

Estimasi Jumlah Gardu Keluar Tol Pasteur yang Optimal Menggunakan Model Antrean Tingkat Aspirasi*

IRMA YOLANDA, SUSY SUSANTY, HENDRO PRASSETIYO

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: irma.ylnd@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu akses menuju kota Bandung adalah dengan menggunakan jalur tol, sehingga sering terjadi antrean kendaraan pada setiap pintu tol menuju Bandung, salah satunya terjadi antrean kendaraan pada pintu tol Pasteur. Maka untuk mengurangi antrean kendaraan yang terjadi perlu dilakukan pemecahan masalah dengan menggunakan model antrean, hal ini bertujuan untuk mengetahui jumlah gardu tol yang optimal untuk dibuka agar jumlah gardu tol yang dibuka dapat mengurangi penumpukan kendaraan yang terjadi. Pada penelitian ini model antrean yang digunakan adalah model antrean server tunggal dengan pemecahan model keputusan tingkat aspirasi. Model antrean tingkat aspirasi digunakan karena tidak terdapat biaya waktu menunggu pada sistem antrean.

Kata kunci: antrean, single server, Tingkat Aspirasi, Gardu Tol

ABSTRACT

One of the access to the city of Bandung is to use the toll lanes, so the common queue of vehicles at each toll gate to Bandung, one of which occurred queue of vehicles at the Pasteur toll gate. So to reduce the queue of vehicles that occur need to be solving the problem by using a model queue, it aims to determine the optimal number of tollbooth to tollbooth opened so that the amount that was opened to reduce the buildup of vehicle occurs. In this study, the model used is a model queue single server queue with a split decision models aspiration level. Model line aspiration level is used because there is no time to wait on the system cost line.

Keywords: queue, single server, Aspiration Level, Tollbooth

* Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional

1. PENDAHULUAN

Dikota Bandung sering terjadi penumpukan kendaraan karena menjadi salah satu kota wisata di Indonesia, sehingga cukup banyak kendaraan yang memasuki kota Bandung. Salah satu akses menuju kota Bandung dapat ditempuh dengan menggunakan akses jalan tol, sehingga menyebabkan sering terjadinya antrean kendaraan pada pintu tol menuju Bandung. Sering didapatnya kritik dan saran yang diterima oleh petugas tol yang dilayangkan oleh para pengguna tol karena terjebak macet pada jalur tol tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan kebutuhan terhadap gardu tol yang dibuka. Antrean pada pintu tol terjadi secara *seasonal*, oleh karena itu pada penelitian ini kebutuhan terhadap gardu tol yang dibuka berdasarkan *shift* kerja dan kondisi waktu kerja.

Permasalahan ini sebelumnya telah dibahas oleh Muswar (2005) yaitu menentukan jumlah gardu yang optimal berdasarkan *peak time* dengan menggunakan model antrean tingkat aspirasi. Pada penelitiannya Muswar (2005) mengemukakan bahwa "teori antrean ini sebaiknya dilakukan secara berkala untuk mengatasi perkembangan pemakai jalan tol yang selalu berkembang dari waktu ke waktu, terutama pada saat itu belum terdapat akses jalur tol dari arah purwakarta yang bisa menghubungi langsung Jakarta – Bandung, dan kemungkinan besar sebagai akibat terjadinya lonjakan pemakai jalan tol dan hal ini jika tidak diantisipasi bisa menyebabkan antrean yang sangat panjang".

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu pada penelitian Muswar (2005) diketahui bahwa jumlah gardu yang optimal dilakukan berdasarkan *peak time* atau jam-jam sibuk kendaraan saja yang berkisar antara pukul 07.00 sampai dengan 08.00 dan antara pukul 16.00 sampai dengan 17.00, sehingga ditentukan jumlah gardu yang optimal berdasarkan *peak time*. Sedangkan pada penelitian ini dihasilkan jumlah gardu yang optimal berdasarkan kondisi kerja karyawan yakni pada *weekday* dan *weekend* serta berdasarkan *shift* kerja karyawan yang terdiri dari 3 *shift* kerja yang berlaku pada PT. Jasa Marga.

Penelitian ini dilakukan menggunakan model antrean tingkat aspirasi yakni salah satu model pengambilan keputusan yang dikemukakan Taha (1999). Tingkat aspirasi merupakan suatu model keputusan yang dilakukan apabila tidak diketahui biaya waktu menunggu (ongkos yang dikeluarkan pada waktu menganggur), selain itu untuk menyeimbangkan keinginan konsumen dan kebutuhan istirahat *server* (dalam penelitian ini petugas pintu tol).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahap-tahap yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengidentifikasi permasalahan pada pintu keluar tol Pasteur dan menentukan metode pemecahan masalah yang terjadi.
- 2) Pengumpulan dan pengolahan data.
Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data jumlah kedatangan kendaraan yakni data sekunder (data yang dimiliki perusahaan) dan data waktu pelayanan kendaraan yakni data primer (data yang diperoleh dengan melakukan pengamatan langsung), serta ketersediaan gardu.
- 3) Pengujian kesamaan rata-rata.
Pengujian ini dilakukan terhadap data jumlah kedatangan kendaraan dan data waktu pelayanan kendaraan. Apabila data yang diuji tidak memiliki kesamaan rata-rata yang sama antar data, maka data tersebut dikelompokkan berdasarkan rata-rata yang sama. Apabila data tersebut memiliki rata-rata yang sama maka data dipilih secara acak berdasarkan perlakuannya.

- 4) Pengujian kecukupan data.
Pengujian ini dilakukan setelah dilakukan pengujian uji kesamaan rata-rata. Apabila data yang diuji tidak mencukupi untuk penelitian ini maka perlu dilakukan pengambilan data kembali.
- 5) Pengujian distribusi.
Pengujian distribusi ini dilakukan terhadap data jumlah kedatangan kendaraan dan waktu pelayanan kendaraan. Data jumlah kedatangan kendaraan dilakukan pengujian terhadap distribusi Poisson dan untuk data waktu pelayanan kendaraan dilakukan terhadap distribusi eksponensial. Namun jika pengujian yang dilakukan hipotesis tidak diterima maka perlu dilakukan pengujian distribusi yang sesuai.
- 6) Menggunakan model antrean M/M/s=1.
Model antrean ini dapat digunakan jika uji distribusi eksponensial pada data jumlah kedatangan kendaraan dan waktu pelayanan kendaraan. Namun jika data-data tersebut dilakuka terhadap uji distribusi yang sesuai maka menggunakan model antrean berdasarkan distribusi yang terbentuk.
- 7) Menentukan nilai rata-rata jumlah kedatangan kendaraan (λ) dilakukan terhadap kondisi kerja, serta rata-rata waktu pelayanan kendaraan (μ). Penentuan nilai λ dan μ dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\lambda = \bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (1)$$

$$\frac{1}{\mu} = \bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (2)$$

Dimana:

λ = rata-rata jumlah kedatangan kendaraan total pada 1 kondisi per satuan waktu

\bar{X} = rata-rata dari data

X_i = data ke-

n = jumlah data

μ = rata-rata jumlah kendaraan yang dapat dilayani per satuan waktu

- 8) Menentukan kebutuhan jumlah gardu minimum yang dibutuhkan. Dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{\lambda}{s \cdot \mu} < 1 \quad (3)$$

Dimana:

ρ = utilitas gardu tol

s = jumlah server

- 9) Penentuan variabel antrean.
Menentukan model antrean dalam suatu sistem antrean dapat dilihat berdasarkan mekanisme pelayanan dan disiplin pelayanan sistem tersebut. Pada kasus ini dilakukan perhitungan variabel berdasarkan model antrean M/M/s=1. Perhitungan variabel dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{s} \quad (4)$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}}{\mu} \quad (5)$$

$$P_0 = 1 - \frac{\bar{\lambda}}{\mu} \quad (6)$$

$$L_q = \frac{\bar{\lambda}^2}{\mu(\mu - \bar{\lambda})} \quad (7)$$

$$L_s = \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (8)$$

$$W_q = \frac{L_q}{\bar{\lambda}} \tag{9}$$

$$W_s = \frac{L_s}{\bar{\lambda}} \tag{10}$$

Dimana:

$\bar{\lambda}$ = rata-rata jumlah kendaraan berdasarkan jumlah *server* per satuan waktu

λ = rata-rata jumlah kendaraan yang dapat dilayani per satuan waktu

s = jumlah *server*

ρ = utilitas gardu tol

μ = rata-rata jumlah kendaraan yang dapat dilayani per satuan waktu

P_0 = peluang tidak adanya pelanggan dalam sistem

L_q = Jumlah rata-rata pelanggan yang sedang menunggu dalam antrean

L_s = Jumlah rata-rata pelanggan yang mengantri dalam sistem antrean

W_q = Waktu rata-rata pelanggan menunggu dalam antrean

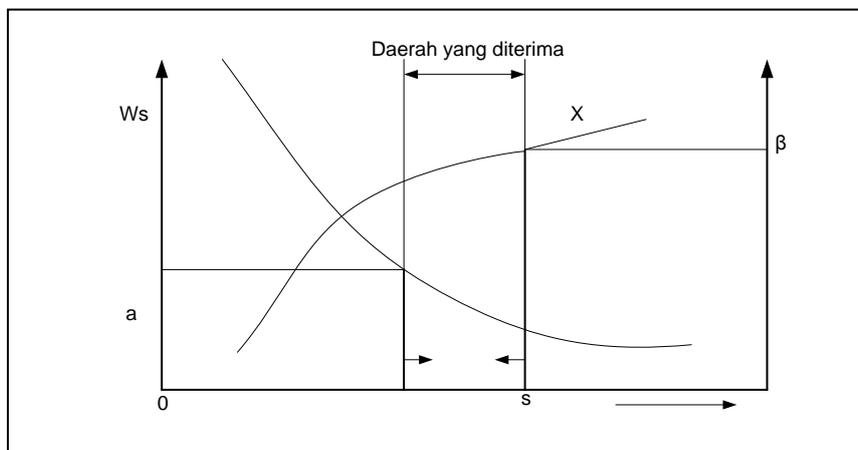
W_s = Waktu rata-rata pelanggan menunggu dalam sistem antrean

10) Menentukan jumlah gardu tol yang optimal dengan model tingkat aspirasi.

Data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan model antrean ini yaitu nilai waktu tunggu rata-rata (W_q) yang didapat dari hasil perhitungan variabel model antrean, serta nilai persentase waktu mengganggu fasilitas pelayanan ($X\% = 1 - \rho$). Selain itu terdapat nilai tingkat aspirasi (α) atau waktu menunggu pelanggan yang diharapkan serta persentase waktu mengganggu fasilitas (β) yang digunakan. Perhitungan pada penentuan jumlah gardu dapat dilihat pada persamaan (11).

$$s = \frac{\lambda}{\mu \times (100 - \beta)} \tag{11}$$

Serta grafik keputusan dari model Tingkat Aspirasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Model Tingkat Aspirasi (Sumber : Taha. 2005)

3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 Data Ketersediaan Gardu

Gerbang tol Pasteur merupakan salah satu pintu tol yang cukup padat, hal ini dikarenakan cukup dekat dengan pusat kota sehingga banyak pengguna tol yang lebih memilih keluar melalui pintu tol Pasteur ini, oleh karena itu pintu tol ini memiliki kapasitas gardu tol yang cukup banyak. Kapasitas gardu tol untuk pintu keluar memiliki sebanyak 8 gardu, sedangkan untuk gardu tol pintu masuk memiliki sebanyak 4 gardu. Pada Tabel 1 merupakan data ketersediaan gardu tol yang saat ini dibuka untuk setiap hari kerja dan *shift* kerjanya.

Tabel 1. Data Ketersediaan Gardu Saat Ini

Weekday	
Shift Kerja	Jumlah Gardu Yang Dibuka
Shift 1 (05.30 - 13.30)	8 Gardu
Shift 2 (13.30 - 21.30)	8 Gardu
Shift 3 (21.30 - 05.30)	2 - 7 Gardu
Weekend	
Shift Kerja	Jumlah Gardu Yang Dibuka
Shift 1 (05.30 - 13.30)	8 Gardu
Shift 2 (13.30 - 21.30)	8 Gardu
Shift 3 (21.30 - 05.30)	2- 8 Gardu

3.2 Data Jumlah Kedatangan Kendaraan

Data jumlah kedatangan kendaraan ke Pintu Tol Keluar Pasteur ini merupakan data sekunder, yakni data rekap yang didapat dari pihak PT. Jasa Marga. Data jumlah kedatangan kendaraan diperoleh dimulai dari bulan Januari 2012 hingga bulan April 2012. Pada bulan Januari, Maret, dan April 2012 terdapat hari libur panjang (*Long Weekend*), pada kondisi libur panjang (*Long Weekend*) jumlah kedatangan kendaraan ke Pintu Tol Keluar Pasteur melonjak naik sangat tinggi, hal ini dapat menyebabkan data jumlah kedatangan kendaraan menjadi ekstrim. Selain itu, hari libur panjang (*Long Weekend*) hanya terjadi pada waktu-waktu tertentu saja, sehingga digunakan data jumlah kedatangan kendaraan pada bulan yang tidak terdapat hari libur panjang (*Long Weekend*) yaitu pada bulan Februari. Data jumlah kedatangan kendaraan pada bulan Januari, Februari, Maret dan April digunakan untuk menguji kesamaan rata-rata untuk mengetahui apakah data tersebut memiliki rata-rata yang sama atau tidak.

3.3 Data Waktu Pelayanan Kendaraan Pada Gardu Tol

Data waktu pelayanan kendaraan pada Gardu Tol merupakan data primer yang didapatkan dengan melakukan pengamatan langsung pada tempat penelitian. Waktu yang diamati adalah waktu pelanggan mulai dilayani hingga selesai dilayani oleh pelayan (petugas pintu tol). Waktu pelayanan ini diamati pada 2 *shift* kerja yang berbeda yakni pada saat *shift* 1 dan *shift* 2 pada saat *weekday*. Asumsi untuk data waktu pelayanan kendaraan pada gardu tol adalah bahwa pelayan (petugas pintu tol) yang bekerja di gardu tol mempunyai kemampuan melayani yang sama.

3.4 Uji Kesamaan Rata-rata

Pengujian ini dilakukan terhadap data jumlah kedatangan dan data waktu pelayanan kendaraan pada pintu keluar pada tol Pasteur Bandung. Pada data jumlah kedatangan kendaraan merupakan data sekunder yakni data yang diperoleh dari pihak PT. Jasa Marga, data yang dibandingkan untuk uji kesamaan rata-rata ini merupakan data jumlah kedatangan kendaraan pada bulan Januari-April 2012, sedangkan pada data waktu pelayanan merupakan data primer karena dilakukan pengamatan secara langsung data yang dibandingkan untuk uji kesamaan rata-rata ini merupakan data waktu pelayanan pada kondisi *weekday* untuk *shift* 1 dan 2 dengan data yang didapat sebanyak 120, hal ini dilakukan karena waktu pelayanan tidak bergantung dengan jumlah kedatangan kendaraan karena petugas tol telah memiliki kemampuan yang sama untuk melayani kendaraan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *Analysis Of Varians* (ANOVA) yang dikemukakan dalam buku Walpole (1995). Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Uji Kesamaan Rata-rata

Data Yang Diuji	F _{tabel}	F _{hitung}	Kesimpulan
Jumlah Kedatangan Kendaraan	3,78	0,52	F _{hitung} < F _{tabel} maka hipotesis diterima bahwa data yang diuji memiliki rata-rata yang sama
Waktu Pelayanan Kendaraan	6,85	0,67	

3.5 Uji Kecukupan Data

Pengujian ini dilakukan terhadap data jumlah kedatangan dan data waktu pelayanan kendaraan pada pintu tol keluar (*exit*) Pasteur Bandung. Pada data jumlah kedatangan kendaraan yang diuji hanya pada bulan Februari, hal ini dilakukan karena data tersebut yang akan digunakan untuk pengolahan data selanjutnya. Sedangkan pada data waktu pelayanan kendaraan yang digunakan sama dengan data waktu pelayanan pada uji kesamaan rata-rata. Pengujian dilakukan berdasarkan persamaan dikemukakan dalam buku Sutalaksana (1979) sebagai berikut:

$$N' = \left[\frac{40 \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2 \tag{12}$$

Hasil pengujian kecukupan data dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Rekapitulasi Uji Kecukupan Data

Data Yang Diuji	N	N'	Kesimpulan
Jumlah Kedatangan Kendaraan	697	521,81	N' < N maka hipotesis diterima bahwa data yang diuji sudah cukup mewakili populasinya.
Waktu Pelayanan Kendaraan	120	101,83	

3.6 Pengujian Bentuk Distribusi Jumlah Kedatangan dan Waktu Pelayanan Kendaraan

Pengujian distribusi dilakukan pada jumlah kedatangan dan waktu pelayanan kendaraan yang bertujuan untuk mengetahui apakah pola kedatangan berdistribusi poisson dan pola pelayanan berdistribusi eksponensial atau tidak. Pada pengujian ini dibedakan untuk setiap kondisi hari kerja dan *shift* kerja yang terjadi. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Goodness Of Fit* yang dikemukakan pada Walpole (1995), hal ini dilakukan untuk mengetahui hipotesis dapat diterima atau tidak. Hasil rekapitulasi dari pengujian distribusi terhadap data jumlah kedatangan dan waktu pelayanan kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Uji Distribusi

Data Jumlah Kedatangan Kendaraan			
Kondisi	X ² _{hitung}	X ² _{tabel}	Kesimpulan
<i>Weekday Shift 1</i>	16,78	195,97	X ² _{hitung} < X ² _{tabel} , maka Hipotesis diterima bahwa data berdistribusi Poisson
<i>Weekday Shift 2</i>	68,30	194,88	
<i>Weekday Shift 3</i>	139,53	197,06	
<i>Weekend Shift 1</i>	46,42	80,23	
<i>Weekend Shift 2</i>	14,57	80,23	
<i>Weekend Shift 3</i>	56,69	80,23	
Data Waktu Pelayanan Kendaraan			
X ² _{hitung}	X ² _{tabel}	Kesimpulan	
14,99	143,25	X ² _{hitung} < X ² _{tabel} , maka Hipotesis diterima bahwa data berdistribusi Eksponensial	

3.7 Rata-rata Jumlah Kedatangan Kendaraan

Rata-rata jumlah kedatangan kendaraan dinotasikan dengan simbol λ . Pada penelitian ini nilai lamda (λ) untuk setiap kondisi berbeda-beda, hal ini dikarenakan untuk setiap kondisi kerja rata-rata jumlah kedatangan kendaraan berbeda. Hasil rekapitulasi rata-rata jumlah kedatangan kendaraan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Rata-rata Jumlah Kedatangan Kendaraan

Kondisi Kerja	Nilai Rata-rata Jumlah Kedatangan Kendaraan (λ)
<i>weekday shift 1</i>	1852,42 kendaraan/jam
<i>weekday shift 2</i>	1621,85 kendaraan/jam
<i>weekday shift 3</i>	323,80 kendaraan/jam
<i>weekend shift 1</i>	1608,59 kendaraan/jam
<i>weekend shift 2</i>	1622,56 kendaraan/jam
<i>weekend shift 3</i>	481,51 kendaraan/jam

3.8 Jumlah Rata-rata Pelayanan Kendaraan

Jumlah rata-rata pelayanan kendaraan dinotasikan dengan symbol μ . Pada kasus ini jumlah rata-rata pelayanan pelanggan diasumsikan sama untuk setiap kondisi kerjanya, hal ini dikarenakan pelayanan untuk setiap konsumen dilakukan dengan kemampuan yang sama, dan tidak berdasarkan banyaknya pelanggan yang mengantri.

Pengambilan data dilakukan pada kondisi *weekday shift 1* dan *2*, yang masing-masing pengamatan dilakukan setiap 30 menit, sehingga didapatkan data sebanyak 120. Oleh karena itu maka dapat diketahui jumlah rata-rata pelayanan kendaraan sebesar 299,75 kendaraan/jam.

3.9 Penentuan Kebutuhan Jumlah Gardu Minimum

Jumlah gardu tol minimum dapat diketahui dengan menentukan tingkat utilitas untuk setiap jumlah gardu tol yang dibuka yang bertujuan untuk mengetahui apakah antrean yang terjadi dapat terkendali atau tidak. Maka hasil rekapitulasi kebutuhan jumlah gardu tol minimum yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Rekapitulasi Tingkat Utilitas Fasilitas Pelayanan

Kondisi	Jumlah Minimum Gardu Yang Dibutuhkan
<i>Weekday Shift 1</i>	7
<i>Weekday Shift 2</i>	6
<i>Weekday Shift 3</i>	2
<i>Weekend Shift 1</i>	6
<i>Weekend Shift 2</i>	6
<i>Weekend Shift 3</i>	2

3.10 Perhitungan Variabel Antrean

Perhitungan variabel antrean dilakukan terhadap kondisi kerja, hal ini dilakukan untuk mengetahui utilitas gardu, jumlah kendaraan yang berada dalam sistem dan waktu tunggu yang dihabiskan kendaraan dalam sistem. Perhitungan variabel antrean dilakukan berdasarkan persamaan (4) sampai dengan persamaan (10). Berikut ini hasil rekapitulasi perhitungan variabel antrean dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Variabel Antrean

Weekday Shift 1								
s	λ	μ	ρ	P_0	Lq (kendaraan)	Ls (kendaraan)	Wq (jam)	Ws (jam)
7	264,6318	299,7502	0,8828	0,1172	6,6526	7,5354	0,0251	0,0285
8	231,5528		0,7725	0,2275	2,6228	3,3953	0,0113	0,0147
9	205,8247		0,6867	0,3133	1,5047	2,1914	0,0073	0,0106
10	185,2423		0,6180	0,3820	0,9997	1,6177	0,0054	0,0087
Weekday Shift 2								
s	λ	μ	ρ	P_0	Lq (kendaraan)	Ls (kendaraan)	Wq (jam)	Ws (jam)
6	270,3095	299,7502	0,9018	0,0982	8,2797	9,1815	0,0306	0,0340
7	231,6939		0,7730	0,2270	2,6315	3,4044	0,0114	0,0147
8	202,7321		0,6763	0,3237	1,4133	2,0896	0,0070	0,0103
9	180,2063		0,6012	0,3988	0,9063	1,5074	0,0050	0,0084
10	162,1857		0,5411	0,4589	0,6379	1,1790	0,0039	0,0073
Weekday Shift 3								
s	λ	μ	ρ	P_0	Lq (kendaraan)	Ls (kendaraan)	Wq (jam)	Ws (jam)
2	161,9024	299,7502	0,5401	0,4599	0,6344	1,1745	0,0039	0,0073
3	107,9349		0,3601	0,6399	0,2026	0,5627	0,0019	0,0052
4	80,9512		0,2701	0,7299	0,0999	0,3700	0,0012	0,0046
5	64,7609		0,2160	0,7840	0,0595	0,2756	0,0009	0,0043
6	53,9675		0,1800	0,8200	0,0395	0,2196	0,0007	0,0041
7	46,2578		0,1543	0,8457	0,0282	0,1825	0,0006	0,0039
8	40,4756		0,1350	0,8650	0,0211	0,1561	0,0005	0,0039
9	35,9783		0,1200	0,8800	0,0164	0,1364	0,0005	0,0038
10	32,3805		0,1080	0,8920	0,0131	0,1211	0,0004	0,0037
Weekend Shift 1								
s	λ	μ	ρ	P_0	Lq (kendaraan)	Ls (kendaraan)	Wq (jam)	Ws (jam)
6	267,2656	299,7502	0,8916	0,1084	7,3358	8,2275	0,0274	0,0308
7	229,0848		0,7643	0,2357	2,4776	3,2418	0,0108	0,0142
8	200,4492		0,6687	0,3313	1,3499	2,0186	0,0067	0,0101
9	178,1771		0,5944	0,4056	0,8712	1,4656	0,0049	0,0082
10	160,3594		0,5350	0,4650	0,6155	1,1504	0,0038	0,0072
Weekend Shift 2								
s	λ	μ	ρ	P_0	Lq (kendaraan)	Ls (kendaraan)	Wq (jam)	Ws (jam)
6	270,4948	299,7502	0,9024	0,0976	8,3436	9,2460	0,0308	0,0342
7	231,8527		0,7735	0,2265	2,6413	3,4147	0,0114	0,0147
8	202,8711		0,6768	0,3232	1,4173	2,0941	0,0070	0,0103
9	180,3299		0,6016	0,3984	0,9084	1,5100	0,0050	0,0084
10	162,2969		0,5414	0,4586	0,6393	1,1807	0,0039	0,0073
Weekend Shift 3								
s	λ	μ	ρ	P_0	Lq (kendaraan)	Ls (kendaraan)	Wq (jam)	Ws (jam)
2	240,7578	299,7502	0,8032	0,1968	3,2780	4,0812	0,0136	0,0170
3	160,5052		0,5355	0,4645	0,6172	1,1527	0,0038	0,0072
4	120,3789		0,4016	0,5984	0,2695	0,6711	0,0022	0,0056
5	96,3031		0,3213	0,6787	0,1521	0,4734	0,0016	0,0049
6	80,2526		0,2677	0,7323	0,0979	0,3656	0,0012	0,0046
7	68,7879		0,2295	0,7705	0,0683	0,2978	0,0010	0,0043
8	60,1895		0,2008	0,7992	0,0505	0,2512	0,0008	0,0042
9	53,5017		0,1785	0,8215	0,0388	0,2173	0,0007	0,0041
10	48,1516		0,1606	0,8394	0,0307	0,1914	0,0006	0,0040

3.11 Penentuan Jumlah Gardu Tol Optimal Dengan Model Tingkat Aspirasi

Pada grafik keputusan model tingkat aspirasi dapat diketahui jumlah gardu yang optimal yang ditunjukkan oleh pertemuan garis W_s dan $X\%$, sehingga dapat dibandingkan hasil optimal yang ditunjukkan oleh grafik keputusan dengan data ketersediaan gardu saat ini. Hasil perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Jumlah Gardu Hasil Perhitungan Dengan Kondisi Saat Ini

Kondisi	Jumlah Gardu Yang Dibuka	
	Hasil Keputusan Yang Didapat Dari Grafik Model Tingkat	Data Aktualisasi Ketersediaan Gardu Saat
<i>Weekday Shift 1</i>	10	8
<i>Weekday Shift 2</i>	9	8
<i>Weekday Shift 3</i>	2	2 sampai dengan 7
<i>Weekend Shift 1</i>	9	8
<i>Weekend Shift 2</i>	9	8
<i>Weekend Shift 3</i>	3	2 sampai dengan 8

3.12 Analisis Sensitivitas Estimasi Jumlah Gardu Tol Yang Optimal Berdasarkan Nilai α Dan β

Estimasi jumlah gardu tol yang optimal dapat diketahui dengan menggunakan model keputusan berdasarkan tingkat aspirasi. Nilai α dan β dapat menentukan estimasi jumlah gardu yang optimal untuk dibuka, selain itu besar estimasi jumlah gardu tol yang optimal dapat dibuktikan dengan model perhitungan. Pada penelitian ini dilakukan analisis sensitivitas terhadap estimasi jumlah gardu tol yang optimal dengan merubah nilai β , hal ini dilakukan karena nilai β merupakan keputusan pada perusahaan yang pada suatu waktu dapat berubah, sedangkan nilai α tidak dapat dirubah karena merupakan keinginan yang diinginkan oleh konsumen.

Analisis sensitivitas pada penelitian ini dilakukan terhadap 2 hal yakni berdasarkan grafik dan berdasarkan perhitungan pada persamaan (5). Analisis sensitivitas pada grafik dilakukan perbandingan berdasarkan nilai β dengan nilai sebesar 20% dan 26%. Apabila Waktu menganggur (nilai β) sebesar 20% jika dikonversikan ke dalam satuan jam yakni waktu menganggur yang didapat petugas tol tersebut dalam satu shift kerja tersebut sebesar 1,6 jam atau 96 menit dari 8 jam kerja, sedangkan waktu menganggur sebesar 26% jika dikonversikan ke dalam satuan jam yakni waktu menganggur yang didapat petugas tol tersebut dalam satu shift kerja tersebut sebesar 2,4 jam atau 144 menit dari 8 jam kerja. Berikut ini merupakan hasil analisis sensitivitas untuk setiap kondisi kerja dapat dilihat pada Gambar 2.

3.13 Perhitungan Jumlah Kedatangan Kendaraan Yang Optimal Setiap Jumlah Gardu Terhadap Waktu Menganggur Petugas Tol

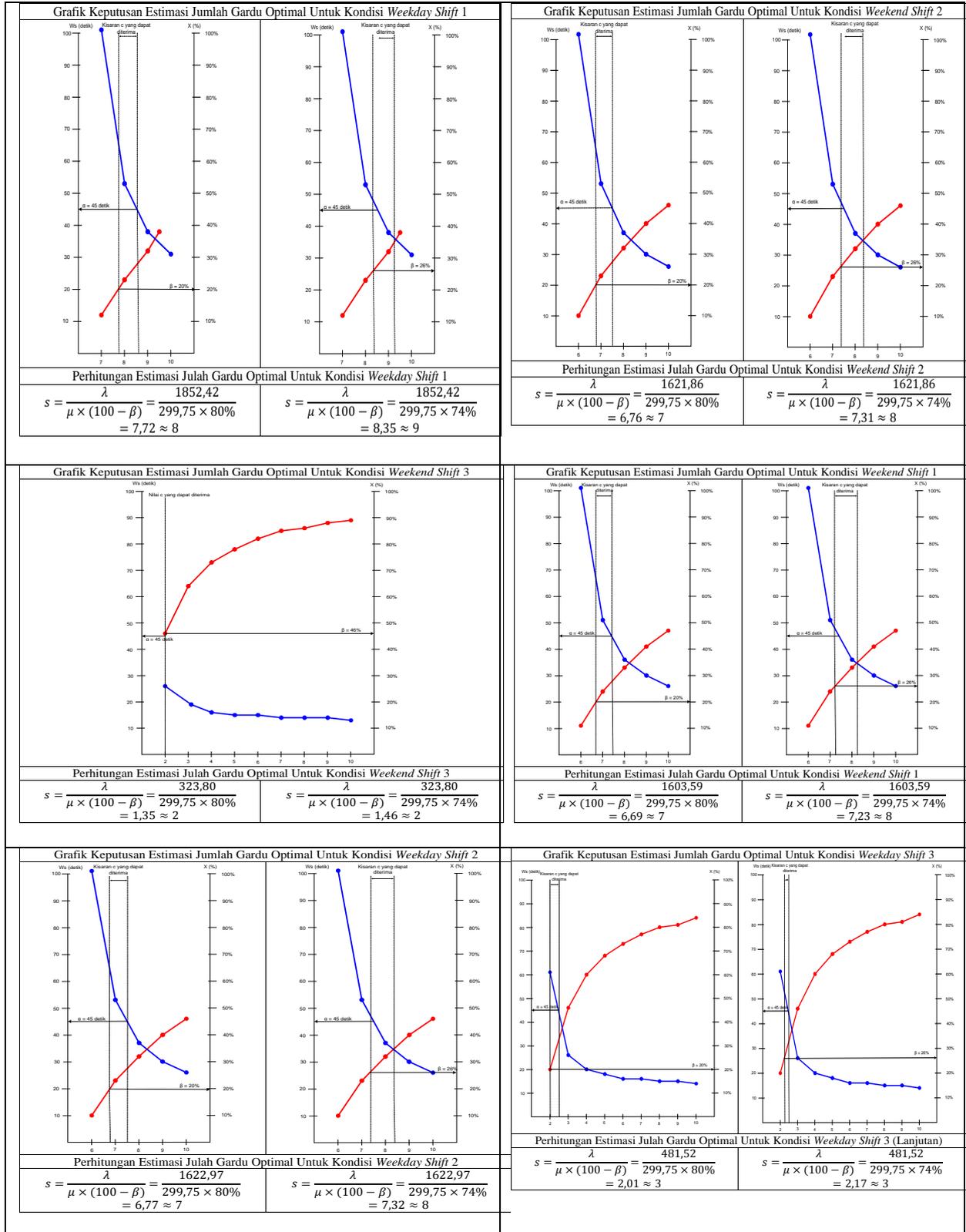
Setiap jumlah gardu yang dibuka memiliki kondisi optimal jumlah kedatangan kendaraan untuk memasuki gardu, hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya antrean. Oleh karena itu dilakukan analisis terhadap jumlah kedatangan kendaraan yang optimal pada setiap jumlah gardu berdasarkan waktu mengaggur 20% dan 26%. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Jumlah Kedatangan Kendaraan yang Optimal Untuk Setiap Jumlah Gardu Terhadap Waktu Menganggur Petugas Tol

Untuk X% = 20%		Untuk X% = 26%	
Jumlah gardu	Optimal kendaraan yang masuk untuk setiap gardu (kendaraan/jam)	Jumlah gardu	Optimal kendaraan yang masuk untuk setiap gardu (kendaraan/jam)
1	239,80	1	221,82
2	479,60	2	443,63
3	719,40	3	665,45
4	959,20	4	887,26
5	1199,00	5	1109,08
6	1438,80	6	1330,89
7	1678,60	7	1552,71
8	1918,40	8	1774,52
9	2158,20	9	1996,34
10	2398,00	10	2218,15

Analisis terhadap jumlah kedatangan kendaraan yang optimal untuk memasuki gardu sesuai dengan jumlah gardu yang dibuka tidak dilakukan berdasarkan kondisi kerja karena jumlah kedatangan kendaraan akan menyesuaikan dengan waktu pelayanan kendaraan. Karena

waktu pelayanan kendaraan memiliki nilai yang sama untuk setiap kondisi kerja maka jumlah kedatangan kendaraan yang optimal untuk memasuki gardu tidak menyesuaikan dengan kondisi kerja yang ada.



Gambar 2. Estimasi Jumlah Gardu Tol Optimal Untuk Setiap Kondisi

3.13 Implementasi Usulan Perbaikan Terhadap Kondisi Perusahaan

Pada penelitian ini dihasilkan usulan perbaikan untuk memperbaiki masalah antrean yang terjadi di pintu keluar tol Pasteur, dengan hasil usulan perbaikan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Rekapitulasi Kebutuhan Jumlah Gardu Berdasarkan Penelitian

Kondisi	Hasil Keputusan Yang Didapat Dari Grafik Model Tingkat Aspirasi	Jumlah Gardu Yang Dibuka				Data Aktualisasi Ketersediaan Gardu Saat Ini
		Estimasi Jumlah Gardu Optimal Berdasarkan Grafik		Estimasi Jumlah Gardu berdasarkan Persamaan (11)		
		X% = 20%	X% = 26%	X% = 20%	X% = 26%	
<i>Weekday Shift 1</i>	10	7 sampai dengan 9	8 sampai dengan 10	8	9	8
<i>Weekday Shift 2</i>	9	6 sampai dengan 8	7 sampai dengan 9	7	8	8
<i>Weekday Shift 3</i>	2	2	2	2	2	2 sampai dengan 7
<i>Weekend Shift 1</i>	9	6 sampai dengan 8	7 sampai dengan 9	7	8	8
<i>Weekend Shift 2</i>	9	6 sampai dengan 8	7 sampai dengan 9	7	8	8
<i>Weekend Shift 3</i>	3	2 sampai dengan 3	2 sampai dengan 3	3	3	2 sampai dengan 8

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data dan analisis yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu.

1. Estimasi kebutuhan terhadap jumlah gardu tol yang dibuka dilakukan terhadap kondisi kerja jika dilakukan berdasarkan analisis sensitivitas berdasarkan nilai waktu mengganggu petugas tol sebesar 20% dan 26% dari jam kerja karyawan yang didapat, maka pada kondisi *weekday shift 1* dibutuhkan 7 sampai dengan 10 gardu yang dibuka, untuk kondisi *weekday shift 2*, dan *weekend shift 1*, serta *weekend shift 2* dibutuhkan 6 sampai dengan 9 gardu yang dibuka, sedangkan pada kondisi *weekday shift 3* dibutuhkan 2 gardu dan pada kondisi *weekend shift 3* dibutuhkan 2 sampai dengan 3 gardu yang dibuka.
2. Jumlah fasilitas pelayanan gardu tol pintu keluar Pasteur perlu dilakukan penambahan sebesar 2 gardu, hal ini bertujuan untuk meminimasi antrean yang terjadi serta untuk menyeimbangkan kebutuhan konsumen dan petugas tol.
3. Jumlah gardu yang dibutuhkan pada pintu keluar tol Pasteur adalah sebesar 10 gardu

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah kebutuhan terhadap fasilitas pelayanan yang dibuka sebaiknya dilakukan secara berkala untuk mengatasi perkembangan pengguna tol terhadap tingkat mobilitas masyarakat nantinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Muswar, A. (2005), *Penentuan Jumlah Gardu Tol Yang Optimal Dengan Menggunakan Model Tingkat Aspirasi*, Tugas Akhir S-1 ITENAS, Bandung.
- Walpole, R. E. (1995), *Ilmu Peluang dan Statistik Untuk Insinyur dan Ilmuan*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sutalaksana, I.Z. (1979), *Teknik Tata Cara Kerja*, Departemen Teknik Industri ITB, Bandung.
- Taha, H. A. (1996), *Riset Operasi*, Binarupa Aksara, Jakarta.

Yolanda, dkk