

PENENTUAN MODEL SISTEM ANTRIAN KENDARAAN DI GERBANG TOL BANYUMANIK SEMARANG

Dedi Nugraha¹, Sugito², Dwi Ispriyanti³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM UNDIP

^{2,3}Staff Pengajar Jurusan Statistika FSM UNDIP

ABSTRAK

Tingkat kedatangan kendaraan yang terjadi di gerbang tol Banyumanik bersifat acak dan fluktuatif. Kondisi tersebut menyulitkan pengelola gerbang tol untuk menentukan kebijakan dalam mengoperasikan gardu pelayanan. Jika gardu pelayanan yang beroperasi sedikit, dapat terjadi antrian yang panjang terutama pada waktu tertentu. Sementara itu, jika gardu pelayanan yang beroperasi banyak, pelayanan menjadi tidak efisien. Oleh karena itu, perlu ditentukan model sistem antrian yang sesuai dengan kondisi dan karakteristik antrian dari fasilitas pelayanan di gerbang tol Banyumanik secara tepat. Sehingga dapat ditentukan jumlah gardu pelayanan yang efektif dan efisien. Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh, model sistem antrian yang terjadi di gerbang tol Banyumanik untuk arah Ungaran-Semarang dan Semarang-Ungaran adalah $(G/G/c) : (GD/\infty/\infty)$. Jumlah efektif gardu pelayanan untuk arah Ungaran-Semarang adalah dua gardu pelayanan. Sedangkan untuk arah Semarang-Ungaran, jumlah gardu pelayanan yang efektif adalah tiga gardu pelayanan.

Kata Kunci : Model sistem antrian, Gerbang tol Banyumanik

ABSTRACT

The arrival rate of vehicles that have occurred at the Banyumanik tollgate is randomly and fluctuaty. Those condition would make difficult for tollgate management to determine policies in operating the substation service. If the substation service operates slightly, can occur long queues, especially at certain time. In the meantime, if the substation service operates many service, service to be inefficient. Therefore, it is necessary to determine the queuing system model in accordance with the conditions and characteristics of the queue from service facilities at the Banyumanik tollgate appropriately. So it can be determined the efektif and efisien number of service substation. Based on the analysis of data obtained, a queue model system that occurred at the Banyumanik tollgate is $(G/G/c) : (GD/\infty/\infty)$. The efektif number of substations service for directions Ungaran-Semarang are two substations service. While for direction Semarang-Ungaran, the efektif number of substation service is three.

Keywords : Queuing system model, Banyumanik tollgate

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semarang sebagai ibu kota provinsi Jawa Tengah termasuk salah satu kota besar di Indonesia. Semarang juga merupakan titik pertemuan dua jalur transportasi utama di pulau Jawa yaitu jalur pantura dan jalur selatan Jawa. Seiring dengan terus meningkatnya laju pertumbuhan jumlah kendaraan yang tidak diimbangi dengan pertumbuhan panjang jalan, permasalahan kemacetan lalu lintas semakin sulit untuk dihandari.

Pembangunan jalan tol menjadi salah satu solusi untuk mengurangi permasalahan kemacetan lalu lintas. Pembangunan jalan tol juga secara tidak langsung berperan besar dalam pertumbuhan laju perekonomian masyarakat. Kelancaran arus lalu lintas di suatu daerah dapat mengakibatkan sistem transpotasi dalam proses penyediaan kebutuhan barang dan jasa di daerah tersebut menjadi tidak terhambat.

Sebagai sebuah solusi dari masalah kemacetan, jalan tol juga masih mempunyai kekurangan dan keterbatasan tersendiri yang perlu diteliti dan diperbaiki secara terus menerus. Kejadian antrean dapat timbul disebabkan kebutuhan akan layanan melebihi kemampuan fasilitas pelayanan, sehingga pelanggan tidak bisa segera mendapatkan layanan karena kesibukan pelayanan^[1].

Jika fasilitas pelayanan yang beroperasi sedikit, maka dapat menimbulkan waktu tunggu yang semakin lama bahkan antrean yang panjang. Sementara, jika fasilitas pelayanan yang beroperasi banyak, maka biaya operasional semakin tinggi. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan antara jumlah fasilitas pelayanan yang beroperasi dengan tingkat kedatangan kendaraan, sehingga arus lalu-lintas jalan tol tidak terhambat^[2].

Permasalahan yang terjadi di gerbang tol Banyumanik, yaitu berkaitan dengan fasilitas pelayanan dan tingkat kedatangan kendaraan yang melewati jalan tol tersebut. Kemampuan dan jumlah fasilitas pelayanan yang dioperasikan di gerbang tol tersebut akan berpengaruh terhadap kelancaran arus lalu lintas kendaraan. Sementara itu, tingkat kedatangan kendaraan di gerbang tol Banyumanik ini bersifat acak dan fluktuatif.

Untuk mengatasi segala permasalahan tersebut, digunakan aplikasi penerapan teori antrean, yaitu dengan menentukan karakteristik, model dan ukuran-ukuran kinerja sistem antrean di gerbang tol Banyumanik. Model sistem antrean dan ukuran-ukuran kinerja sistem antrean yang mampu menggambarkan kondisi sistem pelayanan secara tepat, berguna untuk memudahkan dalam mengevaluasi kondisi dan kemampuan fasilitas pelayanan. Sehingga dapat memudahkan pengambilan kebijakan dalam pengoperasian fasilitas pelayanan sesuai dengan kebutuhan. Dengan demikian, dapat diperoleh suatu kondisi pelayanan yang seimbang, efektif dan efisien yang dapat mengurangi panjang antrean dan lama waktu menunggu.

Penerapan teori antrean ini dilakukan di gerbang tol Banyumanik Semarang untuk arah Ungaran-Semarang dan Semarang-Ungaran. Pengambilan data dilakukan selama kurun waktu enam hari, dengan rincian tiga hari untuk setiap arah tujuan. Data tersebut dianggap sudah mewakili hari kerja dan akhir pekan.

1.2. Tujuan Penelitian

1. Melakukan analisis menggunakan teori antrean untuk menentukan karakteristik dan model sistem antrean yang dapat menggambarkan kondisi antrean kendaraan di gerbang tol Banyumanik Semarang.
2. Menentukan ukuran-ukuran kinerja sistem antrean, sehingga diperoleh sistem pelayanan yang dapat bekerja secara efektif dan efisien.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Antrean

Teori antrean dikemukakan pada tahun 1909 oleh ahli matematika dan insinyur berkebangsaan Denmark yang bernama Agner Kraup Erlang. Penemuan itu terjadi ketika terdapat masalah kepadatan penggunaan telepon di Copenhagen Telephone. Erlang melakukan percobaan tentang fluktuasi permintaan sambungan telepon yang berhubungan dengan *automatic dialing equipment*, yaitu peralatan penyambungan telepon secara otomatis^[3].

Proses antrean merupakan suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, menunggu dalam baris antrean jika semua pelayannya sibuk, dilayani, dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut setelah dilayani.

Sistem antrean merupakan keseluruhan dari proses para pelanggan atau barang yang berdatangan dan memasuki barisan antrean yang seterusnya memerlukan pelayanan sebagaimana yang seharusnya berlaku. Sedangkan keadaan sistem menunjukkan jumlah pelanggan yang berada dalam suatu fasilitas pelayanan, termasuk dalam antreannya^[4].

2.2. Faktor Sistem Antrean

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap baris antrean dan pelayanan yaitu:

1. Distribusi Kedatangan
2. Distribusi Waktu Pelayanan
3. Fasilitas Pelayanan
4. Disiplin Antrian
5. Ukuran Dalam Antrian
6. Sumber Pemanggilan^[4].

2.3. Notasi Kendall

Bentuk dari faktor-faktor dalam antrean bermacam-macam, maka dibuat suatu notasi standar yang disebut dengan notasi Kendall. Format umum model : (a / b / c) ; (d / e / f), dengan

a = distribusi kedatangan

b = distribusi waktu pelayanan

c = jumlah pelayanan

d = disiplin pelayanan, seperti *FCFS*, *LCFS*, *SIRO*, atau *PS*

e = kapasitas maksimum untuk pelanggan

f = sumber pemanggilan^[4].

2.4. Ukuran Steady-State dari Kinerja

Kondisi *steady-state* terpenuhi apabila $\lambda < \mu$ sehingga $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$ dimana λ adalah rata-rata tingkat kedatangan dan μ adalah rata-rata tingkat pelayanan. Berdasarkan informasi tersebut dapat dihitung ukuran-ukuran kinerja, yaitu jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem, jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrean, waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem dan waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrean^[2].

2.5. Model Antrean (G/G/c) : (GD/∞/∞)

Model antrean (G/G/c) : (GD/∞/∞) adalah model antrean dengan pola kedatangan berdistribusi umum (*General*), pola pelayanan berdistribusi umum (*General*), dengan jumlah fasilitas pelayanan sebanyak *c*. Disiplin antrean yang digunakan pada model ini adalah umum yaitu FCFS (*First Come First Service*), kapasitas maksimum yang diperbolehkan dalam sistem adalah tak hingga, dan memiliki sumber pemanggilan tak hingga.

Ukuran-ukuran kinerja sistem pada model *General* ini mengikuti ukuran kinerja pada model (M/M/c):(GD/∞/∞), terkecuali untuk perhitungan jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrean (L_q). Rumus untuk mencari ukuran-ukuran kinerja pada model (G/G/c):(GD/∞/∞) adalah sebagai berikut:

$$L_q = \left[\frac{c\rho}{(c-\rho)^2} \right] \frac{\rho^c}{c!} p_0 \frac{\mu^2 + v(t) + v(t)\lambda^2}{2} = L_{qM/M/c} \frac{\mu^2 + v(t) + v(t)\lambda^2}{2}, \text{ dengan :}$$

$v(t)$ adalah varian dari waktu pelayanan

$v(t')$ adalah varian dari waktu antar kedatangan.

$$L_s = L_q + \rho$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \text{ [5].}$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Data

3.1.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah data primer yaitu data yang diperoleh melalui pengamatan dan pencatatan langsung terhadap obyek penelitian. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel data selama tiga hari untuk masing-masing arah tujuan, yaitu pada hari Sabtu, Minggu dan

Senin. Sampel tersebut dianggap telah mewakili hari kerja dan akhir pekan. Dengan asumsi bahwa proses kedatangan dan proses keberangkatan kendaraan melewati gerbang tol tidak berubah, sehingga dapat mewakili populasi hari-hari lainnya.

3.1.2. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di gerbang tol Banyumanik dengan waktu pelaksanaan pada tanggal 22-24 September 2012 untuk arah Ungaran-Semarang dan tanggal 29 September sampai 1 Oktober 2012 untuk arah Semarang-Ungaran. Dalam satu hari, penelitian dilakukan selama 11 jam yaitu mulai pukul 06.00 – 12.00 WIB dan dilanjutkan mulai pukul 13.00-18.00 WIB.

3.1.3. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk melakukan pencatatan waktu kedatangan kendaraan dan lamanya waktu pelayanan adalah *software* XNote Stopwatch. Sementara itu, alat yang digunakan dalam pengolahan dan analisis data adalah *software* Microsoft Office Excell 2013, SPSS 18.0 dan WINQSB 1.0.

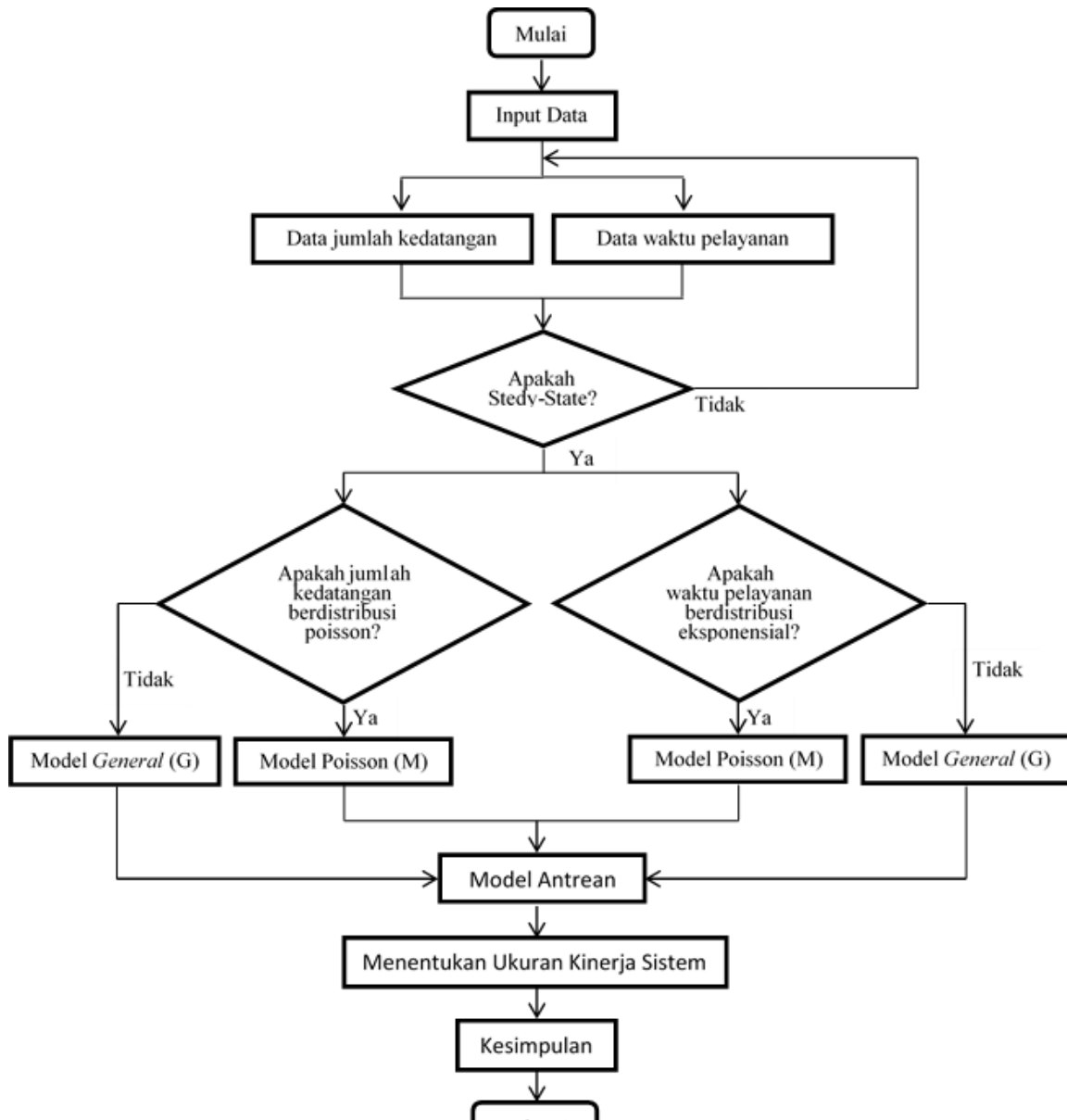
Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah data dari observasi langsung di gerbang tol Banyumanik, yaitu data jumlah kedatangan kendaraan setiap lima menit dan waktu pelayanan kendaraan yang melalui gerbang tol.

3.2. Prosedur Penelitian dan Analisis Data

Langkah pelaksanaan penelitian dan analisis data adalah sebagai berikut :

1. Melakukan penelitian untuk mendapatkan data jumlah kedatangan dan data waktu pelayanan.
2. Data yang diperoleh harus memenuhi kondisi *steady-state* ($\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$), dimana λ merupakan rata-rata tingkat kedatangan dan μ merupakan rata-rata tingkat pelayanan.
3. Melakukan uji keselarasan distribusi untuk mengetahui distribusi dari data jumlah kedatangan dan waktu pelayanan dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov atau uji Kai-Kuadrat. Pada kasus ini, jika hipotesis nol diterima maka dapat disimpulkan bahwa data memenuhi model Poisson (M), jika hipotesis nol ditolak maka data dianggap memenuhi model *General* (G).
4. Menentukan karakteristik dan model sistem antrean yang sesuai.
5. Menentukan ukuran kinerja sistem, yaitu jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem (L_s), jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrean (L_q), waktu menunggu dalam antrean (W_q), dan waktu menunggu dalam sistem (W_s).
6. Membuat hasil dan pembahasan yang diperoleh dari ukuran kinerja sistem, sehingga diperoleh suatu model yang efektif dan efisien. Selanjutnya mengambil kesimpulan mengenai pelayanan di gerbang tol Banyumanik.

3.3. Diagram Alir Analisis Data

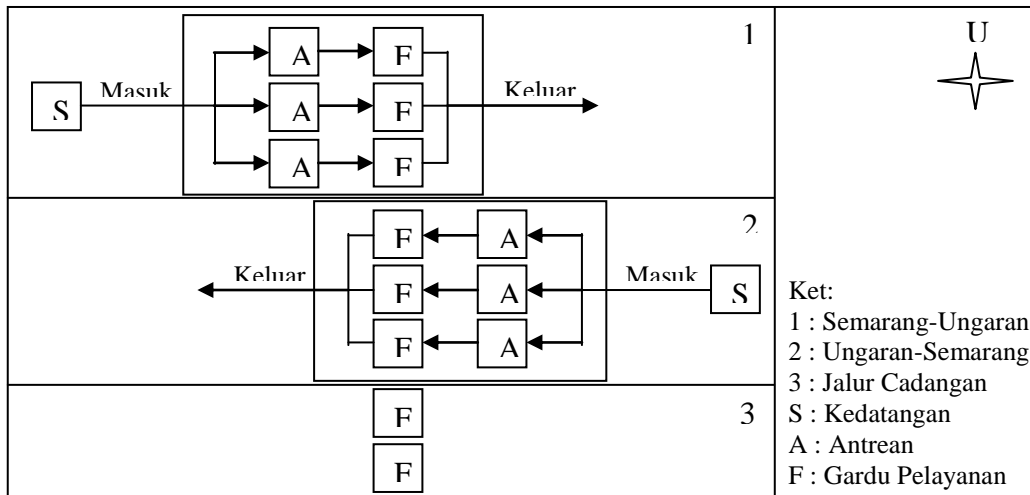


Gambar 1. Diagram Analisis Data

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Sistem Antrean

Jalan tol Semarang-Ungaran adalah jalan bebas hambatan yang menghubungkan kota Semarang dengan kabupaten Ungaran. Jalan tol ini merupakan bagian dari rangkaian jalan tol Semarang-Solo, yaitu jalan bebas hambatan yang dibuat untuk menghubungkan kota Semarang dan Kota Solo. Gerbang tol Banyumanik adalah pintu gerbang tol Semarang-Ungaran yang terletak di daerah Banyumanik Semarang. Gerbang tol ini memiliki total delapan gardu pelayanan, dengan rincian empat gardu pelayanan untuk arah Ungaran-Semarang dan empat gardu pelayanan untuk arah Semarang-Ungaran. Pada hari biasa atau dalam keadaan normal hanya enam gardu pelayanan yang beroperasi, dengan rincian tiga gardu pelayanan untuk masing-masing arah tujuan. Dalam sehari jumlah gardu pelayanan yang beroperasi tersebut dapat tetap atau terkadang berubah-ubah antara dua dan tiga gardu pelayanan. Agar dapat lebih dipahami, bentuk sistem antrean di gerbang tol banyumanik disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Sistem Antrean di Gerbang Tol

4.2. Steady-State Kinerja Sistem Antrean

Tabel 1. Tingkat Kegunaan Fasilitas Pelayanan

Arah Tujuan	<i>c</i>	λ	μ	$\rho = \frac{\lambda}{c \times \mu}$
Ungaran-Semarang	3	29,71464646	36,50206894	0,27135125
	2			0,40702688
Semarang-Ungaran	3	42,61363636	42,61363636	0,38799368
	2			0,58199052

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa tingkat kegunaan fasilitas pelayanan untuk arah Semarang-Ungaran dan arah Semarang-Ungaran nilainya kurang dari satu. Sehingga dapat dikatakan bahwa sistem antrean di gerbang tol Banyumanik memenuhi kondisi *steady state*, artinya bahwa rata-rata tingkat kedatangan kendaraan tidak melebihi rata-rata tingkat pelayanan.

4.3. Uji Distribusi Kedatangan

1. Hipotesis:
 H_0 : kedatangan kendaraan berdistribusi Poisson
 H_1 : kedatangan kendaraan tidak berdistribusi Poisson
2. Taraf Signifikansi: $\alpha = 5\%$
3. Statistik Uji:
 Untuk Ungaran-Semarang $D = \text{Sup}|S(n) - F_0(n)| = 0,225$
 Untuk Semarang-Ungaran $D = \text{Sup}|S(n) - F_0(n)| = 0,151$
4. Kriteria Uji:
 Tolak H_0 pada taraf signifikansi $(1 - \alpha)100\%$ jika nilai $D >$ nilai $D^*(\alpha)$. Dari tabel Kolmogorov-Smirnov diperoleh nilai $D^*(0,05) = 0,068$
5. Keputusan:
 Untuk Ungaran-Semarang H_0 ditolak karena nilai $D >$ nilai $D^*(\alpha)$, yaitu $0,225 > 0,068$.
 Untuk Semarang-Ungaran H_0 ditolak karena nilai $D >$ nilai $D^*(\alpha)$, yaitu $0,151 > 0,068$.
 Berdasarkan hasil uji Kolmogorov-Smirnov dapat disimpulkan bahwa data jumlah kedatangan kendaraan untuk arah Ungaran-Semarang dan Semarang-Ungaran tidak berdistribusi Poisson atau dapat dianggap berdistribusi umum (*General*).

4.4. Uji Distribusi Waktu Pelayanan

1. Hipotesis:

H_0 : waktu pelayanan kendaraan berdistribusi Eksponensial

H_1 : waktu pelayanan kendaraan tidak berdistribusi Eksponensial

2. Taraf Signifikansi: $\alpha = 5\%$

3. Statistik Uji:

$$\text{Untuk Ungaran-Semarang } \chi^2 = \sum_{i=1}^{15} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = 12332,7$$

$$\text{Untuk Semarang-Ungaran } \chi^2 = \sum_{i=1}^{15} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = 12817,8$$

4. Kriteria Uji:

Tolak H_0 pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ jika nilai $\chi^2 >$ nilai $\chi_{\alpha, v}^2$. Dari tabel Kai-Kuadrat diperoleh nilai $\chi_{0,05;13}^2 = 22,362$

5. Keputusan:

Untuk Ungaran-Semarang H_0 ditolak karena nilai $\chi^2 > \chi_{0,05;13}^2$, yaitu $12332,7 > 22,362$.

Untuk Semarang-Ungaran H_0 ditolak karena nilai $\chi^2 > \chi_{0,05;13}^2$, yaitu $12817,8 > 22,362$.

Berdasarkan hasil uji Kai-Kuadrat dapat disimpulkan bahwa data waktu pelayanan kendaraan untuk arah Ungaran-Semarang dan Semarang-Ungaran tidak berdistribusi Eksponensial atau dapat dianggap berdistribusi umum (*General*).

4.5. Model Antrean

Sesuai dengan hasil analisis terhadap distribusi kedatangan, distribusi waktu pelayanan dan kondisi *steady state* sistem antrean maka dapat ditentukan bahwa model sistem antrean di gerbang tol Banyumanik adalah (G/G/c):(GD/ ∞/∞). Model tersebut adalah model sistem antrean dengan distribusi kedatangan kendaraan *General*, distribusi waktu pelayanan *General* dan jumlah gardu pelayanan yang beroperasi sebanyak c pelayan dengan aturan pertama datang pertama dilayani (FCFS). Jika gardu pelayanan yang beroperasi sebanyak tiga gardu pelayanan maka model antrean baik untuk arah Ungaran-Semarang maupun Semarang-Ungaran adalah (G/G/3):(GD/ ∞/∞). Jika gardu pelayanan yang beroperasi hanya sebanyak dua gardu pelayanan maka model antrean baik untuk arah Ungaran-Semarang maupun Semarang-Ungaran adalah (G/G/2):(GD/ ∞/∞).

4.6. Ukuran Kinerja Sistem Antrean

Tabel 2. Ukuran Kinerja Sistem Antrean Arah Ungaran-Semarang

Tipe	c	λ	μ	L_s	L_q	W_s	W_q	p_0
I	3	29,7146	36,5021	0,8740	0,0600	0,0294	0,0020	0,4408
II	2	29,7146	36,5021	1,2928	0,4787	0,0435	0,0161	0,4214

1. Tipe I

Bentuk model sistem antrean di gerbang tol Banyumanik untuk arah Ungaran-Semarang adalah (G/G/3):(GD/ ∞/∞).

- Probabilitas bahwa petugas pelayanan menganggur adalah 0,4408
- Jumlah kendaraan yang diperkirakan dalam sistem adalah 0,874 kendaraan setiap lima menit atau sekitar 1 kendaraan setiap 5,72 menit.
- Jumlah kendaraan yang diperkirakan dalam antrean adalah 0,06 kendaraan setiap lima menit atau sekitar 1 kendaraan setiap 83,33 menit.
- Waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem adalah 0,0294 dari lima menit atau sekitar 8,82 detik.
- Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrean adalah 0,002 dari lima menit atau sekitar 0,6 detik.

2. Tipe II
Bentuk model sistem antrean di gerbang tol Banyumanik untuk arah Ungaran-Semarang adalah $(G/G/2):(GD/\infty/\infty)$.
 - a. Probabilitas bahwa petugas pelayanan menganggur adalah 0,4214
 - b. Jumlah kendaraan yang diperkirakan dalam sistem adalah 1,2928 kendaraan setiap 5 menit atau sekitar 1 kendaraan setiap 3,87 menit.
 - c. Jumlah kendaraan yang diperkirakan dalam antrean adalah 0,4787 kendaraan setiap 5 menit atau sekitar 1 kendaraan setiap 10,44 menit.
 - d. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem adalah 0,0435 dari lima menit atau sekitar 13,05 detik.
 - e. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrean adalah 0,0161 dari lima menit atau sekitar 4,83 detik.

Tabel 3. Ukuran-Ukuran Kinerja Sistem Antrean Arah Semarang-Ungaran

Tipe	c	λ	μ	L_s	L_q	W_s	W_q	p_0
I	3	42,6136	36,6102	1,7191	0,5552	0,0403	0,0130	0,3057
II	2	42,6136	36,6102	5,1403	3,9763	0,1206	0,0933	0,2642

1. Tipe I
Bentuk model sistem antrean di gerbang tol Banyumanik untuk arah Semarang-Ungaran adalah $(G/G/3):(GD/\infty/\infty)$.
 - a. Probabilitas bahwa petugas pelayanan menganggur adalah 0,3057
 - b. Jumlah kendaraan yang diperkirakan dalam sistem adalah 1,7191 kendaraan setiap 5 menit atau sekitar 1 kendaraan setiap 2,81 menit.
 - c. Jumlah kendaraan yang diperkirakan dalam antrean adalah 0,5552 kendaraan setiap 5 menit atau sekitar 1 kendaraan setiap 9,01 menit.
 - d. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem adalah 0,0403 dari lima menit atau sekitar 12,09 detik.
 - e. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrean adalah 0,013 dari lima menit atau sekitar 3,9 detik.
2. Tipe II
Bentuk model sistem antrean di gerbang tol Banyumanik untuk arah Semarang-Ungaran adalah $(G/G/2):(GD/\infty/\infty)$.
 - a. Probabilitas bahwa petugas pelayanan menganggur adalah 0,2642
 - b. Jumlah kendaraan yang diperkirakan dalam sistem adalah 5,1403 kendaraan setiap 5 menit atau sekitar 1 kendaraan setiap 0,97 menit.
 - c. Jumlah kendaraan yang diperkirakan dalam antrean adalah 3,9763 kendaraan setiap 5 menit atau sekitar 1 kendaraan setiap 1,26 menit.
 - d. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem adalah 0,1206 dari lima menit atau sekitar 36,18 detik.
 - e. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrean adalah 0,0933 dari lima menit atau sekitar 27,99 detik.

5. KESIMPULAN

Dalam pengoperasian sebuah fasilitas pelayanan, teori antrian merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah atau dapat membantu dalam pengambilan keputusan. Dengan menggunakan teori antrian dapat ditentukan sebuah model dan ukuran kinerja sistem antrean dari sebuah fasilitas pelayanan. Sehingga dapat memberikan informasi yang memberi kemudahan bagi pengelola dalam mengoptimalkan sebuah fasilitas pelayanan. Sesuai dengan hasil analisis pada penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Model antrian yang sesuai dengan kondisi fasilitas pelayanan di gerbang tol Banyumanik baik untuk arah Ungaran-Semarang maupun arah Semarang-Ungaran adalah model $(G/G/C):(GD/\infty/\infty)$. Model tersebut merupakan model antrian dengan jumlah kedatangan setiap interval waktu tertentu berdistribusi *General*, waktu pelayanan berdistribusi *General*, terdapat c pelayan yang beroperasi, aturan pelayanan pertama datang pertama dilayani, kapasitas pelayanan tidak terbatas dan sumber pemanggilan tidak terbatas.
2. Berdasarkan nilai dari ukuran-ukuran kinerja yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan pelayanan di gerbang tol Banyumanik masih dalam kondisi yang baik atau efektif.
3. Pelayanan di gerbang tol Banyumanik untuk kedua arah tujuan dengan mengoperasikan tiga gardu pelayanan masih dapat memberikan pelayanan yang efektif. Sedangkan jika hanya dua gardu pelayanan yang beroperasi kondisi pelayanan untuk arah Ungaran-Semarang masih dalam kondisi yang efektif dan efisien, tetapi untuk arah Ungaran-Semarang dapat dikatakan relatif kurang efektif.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siagian, P., 1987, *Penelitian Operasional : Teori dan Praktek*, Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- [2] Taha, H. A., 1996, *Riset Operasi*, Jilid 2, Jakarta: Binarupa Aksara.
- [3] Siswanto, 2007, *Operations Research*, Jilid 2, Jakarta : Erlangga.
- [4] Kakiay, T. J., 2004, *Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata*, Yogyakarta: Andi.
- [5] Gross, D dan Haris, C. M., 1998, *Fundamental of Queueing Theory : Third Edition*, New York : John Willey and Sons, Inc.