.	Parameter <i>Seasonal Exponential Smoothing</i> Kendaraan Golongan I.....	27
Tabel 3.7.	Tingkat Kesalahan Metode <i>Seasonal Exponential Smoothing</i> untuk Kendaraan Golongan I.....	28
Tabel 3.8.	Parameter <i>Seasonal Exponential Smoothing</i> Kendaraan Non Golongan 1.....	28
Tabel 3.9.	Tingkat Kesalahan Metode <i>Seasonal Exponential Smoothing</i> untuk Kendaraan Non Golongan 1.....	29
Tabel 3.10.	Parameter <i>Winter's</i> Kendaraan Golongan1.....	30
Tabel 3.11.	Tingkat Kesalahan Metode <i>Winter's</i> untuk Kendaraan Golongan I.....	30
Tabel 3.12.	Parameter <i>Winter's</i> Kendaraan Non Golongan 1.....	31
Tabel 3.13.	Tingkat Kesalahan Metode <i>Winter's</i> untuk Kendaraan Non Golongan 1.....	32
Tabel 3.14.	Parameter <i>Seasonal</i> ARIMA Kendaraan Golongan1.....	32
Tabel 3.15.	Tingkat Kesalahan Metode <i>Seasonal</i> ARIMA untuk Kendaraan Golongan I.....	32
Tabel 3.16.	Parameter <i>Seasonal</i> ARIMA Kendaraan Non Golongan 1..	33
Tabel 3.17.	Tingkat Kesalahan Metode <i>Seasonal</i> ARIMA untuk Kendaraan Non Golongan 1.....	33
Tabel 3.18.	Hasil Eskperimen Parameter ANN Kendaraan Golongan 1.....	34
Tabel 3.19.	Hasil Eskperimen Parameter ANN Kendaraan Non Golongan 1.....	34
Tabel 3.20.	Hasil Eskperimen Parameter ANN Kendaraan Gol.1.....	35
Tabel 3.21.	Hasil Eskperimen Parameter ANN Kendaraan Non Golongan 1.....	35
Tabel 3.22.	Perbandingan MAPE Metode Peramalan.....	36
Tabel 3.23.	Hasil Peramalan Jumlah Kendaraan Golongan I.....	37
Tabel 3.24.	Peramalan Jumlah Kendaraan Non-Golongan I.....	38
Tabel 3.25.	Estimasi Jumlah Kendaraan pada Jam Sibuk.....	39
Tabel 3.26.	Uji Distribusi Jumlah Kedatangan.....	40
Tabel 3.27.	Uji Distribusi Waktu Pelayanan.....	41
Tabel 3.28.	Perbandingan Kondisi Riil dan Simulasi.....	42

Tabel 3.29.	Kombinasi Persentase Pengguna Sistem Pembayaran Tunai, <i>E-toll</i> , dan <i>E-pass</i> untuk Eksperimen	43
Tabel 3.30.	Jumlah Gardu Minimal untuk Ekperimen Tahun Peramalan 2017	45
Tabel 3.31	Hasil Eksperimen untuk Tahun Peramalan 2017.....	46



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Harapan para pengendara terhadap fungsi jalan tol adalah kelancaran arus kendaraan tanpa adanya hambatan yang berarti. Namun kemacetan masih sering terlihat pada jalan bebas hambatan ini, Faktor-faktor yang dapat menyebabkan kemacetan di jalan tol antara lain adalah gerbang tol, kecelakaan, penyempitan atau pengurangan lajur, dan lain sebagainya. Salah satu faktor yang menjadi sorotan dalam penelitian ini adalah antrian pada gerbang tol. Pada saat pemrosesan di gerbang tol pengguna jalan tol diwajibkan mengambil tiket tanda masuk pada gerbang masuk dan membayar tol pada gerbang keluar. Dengan demikian lamanya pemrosesan di gerbang tol sangat mempengaruhi kelancaran arus kendaraan. Apabila gerbang tol yang dioperasikan tidak seimbang dengan jumlah arus kendaraan, maka kelancaran lalu lintas dapat terganggu. Jika terlalu sedikit dapat menimbulkan antrian yang panjang, tetapi jika terlalu banyak hanya menimbulkan biaya pengoperasian yang tinggi. Masalah antrian di gerbang tol ini salah satunya terjadi di Gerbang Tol Cililitan. Pada jam sibuk di hari kerja, antrian kerap terjadi menjelang gerbang tol.

Salah satu unsur dalam sistem pelayanan jalan tol yang mempengaruhi kelancaran arus lalu lintas adalah sistem pembayaran pada gerbang tol atau dapat disebut juga dengan sistem pengumpulan tol. Alternatif sistem pengumpulan tol yang dapat digunakan antara lain adalah pembayaran tunai, dan sistem pembayaran elektronik yang terdiri atas sistem *e-toll* dan *e-pass*.

Sebagian besar sistem pengumpulan tol yang dioperasikan oleh pihak pengelola jalan tol di Indonesia adalah sistem pengumpulan tol secara tunai, yaitu sistem pengumpulan tol yang dilakukan dengan transaksi dengan menggunakan uang tunai, baik pada sistem operasi terbuka maupun tertutup. Sistem pengumpulan tol secara tunai ini membutuhkan waktu yang relatif tidak sedikit bagi para pengguna jalan tol, karena setiap kendaraan diharuskan untuk berhenti selama beberapa waktu untuk mendapatkan pelayanan dan melakukan transaksi dengan petugas pengumpulan tol. Hal ini tidak menjadi masalah ketika jumlah

kendaraan yang berada dalam sistem pelayanan tidak melebihi kapasitas pelayanan. Namun, ketika jumlah kendaraan melebihi kapasitas pelayanan maka akan terjadi akumulasi antrian.

Alternatif sistem pengumpulan tol lainnya adalah sistem pembayaran elektronik dengan menggunakan kartu pra-bayar (*e-toll*). Pengguna *e-toll* tidak perlu menggunakan uang tunai dalam melakukan transaksi. Cukup dengan menempelkan kartu *e-toll* pada panel alat pembayaran, secara otomatis transaksi dilakukan dengan menggunakan saldo yang tersedia dalam kartu tersebut. Sistem ini memiliki keuntungan antara lain pengguna jalan tol tidak harus menyediakan uang tunai, transaksi yang lebih cepat, serta tersedia gardu khusus sehingga pengguna kartu *e-toll* tidak perlu mengantri bersama dengan pengguna uang tunai. Namun, sistem pengumpulan tol ini mengharuskan penggunanya untuk menghentikan kendaraan pada saat bertransaksi sehingga pengguna tetap harus menunggu beberapa saat untuk dapat melakukan transaksi jika masih terdapat pengguna lain di depannya.

Sistem pengumpulan tol lainnya adalah sistem pembayaran elektronik (ETC) yang disebut dengan *e-pass*. Sistem ini memungkinkan untuk dilakukannya transaksi pembayaran tol dalam kondisi kendaraan tetap berjalan, sehingga penggunanya tidak perlu menghentikan kendaraan untuk melakukan transaksi. Penggunaan sistem pembayaran *e-pass* ini merupakan salah satu alternatif yang telah digunakan di berbagai negara seperti Norwegia, Amerika Serikat, Jepang, Korea, Hongkong, Malaysia dan lain sebagainya. Penggunaan sistem ini dapat mengurangi waktu pelayanan yang pada akhirnya mengurangi waktu antrian karena pengendara hanya harus mengurangi kecepatan hingga batas kecepatan tertentu tanpa harus menghentikan kendaraan (Ito,2006). Di Indonesia, program untuk memberlakukan sistem pembayaran tersebut telah diluncurkan oleh PT, Jasa Marga pada November 2011. Namun hingga saat ini belum dipergunakan pada seluruh gerbang tol yang dikelola oleh PT. Jasa Marga. Sistem pengumpulan ini memiliki berbagai keuntungan, antara lain: mampu mereduksi antrian pada gerbang tol karena kemampuannya dalam meningkatkan kapasitas tingkat pelayanan di pintu tol, mampu menghilangkan waktu antrian, serta mampu mengurangi biaya pengumpulan tol. Namun, saat ini hanya sedikit para

pengendara yang memanfaatkan sistem *e-pass* ini. Untuk dapat menggunakan sistem *e-pass*, para pengendara harus memiliki alat yang ditempelkan pada kendaraan yang disebut dengan *on-board unit* (OBU). Berdasarkan informasi dari pihak Jasa Marga, hingga bulan April 2012 alat *on-board unit* ini baru terjual sebanyak 500 unit saja.

Ketiga sistem pembayaran yang telah disebutkan di atas memiliki waktu pelayanan rata-rata yang berbeda sehingga konfigurasi gerbang tol yang dibuka akan mempengaruhi kapasitas pelayanan yang dimiliki oleh gerbang tol. Kapasitas pelayanan tersebut pada akhirnya mempengaruhi rata-rata waktu dan panjang antrian yang menjadi salah satu tolak ukur kualitas sistem pelayanan.

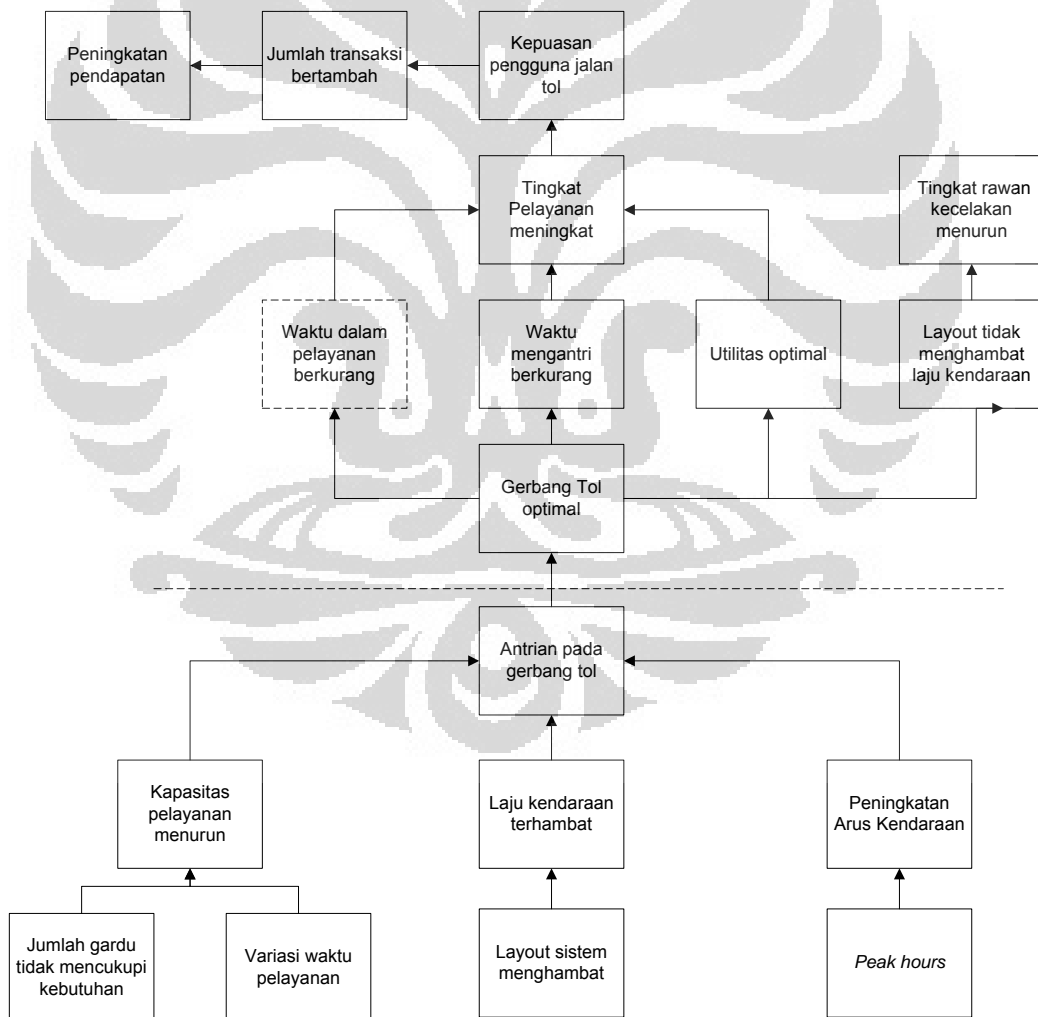
Waktu dan panjang antrian tidak hanya dipengaruhi oleh kapasitas pelayanan saja, namun juga dipengaruhi oleh persentase pengguna masing-masing sistem pembayaran. Keadaan optimal terjadi ketika konfigurasi gerbang tol sesuai dengan persentase pengguna masing-masing sistem pembayaran. Namun, jika konfigurasi gerbang tol yang dibuka tidak seimbang dengan persentase masing-masing sistem pembayaran, maka akan terjadi kekosongan pada salah satu sistem pembayaran dan penumpukan pada sistem pembayaran lainnya. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa pengaruh konfigurasi gerbang tol dan persentase pengguna masing-masing sistem pembayaran terhadap waktu dan panjang antrian sehingga dapat digunakan untuk menentukan konfigurasi yang optimal untuk setiap perubahan persentase pengguna masing-masing sistem pembayaran.

Terdapat beberapa metode untuk mengevaluasi performansi sistem gerbang tol eksisting dan membandingkan skenario solusi dalam meningkatkan performansi sistem. Ogut (2009) menggunakan perhitungan teori antrian sederhana untuk mengevaluasi kondisi eksisting. Kim (2009) menggunakan non-linear integer programming untuk menentukan konfigurasi gerbang tol yang dinamis. Zarrillo et.al (1997), dan Guo et.al (2006), menggunakan model matematik, sementara Van Dijk et.al (1999), Sadoun (2005), Ito dan Hiromoto (2006), Park et.al (2007), Kim (2008), dan Hong et.al (2010) menggunakan simulasi untuk mengevaluasi berbagai skenario sistem gerbang tol. Pada penelitian ini digunakan pendekatan campuran dimana analisis antrian digunakan

untuk membatasi konfigurasi sistem yang akan dianalisa, dan simulasi digunakan untuk membandingkan dan mengevaluasi konfigurasi sistem tersebut.

Suatu proses perubahan sebaiknya dilakukan tidak hanya memperhatikan kondisi saat ini saja, namun juga perlu memperhatikan kondisi di masa depan sehingga hasil perubahan tersebut tidak hanya dirasakan dalam jangka pendek. Alternatif konfigurasi sistem pembayaran pada penelitian ini mempertimbangkan kondisi untuk lima tahun ke depan, oleh karena itu perlu dilakukan peramalan jumlah kendaraan untuk periode lima tahun ke depan untuk mengetahui jumlah kendaraan pada periode tersebut.

1.2. Diagram Keterkaitan Masalah



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

1.3. Perumusan Masalah

Masalah antrian yang disebabkan kapasitas pelayanan yang tidak mencukupi kerap terjadi pada gerbang tol. Penambahan kapasitas gerbang tol dengan penambahan gardu tidak mungkin lagi untuk dilakukan karena keterbatasan lahan yang tersedia sehingga sangat dianjurkan untuk menerapkan suatu strategi yang dapat mendorong para pengguna jalan yang lebih memilih system pembayaran manual untuk beralih secara bertahap menggunakan system pembayaran elektronik (Kim, 2009). Oleh karena itu, dalam penelitian ini disusun perumusan masalah sebagai berikut :

“Bagaimana skenario sistem pembayaran yang dapat digunakan untuk memenuhi kondisi antrian yang sesuai dengan standar pelayanan minimum?”

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dari analisis pada penelitian ini adalah untuk memperoleh skenario konfigurasi sistem pembayaran pada gerbang tol serta kombinasi persentase penggunaan sistem pembayaran tunai, *e-toll*, dan *e-pass* yang dapat mengurangi waktu antrian pada gerbang tol serta memenuhi standar pelayanan minimum.

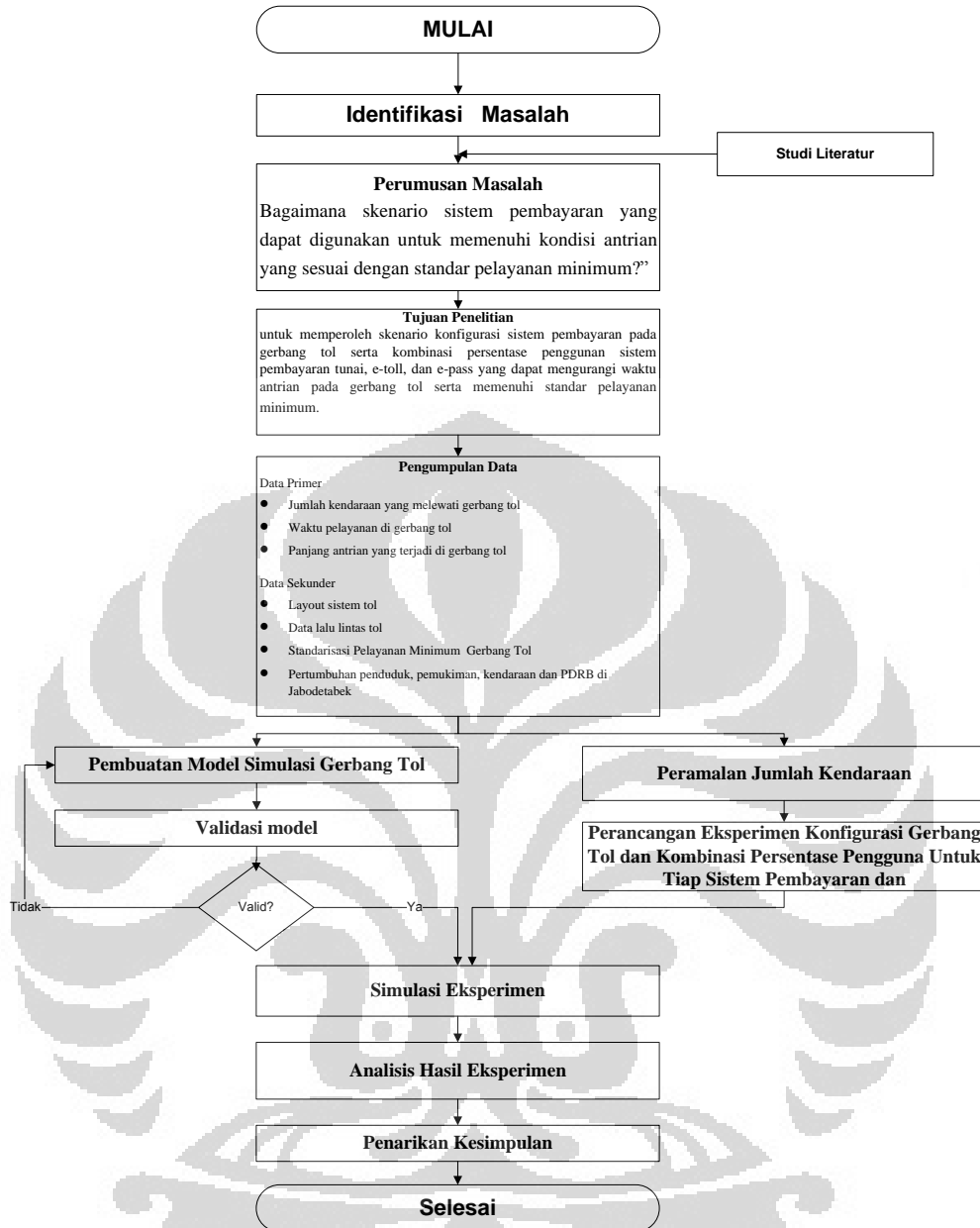
1.5. Ruang Lingkup Permasalahan

Batasan-batasan yang terdapat dalam penelitian ini adalah :

1. Arus kendaraan yang ditinjau hanya kendaraan yang keluar (*exit*) memasuki Gerbang Tol Cililitan sebagai objek penelitian, tanpa adanya hambatan setelah melewati gerbang tol..
2. Data yang diambil untuk proses simulasi adalah data pada jam sibuk (*peak hours*).

1.6. Metodologi Penelitian

Dalam penyusunan penelitian ini, metode yang digunakan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1.2 Metodologi Penelitian

1.7. Sistematika Penulisan

Penulisan ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan berisi tentang latar belakang permasalahan, diagram keterkaitan masalah, perumusan permasalahan, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan pustaka dan landasan teori berisi tentang teori-teori yang berkaitan dengan teknik peramalan, Simulasi ProModel, dan teori antrian.

Bab III berisi pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diambil langsung dengan proses observasi dilapangan antara lain waktu kedatangan, waktu pelayanan, dan panjang antrian. Dan data sekunder adalah data yang didapatkan dari Jasa Marga.

Bab IV berisi pengolahan data yang sudah berhasil dikumpulkan dari bab sebelumnya serta analisis dan evaluasi berdasarkan hasil pengolahandata yang sudah diperoleh.

Bab V berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.2. Definisi Tol

Jalan Tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 392/PRT/M/2005).

Jalan Tol diselenggarakan dengan maksud untuk mempercepat perwujudan jaringan jalan dengan sebagian atau seluruh pendanaan berasal dari pengguna jalan untuk meringankan beban anggaran pemerintah (PP No. 15 Th 2005, Pasal 2 ayat 1).

Jalan Tol diselenggarakan dengan tujuan meningkatkan efisiensi pelayanan jasa distribusi guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi dan pengembangan wilayah dengan memperhatikan rencana induk jaringan jalan (PP No. 15 Th 2005, Pasal 2 ayat 2).

2.3. Peramalan

Peramalan merupakan kegiatan memperkirakan atau memprediksi apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang. Dalam hal manajemen dan administrasi, perencanaan merupakan kebutuhan yang besar, karena waktu tenggang untuk pengambilan keputusan dapat berkisar dari beberapa tahun sampai beberapa hari, atau bahkan beberapa jam. Peramalan merupakan alat bantu yang penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien. (Makridakis,1991)

Metode peramalan terbagi ke dalam dua kategori utama, yaitu metode kualitatif, dan metode kuantitatif. Metode kuantitatif dapat dibagi ke dalam metode deret berkala (*time series*) dan metode kausal. Sedangkan metode kualitatif dapat dibagi menjadi metode eksplanatoris dan normatif.

Peramalan kuantitatif dapat diterapkan bila terdapat tiga kondisi berikut :

1. Tersedia informasi tentang masa lalu.
2. Informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data numeric.
3. Dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berlanjut di masa mendatang.

2.2.1. Metode Kausal

Model kausal mengasumsikan bahwa faktor yang diramalkan menunjukkan suatu hubungan sebab akibat dengan satu atau lebih variabel bebas (dependen). Tujuan dari metode ini adalah menemukan bentuk hubungan tersebut dan menggunakannya untuk meramalkan nilai mendatang dari variabel tak bebas (independen).

Secara umum, rumus fungsi metode kausal adalah :

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots) \quad (2.1)$$

dimana Y = variabel tak bebas (dependen)

X_1, X_2, X_3 = variabel bebas (independen)

Metode-metode yang termasuk ke dalam metode kausal antara lain adalah :

1. Regresi sederhana
2. Regresi berganda
3. Ekonometrik

2.2.2. Metode Deret Berkala (*Time Series*)

Pada metode deret berkala, pendugaan masa depan dilakukan berdasarkan nilai masa lalu dari suatu variabel dan/atau kesalahan masa lalu. Tujuan dari metode ini adalah untuk menemukan pola dalam deret data historis dan mengekstrapolasikan pola dalam deret data historis dan mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa depan. Secara umum, rumus fungsi metode deret berkala adalah :

$$X_{t+1} = f(X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots) \quad (2.2)$$

dimana X_{t+1} = Nilai ramalan untuk periode berikutnya

X_t = Nilai observasi pada periode saat ini (t)

X_{t-1} = Nilai observasi pada 1 periode yang lalu (t-1)

X_{t-2} = Nilai observasi pada 2 periode yang lalu (t-2)

Metode-metode yang termasuk ke dalam metode deret berkala antara lain adalah :

1. *Simple moving average*
2. *Weighted moving average*
3. *Exponential smoothing*

4. *Exponential smoothing with trend*
5. *Double exponential smoothing*
6. Metode dekomposisi

2.2.2.1. Metode *Seasonal Exponential Smoothing*

Metode *Seasonal Exponential Smoothing* adalah metode pemulusan yang digunakan untuk pola data musiman. Terdapat dua persamaan pemulusan, yaitu pemulusan keseluruhan dan pemulusan musiman. Persamaan dasar untuk metode *Seasonal Exponential Smoothing* adalah sebagai berikut :

1. Pemulusan musiman

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-p}) + (1 - \alpha)L_{t-1} \quad (2.3)$$

2. Pemulusan keseluruhan

$$S_t = \delta(Y_t - L_t) + (1 - \delta)S_{t-p} \quad (2.4)$$

3. Peramalan

$$Y_{t+m} = L_t + S_{t-p+m} \quad (2.5)$$

2.2.2.2. Metode *Winter's*

Metode *Winter's* didasarkan atas tiga persamaan pemulusan, yaitu satu untuk unsur stasioner, satu untuk trend, dan satu untuk musiman. Persamaan dasar untuk metode *Winter's* adalah sebagai berikut :

1. Pemulusan keseluruhan

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.6)$$

2. Pemulusan trend

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (2.7)$$

3. Persamaan musiman

$$I_t = \beta \frac{X_t}{S_t} + (1 - \beta)I_{t-L} \quad (2.8)$$

4. Peramalan

$$F_{t+m} = (S_t + b_t m)I_{t-L+m} \quad (2.9)$$

dimana : X_t = nilai pengamatan saat ini
 L = panjang musiman

- b = komponen trend
 I = faktor penyesuaian musiman
 S_t = nilai pemulusan saat ini (t)
 α = parameter pemulusan
 β = parameter musiman
 γ = parameter trend
 F_{t-m} = peramalan untuk m periode ke depan.

2.2.2.3. Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (Seasonal ARIMA)

ARIMA merupakan metode peramalan deret berkala yang mengkombinasikan proses pembedaan (*differencing*), model autoregresif (AR) dan *moving average* (MA). Notasi umum yang digunakan untuk model ARIMA adalah (p, d, q), dimana p menunjukkan derajat proses AR, d menunjukkan proses pembedaan, dan q menunjukkan derajat proses MA. Beberapa model dasar ARIMA antara lain adalah :

1. Model random yang tidak stasioner : ARIMA (0,1,0)

Apabila suatu deret berkala memiliki perubahan nilai tengah dari waktu ke waktu, maka dapat dikatakan bahwa deret data tersebut tidak stasioner. Persamaan untuk model ARIMA (0,1,0) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Y_t = Y_{t-1} + e_t \quad (2.10)$$

2. Model autoregresif stasioner berorde satu : ARIMA (1,0,0)

Persamaan untuk model ARIMA (1,0,0) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Y_t = \Phi_1 Y_{t-1} + \mu' + e_t \quad (2.11)$$

Dimana : Φ_1 = koefisien autoregresif,

Y_{t-1} = nilai pengamatan pada t-1

μ' = nilai tengah deret Y_t

e_t = nilai unsur kesalahan (*error*) pada t

3. Model Moving Average berorde satu : ARIMA (0,0,1)

Persamaan untuk model ARIMA (0,0,1) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Y_t = \mu + e_t - \theta_1 e_{t-1} \quad (2.12)$$

Dimana : θ_1 = koefisien *moving average*

Y_{t-1} = nilai pengamatan pada t-1

- μ' = nilai tengah deret Y_t
 e_t = nilai unsur kesalahan (*error*) pada t

Secara umum, model ARIMA (1,1,1) yang merupakan campuran dari ketiga model tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$X_t = (1 + \Phi_1)X_{t-1} - \Phi_1 X_{t-2} + \mu' + e_t + \theta_1 e_{t-1} \quad (2.13)$$

Deret data musiman terjadi jika data satu musim memiliki sifat yang sama dengan musim sebelumnya dan musim sesudahnya. Notasi ARIMA yang digunakan untuk menangani pola musiman dapat dituliskan dengan ARIMA $(p,d,q)(P,D,Q)^s$. Notasi (p,d,q) menggambarkan bagian model yang tidak musiman, dan notasi $(P,D,Q)^s$ menggambarkan bagian model yang musiman dengan s adalah jumlah periode per musim. Secara umum, model ARIMA (1,1,1) $(1,1,1)^4$ dapat dituliskan sebagai berikut :

$$(1 - \phi_1 B)(1 - \Phi_1 B^4)(1 - B)(1 - B^4)X_t = (1 - \theta_1 B)(1 - \theta_1 B^4)e_t \quad (2.14)$$

dimana : $(1 - \phi_1 B)$ = AR(1) tidak musiman.

$(1 - \Phi_1 B^4)$ = AR(1) musiman

$(1 - B)$ = perbedaan tidak musiman

$(1 - B^4)$ = perbedaan musiman

$(1 - \theta_1 B)$ = MA (1) tidak musiman

$(1 - \theta_1 B^4)$ = MA (1) musiman

2.3 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan atau *neural network* adalah suatu metode komputasi yang meniru sistem jaringan saraf biologi. Metode ini menggunakan elemen perhitungannya non-linier dasar yang disebut neuron yang diorganisasikan sebagai jaringan yang saling berhubungan, sehingga mirip dengan jaringan saraf manusia. Jaringan saraf tiruan dibentuk untuk memecahkan suatu masalah tertentu seperti pengenalan pola atau klaifikasi karena proses pembelajaran.

Jaringan saraf tiruan belajar dari suatu contoh karena mempunyai karakteristik yang adaptif, yaitu dapat belajar dari data-data sebelumnya dan mengenal pola data yang selalu berubah. Selain itu, jaringan syaraf tiruan merupakan sistem yang tak terprogram, artinya semua keluaran atau kesimpulan

yang ditarik oleh jaringan didasarkan pada pengalamannya selama proses pembelajaran.

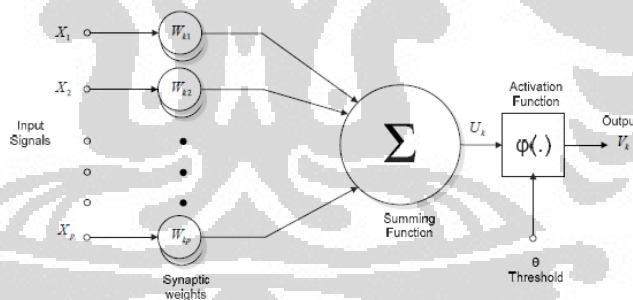
Jaringan syaraf tiruan ditentukan oleh tiga hal :

1. Pola hubungan antar neuron yang dapat disebut dengan arsitektur jaringan.
2. Metode untuk menentukan bobot penghubung.
3. Fungsi aktivasi, yaitu fungsi yang digunakan untuk menentukan hasil dari suatu neuron.

2.3.1. Susunan Jaringan Syaraf Tiruan

Setiap pola-pola informasi input dan output yang diberikan ke dalam jaringan syaraf tiruan diproses di dalam neuron. Neuron-neuron tersebut terkumpul di dalam lapisan-lapisan yang disebut neuron layers. Lapisan-lapisan penyusun tersebut dapat dibagi menjadi tiga, yaitu :

1. Lapisan input
2. Lapisan tersembunyi
3. Lapisan output



Gambar 2.1. Model Jaringan Syaraf Tiruan

2.3.2. Arsitektur Jaringan

Jaringan syaraf tiruan memiliki beberapa arsitektur jaringan yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi, yang antara lain adalah :

1. Jaringan layer tunggal (*single layer network*), yaitu jaringan dengan lapisan tunggal terdiri dari 1 input layer dan 1 layer output.
2. Jaringan layer jamak (*multiple layer network*), yaitu jaringan yang terdiri atas tiga jenis layer, yaitu input layer, hidden layer, dan output layer.

2.3.3. Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi digunakan untuk menentukan keluaran suatu neuron. Jenis-jenis fungsi aktivasi yang dapat dipergunakan dalam jaringan syaraf tiruan antara lain adalah :

1. Fungsi threshold

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \dots \dots x \geq 1 \\ 0 & \dots \dots x \leq 1 \end{cases} \quad (2.15)$$

2. Fungsi sigmoid

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-ax}} \quad (2.16)$$

3. Fungsi tangen

$$f(x) = \operatorname{atanh}(bx) \quad (2.17)$$

dimana $(a,b) > 0$

2.4. Teori Antrian

Teori antrian (queueing) sangat perlu dipelajari dalam usaha mengenal perilaku pergerakan arus lalu lintas, baik manusia maupun kendaraan (Morlok, 1978). Hal ini disebabkan sangat banyak kejadian yang terjadi di sector transportasi dan permasalahan lalu lintas yang terjadi sehari-hari pada system 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 berlampu lalu lintas.
- Antrian kendaraan truk pada saat bongkar muat barang di pelabuhan.
- Antrian kapal laut yang ingin merapat ke dermaga.
- Antrian kendaraan yang terjadi pada saat kendaraan ingin memasuki kapal feri di terminal penyebrangan.
- Antrian manusia pada loket pembelian karcis di bandara, stasiun kereta api, dan lain-lain.
- Antrian manusia pada loket pelayanan bank, loket pembayaran listrik, pasar swalayan, dan lain sebagainya.

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 pengembalian (pembayaran) karcis tol.

Kegiatan tersebut akan menyebabkan gangguan pada proses pergerakan arus lalu kendaraan, sehingga mengakibatkan terjadinya antrian kendaraan dimana pada suatu kondisi antrian kendaraan tersebut akan dapat mengakibatkan permasalahan baik buat pengguna (dalam bentuk waktu antrian) maupun buat pengelola (dalam bentuk panjang antrian).

Bagi pengguna, biasanya hal yang selalu dipermasalahkan adalah waktu menunggu selama proses mengantri, setiap pengendara akan selalu berpikir bagaimana cara agar dapat menyelesaikan antrian ini secepatnya. Sedangkan bagi pengelola, hal yang selalu dipermasalahkan biasanya adalah panjang antrian yang terjadi. Sebagai contoh : antrian kendaraan yang terlalu panjang akan dapat menyebabkan tambahan permasalahan baru berupa terganggunya system pergerakan arus lalu lintas lainnya akibat terhambat oleh antrian yang terlalu panjang tersebut.

2.4.1. Komponen Antrian

Komponen antrian terdiri atas tingkat kedatangan (λ), tingkat pelayanan (μ), dan disiplin antrian.

1. Tingkat kedatangan (λ) adalah jumlah kendaraan atau manusia yang bergerak menuju satu atau beberapa tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit.
2. Tingkat pelayanan (μ) adalah jumlah kendaraan atau manusia yang dapat dilayani oleh satu tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit.

Selain tingkat pelayanan, juga dikenal Waktu Pelayanan (WP) yang dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh satu tempat pelayanan

untuk dapat melayani satu kendaraan atau satu orang, biasa dinyatakan dalam satuan menit/kendaraan atau menit/orang, sehingga bias

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.

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).

3. Disiplin antrian mempunyai pengertian tentang bagaimana tata cara kendaraan atau manusia mengantri. Beberapa jenis disiplin antrian yang sering digunakan dalam bidang transportasi atau arus lalu lintas adalah :

- *First In First Out (FIFO) / First Come First Served (FCFS)*

Disiplin antrian FIFO sangat sering digunakan di bidang transportasi dimana orang dan/atau kendaraan yang pertama tiba pada suatu tempat pelayanan akan dilayani pertama.

- *First In Last Out (FILO) / First Come Last Served (FCLS)*

Disiplin antrian FILO juga cukup sering digunakan di bidang transportasi dimana orang dan/atau kendaraan yang pertama tiba akan dilayani terakhir.

- *First Vacant First Served (FVFS)*

Dengan disiplin antrian FVFS, orang 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 antar tempat pelayanan relative 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 setiap lajur antrian.

2.3.2. Proses Antrian

Proses terjadinya antrian terdiri dari 4 (empat) tahap yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Tahap I, tahap dimana arus lalu lintas (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 satu tempat pelayanan (multilajur) maka dapat diasumsikan bahwa tingkat kedatangan (λ) tersebut akan membagi dirinya secara merata untuk setiap tempat pelayanan sebesar $\frac{\lambda}{N}$ 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.
2. 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.
3. Tahap III, tahap dimana arus lalu lintas (kendaraan) dilayani oleh suatu tempat pelayanan. Jadi waktu pelayanan (WP) dapat didefinisikan sebagai waktu sejak dimulainya kendaraan dilayani sampai dengan waktu kendaraan selesai dilayani.
4. Tahap IV, tahap dimana arus lalu lintas (kendaraan) meninggalkan tempat pelayanan melanjutkan perjalanannya.

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

2.4.3 Parameter Antrian

Terdapat 4 (empat) parameter utama yang selalu digunakan dalam menganalisis antrian, yaitu :

n = jumlah kendaraan atau orang dalam system (kendaraan atau orang per satuan waktu)

q = jumlah kendaraan atau orang dalam antrian (kendaraan atau orang per satuan waktu)

d = waktu kendaraan atau orang dalam system (satuan waktu)

w = waktu kendaraan atau orang dalam antrian (satuan waktu)

Persamaan berikut ini merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung $n, q, d,$ dan w untuk disiplin antrian FIFO

$$n = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)} \quad (2.18)$$

$$q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)} \quad (2.19)$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \quad (2.20)$$

$$w = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = d - \frac{1}{\mu} \quad (2.21)$$

Beberapa asumsi yang diperlukan dalam penggunaan disiplin antrian FIFO adalah :

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

2.5. Simulasi

Suatu pengujian dilakukan sebagai suatu syarat sebelum proses implementasi untuk suatu proses perubahan dilakukan. Meskipun idealnya pengujian dilakukan secara langsung terhadap suatu objek, namun seringkali hal tersebut tidak mungkin dilakukan. Percobaan dengan melakukan bermacam-macam perubahan pada kondisi eksisting sangat sulit untuk dipraktekkan. Biaya yang berkaitan dengan merubah suatu sistem untuk diuji kemungkinan akan sangat tinggi. Baik dari segi biaya kapital maupun kerugian yang timbul dalam eksperimen.

Terdapat tiga tipe pemodelan yang dapat digunakan untuk menemukan dan menguji perubahan yang potensial pada sistem dinamis dan stokastik, yaitu model opini, model matematis, dan model simulasi.

Simulasi menggambarkan bagaimana suatu sistem beroperasi dan bagaimana sistem tersebut merespon suatu perubahan. Berbagai macam perubahan dapat diuji untuk mengidentifikasi efeknya terhadap performansi sistem. Jika dibandingkan dengan model matematis atau model opini, simulasi dapat menggambarkan kondisi yang paling mendekati keadaan sebenarnya. Simulasi dapat menangkap efek variansi yang muncul di dalam sistem. Model analitis konvensional, seperti model matematis, tidak efektif untuk menangkap gejala tersebut karena proses perhitungannya dibangkitkan dari nilai konstan yang berdasarkan pada nilai rata-rata. Kemampuan perhitungan yang berdasarkan pada nilai rata-rata tersebut akan menolak efek variansi. Jika mengabaikan efek variansi tersebut, maka akan berdampak pada kesimpulan yang kurang memadai.

2.5.1. Elemen Dasar Simulasi

Terdapat beberapa elemen dasar yang harus didefinisikan ketika membangun model simulasi dengan menggunakan *software* Promodel. Elemen-elemen tersebut antara lain adalah lokasi, entitas, kedatangan, proses, sumber daya, dan lain sebagainya.

2.5.1.1.Lokasi (*locations*)

Lokasi adalah suatu titik dimana entitas berada di dalam sistem. Titik ini dapat terdapat dimana saja entitas melakukan suatu proses. Informasi yang harus didefinisikan pada elemen lokasi ini antara lain adalah kapasitas lokasi, jumlah unit lokasi, dan aturan antrian.

2.5.1.2.Entitas (*entities*)

Entitas adalah *item* yang diproses di dalam sistem. *Item* tersebut dapat berupa orang ataupun benda. Jika entitas melakukan perpindahan dari satu lokasi ke lokasi lainnya secara mandiri, maka kecepatan entitas perlu didefinisikan juga.

2.5.1.3.Kedatangan (*arrivals*)

Di dalam elemen ini, pola kedatangan dari suatu entitas didefinisikan. Lokasi kedatangan, jumlah untuk setiap kedatangan, jadwal kedatangan, dan frekuensi kedatangan harus diuraikan secara jelas. Baik jumlah kedatangan ataupun frekuensi kedatangan dapat didefinisikan dengan distribusi probabilitas.

2.5.1.4.Proses (*processing*)

Pada elemen ini, keseluruhan proses yang dilalui oleh entitas di setiap lokasi di dalam sistem harus didefinisikan. Pernyataan proses atau operasi meliputi logika proses, dan distribusi waktu proses.

BAB 3

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

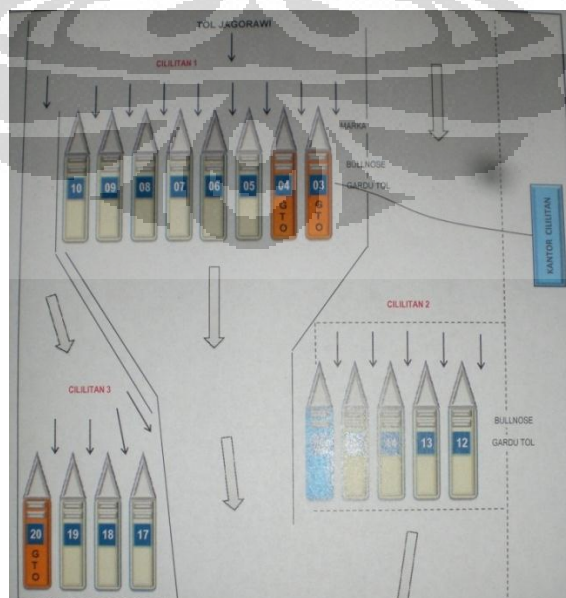
3.1. Pengumpulan Data

Data yang diperoleh pada tahapan pengumpulan data terbagi atas data primer dan data sekunder. Data primer merupakan hasil observasi lapangan yang dilakukan pada objek penelitian, yaitu Gerbang Tol Cililitan. Data sekunder meliputi data-data tentang objek penelitian yang diperoleh dari pihak Jasa Marga.

3.1.1. Gambaran Umum Gerbang Tol Cililitan

Gerbang Tol Cililitan merupakan salah satu pintu masuk ke ruas tol Cawang-Tomang-Cengkareng (ruas tol dalam kota Jakarta). Sistem transaksi yang diterapkan di gerbang tol ini adalah sistem transaksi terbuka, yaitu hanya sistem transaksi pembayaran saja. Kendaraan yang berasal dari ruas tol Jagorawi serta ruas tol Jalur Lingkar Jakarta yang akan memasuki ruas tol dalam kota terlebih dahulu melakukan transaksi atau pembayaran uang tol di Gerbang Tol Cililitan.

Saat ini jumlah gardu tol yang dioperasikan di Gerbang Tol Cililitan sebanyak tujuh belas gardu. Tiga belas gardu diperuntukkan bagi transaksi tunai (*cash*) dan empat gardu diperuntukkan bagi transaksi otomatis (*e-toll*).



Gambar 3.1 Layout Gerbang Tol Cililitan

3.1.2. Data Volume Lalu Lintas Gerbang Tol Cililitan

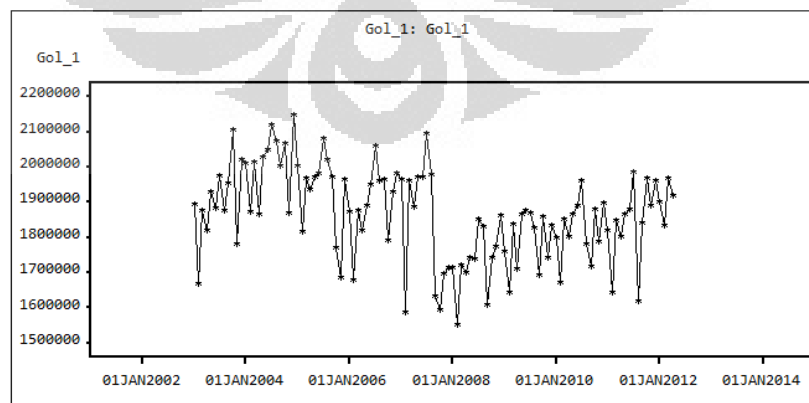
Volume kendaraan yang memasuki Gerbang Tol Cililitan selama sepuluh tahun terakhir ini tidak selalu mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, namun selama empat tahun terakhir kecenderungan yang terjadi adalah meningkat dengan rata-rata pertumbuhan volume kendaraan sebesar 1.3% per tahun. Volume kendaraan berkisar antara 23 juta hingga 26 juta per tahun yang dapat dilihat pada table 3.1.

Tabel 3.1 Pertumbuhan Volume Kendaraan di Gerbang Tol Cililitan

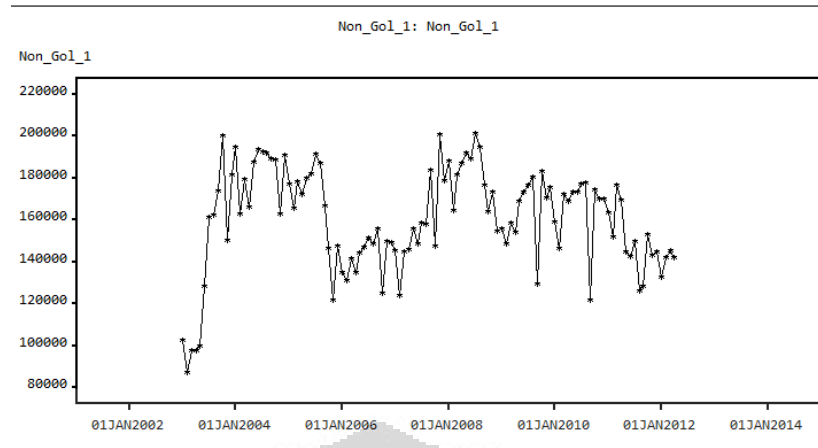
Tahun	Gol I	Non-Gol I
2003	22781755	1642668
2004	24116874	2201193
2005	23172587	2016999
2006	22772330	1713310
2007	22053070	1891070
2008	20833817	2167736
2009	21516901	1975298
2010	21906350	1983891

(Sumber : Jasa Marga, diolah kembali)

Grafik pada gambar 3.2 menggambarkan pola pertumbuhan jumlah kendaraan golongan I per bulan yang memasuki Gerbang Tol Cililitan, dan grafik pada gambar 3.3 menggambarkan pola pertumbuhan jumlah kendaraan per bulan untuk kendaraan non-golongan I



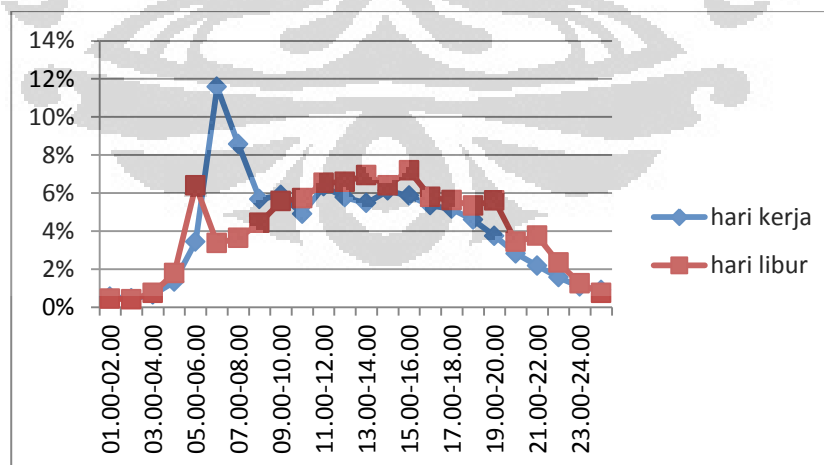
Gambar 3.2 Grafik Volume Kendaraan Golongan I per Bulan



Gambar 3.3 Grafik Volume Kendaraan Non Golongan I per Bulan

Jika volume kendaraan per tahun pada tabel 3.1 dibagi dengan jumlah hari dalam satu tahun, maka akan diperoleh data volume kendaraan rata-rata per hari (harian) yang berkisar antara 60.000 hingga 70.000 kendaraan per hari.

Survey pola persebaran volume kendaraan per jam pada hari kerja (Senin-Jum'at) dan hari libur (Sabtu, Minggu dan hari besar) dapat dilihat pada gambar 3.4. Pada hari kerja, jam sibuk terjadi pada pukul 06.00 hingga pukul 07.00, sedangkan pada hari libur pola persebaran volume kendaraan lebih merata untuk setiap jamnya. Hasil survey inilah yang menjadi dasar penentuan waktu observasi lapangan yang dilakukan.



Gambar 3.4 Grafik Persebaran Volume Kendaraan per Jam

Komposisi kendaraan pada jam sibuk menurut hasil survey seperti pada tabel 3.2 dapat digunakan untuk memperkirakan jumlah kendaraan pada jam sibuk pada periode waktu peramalan lima tahun ke depan.

Tabel 3.2 Komposisi Golongan Kendaraan pada Jam Sibuk

	Rata-rata per Golongan pada Jam Sibuk	Rata-rata Jumlah Kendaraan pada Jam Sibuk	Persentase per Golongan pada Jam Sibuk
Gol. I	7067	7176	98.48%
Gol. II	82		1.14%
Gol. III	23		0.32%
Gol. IV	2		0.03%
Gol. V	2		0.03%

(Sumber : Hasil Survey)

3.1.3. Data Waktu Kedatangan

Data waktu kedatangan kendaraan yang memasuki Gerbang Tol Cililitan diperoleh dari hasil observasi di lapangan yang dilakukan pada saat kondisi jam sibuk yaitu pada pukul 06.00 hingga pukul 07.00. Penentuan waktu observasi tersebut didasarkan pada hasil survey volume kendaraan per jam yang telah dilakukan sebelumnya.

Observasi dilakukan di salah satu titik dimana kondisi arus lalu lintas dalam kondisi arus bebas yang tidak terganggu oleh adanya antrian. Pengamatan jumlah kedatangan selama satuan waktu dilakukan dengan cara menghitung jumlah kendaraan yang memasuki kawasan Gerbang Tol Cililitan per menit. Jumlah kedatangan kendaraan tersebut terbagi atas kendaraan golongan I, II, III, IV dan V, serta kendaraan yang menggunakan Gardu Tol Otomatis.

Data jumlah kedatangan yang diperoleh kemudian direkapitulasi ke dalam tabel 3.3, dan untuk data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran. Berdasarkan hasil observasi lapangan tersebut, diperoleh rata-rata komposisi kendaraan pada jam sibuk untuk golongan I, II, III, IV dan V masing-masing adalah sebesar 98.41%, 1.22%, 0.29%, 0.05%, dan 0.04%. Bersama dengan hasil survey sebelumnya pada Tabel 3.2, komposisi ini digunakan untuk memperkirakan jumlah kendaraan pada jam sibuk pada periode waktu peramalan lima tahun ke depan.

Tabel 3.3 Jumlah Kedatangan Kendaraan pada Jam Sibuk (unit/jam)

Hari ke-	I	GTO	II	III	IV	V	TOTAL	HARIAN
1	6419	807	93	21	4	3	7347	65696
2	6254	793	82	23	4	2	7158	58145
3	6275	795	88	17	5	3	7183	70230
4	6269	839	82	23	2	2	7217	68076
5	6442	869	98	21	2	4	7436	58494

(Sumber : Hasil Pengamatan)

Untuk rata-rata waktu antar kedatangan dapat dihitung dengan cara membagi satuan waktu yang digunakan dengan jumlah kedatangan kendaraan (detik/kendaraan). Contoh perhitungan dapat dilihat pada table 3.4, dan untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 3.4 Waktu Antar Kedatangan Kendaraan pada Jam Sibuk (detik/unit)

Hari ke-	I	GTO	II	III	IV	V
1	0.560835	4.460967	38.70968	171.4286	900	1200
2	0.5756316	4.539723	43.90244	156.5217	900	1800
3	0.5737052	4.528302	40.90909	211.7647	720	1200
4	0.5742543	4.290822	43.90244	156.5217	1800	1800
5	0.5588327	4.142693	36.73469	171.4286	1800	900

(Sumber : Hasil pengamatan, diolah kembali)

3.1.4. Data Waktu Pelayanan

Data waktu pelayanan diperoleh dengan cara menghitung waktu pelayanan di gardu tol untuk setiap jenis golongan kendaraan. Sampel waktu pelayanan diambil dengan memperhitungkan proporsi golongan kendaraan terhadap total jumlah kendaraan pada saat jam sibuk dengan asumsi pada keadaan tersebut operator tol bekerja dengan maksimal.

Pada saat tidak terdapat antrian, perhitungan waktu pelayanan dimulai ketika kendaraan berhenti di gardu tol untuk melakukan proses pembayaran sampai kendaraan tersebut bergerak meninggalkan gardu tol. Pada saat terdapat antrian, perhitungan waktu pelayanan dimulai ketika kendaraan sebelum kendaraan yang diamati bergerak meninggalkan gardu tol hingga kendaraan yang diamati tersebut meninggalkan gardu tol. Rekapitulasi data waktu pelayanan dapat dilihat pada tabel 3.5 dan untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 3.5 Waktu Pelayanan untuk Tiap Golongan Kendaraan (detik)

Gol.1	Gol.2	Gol.3	Gol.4	Gol.5	E -toll
6.98	6.1	7.93	13.2	11.39	5.84
6.71	8.21	12.56	10.06	9.71	4.62
5.94	7.95	8.36	11.62	12.66	3.52
5.35	6.58	7.36	13.63	13.47	4.57
8.58	7.41	7.84	9.27	11.95	4.4
5.5	6.31	10.63			4.5
4.54	4.81				4.71
9.71	12.46				3.58
10.08	9.38				4.71
8.24	5.94				4.4
4.03	4.11				4.9
9.94	10.49				4.63
5.35	8.42				4.06
8.15	7.02				3.98
12.07	6.19				3.84

(Sumber : Hasil Pengamatan)

3.2. Pengolahan Data

Pada bagian ini dijelaskan proses pengolahan data-data yang telah diperoleh dan dijabarkan pada bagian pengumpulan data sebelumnya. Proses pengolahan data terbagi atas tiga tahap, yaitu proses peramalan jumlah kendaraan yang melewati Gerbang Tol Cililitan untuk lima tahun ke depan, proses pembuatan model simulasi, dan proses perancangan eksperimen untuk disimulasikan.

3.2.1. Jumlah Kendaraan untuk Lima Tahun ke Depan

Peramalan jumlah kendaraan untuk lima tahun ke depan dilakukan untuk mengetahui kebutuhan pelayanan pada tahun tersebut. Metode yang digunakan untuk peramalan diperoleh dengan cara membandingkan beberapa metode yaitu metode *seasonal exponential smoothing*, metode *winter's*, metode *seasonal ARIMA*, metode *Analytical Neural Network (ANN)*, serta kombinasi antara metode ANN dengan *seasonal exponential smoothing*. Pemilihan metode-metode tersebut didasarkan atas pola musiman dan kecenderangan yang terdapat pada data volume kendaraan.

Data yang digunakan untuk keperluan peramalan jumlah kendaraan adalah data-data jumlah kendaraan per bulan dari bulan Januari 2003 hingga

April 2012. Data tersebut dibagi menjadi dua yaitu data *training* untuk memperoleh model yang sesuai untuk peramalan dan data *testing* untuk menguji model peramalan dan menghitung kesalahan peramalan.

3.2.1.1. Peramalan dengan Metode *Seasonal Exponential Smoothing*

Parameter yang digunakan pada metode *seasonal exponential smoothing* diperoleh dengan menggunakan 80% data *training* dan 20% data *testing*. Parameter untuk peramalan kendaraan golongan I diperlihatkan pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Parameter *Seasonal Exponential Smoothing* Kendaraan Gol.1

PARAMETER	VALUE	T	P
LEVEL Smoothing Weight	0.37551	6.1407	<.0001
SEASONAL Smoothing Weight	0.001	0.0133	0.9896
Smoothed Level	1839922	.	.
Smoothed Seasonal Factor 1	10311	.	.
Smoothed Seasonal Factor 2	-179624	.	.
Smoothed Seasonal Factor 3	22379	.	.
Smoothed Seasonal Factor 4	-48979	.	.
Smoothed Seasonal Factor 5	41466	.	.
Smoothed Seasonal Factor 6	51240	.	.
Smoothed Seasonal Factor 7	135202	.	.
Smoothed Seasonal Factor 8	52194	.	.
Smoothed Seasonal Factor 9	-48927	.	.
Smoothed Seasonal Factor 10	-14338	.	.
Smoothed Seasonal Factor 11	-82590	.	.
Smoothed Seasonal Factor 12	61618	.	.

Persamaan yang digunakan dalam peramalan adalah sebagai berikut :

1. Pemulusan musiman

$$L_t = 0.001(Y_t - S_{t-p}) + 0.999L_{t-1} \quad (3.1)$$

2. Pemulusan keseluruhan

$$S_t = 0.37551(Y_t - L_t) + 0.62449S_{t-p} \quad (3.2)$$

3. Peramalan

$$Y_{t+m} = L_t + S_{t-p+m} \quad (3.3)$$

dimana : Y_t = nilai pengamatan saat ini
 p = panjang musiman

- L_t = faktor penyesuaian musiman
 S_t = nilai pemulusan saat ini (t)
 F_{t-m} = peramalan untuk m periode ke depan.

Berdasarkan hasil peramalan, diperoleh tingkat kesalahan untuk peramalan kendaraan golongan I pada tabel 3.7.

Tabel 3.7. Tingkat Kesalahan Metode *Seasonal Exponential Smoothing* untuk Kendaraan Gol.1

NAME	LABEL	VALUE
MSE	Mean Square Error	10033797467
RMSE	Root Mean Square Error	100169
MAPE	Mean Absolute Percent Error	3.387234
MAE	Mean Absolute Error	61078

Parameter untuk peramalan kendaraan non-golongan I diperlihatkan pada tabel 3.8.

Tabel 3.8 Parameter *Seasonal Exponential Smoothing* Kendaraan Non Gol.1

PARAMETER	VALUE	T	P
LEVEL Smoothing Weight	0.50171	9.1932	<.0001
SEASONAL Smoothing Weight	0.999	6.8511	<.0001
Smoothed Level	160499	.	.
Smoothed Seasonal Factor 1	-3289	.	.
Smoothed Seasonal Factor 2	-12156	.	.
Smoothed Seasonal Factor 3	8252	.	.
Smoothed Seasonal Factor 4	3741	.	.
Smoothed Seasonal Factor 5	10748	.	.
Smoothed Seasonal Factor 6	11217	.	.
Smoothed Seasonal Factor 7	15075	.	.
Smoothed Seasonal Factor 8	15320	.	.
Smoothed Seasonal Factor 9	-26752	.	.
Smoothed Seasonal Factor 10	21510	.	.
Smoothed Seasonal Factor 11	12845	.	.
Smoothed Seasonal Factor 12	9523	.	.

Persamaan yang digunakan dalam peramalan adalah sebagai berikut :

1. Pemulusan musiman

$$L_t = 0.999(Y_t - S_{t-p}) + 0.001L_{t-1} \quad (3.4)$$

2. Pemulusan keseluruhan

$$S_t = 0.50171 (Y_t - L_t) + 0.49829S_{t-p} \quad (3.5)$$

4. Peramalan

$$Y_{t+m} = L_t + S_{t-p+m} \quad (3.6)$$

Berdasarkan hasil peramalan, diperoleh tingkat kesalahan untuk peramalan kendaraan non-golongan I pada tabel 3.9

Tabel 3.9. Tingkat Kesalahan Metode *Seasonal Exponential Smoothing* untuk Kendaraan Non Gol.1

NAME	LABEL	VALUE
MSE	Mean Square Error	233403828
RMSE	Root Mean Square Error	15278
MAPE	Mean Absolute Percent Error	7.763099
MAE	Mean Absolute Error	10832

3.2.1.2. Peramalan dengan Metode *Winter's*

Parameter yang digunakan pada metode seasonal *winter's* diperoleh dengan menggunakan 80% data *training* dan 20% data *testing*. Parameter untuk peramalan kendaraan golongan I diperlihatkan pada tabel 3.10.

Persamaan yang digunakan dalam peramalan adalah sebagai berikut :

1. Pemulusan keseluruhan

$$S_t = 0.41734 \frac{X_t}{I_{t-L}} + 0.58266(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (3.7)$$

2. Pemulusan trend

$$b_t = 0.1144(S_t - S_{t-1}) + 0.8856b_{t-1} \quad (3.8)$$

3. Persamaan musiman

$$I_t = 0.41428 \frac{X_t}{S_t} + 0.58572I_{t-L} \quad (3.9)$$

4. Peramalan

$$F_{t+m} = (S_t + b_t m) I_{t-L+m} \quad (3.10)$$

dimana :

- X_t = nilai pengamatan saat ini
- L = panjang musiman
- b = komponen trend
- I = faktor penyesuaian musiman
- S_t = nilai pemulusan saat ini (t)
- F_{t-m} = peramalan untuk m periode ke depan.

Tabel 3.10 Parameter *Winter's* Kendaraan Gol.1

PARAMETER	VALUE	T	P
LEVEL Smoothing Weight	0.41734	6.8321	<.0001
TREND Smoothing Weight	0.001	0.1144	0.9107
SEASONAL Smoothing Weight	0.41428	5.2566	0.0002
Smoothed Level	1838736	.	.
Smoothed Trend	-1840	.	.
Smoothed Seasonal Factor 1	1.00242	.	.
Smoothed Seasonal Factor 2	0.90951	.	.
Smoothed Seasonal Factor 3	1.01754	.	.
Smoothed Seasonal Factor 4	0.9782	.	.
Smoothed Seasonal Factor 5	1.0257	.	.
Smoothed Seasonal Factor 6	1.03272	.	.
Smoothed Seasonal Factor 7	1.07214	.	.
Smoothed Seasonal Factor 8	1.02313	.	.
Smoothed Seasonal Factor 9	0.96149	.	.
Smoothed Seasonal Factor 10	1.00915	.	.
Smoothed Seasonal Factor 11	0.97151	.	.
Smoothed Seasonal Factor 12	1.02902	.	.

Berdasarkan hasil peramalan, diperoleh tingkat kesalahan untuk peramalan kendaraan Golongan I pada tabel 3.11.

Tabel 3.11. Tingkat Kesalahan Metode *Winter's* untuk Kendaraan Gol.1

NAME	LABEL	VALUE
MSE	Mean Square Error	8911277279
RMSE	Root Mean Square Error	94400
MAPE	Mean Absolute Percent Error	3.230057
MAE	Mean Absolute Error	58132

Parameter untuk peramalan kendaraan non-golongan I diperlihatkan pada tabel 3.12

. Tabel 3.12 Parameter *Winter's* untuk Kendaraan Non Gol.1

PARAMETER	VALUE	T	P
LEVEL Smoothing Weight	0.52498	10.7232	<.0001
TREND Smoothing Weight	0.001	0.1656	0.871
SEASONAL Smoothing Weight	0.999	7.2715	<.0001
Smoothed Level	164878	.	.
Smoothed Trend	243.7996	.	.
Smoothed Seasonal Factor 1	0.95528	.	.
Smoothed Seasonal Factor 2	0.90161	.	.
Smoothed Seasonal Factor 3	1.0262	.	.
Smoothed Seasonal Factor 4	1.00153	.	.
Smoothed Seasonal Factor 5	1.04786	.	.
Smoothed Seasonal Factor 6	1.0526	.	.
Smoothed Seasonal Factor 7	1.07829	.	.
Smoothed Seasonal Factor 8	1.08237	.	.
Smoothed Seasonal Factor 9	0.81821	.	.
Smoothed Seasonal Factor 10	1.12296	.	.
Smoothed Seasonal Factor 11	1.05866	.	.
Smoothed Seasonal Factor 12	1.0312	.	.

Persamaan yang digunakan dalam peramalan adalah sebagai berikut :

1. Pemulusan keseluruhan

$$S_t = 0.41734 \frac{X_t}{I_{t-L}} + 0.58266(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (3.11)$$

2. Pemulusan trend

$$b_t = 0.1144(S_t - S_{t-1}) + 0.8856b_{t-1} \quad (3.12)$$

3. Persamaan musiman

$$I_t = 0.41428 \frac{X_t}{S_t} + 0.58572I_{t-L} \quad (3.13)$$

4. Peramalan

$$F_{t+m} = (S_t + b_t m)I_{t-L+m} \quad (3.14)$$

Berdasarkan hasil peramalan, diperoleh tingkat kesalahan untuk peramalan kendaraan Non Golongan I pada tabel 3.13

Tabel 3.13. Tingkat Kesalahan Metode *Winter's* untuk Kendaraan NonGol.1

NAME	LABEL	VALUE
MSE	Mean Square Error	8911277279
RMSE	Root Mean Square Error	94400
MAPE	Mean Absolute Percent Error	3.230057
MAE	Mean Absolute Error	58132

3.2.1.3. Peramalan dengan Metode *Seasonal ARIMA*

Parameter yang digunakan pada metode seasonal ARIMA (0,1,1)(1,0,0) diperoleh dengan menggunakan 80% data *training* dan 20% data *testing*. Parameter untuk peramalan kendaraan golongan I diperlihatkan pada tabel 3.14. Persamaan yang digunakan dalam peramalan kendaraan golongan I adalah sebagai berikut :

$$(1 - 0.69248B^{12})(1 - B)X_t = (1 - 0.51319B)e_t \quad (3.15)$$

Tabel 3.14 Parameter *Seasonal ARIMA* untuk Kendaraan Gol.1

PARAMETER	VALUE	T	P
Moving Average, Lag 1	0.51319	5.9689	<.0001
Seasonal Autoregressive, Lag 12	0.69248	9.9851	<.0001

Berdasarkan hasil peramalan, diperoleh tingkat kesalahan untuk peramalan kendaraan Golongan I pada tabel 3.15.

Tabel 3.15. Tingkat Kesalahan Metode *Seasonal ARIMA* untuk Kendaraan Gol.1

NAME	LABEL	VALUE
MSE	Mean Square Error	6317407538
RMSE	Root Mean Square Error	79482
MAPE	Mean Absolute Percent Error	3.09112
MAE	Mean Absolute Error	53359

Parameter untuk peramalan kendaraan non-golongan I d iperlihatkan pada tabel 3.16. Persamaan yang digunakan dalam peramalan kendaraan golongan I adalah sebagai berikut :

$$(1 - 0.58042B^{12})(1 - B)X_t = (1 - 0.536027B)e_t \quad (3.16)$$

Tabel 3.16 Parameter *Seasonal* ARIMA untuk Kendaraan Non Gol.1

PARAMETER	VALUE	T	P
Moving Average, Lag 1	0.36027	3.8093	0.0019
Seasonal Autoregressive, Lag 12	0.58042	6.5948	<.0001

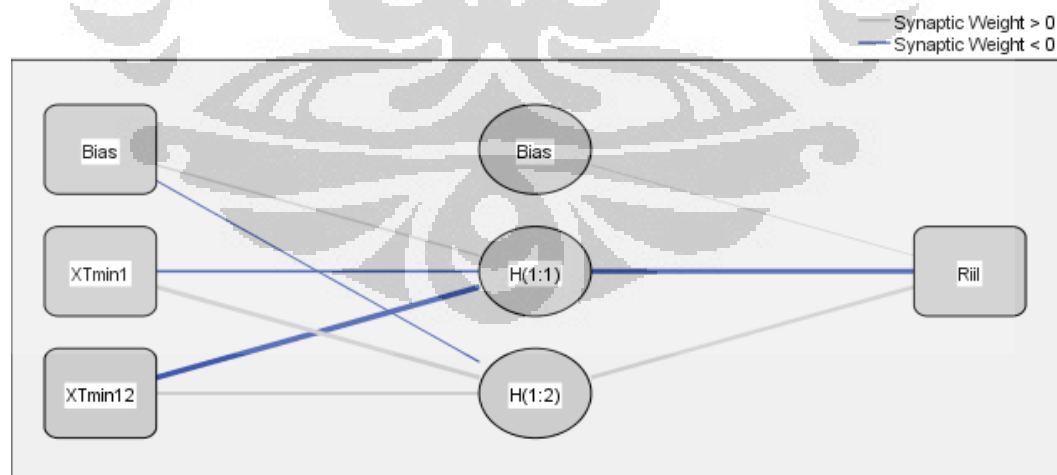
Berdasarkan hasil peramalan, diperoleh tingkat kesalahan untuk peramalan kendaraan Non Golongan I pada tabel 3.17.

Tabel 3.17. Tingkat Kesalahan Metode *Seasonal* ARIMA untuk Kendaraan Non Gol.1

NAME	LABEL	VALUE
MSE	Mean Square Error	163762557
RMSE	Root Mean Square Error	12797
MAPE	Mean Absolute Percent Error	6.651798
MAE	Mean Absolute Error	9285.587

3.2.1.4. Peramalan dengan Metode ANN

Input Layer yang digunakan pada metode ANN terdiri atas nilai observasi pada $t-1$ (X_{t-1}) dan nilai observasi pada $t-12$ (X_{t-12}). Sedangkan, output layer yang digunakan adalah nilai aktual observasi ke- t .

**Gambar 3.5 Arsitektur Jaringan untuk Peramalan dengan Metode ANN**

Untuk memperoleh parameter yang menghasilkan kesalahan terkecil, maka dilakukan eksperimen dengan merubah nilai parameter-parameter tersebut.

Parameter yang diuji antara lain adalah fungsi aktivasi, tingkat pembelajaran (*learning rate*), dan momentum. Hasil eksperimen berupa persentase kesalahan absolut (MAPE) terhadap parameter-parameter untuk peramalan kendaraan golongan I dapat dilihat pada tabel 3.18.

Tabel 3.18 Hasil Eksperimen Parameter ANN Kendaraan Gol.1

	Learning Rate = 0.4 Momentum = 0.9	Learning Rate = 0.2 Momentum = 0.5	Learning Rate = 0.2 Momentum = 0.2
Fungsi tan	0.03931512	0.039305588	0.040351534
Fungsi sig	0.042323536	0.042106736	0.042483217

Hasil eksperimen berupa persentase kesalahan absolut (MAPE) terhadap parameter-parameter untuk peramalan kendaraan non-golongan I dapat dilihat pada tabel 3.19

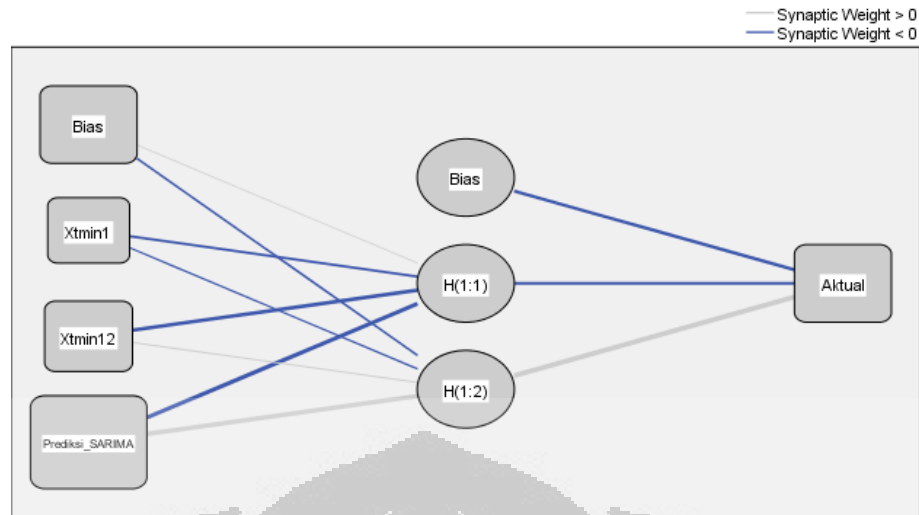
Tabel 3.19 Hasil Eksperimen Parameter ANN Kendaraan Non Gol.1

	Learning Rate = 0.4 Momentum = 0.9	Learning Rate = 0.2 Momentum = 0.5	Learning Rate = 0.2 Momentum = 0.2
Fungsi tan	0.09423757	0.076274235	0.076933198
Fungsi sig	0.080846762	0.076903312	0.079662434

Berdasarkan hasil eksperimen untuk kendaraan golongan I diperoleh nilai persentase kesalahan absolut (MAPE) terkecil sebesar 3.930% yang dihasilkan oleh metode ANN dengan parameter fungsi aktivasi tangen hyperbolic, tingkat pembelajaran 0.2, dan momentum 0.5. Untuk kendaraan non-golongan I, MAPE terkecil sebesar 7.627% dihasilkan oleh metode ANN dengan parameter fungsi aktivasi tangen hyperbolic, tingkat pembelajaran 0.2, dan momentum 0.5

3.2.1.5. Peramalan dengan Metode *Seasonal ARIMA* dan ANN

Input Layer yang digunakan pada metode *Seasonal ARIMA* ANN terdiri atas hasil peramalan dengan menggunakan metode *Seasonal ARIMA*, nilai observasi pada $t-1$ (X_{t-1}) dan nilai observasi pada $t-12$ (X_{t-12}). Sedangkan, output layer yang digunakan adalah nilai aktual observasi ke- t .



Gambar 3.5 Arsitektur Jaringan untuk Peramalan dengan Kombinasi Metode *Seasonal* ARIMA dan ANN

Untuk memperoleh parameter yang menghasilkan kesalahan terkecil, maka dilakukan eksperimen dengan merubah nilai parameter-parameter tersebut. Parameter yang diuji antara lain adalah fungsi aktivasi, tingkat pembelajaran (*learning rate*), dan momentum. Hasil eksperimen berupa persentase kesalahan absolut (MAPE) terhadap parameter-parameter untuk peramalan kendaraan golongan I dapat dilihat pada tabel 3.20.

Tabel 3.20 Hasil Eskperimen Parameter ANN Kendaraan Gol.1

	Learning Rate = 0.4 Momentum = 0.9	Learning Rate = 0.2 Momentum = 0.5	Learning Rate = 0.2 Momentum = 0.2
Fungsi tan	0.030923306	0.032037154	0.030533452
Fungsi sig	0.030736705	0.035193882	0.031249672

Hasil eksperimen berupa persentase kesalahan absolut (MAPE) terhadap parameter-parameter untuk peramalan kendaraan non-golongan I dapat dilihat pada tabel 3.21.

Tabel 3.21 Hasil Eskperimen Parameter ANN Kendaraan Non Gol.1

	Learning Rate = 0.4 Momentum = 0.9	Learning Rate = 0.2 Momentum = 0.5	Learning Rate = 0.2 Momentum = 0.2
Fungsi tan	0.053601689	0.053099251	0.063155101
Fungsi sig	0.064359192	0.055658139	0.051905031

Berdasarkan hasil eksperimen untuk kendaraan non-golongan I diperoleh nilai persentase kesalahan absolut (MAPE) terkecil sebesar 3.053% dihasilkan oleh metode ANN dengan parameter fungsi aktivasi tangen hyperbolic, tingkat pembelajaran 0.2, dan momentum 0.2. Untuk kendaraan non-golongan I, nilai MAPE terkecil sebesar 5.190 % dihasilkan oleh metode ANN dengan parameter fungsi aktivasi sigmoid, tingkat pembelajaran 0.2, dan momentum 0.2.

3.2.1.6. Perbandingan Metode Peramalan

Perbandingan hasil peramalan dengan menggunakan metode *seasonal exponential smoothing*, metode *winter's*, metode *seasonal ARIMA*, ANN, dan kombinasi metode *seasonal ARIMA ANN* dilakukan untuk memperoleh metode peramalan yang terbaik untuk meramalkan jumlah kendaraan untuk lima tahun ke depan. Parameter yang digunakan untuk membandingkan kelima metode peramalan tersebut adalah nilai persentase kesalahan absolut (MAPE).

Tabel 3.22 Perbandingan MAPE Metode Peramalan

Jenis Kendaraan	SARIMA	ANN (Z_{t-1}, Z_{t-12})	SARIMA ANN	seasonal exponential smoothing	winter's multiplicative
Golongan I	3.0911%	3.9306%	3.0533%	3.3872%	3.2301%
Non Golongan I	6.518%	7.6274%	5.1905%	7.7631%	6.4215%

Berdasarkan hasil perbandingan persentase kesalahan absolut (MAPE) yang dapat dilihat pada tabel 3.22, metode *Seasonal ARIMA ANN* memiliki nilai terkecil. Oleh karena itu, metode peramalan yang akan digunakan untuk meramalkan jumlah kendaraan golongan I dan non-golongan I di Gerbang Tol Cililitan untuk lima tahun ke depan adalah metode *Seasonal ARIMA ANN*.

3.2.1.7. Hasil Peramalan Jumlah Kendaraan Golongan I

Peramalan jumlah kendaraan golongan I untuk lima tahun ke depan dilakukan dengan menggunakan kombinasi metode *Seasonal ARIMA* dan ANN. Hasil peramalan dengan menggunakan metode *Seasonal ARIMA* dijadikan

sebagai salah satu neuron dalam input layer pada metode ANN. Parameter yang digunakan pada kedua metode disamakan dengan parameter yang digunakan pada proses perbandingan metode peramalan.

Hasil peramalan untuk kendaraan golongan I dengan menggunakan kombinasi metode *Seasonal* ARIMA dan ANN dapat dilihat pada tabel 3.23.

3.2.1.8. Hasil Peramalan Jumlah Kendaraan Non-Golongan I

Peramalan jumlah kendaraan golongan I untuk lima tahun ke depan dilakukan dengan menggunakan kombinasi metode *Seasonal* ARIMA dan ANN.

Tabel 3.23 Hasil Peramalan Jumlah Kendaraan Golongan I

Periode	Aktual	Prediksi	Persen Error
2003	22781755		
2004	24116874	23287263	-3.44%
2005	23172587	23245258	0.31%
2006	22772330	22436572	-1.47%
2007	22053070	22540037	2.21%
2008	20833817	21150983	1.52%
2009	21516901	21685303	0.78%
2010	21906350	21927404	0.10%
2011	22122976	22116960	-0.03%
2012	7622952	22865999	
2013		23452558	
2014		23743432	
2015		23912443	
2016		24015987	
2017		24081838	

Hasil peramalan dengan menggunakan metode *Seasonal* ARIMA dijadikan sebagai salah satu neuron dalam input layer pada metode ANN. Parameter yang digunakan pada kedua metode disamakan dengan parameter yang digunakan pada proses perbandingan metode peramalan.

Hasil peramalan untuk kendaraan golongan I dengan menggunakan kombinasi metode *Seasonal* ARIMA dan ANN dapat dilihat pada tabel 3.24.

3.2.1.9. Estimasi Jumlah Kendaraan pada Jam Sibuk

Setelah melakukan peramalan terhadap jumlah kendaraan golongan I dan non-golongan I, maka langkah selanjutnya adalah meramalkan jumlah kendaraan pada jam sibuk untuk sepuluh tahun ke depan. Perhitungan tersebut didasarkan pada komposisi golongan kendaraan pada jam sibuk seperti pada table 3.2. Untuk kendaraan golongan I, II, III, IV dan V, masing-masing memiliki persentase sebesar 12.53%, 2.12%, 2.17%, 0.51%, dan 0.65%.

Tabel 3.24 Peramalan Jumlah Kendaraan Non-Golongan I

Periode	Aktual	Prediksi	Persen Error
2003	1642668		
2004	2201193	2142753	-2.65%
2005	2016999	2020584	0.18%
2006	1713310	1662803	-2.95%
2007	1891070	1813565	-4.10%
2008	2167736	2137673	-1.39%
2009	1975298	1906918	-3.46%
2010	1983891	1953803	-1.52%
2011	1794604	1813355	1.04%
2012	562290	1816197	
2013		1911306	
2014		1916253	
2015		1918744	
2016		1921238	
2017		1923733	

Selanjutnya dilakukan peramalan atau proyeksi jumlah kendaraan untuk tiap golongan berdasarkan hasil peramalan volume kendaraan yang telah dilakukan. Hasil peramalan jumlah kendaraan tiap golongan kendaraan pada jam sibuk t dapat dilihat pada table 3.25..

3.2.2. Pembuatan Model Simulasi

Pembuatan model yang menggambarkan situasi antrian di Gerbang Tol Cililitan dilakukan dengan menggunakan alat bantu *software* Promodel. Tujuan dari pembuatan model ini adalah untuk mendapatkan scenario jumlah pengguna sistem pembayaran tunai dan sistem pembayaran elektronik, serta konfigurasi Tol

Cililitan di suatu titik kedatangan. Dari titik kedatangan tersebut kendaraan masuk ke lajur antrian sesuai dengan sistem pembayaran yang akan digunakan, tunai atau elektronik. Jika tidak ada kendaraan yang dilayani pada lokasi gardu tol yang dituju, kendaraan akan langsung memasuki gardu tol dan melakukan transaksi pembayaran tol. Namun jika masih terdapat kendaraan yang sedang dilayani pada gardu tol, maka kendaraan harus mengantri terlebih dahulu sampai tiba giliran kendaraan tersebut untuk dilayani atau melakukan transaksi pembayaran tol. Setelah kendaraan selesai mendapatkan pelayanan atau melakukan transaksi maka kendaraan tersebut keluar dari sistem.

3.2.2.1. Penentuan Distribusi Waktu Kedatangan

Distribusi waktu kedatangan digunakan untuk mendefinisikan frekuensi kedatangan untuk setiap entitas. Distribusi ini diperoleh berdasarkan data hasil observasi lapangan terhadap jumlah kendaraan yang memasuki Gerbang Tol Cililitan per menit selama waktu observasi. Observasi dilakukan sebanyak lima kali, yaitu pada lima hari kerja selama satu jam pada jam sibuk. Hasil observasi dapat dilihat pada table 3.3 dan 3.4. Adapun data yang digunakan sebagai dasar untuk pembuatan model ini adalah data hasil observasi dengan jumlah kendaraan yang paling banyak, yaitu pada hari pengamatan kelima. Uji distribusi kedatangan untuk kendaraan golongan I dengan alat bantu *software* SPSS ditampilkan pada tabel.3.26.

Tabel 3.26. Uji Distribusi Jumlah Kedatangan

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of GOL1 is Poisson with mean 107.37.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.629	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of GTO is Poisson with mean 14.48.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.432	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of GOL2 is Poisson with mean 1.63.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.975	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of GOL3 is Poisson with mean 0.35.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	1.000	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of GOL4 is Poisson with mean 0.03.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	1.000	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of GOL5 is Poisson with mean 0.07.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	1.000	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

Tol Cililitan di suatu titik kedatangan. Dari titik kedatangan tersebut kendaraan masuk ke lajur antrian sesuai dengan sistem pembayaran yang akan digunakan, tunai atau elektronik. Jika tidak ada kendaraan yang dilayani pada lokasi gardu tol yang dituju, kendaraan akan langsung memasuki gardu tol dan melakukan transaksi pembayaran tol. Namun jika masih terdapat kendaraan yang sedang dilayani pada gardu tol, maka kendaraan harus mengantri terlebih dahulu sampai tiba giliran kendaraan tersebut untuk dilayani atau melakukan transaksi pembayaran tol. Setelah kendaraan selesai mendapatkan pelayanan atau melakukan transaksi maka kendaraan tersebut keluar dari sistem.

3.2.2.2. Penentuan Distribusi Waktu Kedatangan

Distribusi waktu kedatangan digunakan untuk mendefinisikan frekuensi kedatangan untuk setiap entitas. Distribusi ini diperoleh berdasarkan data hasil observasi lapangan terhadap jumlah kendaraan yang memasuki Gerbang Tol Cililitan per menit selama waktu observasi. Observasi dilakukan sebanyak lima kali, yaitu pada lima hari kerja selama satu jam pada jam sibuk. Hasil observasi dapat dilihat pada table 3.3 dan 3.4. Adapun data yang digunakan sebagai dasar untuk pembuatan model ini adalah data hasil observasi dengan jumlah kendaraan yang paling banyak, yaitu pada hari pengamatan kelima. Uji distribusi kedatangan untuk kendaraan golongan I dengan alat bantu *software* SPSS ditampilkan pada tabel.3.26.

Tabel 3.26. Uji Distribusi Jumlah Kedatangan

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of GOL1 is Poisson with mean 107.37.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.629	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of GTO is Poisson with mean 14.48.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.432	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of GOL2 is Poisson with mean 1.63.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.975	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of GOL3 is Poisson with mean 0.35.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	1.000	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of GOL4 is Poisson with mean 0.03.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	1.000	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of GOL5 is Poisson with mean 0.07.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	1.000	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

3.2.2.3. Penentuan Distribusi Waktu Pelayanan

Distribusi waktu pelayanan digunakan untuk mendefinisikan waktu proses pelayanan di setiap gardu tol. Distribusi ini diperoleh berdasarkan data hasil observasi lapangan terhadap lama waktu pelayanan untuk setiap golongan kendaraan yang dijabarkan pada tabel 3.5 dan untuk selengkapnya terdapat di Lampiran.

Uji distribusi waktu pelayanan dilakukan dengan alat bantu *software* SPSS dengan hasil seperti pada table 3.21 berikut.

Tabel 3.27 Uji Distribusi Waktu Pelayanan

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of GOL1 is normal with mean 7.49 and standard deviation 1.72.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.055	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of GOL2 is normal with mean 7.73 and standard deviation 1.94.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	1.000	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of GOL3 is normal with mean 9.11 and standard deviation 2.04.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.609	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of GOL4 is normal with mean 11.56 and standard deviation 1.90.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.984	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of GOL5 is normal with mean 11.84 and standard deviation 1.42.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.998	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of GTO is normal with mean 4.35 and standard deviation 0.37.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.096	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

3.2.2.4. Validasi Model

Tahap validasi model dilakukan untuk melihat apakah model yang telah dibuat telah merepresentasikan kondisi sebenarnya. Parameter yang digunakan untuk validasi model Gerbang Tol Cililitan adalah jumlah kendaraan yang masuk dan keluar dari kawasan gerbang tol. Berdasarkan hasil perbandingan antara kondisi riil dan simulasi yang terdapat pada table 3.22, dapat disimpulkan bahwa simulasi telah mendekati kondisi sistem sebenarnya.

Tabel 3.28. Perbandingan Kondisi Riil dan Simulasi

Parameter	Riil	Simulasi	Error
Jumlah Kendaraan Masuk	7436	7535	1.33%
Jumlah Gol.1 Masuk	6442	6500	0.90%
Jumlah GTO Masuk	869	911	4.83%
Jumlah Gol.2 Masuk	98	98	0.00%
Jumlah Gol.3 Masuk	21	18	14.29%
Jumlah Gol.4 Masuk	2	2	0.00%
Jumlah Gol.5 Masuk	4	6	50.00%
Jumlah Kendaraan Keluar	7132	7160	0.39%

3.2.3. Perancangan Eksperimen

Setelah melakukan validasi terhadap model simulasi, langkah selanjutnya adalah melakukan eksperimen pada berbagai skenario jumlah pengguna sistem pembayaran tunai dan sistem pembayaran elektronik, serta konfigurasi pengoperasian gardu tol tunai dan otomatis berdasarkan hasil peramalan jumlah kendaraan yang melewati Gerbang Tol Cililitan untuk lima tahun ke depan. Tujuan eksperimen ini adalah untuk mengetahui konfigurasi gardu untuk setiap kombinasi persentase pengguna sistem pembayaran tunai, e-toll, dan e-pass yang memiliki kondisi antrian terpendek.

Terdapat tiga faktor yang digunakan untuk eksperimen kombinasi jumlah pengguna sistem pembayaran, yaitu tunai, e-toll, dan e-pass. Sebagai langkah awal, kombinasi pertama disesuaikan dengan kondisi saat ini, yaitu persentase kendaraan untuk pengguna sistem pembayaran tunai, e-toll, dan e-pass masing-masing sebesar 90%, 10%, dan 0%.

Dari kombinasi-kombinasi tersebut kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan teori antrian untuk melihat jumlah gardu tol minimal yang harus dioperasikan sesuai dengan persentase pengguna tiap sistem pembayaran. Simulasi dilakukan untuk melihat panjang antrian yang terjadi pada setiap eksperimen kombinasi.

3.2.3.1. Penentuan Jumlah Gardu Tol Minimal

Setelah menentukan kombinasi persentase pengguna untuk tiap jenis pembayaran, langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah gardu tol minimal yang akan digunakan sebagai jumlah gardu awal dalam eksperimen dengan menggunakan rumus teori antrian sederhana. Tabel 3.30 memuat jumlah gardu minimal yang digunakan pada eksperimen untuk tahun peramalan 2017 beserta jumlah antrian yang dihasilkan dari simulasi.

Tabel 3.29 Kombinasi Persentase Pengguna Sistem Pembayaran Tunai, E-toll, dan E-pass untuk Eksperimen

Persentase Pengguna			Persentase Pengguna		
Tunai	E-Toll	E-Pass	Tunai	E-Toll	E-Pass
90%	10%	0%	55%	45%	0%
85%	15%	0%	55%	40%	5%
85%	10%	5%	55%	35%	10%
80%	20%	0%	55%	30%	15%
80%	15%	5%	55%	25%	20%
80%	10%	10%	55%	20%	25%
75%	25%	0%	55%	15%	30%
75%	20%	5%	55%	10%	35%
75%	15%	10%	50%	50%	0%
75%	10%	15%	50%	45%	5%
70%	30%	0%	50%	40%	10%
70%	25%	5%	50%	35%	15%
70%	20%	10%	50%	30%	20%
70%	15%	15%	50%	25%	25%
70%	10%	20%	50%	20%	30%
65%	35%	0%	50%	15%	35%
65%	30%	5%	50%	10%	40%
65%	25%	10%	45%	55%	0%
65%	20%	15%	45%	50%	5%
65%	15%	20%	45%	45%	10%
65%	10%	25%	45%	40%	15%
60%	40%	0%	45%	35%	20%
60%	35%	5%	45%	30%	25%
60%	30%	10%	45%	25%	30%
60%	25%	15%	45%	20%	35%
60%	20%	20%	45%	15%	40%
60%	15%	25%	45%	10%	45%
60%	10%	30%			

3.2.3.2. Pendefinisian Elemen Model untuk Eksperimen

Sebelum melakukan eksperimen, perlu dilakukan pendefinisian ulang elemen-elemen dasar yang digunakan dalam model simulasi agar sesuai dengan kondisi eksperimen yang akan dijalankan. Elemen-elemen yang perlu disesuaikan antara lain adalah entitas, waktu kedatangan, dan proses. Sedangkan untuk waktu pelayanan diasumsikan sama dengan kondisi saat ini.

Penyesuaian entitas dilakukan dengan menambahkan entitas e-pass, yaitu entitas yang melambangkan pengguna e-pass. Untuk waktu kedatangan, perlu disesuaikan dengan hasil peramalan jumlah kendaraan dan persentase pengguna sesuai kombinasi eksperimen yang akan dilakukan. Sedangkan untuk elemen proses yang akan dilalui oleh tiap entitas juga perlu dilakukan penyesuaian dengan eksperimen yang akan dilakukan.

Tabel 3.30. Jumlah Gardu Minimal untuk Ekperimen Tahun Peramalan 2017

Persentase Pengguna			Jumlah Gardu (Teori Antrian)			Rata-rata Antrian pada Gardu			
Tunai	E-Toll	E-Pass	Tunai	E-Toll	E-Pass	Tunai	E-Toll	E-Pass	Rata-rata
90%	10%	0%	16	1	0	9.61	26.09	0.00	11.90
85%	15%	0%	15	2	0	10.25	1.03	0.00	3.76
85%	10%	5%	15	1	1	10.19	26.11	0.07	12.12
80%	20%	0%	14	2	0	14.27	26.80	0.00	13.69
80%	15%	5%	14	2	1	14.27	1.03	0.07	5.13
80%	10%	10%	14	1	1	14.27	26.09	0.20	13.52
75%	25%	0%	13	3	0	19.93	1.85	0.00	7.26
75%	20%	5%	13	2	1	19.91	26.09	0.07	15.36
75%	15%	10%	13	2	1	19.86	1.03	0.20	7.03
75%	10%	15%	13	1	1	19.93	26.09	0.75	15.59
70%	30%	0%	12	3	0	35.85	26.09	0.00	20.65
70%	25%	5%	12	3	1	35.85	1.85	0.07	12.59
70%	20%	10%	12	2	1	35.86	26.09	0.20	20.72
70%	15%	15%	12	2	1	35.85	1.03	0.75	12.55
70%	10%	20%	12	1	1	35.82	26.09	4.43	22.12
65%	35%	0%	11	4	0	38.06	2.63	0.00	13.56
65%	30%	5%	11	3	1	38.06	26.09	0.03	21.40
65%	25%	10%	11	3	1	38.01	0.24	0.20	12.82
65%	20%	15%	11	2	1	38.19	26.09	0.75	21.68
65%	15%	20%	11	2	1	38.03	1.05	4.43	14.51
65%	10%	25%	11	1	2	38.01	26.09	0.39	21.50
60%	40%	0%	11	4	0	5.70	26.05	0.00	10.58
60%	35%	5%	11	3	1	5.72	2.63	0.03	2.79
60%	30%	10%	11	3	1	5.68	26.09	0.20	10.66
60%	25%	15%	11	3	1	5.68	1.85	0.77	2.77
60%	20%	20%	11	2	1	5.68	1.05	4.43	3.72
60%	15%	25%	11	2	2	5.70	1.04	0.39	2.38
60%	10%	30%	11	1	2	5.70	26.09	0.75	10.85
55%	45%	0%	10	5	0	6.44	3.37	0.00	3.27
55%	40%	5%	10	4	1	6.44	26.05	0.03	10.84

**Tabel 3.30 Jumlah Gardu Minimal untuk Ekperimen Tahun Peramalan 2017
(lanjutan)**

Persentase Pengguna			Jumlah Gardu (Teori Antrian)			Rata-rata Antrian pada Gardu			
Tunai	E-Toll	E-Pass	Tunai	E-Toll	E-Pass	Tunai	E-Toll	E-Pass	Rata-rata
55%	35%	10%	10	4	1	6.41	2.63	0.20	3.08
55%	30%	15%	10	3	1	6.41	26.09	0.77	11.09
55%	25%	20%	10	3	1	6.41	1.85	4.43	4.23
55%	20%	25%	10	2	2	6.41	26.09	0.39	10.96
55%	15%	30%	10	2	2	6.41	1.04	0.75	2.73
55%	10%	35%	10	1	2	6.41	26.09	1.57	11.36
50%	50%	0%	9	5	0	7.56	26.09	0.00	11.22
50%	45%	5%	9	5	1	7.52	3.36	0.04	3.64
50%	40%	10%	9	4	1	7.52	26.05	0.20	11.26
50%	35%	15%	9	4	1	7.52	2.63	0.77	3.64
50%	30%	20%	9	3	1	7.56	26.08	4.43	12.69
50%	25%	25%	9	3	2	7.59	1.85	0.39	3.28
50%	20%	30%	9	2	2	7.59	26.09	0.75	11.48
50%	15%	35%	9	2	2	7.59	1.03	1.57	3.40
50%	10%	40%	9	1	2	7.61	26.03	4.43	12.69
45%	55%	0%	8	6	0	9.61	4.06	0.00	4.56
45%	50%	5%	8	5	1	9.66	26.09	0.03	11.93
45%	45%	10%	8	5	1	9.66	3.37	0.20	4.41
45%	40%	15%	8	4	1	9.52	26.01	0.75	12.09
45%	35%	20%	8	4	1	9.63	2.56	4.43	5.54
45%	30%	25%	8	3	2	9.59	26.02	0.39	12.00
45%	25%	30%	8	3	2	9.55	1.80	0.82	4.06
45%	20%	35%	8	2	2	9.59	25.87	1.57	12.34
45%	15%	40%	8	2	2	9.61	1.03	4.43	5.03
45%	10%	45%	8	1	2	9.59	26.07	20.64	18.77
40%	60%	0%	7	6	0	14.27	26.09	0.00	13.45
40%	55%	5%	7	6	1	14.26	4.06	0.03	6.12
40%	45%	15%	7	5	1	14.26	26.09	0.20	13.52
40%	40%	20%	7	4	1	14.27	3.35	0.75	6.12
40%	35%	25%	7	4	1	14.26	26.01	5.54	15.27
40%	30%	30%	7	3	2	14.26	2.56	11.49	9.44
40%	25%	35%	7	3	2	14.26	26.18	0.81	13.75
40%	20%	40%	7	2	2	14.26	1.80	1.57	5.88
40%	15%	45%	7	2	2	14.26	26.09	4.43	14.93
40%	10%	50%	7	1	2	14.26	26.09	15.28	18.54

3.2.3.3. Hasil Ekperimen untuk Tahun Peramalan 2017

Eksperimen tahun peramalan 2017 dilakukan dengan menggunakan *software* Promodel. sebagai contoh, hasil eksperimen dengan kondisi antrian terpendek ditampilkan pada tabel 3.31.. Untuk hasil eksperimen secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran.

BAB IV

ANALISIS DATA

Pada bab ini akan dijelaskan analisis hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Analisis yang dilakukan meliputi analisis metode peramalan, analisis hasil peramalan, dan analisis hasil eksperimen.

4.1. Analisis Metode Peramalan

Perbandingan terhadap beberapa metode peramalan dilakukan untuk memperoleh metode terbaik yang mampu meramalkan suatu kondisi yang mendekati keadaan sebenarnya. Pola data jumlah kendaraan bulanan di Gerbang Tol Cililitan memiliki pola musiman dan nilai tengah yang tidak stationer, oleh karena itu metode peramalan yang sesuai adalah metode yang mampu mengatasi pola tersebut. Metode tersebut antara lain adalah metode *seasonal exponential smoothing*, metode *winter's*, metode *seasonal ARIMA*. Metode ANN mampu membaca dan mempelajari pola dalam data secara mandiri, oleh karena itu metode ini turut diperhitungkan sebagai metode yang sesuai untuk peramalan.

Untuk metode ANN, perubahan-perubahan pada parameter-parameter seperti tingkat pembelajaran, momentum, dan fungsi aktivasi mempengaruhi hasil prediksi. Hal tersebut menandakan bahwa perlu dilakukan pemilihan parameter sebelum melakukan peramalan sehingga dapat diperoleh hasil peramalan yang paling sesuai.

Parameter-parameter yang digunakan pada masing-masing metode deret berkala diuji nilai signifikansinya dengan menggunakan uji-t. Untuk metode *seasonal ARIMA*, parameter-parameter yang digunakan terbukti signifikan secara statistik karena memiliki nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$. Hal tersebut menunjukkan bahwa persamaan pada metode *seasonal ARIMA* sesuai dan dapat digunakan untuk peramalan kendaraan di gerbang tol Cililitan. Sedangkan untuk metode *seasonal exponential smoothing*, dan metode *winter's* terdapat beberapa parameter yang memiliki nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$. Hal tersebut menunjukkan bahwa persamaan dengan menggunakan parameter-parameter tersebut tidak signifikan secara statistik.

Hasil perbandingan beberapa metode peramalan menunjukkan bahwa metode kombinasi antara *seasonal* ARIMA dan ANN mampu meramalkan jumlah kendaraan dengan nilai kesalahan terkecil. Nilai peramalan yang dihasilkan oleh kombinasi metode *seasonal* ARIMA dan ANN lebih baik daripada penggunaan metode tersebut secara terpisah. Hal ini disebabkan karena pola nilai peramalan yang tersusun pada *seasonal* ARIMA disempurnakan kembali oleh pembelajaran atau pelatihan yang dilakukan oleh ANN. Penggunaan metode ANN bersamaan dengan metode deret berkala lainnya dapat dilakukan untuk pola data yang berbeda. Namun, pemrosesan awal terhadap input dalam ANN dengan menggunakan metode deret berkala tersebut harus disesuaikan terlebih dahulu dengan pola data yang ada.

4.2. Analisis Hasil Peramalan

Pola pertumbuhan jumlah kendaraan di masa lalu menunjukkan pola naik turun, namun selama empat tahun terakhir memiliki kecenderungan terus meningkat. Penurunan jumlah kendaraan yang terjadi pada tahun 2004 hingga tahun 2008 antara lain disebabkan oleh perubahan kebijakan seperti kenaikan tarif tol, kenaikan harga bahan bakar minyak yang sempat mencapai Rp.6000,00, pembukaan ruas tol baru oleh operator jalan tol lainnya, serta pelarangan untuk melewati ruas tol dalam kota pada jam tertentu bagi kendaraan truk dan sejenisnya.

Pembukaan ruas tol *Jakarta Outer Ring Road* hingga Bumi Serpong Damai oleh operator Jalan Lingkar Jakarta menyebabkan kendaraan yang menuju selatan luar Jakarta seperti Bintaro, Tangerang, dan Bumi Serpong Damai, tidak lagi harus melewati Tol Dalam Kota untuk menuju ke arah-arah tersebut. Selain itu, pengalihan arus truk ke ruas tol Tanjung Priuk yang menyebabkan tersendatnya arus lalu lintas di ruas tol tersebut dan terurainya kemacetan di Cawang karena telah dibukanya *underpass* Cawang turut mempengaruhi kendaraan untuk lebih memilih jalur non-tol. Salah satu kekurangan dalam penelitian ini adalah tidak mempertimbangkan pemberlakuan kebijakan-kebijakan yang mungkin mempengaruhi jumlah kendaraan di gerbang tol Cililitan.

Berdasarkan hasil peramalan, jumlah kendaraan yang melewati Gerbang Tol Cililitan memiliki kecenderungan meningkat dengan persentase rata-rata sebesar 1.05%. Untuk kendaraan golongan I, 1% untuk kendaraan non-golongan I, dan 0.6% secara keseluruhan. Oleh karena itu, proses perbaikan pelayanan yang dilakukan harus dapat mengatasi kenaikan jumlah kendaraan untuk beberapa tahun ke depan.

4.3. Analisis Model Simulasi

Pendefinisian elemen-elemen dasar model dilakukan sebagai langkah awal dalam pembuatan model simulasi. Elemen-elemen tersebut disesuaikan dengan kondisi sebenarnya. Pada model Gerbang Tol Cililitan ini, terdapat tujuh buah entitas berupa golongan kendaraan, dan 40 lokasi berupa titik kedatangan, jalur antrian dan gardu tol. Proses kedatangan entitas ke dalam sistem juga turut didefinisikan di dalam entitas Kedatangan. Sedangkan untuk proses atau rute yang dilalui oleh entitas di dalam sistem secara keseluruhan didefinisikan pada entitas Proses.

Uji distribusi terhadap data jumlah kedatangan yang berasal dari hasil observasi lapangan dilakukan untuk menentukan distribusi yang akan digunakan dalam pendefinisian distribusi kedatangan dari masing-masing golongan kendaraan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedatangan kendaraan untuk setiap golongan kendaraan berdistribusi Poisson.

Uji distribusi juga dilakukan terhadap waktu pelayanan. Dalam hal ini yang dimaksud dengan waktu pelayanan adalah waktu ketika entitas masuk ke dalam lokasi pelayanan untuk melakukan transaksi hingga transaksi selesai dilakukan dan entitas meninggalkan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu pelayanan untuk setiap golongan kendaraan berdistribusi Normal.

Parameter yang digunakan untuk validasi model antara lain adalah jumlah kendaraan yang masuk dan keluar dari sistem. Hasil perbandingan parameter-parameter antara model simulasi dengan kondisi riil memiliki nilai error rata-rata sebesar 8.97%. Hal ini menunjukkan bahwa model simulasi mendekati kondisi sebenarnya. Untuk nilai error terbesar terdapat pada jumlah kendaraan golongan V yang masuk ke dalam sistem, yaitu sebesar 50%. Hal ini disebabkan karena nilai

jumlahnya yang kecil yaitu sebesar 4 unit, sehingga perbedaan 1 unit kendaraan dapat menghasilkan angka *error* yang besar.

4.4. Analisis Eksperimen

4.4.1. Analisis Jumlah Gardu Tol Minimal untuk Eksperimen

Jumlah gardu tol minimal ditentukan sebagai jumlah dasar gardu tol dalam eksperimen. Jumlah gardu tol minimal untuk setiap kombinasi persentase pengguna sistem pembayaran ini dihitung dengan menggunakan teori antrian. Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan *software* Promodel, diperoleh hasil bahwa antrian yang terjadi dengan mengoperasikan jumlah gardu tol minimal berdasarkan teori antrian tersebut masih memiliki rata-rata antrian yang belum memenuhi standar pelayanan minimum, yaitu melebihi rata-rata sepuluh kendaraan di dalam antrian. Sehingga eksperimen dilakukan dengan menambah jumlah gardu tol yang dioperasikan hingga kondisi antrian minimum tercapai.

4.4.2. Analisis Hasil Ekperimen untuk Tahun Peramalan 2017

Eksperimen tahun peramalan 2017 dilakukan dengan menggunakan alat bantu *software* Promodel. Untuk hasil eksperimen secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran.

Berdasarkan hasil eksperimen, diperoleh jumlah gardu minimal yang harus dioperasikan untuk setiap kombinasi persentase sistem pembayaran yang memenuhi standar pelayanan minimum seperti pada tabel 4.1. ,dan jumlah gardu yang memiliki kondisi rata-rata antrian terkecil untuk setiap kombinasi persentase pengguna sistem pembayaran tunai, *e-toll*, dan *e-pass* pada tahun peramalan 2017 yang dapat dilihat pada tabel 3.25.

Untuk sistem pembayaran tunai, perlu dilakukan penambahan gardu yang dioperasikan untuk setiap penambahan persentase pengguna sebesar 5%. Untuk sistem pembayaran *e-toll*, perlu dilakukan penambahan gardu untuk setiap jumlah persentase pengguna sebesar 15%, 25%, 35%, 45%, dan 55%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk setiap penambahan persentase pengguna *e-toll* sebesar

10%, mulai dari persentase dasar 5%, diperlukan penambahan satu gardu pelayanan e-toll. Sama halnya dengan sistem pembayaran *e-pass*, perlu dilakukan penambahan gardu untuk setiap jumlah persentase pengguna sebesar 5%, 25, dan 45%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk setiap penambahan persentase pengguna *e-pass* sebesar 20%, mulai dari persentase dasar 5%, diperlukan penambahan satu gardu pelayanan *e-pass*.

Peningkatan jumlah pengguna sistem pembayaran elektronik dan penyesuaian jumlah gardu yang dioperasikan mampu mereduksi antrian hingga mencapai rata-rata satu kendaraan di dalam antrian. Namun, hal tersebut dapat terjadi jika kondisi persentase pengguna sistem pembayaran tunai, *e-toll*, dan *e-pass* serta kondisi pengoperasian gardu sama dengan kondisi eksperimen yang menghasilkan antrian terpendek. Misalnya, dengan jumlah gardu yang dioperasikan saat ini dimana terdapat 13 gardu untuk sistem pembayaran tunai dan 4 gardu untuk sistem pembayaran elektronik, kondisi antrian yang memenuhi standar pelayanan minimum dapat tercapai jika perbandingan antara persentase pengguna sistem pembayaran uang tunai dan elektronik adalah sebesar 75% dan 25%. Namun, pada kondisi saat ini dimana perbandingan persentase sekitar 90% untuk pembayaran tunai dan 10% untuk pembayaran elektronik, maka jumlah gardu minimal yang seharusnya dioperasikan adalah 16 gardu tunai dan 1 gardu elektronik sedangkan untuk kondisi lima tahun ke depan, diperlukan 16 gardu tunai dan 2 gardu elektronik.

Untuk kondisi jumlah pengguna sistem pembayaran tunai sebesar 80% hingga 90%, rata-rata jumlah gardu yang diperlukan secara keseluruhan sebanyak 18 gardu. Pada Gerbang Tol Cililitan, penambahan gerbang tidak bisa dilakukan karena keterbatasan lahan, untuk itu perlu dilakukan pengalihan kendaraan dari sistem pembayaran tunai ke sistem pembayaran elektronik. Jika jumlah pengguna sistem pembayaran elektronik pada lima tahun ke depan mencapai 25%, maka antrian di gerbang tol dapat teratasi. Selain itu, dengan berkurangnya jumlah pengguna sistem pembayaran tunai dan bertambahnya jumlah pengguna sistem elektronik, dapat mengurangi jumlah gardu yang dioperasikan secara keseluruhan, seperti yang terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jumlah Gardu Tol Minimal Hasil Simulasi Eksperimen Tahun 2017

Persentase Pengguna			Jumlah Gardu Minimum			Rata-rata Antrian pada Gardu			
Tunai	E-Toll	E-Pass	Tunai	E-Toll	E-Pass	Tunai	E-Toll	E-Pass	Rata-rata
0.9 *	0.1	0	13	4	0	37.126	8.29	0	15.1387
0.9**	0.1	0	16	1	0	5.0843	4.4373	0	4.76078
0.9 ***	0.1	0	13	4	0	49.34	6.19	0	18.5101
90%	10%	0%	16	2	0	9.58	0.24	0.00	3.27
85%	15%	0%	16	2	0	9.58	0.24	0.00	3.27
85%	10%	5%	16	2	1	4.05	0.18	0.07	1.43
80%	20%	0%	15	3	0	4.33	0.61	0.00	1.65
80%	15%	5%	15	2	1	4.33	1.16	0.07	1.85
80%	10%	10%	15	2	1	4.33	0.18	0.19	1.57
75%	25%	0%	14	3	0	4.55	1.85	0.00	2.13
75%	20%	5%	14	3	1	4.55	0.62	0.07	1.75
75%	15%	10%	14	2	1	4.55	1.16	0.21	1.97
75%	10%	15%	14	2	1	4.54	0.24	0.74	1.84
70%	30%	0%	13	4	0	4.82	1.04	0.00	1.95
70%	25%	5%	13	3	1	4.85	1.85	0.08	2.26
70%	20%	10%	13	3	1	4.82	0.62	0.19	1.88
70%	15%	15%	13	2	1	4.82	1.03	0.75	2.20
70%	10%	20%	13	2	1	4.84	0.24	4.43	3.17
65%	35%	0%	12	4	0	5.21	2.63	0.00	2.61
65%	30%	5%	12	4	1	5.19	1.03	0.02	2.08
65%	25%	10%	12	3	1	5.19	0.24	0.20	1.88
65%	20%	15%	12	3	1	5.19	1.85	0.20	2.41
65%	15%	20%	12	3	1	5.19	0.62	0.70	2.17
65%	10%	25%	12	2	1	5.19	1.03	5.28	3.55
60%	40%	0%	11	5	0	5.72	1.44	0.00	2.39
60%	35%	5%	11	4	1	5.72	2.63	0.03	2.79
60%	30%	10%	11	4	1	5.70	1.03	0.20	2.31
60%	25%	15%	11	3	1	5.68	1.85	0.77	2.77
60%	20%	20%	11	2	1	5.68	1.05	4.43	3.72
60%	15%	25%	11	2	2	5.70	1.04	0.39	2.38
60%	10%	30%	11	2	2	5.68	0.33	0.75	2.25
55%	45%	0%	10	5	0	6.44	3.37	0.00	3.27
55%	40%	5%	10	5	1	6.44	1.44	0.03	2.64
55%	35%	10%	10	4	1	6.41	2.63	0.20	3.08
55%	30%	15%	10	4	1	6.44	1.03	0.77	2.75
55%	25%	20%	10	3	1	6.41	1.85	4.43	4.23
55%	20%	25%	10	3	2	6.41	0.62	0.39	2.47
55%	15%	30%	10	2	2	6.41	1.04	0.75	2.73
55%	10%	35%	10	2	2	6.42	0.34	1.58	2.78
50%	50%	0%	9	6	0	7.56	1.85	0.00	3.14
50%	45%	5%	9	5	1	7.52	3.36	0.04	3.64
50%	40%	10%	9	5	1	7.52	1.45	0.20	3.05
50%	35%	15%	9	4	1	7.52	2.63	0.72	3.62
50%	30%	20%	9	4	1	7.56	1.06	4.43	4.35
50%	25%	25%	9	3	2	7.59	1.85	0.39	3.28

Keterangan : * : kondisi saat ini

** : kondisi gardu minimal yang dibutuhkan saat ini

*** : komdisi untuk lima tahun ke depan jika konfigurasi gardu tetap

**Tabel 4.1 Jumlah Gardu Tol Minimal Hasil Simulasi Eksperimen
Tahun 2017(lanjutan)**

Persentase Pengguna			Jumlah Gardu Minimum			Rata-rata Antrian pada Gardu			
Tunai	E-Toll	E-Pass	Tunai	E-Toll	E-Pass	Tunai	E-Toll	E-Pass	Rata-rata
50%	20%	30%	9	3	2	7.59	0.62	0.75	2.99
50%	15%	35%	9	2	2	7.59	1.03	1.57	3.40
50%	10%	40%	9	2	2	7.61	0.21	4.43	4.08
45%	55%	0%	8	6	0	9.61	4.06	0.00	4.56
45%	50%	5%	8	6	1	9.66	1.85	0.03	3.85
45%	45%	10%	8	5	1	9.66	3.37	0.20	4.41
45%	40%	15%	8	5	1	9.52	3.30	0.75	4.53
45%	35%	20%	8	4	1	9.63	2.56	4.43	5.54
45%	30%	25%	8	4	2	9.59	1.08	0.39	3.69
45%	25%	30%	8	3	2	8.00	3.00	2.00	9.55
45%	20%	35%	8	3	2	9.59	0.64	1.59	3.94
45%	15%	40%	8	2	2	9.61	1.03	4.43	5.03
45%	10%	45%	8	2	3	9.59	0.21	0.75	3.52
40%	60%	0%	8	7	0	2.42	2.24	0.00	1.56
40%	55%	5%	8	6	1	2.39	4.07	0.03	2.17
40%	45%	15%	8	6	1	2.38	1.84	0.19	1.47
40%	40%	20%	8	6	1	2.38	1.03	0.77	1.39
40%	35%	25%	8	4	2	2.38	2.56	0.37	1.77
40%	30%	30%	8	4	2	2.38	2.56	0.37	1.77
40%	25%	35%	8	4	2	2.38	1.08	0.81	1.42
40%	20%	40%	8	3	2	2.37	1.79	1.57	1.91
40%	15%	45%	8	3	2	2.37	0.62	4.44	2.48
40%	10%	50%	8	2	3	2.37	0.24	1.21	1.27

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Peramalan jumlah kendaraan dilakukan dengan menggunakan metode *seasonal* ARIMA dan ANN. Kombinasi kedua metode tersebut mampu menghasilkan hasil peramalan yang lebih baik daripada metode untuk data musiman lainnya seperti metode *seasonal exponential smoothing* dan metode *winter's*. Berdasarkan hasil peramalan tersebut, jumlah kendaraan yang melewati Gerbang Tol Cililitan memiliki kecenderungan meningkat dengan persentase rata-rata 1.05%. untuk kendaraan golongan I, 1% untuk kendaraan non-golongan I, dan 0.6% secara keseluruhan.

Eksperimen yang dilakukan terhadap kombinasi persentase pengguna dan jumlah gardu yang dioperasikan pada setiap jenis pembayaran menghasilkan jumlah gardu minimal yang harus dioperasikan untuk setiap persentase pengguna. Selain itu, eksperimen juga menghasilkan konfigurasi gardu untuk setiap kombinasi persentase pengguna sistem pembayaran tunai, *e-toll*, dan *e-pass* yang dapat menghasilkan rata-rata antrian terpendek.

Berdasarkan hasil eksperimen, peningkatan jumlah pengguna sistem pembayaran elektronik dan penyesuaian jumlah gardu yang dioperasikan dapat mereduksi antrian hingga mencapai rata-rata satu kendaraan di dalam antrian serta dapat mengurangi jumlah gardu yang dibutuhkan secara keseluruhan. Namun, hal tersebut dapat terjadi jika terjadi keseimbangan antara persentase pengguna sistem pembayaran tunai, *e-toll*, dan *e-pass* dengan konfigurasi gardu yang dioperasikan untuk setiap jenis pembayaran. Meskipun jumlah pengguna sistem pembayaran elektronik meningkat, namun jika jumlah gardu yang disediakan untuk melayani sistem pembayaran tersebut kurang dari jumlah gardu minimal yang harus dioperasikan maka antrian panjang tetap akan terjadi. Setidaknya harus terdapat minimal 25% pengguna sistem pembayaran elektronik untuk mengatasi kondisi antrian untuk lima tahun ke depan. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu upaya yang dapat menarik pengguna sistem pembayaran tunai untuk beralih menggunakan sistem pembayaran elektronik, baik *e-toll* maupun *e-pass*, sehingga

masalah antrian di gerbang tol yang disebabkan oleh transaksi pembayaran dapat teratasi.

5.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, peramalan jumlah kendaraan dapat dilakukan dengan mempertimbangkan kebijakan-kebijakan transportasi yang dapat mempengaruhi kondisi jumlah kendaraan yang memasuki gerbang tol Cililitan.

Dalam menganalisis alternatif solusi, perlu dilakukan perbandingan keuntungan (*benefit*) yang diterima dan biaya (*cost*) yang harus dikeluarkan, baik dari pihak pengelola maupun pengguna jalan tol, untuk pengoperasian setiap konfigurasi gerbang tol. Hal tersebut diperlukan agar alternatif solusi yang dihasilkan lebih optimal.

Selain itu, perlu dilakukan survey untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi para pengguna jalan tol dalam memutuskan untuk menggunakan tiap sistem pembayaran. Survey ini dapat menjadi masukan bagi pihak pengelola jalan tol dalam menyusun strategi yang menarik para pengguna jalan tol untuk menggunakan sistem pembayaran elektronik

DAFTAR REFERENSI

- Guo, Qiang., Liu, Jian-Guo (2006). Optimizaton Model of the Highway Toll Plaza Traffic Capacity. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 29, 225-232.
- Harrell, C.R., Bateman, R.E., Gogg, T.J., dan Mott, J.R.A. (1995). *System Improvement Using Simulation*. Utah : JMI Consulting Group and Promodel Corporation
- Ito, Trueaki, dan Hiramoto Tomoyuki (2006). A General Simulation Approach to ETC Toll Traffic Congestion. *J.Intell Manuf*, Springer Science Business Media
- Kim, B.J (2008). *Sensitivity Analysis of Traffic Flow Patterns on Toll Plaa Performance using a Simulation*. Proceedings of the 2008 Industrial Engineering Research Conference.
- Kim, Seongmoon (2009). The Toll Plaza Optimization Problem: Design, Operations, and Strategies. *Trabsportation Research Part E*, 45, 125-137.
- Makridakis, Spyros., Wheelwright, Steven C., dan McGEe, Victor E (1991). *Metode dan Aplikasi Peramalan* (Untung Sus Andriyanto & Abdul Basith, Penerjemah). Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Park, Kyung-Chul., Rhee, Sung-Mo., dan Shin, Hae-Sook (2007). Optimal Integrated Operation Strategy for Highway Tollgate. *IEEE Computer Society*.
- Strang, Kenneth David (2012). Importance of Verifying Queue Model Assumptions Before Planning with Simulation Software. *European Journal of Operation Research*, 218, 493-504.
- Tamin, Ofyzar Z. (2003). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Bandung : Penerbit ITB.
- Tseng, Fang-Mei., Yu, Hsiao-Cheng., dan Tzeng Gwo-Hsiung (2002). Combining Neural Network Model with Seasonal Time Series ARIMA model. *Technological Forecasting & Social Change*, 69, 71-87.
- Van Dijk, Nico M., Hermans, Mark D., dan Teunisse, Maurice J.G. (1990). *Designing the Westerscheldetunnel Toll Plaza Using A Combination of Queueing and Simulation*. Proceedings of the 1990 Winter Simulation Conference.
- Zarillo, M.L., Radwan, A.E., dan Al-Deek,H.M (1997). Modelling Traffic Operations at Electronic Toll Collection and Traffic Management System. *Computersind.Engng*, 33, 857-860.

LAMPIRAN I

**HASIL OBSERVASI WAKTU KEDATANGN DAN WAKTU
PELAYANAN DI GERBANG TOL CILILITAN**



SURVEY LALIN HARI PERTAMA

MENIT KE-	GOL 1	GOL 1 GTO	GOL. 2	GOL. 3	GOL. 4	GOL.5	SUBTOTAL	MENIT KE-	GOL 1	GOL 1 GTO	GOL. 2	GOL. 3	GOL. 4	GOL.5	SUBTOTAL	TOTAL
1	120	14	2	2	0	1	139	31	121	14	1	0	0	0	136	275
2	109	9	1	0	0	0	119	32	104	16	3	0	0	0	123	242
3	104	16	2	0	0	0	122	33	117	9	1	0	0	0	127	249
4	100	13	1	1	0	0	115	34	110	17	0	0	0	0	127	242
5	121	14	1	0	0	0	136	35	109	15	2	0	1	0	127	263
6	110	12	2	1	0	1	126	36	112	14	0	0	0	0	126	252
7	108	12	3	0	0	0	123	37	108	12	3	1	0	0	124	247
8	104	10	2	0	0	0	116	38	97	14	0	0	0	0	111	227
9	107	18	2	0	0	0	127	39	114	11	2	0	0	0	127	254
10	106	15	0	0	0	0	121	40	103	14	1	0	0	0	118	239
11	104	12	2	0	0	0	118	41	106	12	1	0	0	0	119	237
12	116	17	1	0	0	0	134	42	100	10	2	1	0	1	114	248
13	105	11	0	0	0	0	116	43	98	16	1	0	1	0	116	232
14	103	13	4	2	0	0	122	44	99	11	1	1	0	0	112	234
15	106	10	3	1	1	0	121	45	103	14	3	0	0	0	120	241
16	114	13	1	0	0	0	128	46	111	16	1	0	0	0	128	256
17	102	13	2	1	0	0	118	47	107	10	0	0	0	0	117	235
18	99	14	2	0	0	0	115	48	99	12	2	0	0	0	113	228
19	105	17	1	0	0	0	123	49	102	14	2	1	0	0	119	242
20	120	12	3	1	0	0	136	50	95	10	1	0	0	0	106	242
21	115	15	2	0	0	0	132	51	109	8	3	0	0	0	120	252
22	118	14	3	0	0	0	135	52	102	11	3	1	0	0	117	252
23	113	12	1	0	0	0	126	53	100	15	2	0	1	0	118	244
24	100	15	1	1	0	0	117	54	104	12	1	0	0	0	117	234
25	102	19	1	0	0	0	122	55	99	11	2	0	0	0	112	234
26	98	13	1	2	0	0	114	56	121	16	1	2	0	0	140	254
27	108	17	2	0	0	0	127	57	101	14	1	0	0	0	116	243
28	121	19	0	1	0	0	141	58	97	15	2	1	0	0	115	256
29	109	15	2	0	0	0	126	59	109	12	1	0	0	0	122	248
30	110	13	1	0	0	0	124	60	105	15	1	0	0	0	121	245
Total	3257	417	49	13	1	2	3739		3162	390	44	8	3	1	3608	7347

Sumber : Hasil Pengamatan

SURVEY LALIN HARI KETIGA

MENIT KE-	GOL 1	GOL 1 GTO	GOL. 2	GOL. 3	GOL. 4	GOL.5	SUBTOTAL	MENIT KE-	GOL 1	GOL 1 GTO	GOL. 2	GOL. 3	GOL. 4	GOL.5	SUBTOTAL	TOTAL
1	102	17	1	1	0	0	121	31	109	18	0	0	0	0	127	248
2	103	11	0	0	0	0	114	32	108	13	2	1	0	0	124	238
3	98	10	2	0	0	0	110	33	102	10	3	1	1	0	117	227
4	98	13	1	1	0	0	113	34	120	11	1	0	0	0	132	245
5	103	12	1	0	1	0	117	35	112	16	1	2	0	0	131	248
6	99	15	0	1	0	0	115	36	108	13	1	0	0	0	122	237
7	98	16	3	0	0	0	117	37	119	16	1	0	0	0	136	253
8	116	11	2	0	0	0	129	38	93	11	1	0	0	0	105	234
9	114	15	4	1	0	0	134	39	102	14	1	0	0	0	117	251
10	115	17	0	0	0	0	132	40	111	15	0	0	0	0	126	258
11	99	15	1	0	0	1	116	41	102	12	1	0	0	0	115	231
12	101	18	3	0	0	0	122	42	89	13	2	0	0	0	104	226
13	109	10	1	1	0	0	121	43	101	14	4	0	0	0	119	240
14	106	13	4	0	0	0	123	44	118	11	1	1	0	0	131	254
15	102	16	2	0	0	0	120	45	120	13	2	1	0	0	136	256
16	103	14	1	0	0	0	118	46	119	12	2	0	0	0	133	251
17	96	12	1	0	0	0	109	47	105	16	2	1	0	0	124	233
18	111	15	2	1	0	1	130	48	97	15	1	0	0	0	113	243
19	102	15	1	0	1	0	119	49	115	11	2	0	0	0	128	247
20	97	11	0	0	1	0	109	50	103	10	1	1	0	0	115	224
21	95	10	1	0	0	0	106	51	117	10	2	0	0	0	129	235
22	90	10	1	0	0	0	101	52	115	11	2	1	0	1	130	231
23	94	17	1	0	0	0	112	53	113	12	3	0	0	0	128	240
24	108	14	3	0	0	0	125	54	104	13	0	1	0	0	118	243
25	96	11	2	0	0	0	109	55	102	11	2	0	0	0	115	224
26	101	9	1	0	0	0	111	56	92	14	3	0	0	0	109	220
27	106	12	2	0	0	0	120	57	105	15	1	0	0	0	121	241
28	100	18	2	0	1	0	121	58	99	11	1	0	0	0	111	232
29	96	17	1	1	0	0	115	59	98	16	1	0	0	0	115	230
30	120	12	0	0	0	0	132	60	99	12	0	0	0	0	111	243
Total	3078	406	44	7	4	2	3541		3197	389	44	10	1	1	3642	7183

Sumber : Hasil Pengamatan

SURVEY LALIN HARI KEEMPAT

MENIT KE-	GOL 1	GOL 1 GTO	GOL. 2	GOL. 3	GOL. 4	GOL.5	SUBTOTAL	MENIT KE-	GOL 1	GOL 1 GTO	GOL. 2	GOL. 3	GOL. 4	GOL.5	SUBTOTAL	TOTAL
1	99	13	1	0	0	0	113	31	94	13	2	0	0	0	109	222
2	93	13	0	0	0	0	106	32	85	11	0	0	1	0	97	203
3	97	12	2	0	0	0	111	33	95	13	2	0	0	0	110	221
4	122	17	2	0	0	0	141	34	97	13	2	1	0	0	113	254
5	117	16	1	1	0	0	135	35	112	15	1	2	0	0	130	265
6	104	15	1	0	0	0	120	36	114	16	3	0	0	0	133	253
7	111	15	2	0	0	0	128	37	120	17	2	0	0	0	139	267
8	116	16	1	0	0	0	133	38	106	15	2	0	0	0	123	256
9	91	12	1	0	0	0	104	39	119	16	2	0	0	0	137	241
10	98	13	1	0	0	0	112	40	112	15	1	2	0	1	131	243
11	108	15	2	1	0	0	126	41	120	16	1	0	0	0	137	263
12	99	10	1	0	0	0	110	42	93	10	1	1	0	0	105	215
13	96	13	1	0	0	0	110	43	115	17	2	0	0	0	134	244
14	108	15	1	0	0	0	124	44	96	14	1	0	0	0	111	235
15	84	11	2	1	0	0	98	45	119	16	1	0	0	0	136	234
16	86	12	1	0	0	0	99	46	120	16	2	1	0	0	139	238
17	90	12	3	0	0	0	105	47	103	14	0	2	0	0	119	224
18	92	13	2	1	0	0	108	48	121	19	1	0	1	0	142	250
19	78	11	1	0	0	0	90	49	124	18	1	0	0	0	143	233
20	94	13	2	2	0	0	111	50	117	15	1	2	0	1	136	247
21	115	16	3	1	0	0	135	51	122	17	2	0	0	0	141	276
22	104	14	1	0	0	0	119	52	111	15	3	0	0	0	129	248
23	94	11	0	0	0	0	105	53	99	13	0	0	0	0	112	217
24	108	15	3	0	0	0	126	54	124	16	1	2	0	0	143	269
25	121	17	0	1	0	0	139	55	110	15	1	0	0	0	126	265
26	108	15	1	0	0	0	124	56	102	14	1	0	0	0	117	241
27	93	12	3	1	0	0	109	57	93	12	0	1	0	0	106	215
28	100	14	1	0	0	0	115	58	95	10	1	0	0	0	106	221
29	97	12	1	0	0	0	110	59	96	13	3	0	0	0	112	222
30	105	10	0	0	0	0	115	60	107	12	1	0	0	0	120	235
Total	3028	403	41	9	0	0	3481		3241	436	41	14	2	2	3736	7217

Sumber : Hasil Pengamatan

Survey Waktu Pelayanan

		Gol.1			Gol.2	Gol.3	Gol.4	Gol.5	E-toll		
6.98	8.39	6.98	7	8.94	6.1	7.93	13.2	11.39	5.84	3.98	4.7
6.71	6.58	6.71	6.73	11.04	8.21	12.56	10.06	9.71	4.62	4.29	3.98
5.94	6.43	5.94	5.96	10.39	7.95	8.36	11.62	12.66	3.52	4.1	4.14
5.35	5.58	5.35	5.37	7.7	6.58	7.36	13.63	13.47	4.57	4.36	4.4
8.58	6.26	8.58	8.6	7.64	7.41	7.84	9.27	11.95	4.4	4.27	4.33
5.5	9.87	5.5	5.52	6.92	6.31	10.63			4.5	4.6	
4.54	4.93	4.54	4.56	7.52	4.81				4.71	3.88	
9.71	7.57	9.71	9.73	7.66	12.46				3.58	4.04	
10.08	6.55	10.08	10.1	6.66	9.38				4.71	4.3	
8.24	7.63	8.24	8.26	10.48	5.94				4.4	4.23	
4.03	7.31	4.03	4.04	7.35	4.11				4.9	4.29	
9.94	7.64	9.94	9.96	8.42	10.49				4.63	4.01	
5.35	10.34	5.35	7.37	6.61	8.42				4.06	4.2	
8.15	5.55	8.15	8.17	7.46	7.02				3.98	4.18	
12.07	6.97	12.07	12.09	6.61	6.19				3.84	5.9	
5.91	9.2	5.91	5.93	7.29	9.01				4.07	4.68	
6.4	8.31	6.4	6.42	9.9	8.49				4.23	3.58	
7.16	6.61	7.16	7.18	4.96	7.97				4.44	4.63	
7.95	7.37	7.95	7.97	7.6	7.13				4.13	4.46	
10.38	7.78	8.59	8.61	7	4.99				4.25	4.56	
8.59	7.09	3.93	3.95	6.73	9.17				4.33	4.77	
3.93	8.41	7.49	7.51	5.96	7.02				3.77	4.39	
7.49	10.34	6.78	6.8	5.37	9.49				4.13	4.3	
6.78	4.91	6.41	6.43	8.6	10.37				4.7	4.63	
6.41	6.08	6.18	6.2	5.52	8.25				4.28	3.91	
6.18	9.41	8.3	8.32	4.56					4.55	4.07	
8.3	6.39	8.2	8.22	9.73					4.2	4.33	
8.2	8.23	4.74	4.76	10.1					4.33	4.26	
4.74	8.32	6.02	6.04	8.26					4.29	4.32	
6.02	8.02	8.89	8.91	4.05					4.91	4.04	
8.89	7.2	10.99	7.03	9.96					5.14	4.23	
10.99	8.65	10.34	6.76	5.37					4.06	4.04	
10.34	8.1	5.65	5.99	8.17					4.26	4.26	
5.65	7.57	5.59	5.4	12.09					4.6	4.6	
5.59	6.11	6.87	8.63	5.93					4.22	4.16	
6.87	9.36	5.97	5.55	6.42					4.58	3.88	
5.97	11.4	5.61	4.59	7.18					4.37	4.21	
5.61	4.86	6.61	9.76	7.97					4.47	4.68	
6.61	5.87	10.43	10.13	9.37					4.2	4.36	
10.43	8.48	5.3	8.29	8.61					5.19	5.01	
5.3	10.33	8.37	4.08	3.95					4.82	4.47	
8.37	4.5	6.56	9.99	7.51					3.86	3.97	
6.56	6.98	5.41	5.4	6.8					4.29	4.28	
5.41	8.23	5.56	8.2	6.43					4.18	4.09	
5.56	6.91	6.24	12.12	6.2					4.7	4.35	
6.24	8.45	9.85	5.96	8.32					4.21	4.15	
9.85	11.41	4.91	6.45	8.22					4.06	4.37	
4.91	9.53	7.55	7.21	4.76					3.95	4.71	
7.55	7.31	6.53	8	6.04					4.11	4.27	
6.53	6.42	7.61	10.36	8.91					3.86	3.99	
7.61	7.56	9.98	8.64	11.01					4.05	4.32	
9.98	8.2	10.52	5.98	10.36					4.27	4.79	
10.52	5.1	6.44	7.54	5.67					4.61	4.47	
6.44	9.56	5.23	6.83	5.61					4.17	5.12	
5.23	7.91	5.21	6.46	6.89					3.89	4.58	
5.21	8.09	7.01	8.23	5.99					4.22	4.08	
7.01	6.97	10.11	8.35	5.63					4.69	4.39	
10.11	7.53	8.79	8.25	6.63					4.37	4.2	
8.79	8.37	6.48	4.79	10.45					5.02	4.46	
6.48	9.4	7.41	6.07	5.32					4.48	4.37	

Sumber : Hasil Pengamatan

LAMPIRAN II

**DATA VOLUME LALU LINTAS PER BULAN DI
GERBANG TOL CILILITAN**



DATA LALU LINTAS GT.CILILITAN TAHUN 2003

	AU	I	IIA	IIB	LLS	DNS	TOTAL
Januari	33780	1893266	25691	43246	947	8771	2005701
Februari	30126	1669331	21071	35925	587	7528	1764568
Maret	33042	1875810	23787	40901	1060	8016	1982616
April	32950	1820266	23617	40773	715	7814	1926135
Mei	33114	1928041	24076	42805	805	8188	2037029
Juni	60326	1882815	26555	41365	904	8318	2020283
Juli	87825	1976859	29152	44030	784	8462	2147112
Agustus	87550	1876610	27689	47066	1050	8525	2048490
September	94636	1952313	30063	49109	818	8323	2135262
Oktober	119099	2106127	30345	51003	845	8419	2315838
November	97486	1781077	18268	34793	550	7483	1939657
Desember	117796	2019240	22701	40907	1280	8408	2210332
TOTAL	827730	22781755	303015	511923	10345	98255	24533023

Sumber : Jasa Marga

DATA LALU LINTAS GT.CILILITAN TAHUN 2004

	AU	I	IIA	IIB	LLS	DNS	TOTAL
Januari	128534	2008635	23884	42530	858	8112	2212553
Februari	85963	1871337	26714	50440	639	7222	2042315
Maret	88588	2012568	32345	58592	2626	8015	2202734
April	82075	1865813	29178	54711	722	7666	2040165
Mei	92902	2029288	31326	63452	860	7810	2225638
Juni	96414	2048386	33778	63352	917	7935	2250782
Juli	90312	2118112	34169	68010	1170	7712	2319485
Agustus	84960	2074019	34817	72188	1350	7904	2275238
September	84760	2001883	33949	70628	2033	7777	2201030
Oktober	81743	2068490	36182	70684	1346	7876	2266321
November	82348	1869083	23153	57397	907	7265	2040153
Desember	84809	2149260	34308	71998	1594	7952	2349921
TOTAL	1083408	24116874	373803	743982	15022	93246	26426335

Sumber : Jasa Marga

DATA LALU LINTAS GT.CILILITAN TAHUN 2005

	AU	I	IIA	IIB	LLS	DNS	TOTAL
Januari	82396	2001973	30477	64318	1193	7513	2187870
Februari	74035	1817425	29609	62121	1132	7054	1991376
Maret	79442	1969535	31928	66957	859	7724	2156445
April	78803	1935008	29889	63331	1592	7867	2116490
Mei	81838	1971981	31193	66809	1104	8207	2161132
Juni	85828	1981644	31764	64539	2342	8274	2174391
Juli	89277	2081847	31983	70438	2193	7924	2283662
Agustus	64951	2019924	43967	83317	1653	8552	2222364
September	24266	1972482	65598	77145	1956	8463	2149910
Oktober	28483	1770181	51547	66545	1386	8588	1926730
November	23067	1686837	48520	50196	1419	7726	1817765
Desember	22894	1963750	60149	64318	1627	8932	2121670
TOTAL	735280	23172587	486624	800034	18456	96824	25309805

Sumber : Jasa Marga

DATA LALU LINTAS GT.CILILITAN TAHUN 2006

	AU	I	IIA	IIB	LLS	DNS	TOTAL
Januari	26425	1872987	50738	58003	1953	8283	2018389
Februari	26549	1679061	45569	59038	1389	8148	1819754
Maret	24521	1875982	55494	61475	1603	9155	2028230
April	28048	1819063	47402	59224	1494	8535	1963766
Mei	29390	1890271	48732	65926	1343	9628	2045290
Juni	26206	1950312	55649	65327	1464	9505	2108463
Juli	32759	2058911	52213	66566	1735	9437	2221621
Agustus	32213	1959699	51084	65177	1924	9265	2119362
September	29313	1963394	54662	72004	1613	8964	2129950
Oktober	28341	1792017	41741	54701	1450	9026	1927276
November	31149	1929800	50764	67640	1977	9236	2090566
Desember	20932	1980833	58903	69432	2133	9214	2141447
TOTAL	335846	22772330	612951	764513	20078	108396	24614114

Sumber : Jasa Marga

DATA LALU LINTAS GT.CILILITAN TAHUN 2007

	AU/ I	I/II	IIA/ III	IIB/ IV	V	LLS	DNS	TOTAL
Januari	31465	1963489	48045	65596		1744	9014	2119353
Februari	25256	1587705	38628	60109		2976	7737	1722411
Maret	25885	1960155	52836	66082		1771	9831	2116560
April	27836	1885372	46666	71291		1640	9444	2042249
Mei	29224	1971097	50616	75780		1628	10037	2138382
Juni	21278	1973035	60788	66672		1467	9983	2133223
Juli	28756	2093396	52833	76736		1535	9472	2262728
Agustus	22280	1978691	58215	77532		1790	9462	2147970
September	1632202	106166	54948	14385	8293	1525	8902	1826421
Oktober	1594681	89127	40392	11422	6337	1903	10175	1754037
November	1697420	124995	53011	14664	7881	1492	9858	1909321
Desember	1715827	115226	43139	13099	7580	1553	9298	1905722
TOTAL	6852110	15848454	600117	613368	30091	21024	113213	24078377

Sumber : Jasa Marga

DATA LALU LINTAS GT.CILILITAN TAHUN 2008

	I	II	III	IV	V	LLS	DNS	TOTAL
Januari	1713471	120903	44976	14279	8019	1839	9167	1912654
Februari	1550653	108723	35949	13260	6541	1550	9100	1725776
Maret	1723019	114406	44775	14122	8370	1704	9958	1916354
April	1701212	121278	42734	14425	8742	1962	9949	1900302
Mei	1741070	125833	43699	13984	8583	2380	10134	1945683
Juni	1737319	122074	44491	13580	8861	2235	10256	1938816
Juli	1852430	127859	50595	14473	8624	2381	10636	2066998
Agustus	1829424	122394	49514	14339	8574	2206	10924	2037375
September	1607236	107544	48890	11809	8262	1839	10501	1796081
Oktober	1742663	100096	44630	11524	7866	2294	10871	1919944
November	1773997	111865	42784	11232	7695	2291	11062	1960926
Desember	1861323	103593	34625	10379	5963	2384	11333	2029600
TOTAL	20833817	1386568	527662	157406	96100	25065	123891	23150509

Sumber : Jasa Marga

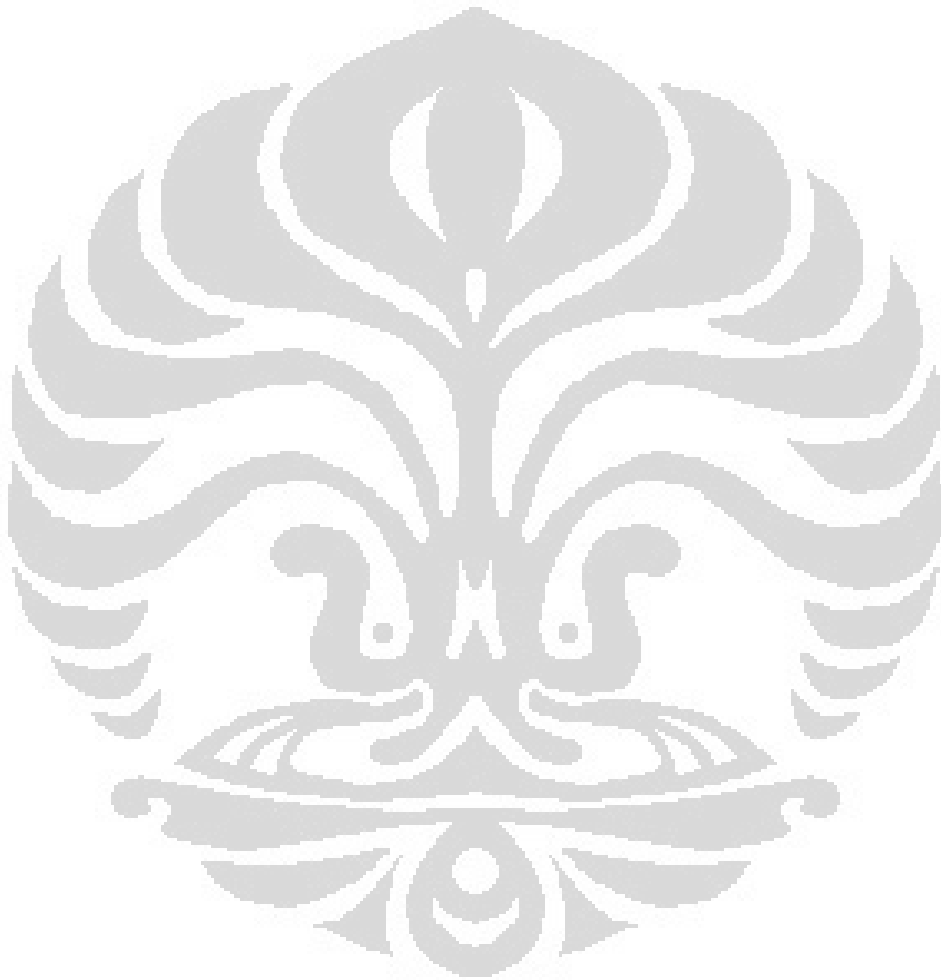
DATA LALU LINTAS GT.CILILITAN TAHUN 2009

	I	II	III	IV	V	LLS	DNS	TOTAL
Januari	1759093	103409	35206	10760	6381	1860	10211	1926920
Februari	1645219	96773	35416	10163	6190	1916	10038	1805715
Maret	1839039	105639	36057	10740	6136	2441	10924	2010976
April	1709171	101882	35637	10938	5824	2320	10719	1876491
Mei	1864266	109042	40224	12071	7750	2058	11103	2046514
Juni	1875460	111233	41580	12702	7972	2555	11211	2062713
Juli	1870181	112179	42760	13262	8535	3127	11454	2061498
Agustus	1825807	113360	45110	13371	8540	2531	11227	2019946
September	1692051	83173	30449	10218	5500	2216	10500	1834107
Oktober	1859905	117432	42836	13250	9698	3113	11973	2058207
November	1742706	106310	41398	13162	9510	2730	10730	1926546
Desember	1834003	110033	42725	13779	8983	2913	11119	2023555
TOTAL	21516901	1270465	469398	144416	91019	29780	131209	23653188

Sumber : Jasa Marga



LAMPIRAN III
HASIL PERAMALAN



HASIL PERAMALAN

Periode	Aktual	Seasonal ARIMA	ANN 0.4 0.9	ANN tan 0.2 0.5	ANN tan 0.2 0.2	ANN sig 0.4 0.9	ANN sig 0.2 0.5	ANN sig 0.2 0.2	SARIMA ANN sig 0.4 0.9	SARIMA ANN sig 0.2 0.5	SARIMA ANN sig 0.2 0.2	SARIMA ANN tan 0.4 0.9	SARIMA ANN tan 0.2 0.5	SARIMA ANN tan 0.2 0.2	exponential smoothing	seasonal exponential	winter's
Feb-2004	1871337	1851089	1793924	1748446	1756809	1789513	1808034	1812073	1826968	1775787	1821475	1812813	1784214	1804821	1954358	1785832	1771718
Mar-2004	2012568	2004927	1887926	1879568	1868605	1869507	1876052	1865440	1979437	1968497	2025230	1999969	2005313	2008456	1934075	2019947	2028677
Apr-2004	1865813	1970281	1892522	1890457	1875409	1902470	1912539	1898442	1944741	1957628	1981587	1958102	1940389	1957124	1953252	1945829	1948551
May-2004	2029288	1993710	1904943	1901895	1895921	1907600	1910333	1893452	1975574	1973255	2016945	1995844	2000998	2004240	1931889	2006233	2020106
Jun-2004	2048386	1979743	1949837	1949590	1929389	1945507	1953099	1938429	1953131	1973690	1974827	1965588	1949034	1967634	1955685	2024624	2008505
Jul-2004	2118112	2078298	2011615	2001014	1994776	1975991	1984282	1981625	2006453	1984262	2020745	2022414	2014788	2027190	1978333	2117524	2117159
Aug-2004	2074019	2028262	1957266	1958310	1948972	1964092	1973391	1966064	1976694	1981093	1986511	1990810	1966905	1992484	2012483	2034729	2013666
Sep-2004	2001883	2102960	2005139	1997635	1985892	1974613	1983244	1980285	2013372	1984418	2029618	2028565	2023626	2034804	2027517	1948480	2010653
Oct-2004	2068490	2160268	2024644	2016768	2038354	1989840	1995063	2004441	2032641	1984893	2047445	2043004	2051318	2051198	2021254	2003158	2054219
Nov-2004	1869083	1890500	1880631	1863403	1866553	1901868	1914160	1901327	1866568	1882994	1881564	1854105	1835048	1844011	2032794	1959226	1851170
Dec-2004	2149260	2044996	1929154	1938539	1941343	1955995	1959756	1943004	2002722	1982725	2033237	2021188	2031787	2030324	1992798	2069672	2075391
Jan-2005	2001973	2088409	2039650	2023112	2019935	1989957	1995778	2007871	2006726	1984694	1999534	2019773	1992687	2019153	2031023	2048299	2060670
Feb-2005	1817425	1951256	1934477	1932865	1912095	1930780	1937945	1921769	1933887	1962418	1960235	1942770	1927685	1943607	2023926	1840957	1834509
Mar-2005	1969535	1983905	1893397	1906219	1907880	1938613	1938824	1919125	1976461	1977282	2012595	1996709	2006215	2005798	1973475	2034070	2013800
Apr-2005	1935008	1875285	1921142	1916861	1896882	1913781	1920900	1904856	1868513	1904294	1878592	1858793	1851737	1855666	1972513	1938443	1906472
May-2005	1971981	2017561	1974509	1976323	1982131	1971122	1977874	1969010	1987617	1983085	2006206	2005093	2002462	2009876	1963350	2027669	2048371
Jun-2005	1981644	2008597	1999872	1996607	2006899	1979494	1986693	1984977	1981574	1983539	1987748	1996522	1986191	1998846	1965459	2016492	2008431
Jul-2005	2081847	2043760	2016459	2013382	2035650	1989671	1994838	2003668	1999781	1984598	1998949	2014422	2002077	2013732	1969413	2087368	2078290
Aug-2005	2019924	2031768	2048692	2027671	2042642	1992039	1996708	2009860	1987841	1984520	1966489	1998392	1969911	1994774	1996882	2002304	1991605
Sep-2005	1972482	1976050	2011141	2000767	2001173	1977056	1984976	1982400	1956944	1981661	1952665	1965406	1949757	1968128	2002511	1907926	1959556
Oct-2005	1770181	2020437	2003880	2001302	2015198	1982651	1989485	1990695	1988247	1984017	1992974	2003491	1993098	2005043	1995175	1966800	2016621
Nov-2005	1686837	1760525	1838608	1836749	1832312	1810907	1814227	1816575	1775776	1765779	1724179	1763968	1767443	1761591	1940206	1824405	1720506
Dec-2005	1963750	1918669	1836467	1875784	1867508	1958027	1955094	1936120	1950826	1973615	1971426	1968704	1989550	1979893	1878305	1917148	1916812

HASIL PERAMALAN (lanjutan)

Periode	Aktual	Seasonal ARIMA	ANN 0.4 0.9	ANN tan 0.2 0.5	ANN tan 0.2 0.2	ANN sig 0.4 0.9	ANN sig 0.2 0.5	ANN sig 0.2 0.2	SARIMA ANN sig 0.4 0.9	SARIMA ANN sig 0.2 0.5	SARIMA ANN sig 0.2 0.2	SARIMA ANN tan 0.4 0.9	SARIMA ANN tan 0.2 0.5	SARIMA ANN tan 0.2 0.2	exponential smoothing	seasonal exponential	winter's
Jan-2006	1872987	1838622	1984802	1980824	1982017	1969332	1976509	1967306	1840827	1944848	1809662	1817277	1839455	1821397	1899180	1883310	1865230
Feb-2006	1679061	1727556	1854160	1843201	1832182	1823779	1833960	1832632	1730138	1754225	1668784	1724913	1721226	1711724	1892781	1689502	1691140
Mar-2006	1875982	1809281	1816273	1832420	1831489	1838222	1834695	1831003	1843958	1839555	1798367	1839812	1856061	1847010	1840567	1887505	1852072
Apr-2006	1819063	1817842	1913172	1910426	1904455	1917134	1919880	1902033	1825556	1869478	1789179	1809484	1818481	1807940	1849219	1811823	1794926
May-2006	1890271	1844040	1887032	1893224	1893056	1915780	1915668	1897326	1861923	1909265	1841630	1854865	1865381	1860479	1841852	1905025	1902630
Jun-2006	1950312	1873237	1935024	1937120	1935972	1947192	1950858	1932955	1883127	1948506	1885577	1876734	1883759	1883385	1853681	1909232	1900982
Jul-2006	2058911	1980146	1993621	1996276	2010937	1982427	1989067	1989578	1968182	1983235	1966019	1979874	1970033	1981913	1877289	2008639	2006742
Aug-2006	1959699	1975609	2029747	2014621	2018210	1983985	1991276	1995665	1954467	1982605	1932794	1958519	1938647	1959811	1921661	1944540	1948267
Sep-2006	1963394	1935011	1973913	1969138	1964495	1960776	1967356	1954171	1930375	1973430	1940520	1935496	1929071	1940770	1930954	1849267	1906715
Oct-2006	1792017	1808740	1835008	1823992	1818583	1834855	1850668	1846827	1795061	1782315	1755726	1777854	1766252	1768667	1938880	1926592	1916456
Nov-2006	1929800	1742885	1745209	1736197	1750463	1745147	1746951	1756589	1744215	1742923	1733763	1738913	1737052	1749125	1903000	1807532	1721807
Dec-2006	1980833	2025633	1954450	1951448	1946314	1950838	1955987	1939490	1989615	1981478	2019289	2008500	2010200	2015764	1909547	1997962	2053508
Jan-2007	1963489	1940973	1930068	1926541	1906223	1923344	1930192	1913720	1927727	1956877	1956615	1935825	1922506	1936611	1926963	1940156	1939595
Feb-2007	1587705	1817645	1772660	1740153	1748578	1779516	1793328	1799655	1798203	1760237	1766729	1783242	1761831	1779697	1935887	1758987	1759894
Mar-2007	1960155	1842071	1784505	1804218	1797794	1758808	1753090	1763666	1882224	1800823	1877633	1896131	1902665	1899277	1850822	1896591	1863200
Apr-2007	1885372	1860140	1878697	1873329	1857144	1873034	1884441	1873743	1851538	1852768	1854907	1839970	1828272	1833362	1877533	1849117	1835365
May-2007	1971097	1921733	1901537	1894066	1882747	1889198	1894535	1880547	1922018	1940584	1956003	1932746	1927407	1935288	1879448	1953201	1947395
Jun-2007	1973035	1987341	1971448	1965499	1955979	1956160	1962706	1948405	1965543	1979032	1987472	1980998	1972347	1985630	1901839	1969703	1976318
Jul-2007	2093396	2055579	2002450	1999399	2011641	1981275	1988303	1988218	2003272	1984349	2015539	2019538	2014985	2022960	1919233	2054941	2062621
Aug-2007	1978691	2005287	2011878	2003476	1993004	1978323	1986817	1987088	1968338	1982503	1960995	1978220	1953722	1979119	1961783	1986383	1983949
Sep-2007	1632202	1994898	1980186	1973895	1966729	1961904	1968955	1956683	1970159	1980575	1988939	1985744	1976496	1990164	1965914	1882590	1945787
Oct-2007	1594681	1699660	1784711	1796056	1789687	1744682	1742575	1751795	1728479	1742454	1731449	1728552	1743236	1739407	1884384	1822880	1760107
Nov-2007	1697420	1743967	1789027	1809826	1805030	1779580	1773243	1782644	1783832	1762335	1763262	1777176	1797145	1784521	1813606	1668824	1631001
Dec-2007	1715827	1756647	1824543	1840399	1840111	1857531	1853677	1845409	1787842	1798532	1725777	1775877	1792877	1776474	1785221	1823992	1816165

HASIL PERAMALAN (lanjutan)

Periode	Aktual	Seasonal ARIMA	ANN 0.4 0.9	ANN tan 0.2 0.5	ANN tan 0.2 0.2	ANN sig 0.4 0.9	ANN sig 0.2 0.5	ANN sig 0.2 0.2	SARIMA ANN sig 0.4 0.9	SARIMA ANN sig 0.2 0.5	SARIMA ANN sig 0.2 0.2	SARIMA ANN tan 0.4 0.9	SARIMA ANN tan 0.2 0.5	SARIMA ANN tan 0.2 0.2	exponential smoothing	seasonal exponential	winter's
Jan-2008	1713471	1724765	1830458	1843158	1843035	1853648	1851344	1843921	1753126	1772287	1689763	1744187	1756515	1737579	1768267	1732026	1720527
Feb-2008	1550653	1459045	1689704	1687425	1721616	1717692	1729670	1731285	1611181	1740018	1598604	1662590	1656176	1634326	1754880	1535006	1507455
Mar-2008	1723019	1761554	1781891	1806854	1800792	1779772	1771876	1781019	1809534	1776841	1794569	1806100	1831168	1816305	1704985	1742951	1747252
Apr-2008	1701212	1691009	1822902	1827894	1824935	1801095	1801353	1806352	1717836	1748255	1671541	1717929	1721935	1708716	1709391	1664106	1664895
May-2008	1741070	1755339	1825093	1839701	1839399	1851659	1848545	1841609	1785432	1793079	1724670	1773564	1789295	1773619	1707393	1768498	1755926
Jun-2008	1737319	1749735	1843380	1855255	1855665	1875945	1873451	1861243	1775070	1795652	1705582	1762414	1776976	1758487	1715620	1767971	1760486
Jul-2008	1852430	1827038	1856281	1886529	1884277	1950220	1948085	1928173	1862401	1941741	1822857	1854587	1882689	1869067	1720922	1840469	1835388
Aug-2008	1829424	1759968	1909677	1914460	1913947	1933506	1935032	1915845	1771953	1831451	1698735	1756133	1774035	1746719	1753051	1761933	1753430
Sep-2008	1607236	1553844	1708812	1697285	1715499	1738578	1742685	1750990	1629646	1740163	1607814	1670012	1661439	1645936	1771710	1686222	1680384
Oct-2008	1742663	1553854	1719370	1714800	1749515	1709667	1727183	1725508	1636867	1740027	1651882	1672105	1684137	1670894	1731527	1690889	1630081
Nov-2008	1773997	1716912	1756734	1750189	1760844	1740092	1741609	1750285	1726775	1741718	1724697	1725867	1730059	1737541	1734247	1642127	1672705
Dec-2008	1861323	1757448	1767670	1759256	1766479	1749271	1750012	1760252	1761933	1744720	1750496	1754657	1753130	1763970	1743959	1835990	1834517
Jan-2009	1759093	1806384	1766860	1753836	1761890	1765915	1771096	1780798	1801265	1754795	1773478	1790077	1776203	1791380	1772632	1794211	1812978
Feb-2009	1645219	1670615	1669925	1668225	1692122	1716778	1729733	1731194	1683047	1740184	1704011	1696674	1705771	1714932	1769324	1590992	1583922
Mar-2009	1839039	1777611	1771351	1775904	1775562	1732187	1734990	1741146	1797897	1744715	1825448	1799336	1808339	1814048	1739004	1813402	1825013
Apr-2009	1709171	1792414	1755653	1743800	1754652	1757217	1760425	1770749	1788566	1749420	1766658	1778298	1767342	1783039	1763444	1751705	1770075
May-2009	1864266	1779491	1781143	1779166	1779065	1744836	1744393	1753968	1793503	1747216	1796705	1789020	1791408	1799427	1750184	1826150	1810418
Jun-2009	1875460	1818163	1787120	1774736	1777625	1775635	1782309	1790813	1814935	1763106	1784905	1804039	1789749	1802765	1778056	1850234	1842262
Jul-2009	1870181	1925767	1877571	1867795	1855536	1852437	1860947	1853656	1924324	1923457	1960663	1937266	1929721	1937679	1801853	1943742	1956649
Aug-2009	1825807	1882776	1861491	1850798	1839298	1831259	1840956	1838044	1885501	1863268	1893914	1887767	1877006	1884600	1818546	1833126	1842567
Sep-2009	1692051	1701183	1696353	1685373	1702624	1733110	1738654	1745613	1701565	1740787	1696010	1706724	1705303	1716920	1820320	1729231	1692060
Oct-2009	1859905	1790518	1780549	1780748	1779739	1742578	1742284	1751367	1807202	1748459	1815400	1805326	1807498	1814796	1788982	1749679	1717399
Nov-2009	1742706	1845994	1817736	1806036	1801344	1791207	1799461	1805231	1847028	1789718	1824905	1840739	1826460	1836645	1806310	1722916	1769033
Dec-2009	1834003	1856184	1825857	1826643	1822481	1795133	1796338	1802520	1876905	1828177	1854468	1881602	1880966	1882450	1790771	1874625	1860717

HASIL PERAMALAN (lanjutan)

Periode	Aktual	Seasonal ARIMA	ANN 0.4 0.9	ANN tan 0.2 0.5	ANN tan 0.2 0.2	ANN sig 0.4 0.9	ANN sig 0.2 0.5	ANN sig 0.2 0.2	SARIMA ANN sig 0.4 0.9	SARIMA ANN sig 0.2 0.5	SARIMA ANN sig 0.2 0.2	SARIMA ANN tan 0.4 0.9	SARIMA ANN tan 0.2 0.5	SARIMA ANN tan 0.2 0.2	exponential smoothing	seasonal exponential	winter's
Jan-2010	1799159	1774594	1802339	1790957	1789565	1776141	1781072	1789899	1775028	1752940	1736921	1763400	1756518	1763745	1801333	1808041	1797293
Feb-2010	1671811	1707697	1715416	1706852	1727667	1737081	1740777	1748779	1710888	1741109	1704386	1713283	1713089	1723323	1800802	1614730	1617059
Mar-2010	1852421	1824443	1799684	1808323	1803137	1765047	1761555	1772464	1852138	1779702	1839499	1855147	1857989	1857872	1769288	1838194	1846018
Apr-2010	1801746	1748133	1762690	1750109	1759171	1762462	1766763	1776812	1744076	1745510	1710992	1736507	1729056	1738370	1789598	1772169	1769026
May-2010	1865181	1881632	1850866	1845391	1839353	1822360	1827673	1827105	1894254	1870833	1891047	1901340	1897779	1901662	1792566	1873744	1878965
Jun-2010	1890415	1881375	1884814	1876554	1866165	1865695	1872243	1862332	1887290	1893766	1897902	1888942	1883678	1888898	1810307	1880291	1877684
Jul-2010	1959344	1882120	1893906	1885146	1871971	1875704	1882758	1871106	1884772	1896886	1899020	1884488	1877705	1883630	1829878	1968066	1955037
Aug-2010	1782850	1888985	1884592	1879413	1862272	1878142	1888844	1877304	1880746	1889374	1902908	1877095	1862858	1872134	1861508	1881839	1893949
Sep-2010	1716507	1744695	1749733	1741088	1754129	1744927	1746483	1756104	1747207	1743056	1738324	1741698	1740558	1752343	1842291	1743502	1706945
Oct-2010	1880730	1847208	1816242	1820254	1816190	1785381	1784634	1792971	1871148	1813745	1848410	1875592	1876406	1876959	1811561	1767867	1770245
Nov-2010	1787889	1782369	1793637	1780975	1782450	1782835	1791525	1798606	1776285	1755252	1733104	1763281	1752735	1761237	1828459	1742037	1767617
Dec-2010	1898297	1848277	1834749	1828421	1822203	1797063	1801101	1806454	1861976	1811329	1837381	1861137	1855889	1860035	1818548	1903496	1880120
Jan-2011	1818812	1848499	1846233	1835810	1825291	1823111	1835072	1833749	1846325	1812670	1829889	1837201	1824270	1831891	1838031	1850233	1841344
Feb-2011	1643385	1745861	1733171	1722695	1739167	1745846	1748435	1758090	1743164	1742968	1729244	1737462	1733082	1746898	1833336	1648500	1660463
Mar-2011	1849121	1821043	1794344	1807197	1801773	1763136	1758711	1769617	1852979	1780169	1843560	1857350	1863021	1861043	1786929	1848581	1847819
Apr-2011	1800883	1799620	1836686	1825372	1817241	1802583	1810920	1814414	1801812	1771669	1757101	1788476	1781664	1785561	1802123	1777427	1775083
May-2011	1864924	1844162	1850783	1845462	1839513	1822591	1827841	1827225	1858045	1829900	1830051	1854582	1852407	1854377	1801820	1876679	1870687
Jun-2011	1879206	1871743	1891109	1884103	1874760	1877952	1883227	1871032	1878937	1893901	1883195	1877488	1874527	1878062	1817237	1882039	1879155
Jul-2011	1986158	1923108	1922198	1922284	1918880	1932956	1935616	1916861	1927538	1962600	1954779	1937436	1937096	1943709	1832377	1964937	1948936
Aug-2011	1618991	1831583	1852515	1843669	1835844	1857747	1872613	1864697	1816600	1807895	1798479	1799050	1786886	1789315	1869947	1889898	1872781
Sep-2011	1841190	1682151	1768655	1775877	1775045	1727889	1732658	1737300	1710942	1740735	1735929	1716927	1736857	1735111	1808636	1687048	1658565
Oct-2011	1967690	1873293	1875243	1868371	1860449	1856378	1862261	1854146	1882685	1883008	1883122	1883957	1880573	1884417	1816589	1779519	1818888
Nov-2011	1890130	1854956	1851918	1843959	1834203	1851426	1865939	1859046	1843461	1827663	1842588	1830712	1815443	1822638	1853505	1781927	1809094
Dec-2011	1962486	1948534	1907570	1900662	1889590	1897979	1902741	1887440	1943078	1957793	1982553	1958759	1955069	1963086	1862453	1966767	1950188
Jan-2012	1901247	1900284	1879038	1873851	1857666	1874153	1885543	1874681	1890752	1897237	1919050	1890365	1874307	1885363	1886892	1913833	1897370
Feb-2012	1835092	1779274	1729788	1706082	1716603	1752710	1758569	1768136	1764084	1745730	1738993	1753612	1739424	1759643	1890399	1719189	1722208
Mar-2012	1969513	1948914	1859257	1850248	1841458	1827982	1835402	1833361	1945750	1931439	1985457	1964668	1962550	1967614	1876887	1964718	1983020
Apr-2012	1917100	1925538	1864253	1858088	1845336	1863248	1876446	1867476	1911869	1912255	1950981	1918527	1899684	1913414	1899517	1895175	1905559

LAMPIRAN IV

HASIL SIMULASI EKSPERIMEN UNTUK TAHUN 2017

