

**ANALISIS KINERJA PELAYANAN GARDU TOL PADA JALAN TOL BALI MANDARA**Ayu Indah Kencana Dewi<sup>1</sup>, P. Alit Suthanaya, I.N. Widana Negara

**Abstrak:** Pada masa sekarang, jalan tol sangat berperan terhadap kelancaran arus lalu lintas, terutama didaerah yang sedang berkembang salah satunya Nusa Dua. Pada saat ini belum diketahui karakteristik kedatangan kendaraan dan karakteristik pelayanan gardu tol. Tujuan dari penelitian ini adalah: untuk menganalisis karakteristik tingkat kedatangan kendaraan, untuk menganalisis karakteristik tingkat pelayanan gardu tol, untuk menganalisis kinerja pelayanan gardu tol dan untuk menganalisis jumlah gardu tol optimal sesuai dengan tingkat kedatangan kendaraan pada gerbang masuk jalan tol Bali Mandara.

Hasil analisis menunjukkan karakteristik kedatangan kendaraan gardu tol tunai dan gardu tol elektronik Gerbang Tol Benoa berdistribusi *Poisson*. Karakteristik pelayanan gardu tol 1, gardu tol 2 dan gardu tol 3 Gerbang Tol Benoa berdistribusi *eksponensial negatif*. Kinerja sistem pelayanan gardu tol tunai dengan disiplin antrian FVFS adalah:  $\bar{n} = 1,131$  kendaraan/menit,  $\bar{q} = 0,230$  kendaraan/menit,  $\bar{d} = 0,128$  menit, dan  $\bar{w} = 0,026$  menit. Kinerja sistem pelayanan gardu tol elektronik dengan disiplin antrian FIFO adalah:  $\bar{n} = 0,000923$  kendaraan/menit,  $\bar{q} = 0,000001$  kendaraan/menit,  $\bar{d} = 0,001668$  menit, dan  $\bar{w} = 0,000002$  menit. Hasil analisis biaya gabungan pada gardu tol tunai menunjukkan bahwa kondisi optimal untuk kedatangan pada saat ini dapat tercapai jika hanya 1 gardu tol yang dibuka.

Kata kunci: karakteristik kedatangan, kinerja pelayanan, biaya gabungan, jumlah gardu optimal

**ANALYSIS OF SERVICE PERFORMANCE OF THE TOLL GATE BALI MANDARA**

**Abstract:** At present, the toll road has an important role to serve traffic flow, especially in region such as Nusa Dua. At this time, has not been known characteristics of vehicle arrival and service of toll gate. The objectives of this study are: to analyze the characteristics of vehicle arrival rate, to analyze the characteristics of service level toll gate, to analyze the performance of services toll gate and in order to analyze the optimal number of toll gate according to the arrival rate of vehicles at the entrance to the toll road Bali Mandara.

Results of analysis showed that the characteristics of vehicle arrival in cash toll gate and electronic toll gate followed Poisson distribution. Characteristics toll gate 1, toll gate 2 and toll gate 3 had a negative exponential distribution. Performance of cash toll gate service systems with discipline FVFS queue was:  $\bar{n} = 1,131$  vehicles/min,  $\bar{q} = 0,230$  vehicles/min,  $\bar{d} = 0,128$ , and  $\bar{w} = 0,026$  min. Performance of electronic toll gate service system with FIFO queuing discipline was:  $\bar{n} = 0,000923$  vehicles/min,  $\bar{q} = 0,000001$  vehicles/min,  $\bar{d} = 0,001668$  minutes, and  $\bar{w} = 0,000002$  minutes. The results of the generalised cost analysis for cash toll gate showed that optimal conditions for existing vehicle arrivals can be achieved if only one toll gate was opened.

Keywords: arrival characteristic, service performance, generalised cost, optimum gate

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Udayana, Denpasar

<sup>2</sup> Staf Pengajar Program Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Udayana, Denpasar

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Sektor transportasi merupakan salah satu sektor yang sangat berperan dalam pembangunan ekonomi yang menyeluruh. Jalan tol Bali Mandara memiliki panjang 12,7 km (PT. Jasa Marga Bali Tol, 2013) berada di atas permukaan air laut di Teluk Benoa yang menghubungkan wilayah selatan Pulau Bali (kawasan Nusa Dua), dengan wilayah Kecamatan Denpasar Selatan, tepatnya kawasan Pelabuhan Benoa. Selain kedua wilayah ini, jalan tol ini juga diberikan akses menuju ke Bandara Internasional Ngurah Rai. Dengan adanya jalan tol pertama di Bali ini diharapkan bisa meningkatkan aksesibilitas dan mengurangi kemacetan, serta memberi manfaat signifikan bagi kesejahteraan masyarakat setempat.

Setiap kendaraan yang masuk jalan tol Bali Mandara harus melewati gardu tol yang ada. Saat ini jumlah gardu tol yang ada untuk melayani kendaraan roda empat pada Gerbang Tol Nusa Dua sebanyak 3 gardu, Gerbang Tol Ngurah Rai sebanyak 3 gardu dan Gerbang Tol Benoa sebanyak 3 gardu, dan tersedia 1 gardu cadangan di masing-masing gerbang yang dapat melayani kendaraan roda empat dan roda dua. Pada saat ini belum diketahui karakteristik kedatangan kendaraan dan karakteristik pelayanan gardu tol, maka dalam penelitian ini akan dilakukan analisis kinerja pelayanan yang diterapkan pada gardu tol jalan tol Bali Mandara, sehingga didapat karakteristik kedatangan kendaraan, karakteristik pelayanan gardu tol dan kinerja sistem pelayanan untuk mengetahui jumlah gardu tol yang optimal guna melayani kendaraan yang akan memasuki gerbang tol Bali Mandara.

### Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah karakteristik tingkat kedatangan kendaraan pada gerbang masuk jalan tol Bali Mandara ?
2. Bagaimanakah karakteristik tingkat pelayanan gardu tol pada gerbang masuk jalan tol Bali Mandara ?
3. Bagaimanakah kinerja pelayanan gardu tol pada gerbang masuk jalan tol Bali Mandara ?
4. Berapakah jumlah gardu tol optimal sesuai dengan tingkat kedatangan kendaraan ?

### Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisis karakteristik tingkat kedatangan kendaraan pada gerbang masuk jalan tol Bali Mandara.

2. Untuk menganalisis karakteristik tingkat pelayanan gardu tol pada gerbang masuk jalan tol Bali Mandara.
3. Untuk menganalisis kinerja pelayanan gardu tol pada gerbang masuk jalan tol Bali Mandara.
4. Untuk menganalisis jumlah gardu tol optimal sesuai dengan tingkat kedatangan kendaraan.

## KAJIAN PUSTAKA

### Teori Antrian

Antrian adalah suatu garis tunggu (*waiting line*) dari pengguna jasa, yang datang dan memerlukan layanan pada satu atau lebih sarana pelayanan (Siagian, 1987). Pengertian lainnya antrian adalah suatu proses kedatangan pengguna jasa pada suatu fasilitas pelayanan kemudian menunggu sampai akhirnya pengguna jasa meninggalkan fasilitas tersebut.

### Komponen Antrian

Terdapat tiga unsur/komponen utama dalam teori antrian yang harus benar-benar diketahui dan dipahami, yaitu (Tamin, 2003):

1. Tingkat kedatangan ( $\lambda$ )  
Tingkat kedatangan yaitu jumlah kendaraan atau manusia yang bergerak menuju satu atau lebih tempat fasilitas pelayanan dalam satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit.
2. Tingkat pelayanan ( $\mu$ )  
Tingkat pelayanan dinyatakan dengan notasi  $\mu$ , yaitu jumlah kendaraan atau manusia yang dapat dilayani oleh satu tempat fasilitas pelayanan dalam satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit.

$$T = \frac{1}{\mu} \quad (1)$$

Dimana: T = waktu pelayanan  
 $\mu$  = tingkat pelayanan

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1 \quad (2)$$

Dimana:  $\rho$  = perbandingan antara tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan  
 $\lambda$  = tingkat kedatangan (kend/jam)  
 $\mu$  = tingkat pelayanan (kend/jam)

3. Disiplin antrian

**Disiplin Antrian**

Ada beberapa jenis disiplin antrian yang sering digunakan untuk memecahkan permasalahan antrian dalam bidang transportasi (Tamin, 2003):

1. *First In First Out* (FIFO)

$$\bar{n} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{\rho}{(1 - \rho)} \tag{3}$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)} \tag{4}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \tag{5}$$

$$\bar{w} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \tag{6}$$

Dimana:  $\rho$  = perbandingan antara tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan  
 $\lambda$  = tingkat kedatangan (kend/jam)  
 $\mu$  = tingkat pelayanan (kend/jam)

2. *First Vacant First Served* (FVFS)

$$P(0) = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{K-1} \frac{1}{n!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \left[ \frac{1}{K!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^K \left( \frac{K\mu}{K\mu - \lambda} \right) \right]} \tag{7}$$

$$\bar{n} = \frac{\lambda\mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^K}{(K-1)! (K\mu - \lambda)^2} P(0) + \frac{\lambda}{\mu} \tag{8}$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda\mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^K}{(K-1)! (K\mu - \lambda)^2} P(0) = \bar{n} - \frac{\lambda}{\mu} \tag{9}$$

$$\bar{d} = \frac{\mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^K}{(K-1)! (K\mu - \lambda)^2} P(0) + \frac{1}{\mu} \tag{10}$$

$$\bar{w} = \frac{\mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^K}{(K-1)! (K\mu - \lambda)^2} P(0) = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \tag{11}$$

Dimana:  $\rho$  = perbandingan antara tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan  
 $\lambda$  = tingkat kedatangan (kend/jam)  
 $\mu$  = tingkat pelayanan (kend/jam)  
 $K$  = jumlah tempat pelayanan  
 $P(0)$  = probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem

3. *First In Last Out* (FILO)

**Parameter Antrian**

Ada empat parameter utama yang selalu digunakan untuk menganalisis antrian yaitu :  $\bar{n}$ ,  $\bar{q}$ ,  $\bar{d}$ , dan  $\bar{w}$ . Definisi dari setiap parameter tersebut adalah (Tamin, 2003) :

$\bar{n}$  = jumlah rata – rata kendaraan dalam sistem (kendaraan per satuan waktu)

$\bar{q}$  = jumlah rata – rata kendaraan dalam antrian (kendaraan per satuan waktu)

$\bar{d}$  = waktu rata – rata kendaraan dalam sistem (satuan waktu)

$\bar{w}$  = waktu rata – rata kendaraan dalam antrian (satuan waktu)

**Distribusi Tingkat Kedatangan dan Tingkat Pelayanan**

Fungsi kerapatan probabilitas yang biasa dipergunakan untuk kedatangan pengguna jasa (baik manusia atau kendaraan) adalah distribusi *Poisson* (Kennedy, 1976). Rumus probabilitas *Poisson* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$P_{(n)} = \frac{\lambda t^n \cdot e^{-\lambda t}}{n!} \tag{12}$$

Dimana :  $P_{(n)}$  = Probabilitas dari n kejadian, untuk periode waktu t  
 $n$  = Jumlah kejadian (0, 1, 2, ..... n)  
 $\lambda$  = Tingkat kedatangan rata – rata  
 $t$  = Selang/periode waktu  
 $e$  = Bilangan dasar dari logaritma natural (2,718283)  
 $n!$  =  $n(n - 1)(n - 2) \dots \dots \dots (2)(1)$

Bentuk matematis distribusi waktu pelayanan merupakan fungsi eksponensial negatif, yaitu fungsi kontinu yang menggambarkan jarak kosong (*gap*) atau *headway* waktu. Bentuk fungsi probabilitasnya sebagai berikut (Kennedy, 1976):

$$P_{(h>t)} = e^{-\lambda t} \text{ untuk } t \geq 0 \tag{13}$$

**METODE PENELITIAN**

**Data Primer**

Pengumpulan data primer dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan gardu tol secara menyeluruh pada Gerbang Tol Benoa dilakukan dengan cara pengamatan CCTV

(Closed Circuit Television). Pengambilan data dilaksanakan melalui tiga tahap meliputi persiapan, pelaksanaan dan tahap pengumpulan data di laboratorium.

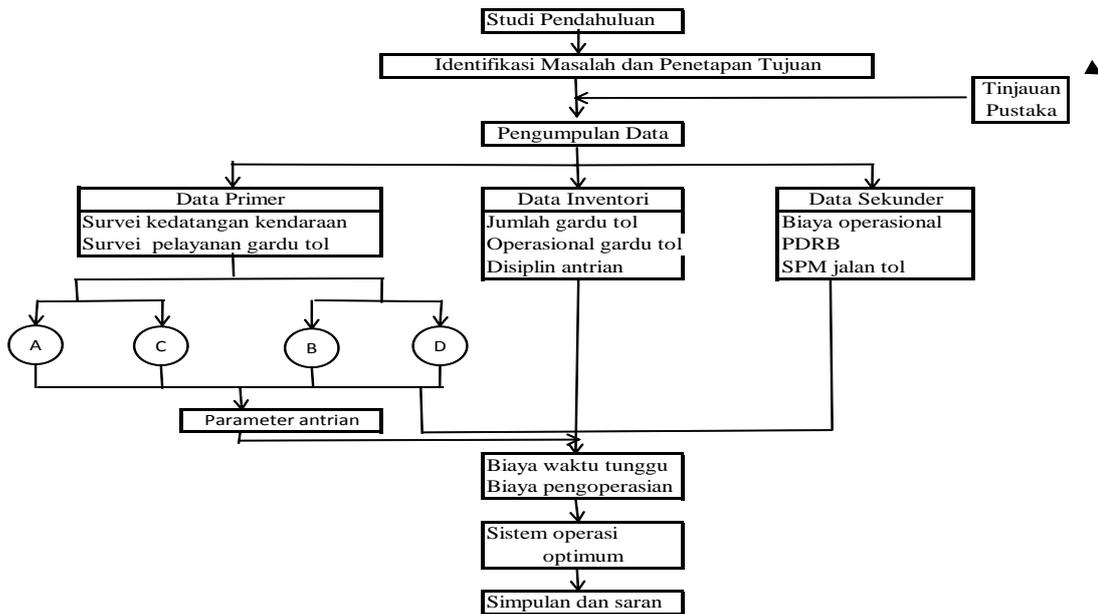
**Survei Inventarisasi**

Pada survei inventarisasi, dilakukan pencatatan jumlah gardu tol yang tersedia, operasional gardu tol, disiplin antrian, sarana dan prasarana yang dipergunakan dalam mendukung kelancaran pelayanan gardu tol.

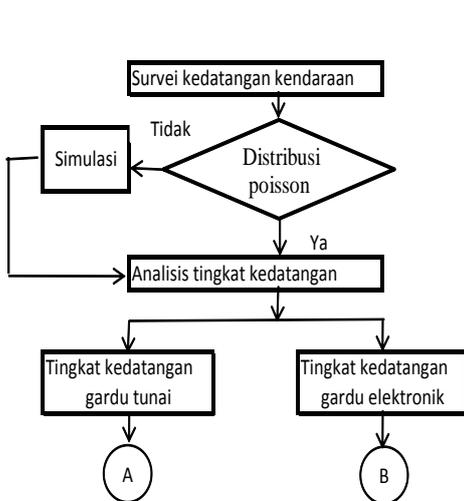
**Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang digunakan untuk menunjang data primer dan diperoleh dari instansi-instansi yang terkait. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data biaya operasional gardu tol yang didapat dari PT. Jasamarga Bali Tol dan standar pelayanan minimal jalan tol yang didapat dari Kementerian Pekerjaan Umum serta data PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) per kapita pada tahun 2012 yang didapat dari Badan Pusat Statistik

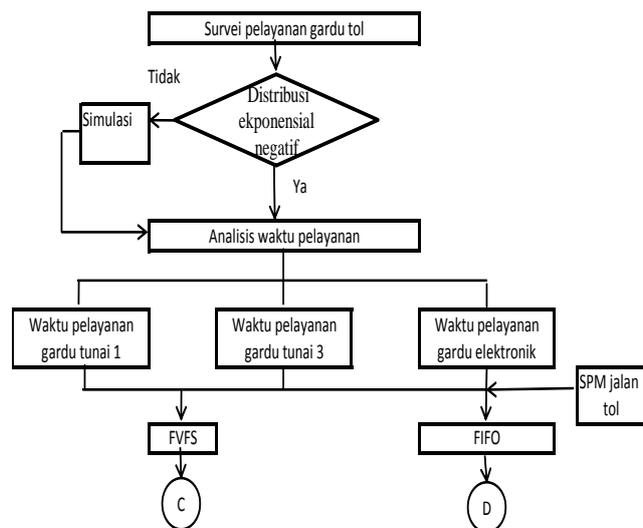
**Rancangan Penelitian**



Gambar 1. Diagram Alir Rancangan Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Survei Kedatangan Kendaraan



Gambar 3. Diagram Alir Survei Pelayanan Gardu Tol

### Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian

Lokasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah pada Gerbang Tol Benoa jalan tol Bali Mandara yang ada di wilayah Kota Denpasar. Penelitian dilakukan pada hari Rabu, 26 Maret 2014 dan Kamis, 27 Maret 2014. Penelitian pada Gerbang Tol Benoa dilakukan selama 40 jam, yaitu dari pukul 05.00-01.00 WITA pada hari rabu dan pukul 05.00-01.00 WITA pada hari kamis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Distribusi Tingkat Kedatangan Kendaraan pada Gerbang Tol Benoa Gardu Tol Tunai

Berdasarkan hasil analisis perhitungan distribusi tingkat kedatangan kendaraan pada Gerbang Tol Benoa gardu tunai tol periode 8 jam, didapatkan nilai  $\chi^2$  hitung = 33,49. Dengan tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan (df) = 27-1 = 26, didapat nilai  $\chi^2$  tabel = 38,9. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa nilai  $\chi^2$  hitung = 33,49 <  $\chi^2$  tabel = 38,9, sehingga distribusi tingkat kedatangan kendaraan pada Gerbang Tol Benoa gardu tol tunai untuk periode 8 jam berdistribusi *Poisson*.

Untuk tingkat kedatangan kendaraan periode 9 jam diperoleh nilai  $\chi^2$  hitung = 33,07. Untuk tingkat kedatangan kendaraan periode 12 jam diperoleh nilai  $\chi^2$  hitung = 35,13 dan untuk tingkat kedatangan kendaraan periode 11 jam diperoleh nilai  $\chi^2$  hitung = 35,34. Ketiga nilai ini lebih kecil dibandingkan nilai  $\chi^2$  tabel = 38,9, sehingga tingkat kedatangan kendaraan pada Gerbang Tol Benoa gardu tol tunai untuk periode 9 jam, 12 jam dan 11 jam berdistribusi *Poisson*.

### Pengujian Distribusi Tingkat Kedatangan Kendaraan pada Gerbang Tol Benoa Gardu Tol Elektronik

Tingkat kedatangan kendaraan pada Gerbang Tol Benoa gardu tol elektronik untuk periode waktu 12 jam, 13 jam dan 15 jam juga berdistribusi *Poisson*. Untuk tingkat kedatangan kendaraan periode 12 jam diperoleh nilai  $\chi^2$  hitung = 10,13, untuk tingkat kedatangan kendaraan periode 13 jam diperoleh nilai  $\chi^2$  hitung = 10,61 dan untuk tingkat kedatangan kendaraan periode 15 jam diperoleh nilai  $\chi^2$  hitung = 11,04. Dengan tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan (df) = 8-1 = 7, didapat nilai  $\chi^2$  tabel

= 14,07 sehingga nilai  $\chi^2$  hitung tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai  $\chi^2$  tabel.

### Pengujian Distribusi Tingkat Pelayanan pada Gerbang Tol Benoa Gardu Tol 1

Tingkat pelayanan pada gardu tol 1 dengan nilai  $\chi^2$  hitung = 2,16. Dengan tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan = 3, diperoleh nilai  $\chi^2$  tabel = 7,81. Karena nilai  $\chi^2$  hitung <  $\chi^2$  tabel, maka dapat tingkat pelayanan gardu tol 1 pada Gerbang Tol Benoa untuk periode 8 jam berdistribusi *eksponensial negatif*.

Tingkat pelayanan pada gardu tol 1 periode 9 jam, dengan nilai  $\chi^2$  hitung = 5,04, distribusi tingkat pelayanan pada gardu tol 1 periode 12 jam dengan nilai  $\chi^2$  hitung = 3,11. Distribusi tingkat pelayanan gardu tol 1 periode 11 jam dengan nilai  $\chi^2$  hitung = 4,05. Nilai-nilai  $\chi^2$  hitung tersebut lebih kecil daripada nilai  $\chi^2$  tabel = 7,81, sehingga tingkat pelayanan gardu tol 1 pada Gerbang Tol Benoa periode 9 jam 12 jam dan 11 jam berdistribusi *eksponensial negatif*.

### Pengujian Distribusi Tingkat Pelayanan pada Gerbang Tol Benoa Gardu Tol 2

Hasil analisis tingkat pelayanan gardu tol 2 pada Gerbang Tol Benoa untuk periode 12 jam dengan nilai  $\chi^2$  hitung = 2,29. Tingkat pelayanan gardu tol 2 pada Gerbang Tol Benoa untuk periode 12 jam berdistribusi *eksponensial negatif*.

Distribusi tingkat pelayanan pada gardu tol 2 periode 13 jam, dengan nilai  $\chi^2$  hitung = 2,31, distribusi tingkat pelayanan pada gardu tol 2 periode 15 jam dengan nilai  $\chi^2$  hitung = 3,21. Tingkat pelayanan gardu tol 2 pada Gerbang Tol Benoa periode 13 jam dan 15 jam berdistribusi *eksponensial negatif*.

### Pengujian Distribusi Tingkat Pelayanan pada Gerbang Tol Benoa Gardu Tol 3

Hasil analisis tingkat pelayanan gardu tol 3 pada Gerbang Tol Benoa untuk periode 8 jam dengan nilai  $\chi^2$  hitung = 2,12. Dengan tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan = 3, diperoleh nilai  $\chi^2$  tabel = 7,81. Karena nilai  $\chi^2$  hitung <  $\chi^2$  tabel, maka dapat tingkat pelayanan gardu tol 3 pada Gerbang Tol Benoa untuk periode 8 jam berdistribusi *eksponensial negatif*.

Hasil analisis tingkat pelayanan gardu tol 3 untuk periode waktu 9 jam pada Gerbang Tol Benoa dengan nilai  $\chi^2$  hitung = 4,18,

distribusi tingkat pelayanan pada gardu 3 periode 12 jam dengan nilai  $\chi^2$  hitung = 4,71. Distribusi pelayanan gardu 3 periode 11 jam dengan nilai  $\chi^2$  hitung = 3,27. Nilai-nilai  $\chi^2$  hitung tersebut lebih kecil daripada nilai  $\chi^2$  tabel = 7,81, sehingga tingkat pelayanan gardu tol 3 pada Gerbang Tol Benoa periode 9 jam 12 jam dan 11 jam berdistribusi *eksponensial negatif*.

**Analisis Pelayanan Gardu Tol Tunai**

Hasil analisis untuk parameter antrian pada Gerbang Tol Benoa gardu tol tunai (gardu tol 1 dan gardu tol 3) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1  
 Nilai Parameter Antrian Kendaraan pada Gardu Tol Tunai pada Gerbang Tol Benoa

Periode	Tingkat Kedatangan Kendaraan (kend/menit)	Tingkat Pelayanan Kendaraan (kend/menit)	P(o)	n (kend/mnt)	q (kend/mnt)	d (mnt)	w (mnt)
8 jam	7.817	9.615	0.422	0.974	0.161	0.125	0.021
9 jam	8.828	9.794	0.379	1.131	0.230	0.128	0.026
12 jam	6.862	9.801	0.481	0.798	0.098	0.116	0.014
11 jam	6.325	9.790	0.512	0.721	0.075	0.114	0.012

Sumber: Hasil Analisis, 2014

Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa antrian pada Gerbang Tol Benoa yang terjadi pada periode waktu 8 jam, 9 jam, 12 jam dan 11 jam tidak terlalu signifikan. Hal ini terlihat dari jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem ( $\bar{n}$ ) untuk periode 8 jam ada sebanyak 0,974 kend/menit ( $\pm 1$  kend/menit), untuk periode 9 jam ada sebanyak 1,131 kend/menit ( $\pm 1$  kend/menit), untuk periode 12 jam ada sebanyak 0,798 kend/menit ( $\pm 1$  kend/menit) dan untuk periode 11 jam ada sebanyak 0,721 kend/menit ( $\pm 1$  kend/menit).

Jumlah rata-rata kendaraan dalam antrian ( $\bar{q}$ ) untuk periode 8 jam ada sebanyak 0,161 kend/menit ( $\pm 1$  kend/menit), untuk periode 9 jam ada sebanyak 0,230 kend/menit ( $\pm 1$  kend/menit), untuk periode 12 jam ada 0,098 kend/menit ( $\pm 1$  kend/menit) dan untuk periode 11 jam ada sebanyak 0,075 kend/menit ( $\pm 1$  kend/menit).

Waktu rata-rata kendaraan dalam sistem ( $\bar{d}$ ) untuk periode 8 jam ada sebanyak 0,125 menit ( $\pm 1$  menit), untuk periode 9 jam ada sebanyak 0,128 menit ( $\pm 1$  menit), untuk periode 12 jam ada 0,116 menit ( $\pm 1$  menit) dan untuk periode 11 jam ada sebanyak 0,114 menit ( $\pm 1$  menit). Dan waktu rata-rata kendaraan dalam antrian ( $\bar{w}$ ) untuk periode 8 jam ada sebanyak 0,021 menit ( $\pm 1$  menit), untuk periode 9 jam ada sebanyak 0,026 menit ( $\pm 1$  menit), untuk periode 12 jam ada 0,014 menit ( $\pm 1$  menit) dan untuk periode 11 jam ada sebanyak 0,012 menit ( $\pm 1$  menit).

**Analisis Pelayanan Gardu Tol Elektronik**

Hasil analisis untuk parameter antrian pada Gerbang Tol Benoa gardu tol elektronik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2  
 Nilai Parameter Antrian Kendaraan pada Gardu Tol Elektronik pada Gerbang Tol Benoa

Periode	Tingkat Kedatangan Kendaraan (kend/menit)	Tingkat Pelayanan Kendaraan (kend/menit)	n (kend/mnt)	q (kend/mnt)	d (mnt)	w (mnt)
12 jam	0,489	600	0,000816	0,000001	0,001668	0,000001
13 jam	0,451	600	0,000752	0,000001	0,001668	0,000001
15 jam	0,553	600	0,000923	0,000001	0,001668	0,000002

Sumber: Hasil Analisis, 2014

Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa antrian pada Gerbang Tol Benoa gardu tol elektronik yang terjadi pada periode waktu 12 jam, 13 jam, dan 15 jam tidak terlalu signifikan. Hal ini terlihat dari jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem ( $\bar{n}$ ) untuk periode 12 jam ada sebanyak 0,000816 kend/menit, untuk periode 13 jam ada sebanyak 0,000752 kend/menit dan untuk periode 15 jam ada sebanyak 0,000923 kend/menit. Jumlah rata-rata kendaraan dalam antrian ( $\bar{q}$ ) untuk periode 12 jam ada sebanyak 0,000001 kend/menit, untuk periode 13 jam ada sebanyak 0,000001 kend/menit dan untuk periode 15 jam ada sebanyak 0,000001 kend/menit. Waktu rata-rata kendaraan dalam sistem ( $\bar{d}$ ) untuk periode 12 jam ada sebanyak 0,001668 menit, untuk periode 13 jam ada sebanyak 0,001668 menit dan untuk periode 15 jam ada sebanyak 0,001668 menit. Dan waktu rata-rata kendaraan dalam antrian ( $\bar{w}$ ) untuk periode 12 jam ada sebanyak 0,000001 menit, untuk periode 13 jam ada sebanyak 0,000001 menit dan untuk periode 15 jam ada sebanyak 0,000002 menit.

#### Analisis Biaya Gabungan

##### Biaya Gabungan Pada Gerbang Tol Benoa Gardu Tol Tunai untuk Periode Waktu 8 Jam

Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan 2 gardu tol dibuka untuk memberikan pelayanan selama periode waktu 8 jam (kondisi saat ini), ternyata sistem pelayanan pada Gerbang Tol Benoa belum optimal (kelebihan pelayanan). Dengan jumlah kedatangan saat ini, kondisi optimal dapat tercapai jika hanya 1 gardu tol yang dibuka. Sedangkan jika jumlah gardu tol yang dibuka sebanyak 2 buah, maka kondisi optimal baru akan tercapai jika jumlah kedatangan pengguna jasa mencapai 5.633 kendaraan (15.943 penumpang).

##### Biaya Gabungan Pada Gerbang Tol Benoa Gardu Tol Tunai untuk Periode Waktu 9 Jam

Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan 2 gardu tol dibuka untuk memberikan pelayanan selama periode waktu 9 jam (kondisi saat ini), ternyata sistem pelayanan pada Gerbang Tol Benoa belum optimal (kelebihan pelayanan). Dengan jumlah kedatangan saat ini, kondisi optimal dapat tercapai jika hanya 1 gardu tol yang dibuka. Sedangkan jika jumlah gardu tol yang dibuka

sebanyak 2 buah, maka kondisi optimal baru akan tercapai jika jumlah kedatangan pengguna jasa mencapai 7.156 kendaraan (20.481 penumpang).

##### Biaya Gabungan Pada Gerbang Tol Benoa Gardu Tol Tunai untuk Periode Waktu 12 Jam

Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan 2 gardu tol dibuka untuk memberikan pelayanan selama periode waktu 12 jam (kondisi saat ini), ternyata sistem pelayanan pada Gerbang Tol Benoa belum optimal (kelebihan pelayanan). Dengan jumlah kedatangan saat ini, kondisi optimal dapat tercapai jika hanya 1 gardu tol yang dibuka. Sedangkan jika jumlah gardu tol yang dibuka sebanyak 2 buah, maka kondisi optimal baru akan tercapai jika jumlah kedatangan pengguna jasa mencapai 12.283 kendaraan (34.399 penumpang).

##### Biaya Gabungan Pada Gerbang Tol Benoa Gardu Tol Tunai untuk Periode Waktu 11 Jam

Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan 2 gardu tol dibuka untuk memberikan pelayanan selama periode waktu 11 jam (kondisi saat ini), ternyata sistem pelayanan pada Gerbang Tol Benoa belum optimal (kelebihan pelayanan). Dengan jumlah kedatangan saat ini, kondisi optimal dapat tercapai jika hanya 1 gardu tol yang dibuka. Sedangkan jika jumlah gardu tol yang dibuka sebanyak 2 buah, maka kondisi optimal baru akan tercapai jika jumlah kedatangan pengguna jasa mencapai 10.449 kendaraan (29.552 penumpang).

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

1. Karakteristik kedatangan kendaraan pada gardu tol tunai Gerbang Tol Benoa adalah sebagai berikut:
  - a. Untuk kedatangan kendaraan periode waktu 8 jam (pukul 05.00-13.00 WITA), puncak kedatangan terjadi pada pukul 07.45-08.45 WITA, dengan jumlah kedatangan kendaraan sebesar 565 kendaraan/jam dan tingkat kedatangan berdistribusi *Poisson*.
  - b. Untuk kedatangan kendaraan periode waktu 9 jam (pukul 13.00-22.00 WITA), puncak kedatangan terjadi pada pukul 16.30-17.30 WITA, dengan jumlah kedatangan kendaraan sebesar

- 597 kendaraan/jam dan tingkat kedatangan berdistribusi *Poisson*.
- c. Untuk kedatangan kendaraan periode waktu 12 jam (pukul 22.00-14.00 WITA), puncak kedatangan terjadi pada pukul 07.00-08.00 WITA, dengan jumlah kedatangan kendaraan sebesar 576 kendaraan/jam dan tingkat kedatangan berdistribusi *Poisson*.
  - d. Untuk kedatangan kendaraan periode waktu 11 jam (pukul 14.00-01.00 WITA), puncak kedatangan terjadi pada pukul 16.15-17.15 WITA, dengan jumlah kedatangan kendaraan sebesar 573 kendaraan/jam dan tingkat kedatangan berdistribusi *Poisson*.

Karakteristik kedatangan kendaraan pada gardu tol elektronik Gerbang Tol Benoa adalah sebagai berikut:

- a. Untuk kedatangan kendaraan periode waktu 12 jam (pukul 05.00-17.00 WITA), puncak kedatangan terjadi pada pukul 11.45-12.45 WITA, dengan jumlah kedatangan kendaraan sebesar 40 kendaraan/jam dan tingkat kedatangan berdistribusi *Poisson*.
  - b. Untuk kedatangan kendaraan periode waktu 13 jam (pukul 17.00-10.00 WITA), puncak kedatangan terjadi pada pukul 17.30-18.30 WITA, dengan jumlah kedatangan kendaraan sebesar 46 kendaraan/jam dan tingkat kedatangan berdistribusi *Poisson*.
  - c. Untuk kedatangan kendaraan periode waktu 15 jam (pukul 10.00-01.00 WITA), puncak kedatangan terjadi pada pukul 13.30-14.30 WITA, dengan jumlah kedatangan kendaraan sebesar 49 kendaraan/jam dan tingkat kedatangan berdistribusi *Poisson*.
2. Karakteristik pelayanan gardu tol 1 dan gardu tol 3 Gerbang Tol Benoa adalah sebagai berikut:
- a. Untuk pelayanan periode waktu 8 jam (pukul 05.00-13.00 WITA), rata-rata waktu pelayanan ada pada interval 0,10602–0,10200 menit, rata-rata kendaraan yang dapat terlayani sebesar 3.743 kendaraan, dan tingkat pelayanan berdistribusi *eksponensial negatif*.
  - b. Untuk pelayanan periode waktu 9 jam (pukul 13.00-22.00 WITA), rata-rata waktu pelayanan ada pada interval 0,10406–0,10014 menit, rata-rata kendaraan yang dapat terlayani sebesar

4.505 kendaraan, dan tingkat pelayanan berdistribusi *eksponensial negatif*.

- c. Untuk pelayanan periode waktu 12 jam (pukul 22.00-14.00 WITA), rata-rata waktu pelayanan ada pada interval 0,10485-0,09922 menit, rata-rata kendaraan yang dapat terlayani sebesar 4.633 kendaraan, dan tingkat pelayanan berdistribusi *eksponensial negatif*.
- d. Untuk pelayanan periode waktu 11 jam (pukul 14.00-01.00 WITA), rata-rata waktu pelayanan ada pada interval 0,10281–0,10147 menit, rata-rata kendaraan yang dapat terlayani sebesar 4.428 kendaraan, dan tingkat pelayanan berdistribusi *eksponensial negatif*.

Karakteristik pelayanan gardu tol 2 pada Gerbang Tol Benoa adalah sebagai berikut:

- a. Untuk pelayanan periode waktu 12 jam (pukul 05.00-17.00 WITA) tingkat pelayanan berdistribusi *eksponensial negatif*.
  - b. Untuk pelayanan periode waktu 13 jam (pukul 17.00-10.00 WITA) tingkat pelayanan berdistribusi *eksponensial negatif*.
  - c. Untuk pelayanan periode waktu 15 jam (pukul 10.00-01.00 WITA) tingkat pelayanan berdistribusi *eksponensial negatif*.
3. Kinerja sistem pelayanan gardu tol tunai pada Gerbang Tol Benoa adalah:
- a. Untuk pelayanan dengan periode waktu 8 jam,  $\bar{n} = 0,974$  kendaraan/menit, dan  $\bar{q} = 0,161$  kendaraan/menit,  $\bar{d} = 0,125$  menit dan  $\bar{w} = 0,021$  menit.
  - b. Untuk pelayanan dengan periode waktu 9 jam,  $\bar{n} = 1,131$  kendaraan/menit,  $\bar{q} = 0,230$  kendaraan/menit,  $\bar{d} = 0,128$  menit dan  $\bar{w} = 0,026$  menit.
  - c. Untuk pelayanan dengan periode waktu 12 jam,  $\bar{n} = 0,798$  kendaraan/menit,  $\bar{q} = 0,098$  kendaraan/menit,  $\bar{d} = 0,116$  menit dan  $\bar{w} = 0,014$  menit.
  - d. Untuk pelayanan dengan periode waktu 11 jam,  $\bar{n} = 0,721$  kendaraan/menit,  $\bar{q} = 0,075$

kendaraan/menit,  $\bar{d} = 0,114$  menit  
dan  $\bar{w} = 0,012$  menit.

Kinerja sistem pelayanan gardu tol elektronik pada Gerbang Tol Benoa adalah:

- a. Untuk pelayanan dengan periode waktu 12 jam,  $\bar{n} = 0,000816$  kendaraan/menit,  $\bar{q} = 0,000001$  kendaraan/menit,  $\bar{d} = 0,001668$  menit dan  $\bar{w} = 0,000001$  menit.
  - b. Untuk pelayanan dengan periode waktu 13 jam,  $\bar{n} = 0,000752$  kendaraan/menit,  $\bar{q} = 0,000001$  kendaraan/menit,  $\bar{d} = 0,001668$  menit dan  $\bar{w} = 0,000001$  menit.
  - c. Untuk pelayanan dengan periode waktu 15 jam,  $\bar{n} = 0,000923$  kendaraan/menit,  $\bar{q} = 0,000001$  kendaraan/menit,  $\bar{d} = 0,001668$  menit dan  $\bar{w} = 0,000002$  menit.
4. Berdasarkan analisis biaya gabungan, kondisi optimal pada gardu tol tunai Gerbang Tol Benoa adalah sebagai berikut:
- a. Pada pelayanan dengan periode waktu 8 jam dan jumlah kedatangan 3.753 kendaraan (10.587 penumpang), kondisi optimal dapat dicapai jika hanya 1 gardu tol yang dibuka. Sedangkan jika jumlah gardu yang dibuka sebanyak 2 buah, maka kondisi optimal dapat tercapai jika jumlah kedatangan sebesar 5.633 kendaraan (15.943 penumpang).
  - b. Pada pelayanan dengan periode waktu 9 jam dan jumlah kedatangan 4.766 kendaraan (13.501 penumpang), kondisi optimal dapat dicapai jika hanya 1 gardu tol yang dibuka. Sedangkan jika jumlah gardu yang dibuka sebanyak 2 buah, maka kondisi optimal dapat tercapai jika jumlah kedatangan sebesar 7.156 kendaraan (20.481 penumpang).
  - c. Pada pelayanan dengan periode waktu 12 jam dan jumlah kedatangan 4.941 kendaraan (13.992 penumpang), kondisi optimal dapat dicapai jika hanya 1 gardu tol yang dibuka. Sedangkan jika jumlah gardu yang dibuka sebanyak 2 buah, maka kondisi optimal dapat tercapai jika

jumlah kedatangan sebesar 12.283 kendaraan (34.399 penumpang).

- d. Pada pelayanan dengan periode waktu 11 jam dan jumlah kedatangan 4.174 kendaraan (11.989 penumpang), kondisi optimal dapat dicapai jika hanya 1 gardu tol yang dibuka. Sedangkan jika jumlah gardu yang dibuka sebanyak 2 buah, maka kondisi optimal dapat tercapai jika jumlah kedatangan sebesar 10.449 kendaraan (29.552 penumpang).

### Saran

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, masih ada kendaraan yang mendapatkan pelayanan lebih dari 8 detik setiap kendaraan pada gardu tol tunai, salah satu saran yang dapat diberikan untuk mengurangi waktu pelayanan kendaraan adalah sosialisasi pentingnya pengemudi menyiapkan uang pas sebelum memasuki gerbang tol.
2. Untuk penelitian selanjutnya, pada lokasi penelitian Gerbang Tol Nusa Dua dan Gerbang Tol Ngurah Rai dapat dikembangkan dengan menambah analisis kinerja pelayanan gardu tol pada kendaraan roda dua dan menambah analisis biaya waktu tunggu kendaraan dan biaya waktu tunggu barang.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2005. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 392 Tahun 2005 Tentang Standar Pelayanan Minimal (SPM) Jalan Tol*. Jakarta. Badan Pusat Statistik Propinsi Bali.
2013. *Bali Dalam Angka 2012*. Bali. Kennedy, J.B. and Neville, A.M. 1976. *Basic Statistical Methods For Engineers And Scientist*, Harper and Row Publishers, UK.
- PT. Jasa Marga Bali Tol. 2013. Data Jalan Tol Bali Mnadara Denpasar, Bali.
- Siagian, P. 1987. *Penelitian Operasional Teori dan Praktek*, Universitas Indonesia
- Tamin, O. Z. 2003. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Edisi kesatu, Penerbit ITB, Bandung.