

IDENTIFIKASI MODEL ANTREAN NON-POISSON

(Studi Kasus : Bus Nonpatas Antarkota Antarprovinsi (AKAP) dan Antarkota Dalam Provinsi (AKDP) Lajur Barat Terminal Bus Tirtonadi Surakarta)

Oleh:

Aselina Pratidina Wrediningsih¹, Sugito², Alan Prahutama³, Arief Rachman Hakim⁴

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3,4}Staff Pengajar Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

Email: aselinapw1@gmail.com

ABSTRACT

Transportation is an important factor to improve the economic level of an area. If the transportation does great, the economy will grow up. In case of that, Tirtonadi Bus Station always try to provide optimum services to avoid long queue. Queue system on the west lanes nonpatas bus service of Tirtonadi Bus Station (Solo-Yogyakarta, Solo-Semarang, Solo-Purwokerto, Solo-Jakarta, and Jalur Pedesaan) will be analyzed using queueing theory. The main goal of this project is to identify the distribution of the model of Non-Poisson and calculate the size of system performance. Primary data analysis is made up of equilibrium sample test (steady state) and tested the distribution of the arrivals number and the bus service's time. Based on the analysis of queueing process, there are non-Poisson queueing models estimated with Triangular, Beta, Weibull, and the models are $(G/M/1) : (GD/\infty/\infty)$, $(G/LOGN/1) : (GD/\infty/\infty)$, $(G/M/1) : (GD/\infty/\infty)$, $(G/BETA/1) : (GD/\infty/\infty)$, and $(G/M/1) : (GD/\infty/\infty)$. The size of system performance show that line A (Solo-Yogyakarta) have a higher level of service rush than other service lines.

Keyword : queue, queueing system, queueing model, non-Poisson, Tirtonadi Bus Station, Arena.

1. PENDAHULUAN

Fenomena mengantre tidak lepas dari kehidupan sehari-hari, termasuk di bidang transportasi. Transportasi merupakan salah satu fasilitas penting bagi daerah untuk maju dan berkembang. Keberadaan transportasi diharapkan dapat menghilangkan isolasi dan memberi stimulan ke arah perkembangan di semua bidang kehidupan, baik perdagangan, industri, maupun sektor lainnya. Semakin lancar transportasi maka semakin cepat pula perputaran uang di suatu daerah.

Terminal Bus Tirtonadi Kota Surakarta dinilai mempunyai peranan strategis karena merupakan titik tengah

jalur dari barat ke timur dan sebaliknya. Trayek bus nonpatas yang cukup banyak menyebabkan antrean panjang di jalur pelayanan. Suatu fasilitas pelayanan dikatakan baik apabila memberikan pelayanan cepat dan tidak membiarkan pelanggan menunggu terlalu lama agar tidak mengakibatkan tingkat kepercayaan pelanggan terhadap jasa pelayanan tersebut menurun.

Oleh karena itu, untuk mengetahui keefektifan pelayanan bus nonpatas di jalur barat Terminal Tirtonadi Kota Surakarta, maka dilakukan analisis antrean. Kemudian setelah dilakukan penelitian dapat dihasilkan suatu

kesimpulan yang bisa digunakan untuk memberikan masukan yang dapat membantu mengurai permasalahan antrean yang terjadi di jalur pelayanan sehingga pihak terminal sebagai penyedia jasa dapat memberikan pelayanan prima dan mendorong perekonomian Kota Surakarta untuk tumbuh dengan baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Antrean

Teori antrean dikemukakan oleh Agner Kraup Erlang yang pertama kali mempublikasikan makalah mengenai *Queueing Theory* pada tahun 1909. A.K Erlang adalah seorang insinyur asal Denmark yang bekerja di *Copenhagen Telephone Exchange*. Penemuan itu terjadi melalui pengamatan masalah kepadatan penggunaan *telephone* di *Copenhagen Telephone*, kemudian sebelum perang dunia kedua berakhir, pada tahun 1917 A.K. Erlang memperbaiki penemuannya. Teori ini telah diperluas penerapannya ke masalah-masalah umum dengan memasukkan faktor antre dan garis tunggu (Siswanto, 2006).

2.2 Faktor-Faktor Sistem Antrean

Menurut Kakiay (2004) terdapat beberapa faktor penting yang terkait erat dengan sistem antrean. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap barisan antrean dan pelayanannya adalah distribusi kedatangan, distribusi waktu pelayanan, fasilitas pelayanan, disiplin pelayanan, ukuran dalam antrean, dan sumber pemanggilan.

2.3 Struktur Dasar Sistem Antrean

Menurut Subagyo (2000), ada empat model struktur antrean dasar yang umum terjadi dalam seluruh sistem antrean yaitu Satu Antrean Satu Pelayanan (*Single Channel-Single Phase*), Satu Antrean, Beberapa Pelayanan Seri (*Single Channel-Multiphase*), Satu Antrean Beberapa

Pelayanan Paralel (*Multichannel-Single Phase*), Beberapa Antrean Beberapa Pelayanan Paralel (*Multichannel-Multiphase*).

2.4 Notasi Kendall

Menurut Kakiay (2004) bentuk kombinasi proses kedatangan dengan pelayanan pada umumnya dikenal sebagai standar universal, yaitu:

$$(a/b/c) : (d/e/f)$$

Dengan simbol a , b , c , d , e dan f merupakan unsur-unsur dasar dari model baris antrean. Penjelasan dari simbol-simbol di atas adalah sebagai berikut:

a : Distribusi kedatangan (*arrival distribution*).

b : Distribusi waktu pelayanan (*service time distribution*).

c : Jumlah tempat pelayanan (dengan $c = 1, 2, 3, \dots \infty$).

d : Disiplin pelayanan misalkan FIFO, LIFO, SIRO, PS.

e : Jumlah maksimum pelanggan yang diizinkan dalam sistem.

f : Sumber pemanggilan.

2.5 Ukuran Steady State

Steady state merupakan kondisi sewaktu sifat-sifat sistem tidak berubah dengan berjalannya waktu (konstan). Menurut Taha (1996) misalnya λ adalah rata-rata kedatangan pelanggan ke tempat pelayanan per satuan waktu, μ adalah rata-rata pelanggan yang telah dilayani per satuan waktu, dan c merupakan banyaknya fasilitas pelayanan (*server*), maka ρ didefinisikan sebagai perbandingan antara rata-rata pelanggan yang datang (λ) dengan rata-rata pelanggan yang telah dilayani per satuan waktu (μ) dimana asumsi steady state terpenuhi apabila $\lambda < \mu$ atau dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu} \text{ dengan } \rho < 1$$

2.6 Proses Poisson dan Distribusi Eksponensial

Menurut Gross dan Haris (1998), umumnya proses antrean diasumsikan bahwa waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan mengikuti distribusi Eksponensial, atau sama dengan jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan mengikuti distribusi Poisson. Jumlah kejadian yang dinyatakan $\{N(t), t \geq 0\}$ akan dikatakan sebagai suatu proses penjumlahan apabila $N(t)$ menunjukkan jumlah angka kedatangan yang terjadi sampai waktu t , dengan $N(0) = 0$ dan akan dinyatakan sebagai proses Poisson apabila memenuhi tiga asumsi yaitu regularitas, homogenitas dalam waktu, dan independen.

2.7 Uji Kecocokan Distribusi

Menurut Daniel (1989), asumsi dalam uji Kolmogorov Smirnov adalah data terdiri atas hasil pengamatan bebas N_1, N_2, \dots, N_i , yang merupakan sebuah sampel acak berukuran i dari suatu fungsi distribusi yang belum diketahui dan dinyatakan dengan $F_0(n)$.

Adapun langkah-langkah uji Kolmogorov Smirnov sebagai berikut:

- Menentukan Hipotesis
 H_0 : Distribusi sampel mengikuti distribusi yang ditetapkan
 H_1 : Distribusi sampel tidak mengikuti distribusi yang ditetapkan
- Menentukan Taraf Signifikansi
Di sini akan digunakan $\alpha = 5\%$
- Statistik Uji
$$D = \sup_x |S(x) - F_0(x)|$$

dengan:

$S(x)$: fungsi peluang kumulatif yang dihitung dari data sampel
 $F_0(x)$: fungsi distribusi yang dihipotesiskan (fungsi peluang kumulatif)
- Kriteria Uji
Tolak H_0 jika pada taraf signifikansi α jika nilai $D \geq$ nilai $D_{\text{tabel}}(1 - \alpha)$, atau jika nilai sig $<$ nilai α . $D_{\text{tabel}}(\alpha)$ adalah

nilai kritis yang diperoleh dari tabel Kolmogorov-Smirnov.

Selain menggunakan uji Kolmogorov Smirnov, uji kecocokan distribusi juga dapat dilakukan dengan uji Chi Square yang memiliki asumsi bahwa data adalah sebuah sampel acak terdiri dari n hasil pengamatan bebas dengan skala pengukuran nominal dan hasil pengamatan diklasifikasikan dalam r buah kategori yang tidak saling tumpang tindih. Prosedur uji Chi Square adalah sebagai berikut:

- Menentukan Hipotesis
 H_0 : Distribusi sampel mengikuti distribusi yang ditetapkan
 H_1 : Distribusi sampel tidak mengikuti distribusi yang ditetapkan
- Menentukan Taraf Signifikansi
Di sini akan digunakan $\alpha = 5\%$
- Statistik Uji

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

dengan:

O_i : frekuensi-frekuensi yang teramati

E_i : frekuensi-frekuensi harapan

- Kriteria Uji

Tolak H_0 jika pada taraf signifikansi α jika nilai $\chi^2 \geq$ nilai χ^2_{tabel} , atau jika nilai sig $<$ nilai α .

2.8 Model Sistem Antrean

2.8.1 (M/M/1) : (GD/ ∞/∞)

Menurut Taha (1996) model pelayanan ini adalah model pelayanan tunggal tanpa batas kapasitas sistem tersebut maupun kapasitas sumber pemanggilan dimana jumlah kedatangan tiap satuan waktu mengikuti distribusi Poisson, waktu pelayanan berdistribusi Eksponensial. Berikut merupakan rumus untuk memperoleh semua ukuran dasar dari kinerja model pelayanan (M/M/1):(GD/ ∞/∞):

- Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrean:

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$$

2. Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem:

$$L_s = E(n) = \frac{\rho}{1 - \rho}$$

3. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrean:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{\rho}{\mu(1 - \rho)}$$

4. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem:

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{1}{\mu(1 - \rho)}$$

2.8.2 (M/G/1) : (GD/∞/∞)

Menurut Kakiay (2004), model ini disebut juga dengan formula Pollazek-Khintchine (P-K) adalah suatu formula yang diuraikan melalui pelayanan tunggal dengan situasi yang didasarkan pada tiga asumsi berikut:

- Distribusi kedatangan mengikuti proses Poisson dengan tingkat rata-rata λ
- Distribusi waktu pelayanan yang umum dengan ekspektasi (rata-rata) $E[t] = \frac{1}{\mu}$ dan varian $var[t]$
- Keadaan *steady state* dinyatakan dengan $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$

Berikut merupakan rumus untuk memperoleh semua ukuran dasar dari kinerja model pelayanan (M/G/1):(GD/∞/∞):

1. Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrean:

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu}$$

2. Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem:

$$L_s = \rho + \frac{\rho^2 + \lambda^2 var(t)}{2(1 - \rho)}$$

3. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrean:

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

4. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem:

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda}$$

2.8.3 (G/G/c) : (GD/∞/∞)

Menurut Gross dan Harris (1998), model antrean (G/G/c) : (GD/∞/∞) adalah model antrean dengan pola kedatangan berdistribusi umum (*General*), pola kedatangan berdistribusi umum (*General*), dengan fasilitas pelayanan sebanyak c pelayanan. Disiplin antrean yang digunakan pada model ini adalah umum FIFO (*First In First Out*), kapasitas maksimum yang diperbolehkan dalam sistem adalah ∞.

1. Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrean

$$L_{qM/M/c} = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c \rho}{c!(1-\rho)^2} \rho_0$$

$$L_q = L_{qM/M/c} \frac{\mu^2 vt + v(t')\lambda^2}{2}$$

Dengan: $v(t) = \left(\frac{1}{\mu^2}\right)^2$ dan $v(t') = \left(\frac{1}{\lambda^2}\right)^2$

2. Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

3. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrean

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

4. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$$

2.9 Distribusi Lognormal

Menurut Aitchison and Brown (1963), distribusi Lognormal dalam bentuk sederhana adalah fungsi densitas dari sebuah peubah acak yang logaritmanya mengikuti hukum distribusi normal. Misalkan sebuah peubah acak X bilangan real positif. Sedemikian sehingga $Y = \ln x$ merupakan distribusi Normal dengan rata-rata μ dan ragam σ^2 . $X =$

e^y merupakan distribusi Log Normal atau dapat ditulis dengan $\Lambda(\mu, \sigma^2)$. Karena X dan Y dihubungkan oleh relasi $Y = \ln x$, maka fungsi distribusi Lognormal adalah sebagai berikut:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi}x^2\sigma^2} e^{-(1/2)[(\ln x - \mu)/\sigma]^2}, & x > 0 \\ 0, & \text{yang lain} \end{cases}$$

2.10 Distribusi Beta

Menurut Walpole (2003), distribusi Beta adalah distribusi kontinu yang fleksibel namun dibatasi pada rentan terbatas yang digunakan untuk model probabilitas. Fungsi densitas distribusi Beta dengan parameter α dan β adalah:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}, & 0 < x < 1 \\ 0, & \text{yang lain} \end{cases}$$

dengan parameter $\alpha > 0$ dan $\beta > 0$. Sementara rataan dan variansi pada distribusi Beta adalah

$$\mu = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$$

$$\sigma^2 = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta + 1)(\alpha + \beta)^2}$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di jalur barat Terminal Tirtonadi Surakarta dengan waktu pelaksanaan pada tanggal 18-23 Desember 2017. Penelitian dilakukan mulai pukul 08.00 sampai dengan pukul 17.00 WIB setiap harinya. Perangkat lunak yang digunakan adalah *Xnote Stopwatch*, *Microsoft Excel 2016*, *SPSS Statistics 16.0*, *POM QM*, dan *Rockwell Automation Arena v14*. Data yang digunakan adalah data waktu antarkedatangan bus dan data jumlah pelayanan bus.

3.1 Langkah Analisis

Adapun langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian dan analisis data adalah sebagai berikut:

1. Data yang diperoleh harus memenuhi kondisi *steady-state*, jika data belum

memenuhi kondisi tersebut maka disarankan untuk menindaklanjuti dengan mengubah interval waktu yang sesuai.

2. Melakukan uji kecocokan distribusi untuk data waktu antarkedatangan dan data jumlah pelayanan dengan menggunakan uji Kolmogorov Smirnov.
3. Menentukan model antrian awal.
4. Melakukan uji kecocokan distribusi dengan Chi Square untuk kedatangan dan pelayanan yang berdistribusi *General*. Didapatkan data berdistribusi Beta, Weibull, atau Triangular pada *output Arena*.
5. Menentukan ukuran kinerja sistem antrean, yaitu *Lq, Ls, Ws, Wq*.
6. Membuat hasil dan pembahasan yang diperoleh dari ukuran kinerja sistem. Dengan ukuran kinerja sistem ini dapat diperoleh suatu model yang optimal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Sistem Antrean Terminal Bus Tirtonadi Surakarta

Terminal Bus Tirtonadi Kota Surakarta terbagi menjadi 3 bagian yaitu terminal kedatangan, pelayanan, dan keberangkatan. Terminal lajur barat melayani bus dengan jurusan barat, dimana pada penelitian ini terdapat 5 jalur bus nonpatas di lajur barat yaitu kode A (Solo-Yogyakarta), kode B (Solo-Semarang), kode C (Solo-Purwokerto, Cilacap), kode D (Solo-Jakarta, Bandung), dan kode E (Jalur Pedesaan). Semua bus yang memasuki terminal dan menggunakan jasa pelayanan dianggap sebagai pelanggan, sedangkan terminal dianggap sebagai *server*. Interval waktu yang digunakan dalam analisis ini yaitu 30 menit.

4.2 Analisis Deskriptif Antrean Terminal Bus Tirtonadi Surakarta

Tabel 1. Jumlah Total Bus Nonpatas

Hari	Jurusan				
	A	B	C	D	E
Senin	32	84	20	47	58
Selasa	29	76	20	35	60
Rabu	29	85	19	39	66
Kamis	33	78	19	45	58
Jumat	38	80	20	29	61
Sabtu	41	82	24	41	50

Lajur Barat

4.3 Ukuran Steady state

Dari data penelitian diperoleh nilai tingkat kegunaan fasilitas pelayanan untuk kelima jalur sebagai berikut:

Tabel 2. Ukuran Steady state

Data	Jurusan	ρ
Waktu-Jumlah	A	0,95059
	B	0,71097
	C	0,67187
	D	0,87685
	E	0,85196

Nilai tingkat kegunaan kurang dari satu yang berarti kondisi *steady-state* terpenuhi artinya bahwa rata-rata laju kedatangan kendaraan tidak melebihi rata-rata laju pelayanan. Sehingga sistem pelayanan kendaraan pada kelima jurusan sudah baik.

4.4 Uji Kecocokan Distribusi

Tabel 3. Uji Kecocokan Distribusi

Jurusan	Data	D_{hitung}	D_{tabel}	Keputusan
A	Waktu Antar kedatangan	0,3267	0,1340	H_0 ditolak
	Jumlah pelayanan	0,1214	0,1309	H_0 diterima
B	Waktu Antar kedatangan	0,2414	0,1309	H_0 ditolak
	Jumlah pelayanan	0,1319	0,1309	H_0 ditolak

C	Waktu Antar kedatangan	0,2009	0,1727	H_0 ditolak
	Jumlah pelayanan	0,0334	0,1309	H_0 diterima
D	Waktu Antar kedatangan	0,2859	0,1771	H_0 ditolak
	Jumlah pelayanan	0,2989	0,1309	H_0 ditolak
E	Waktu Antar kedatangan	0,2192	0,1388	H_0 ditolak
	Jumlah pelayanan	0,0866	0,1309	H_0 diterima

Dari Tabel. 3, didapatkan hasil bahwa model antrean bus nonpatas lajur barat Terminal Tirtonadi Surakarta adalah kode A (G/M/1) : (GD/ ∞/∞), kode B (G/G/1) : (GD/ ∞/∞), kode C (G/M/1) : (GD/ ∞/∞), kode D (G/G/1) : (GD/ ∞/∞), dan kode E (G/M/1) : (GD/ ∞/∞).

4.5 Model Sistem Antrean

Untuk mengetahui distribusi yang sebenarnya dari jumlah kedatangan dan waktu pelayanan bus yang berdistribusi *General* maka dilakukan pengujian distribusi Chi Square berdasarkan *output Arena*.

Tabel 4. Model Sistem Antrean

Data	Output	p -value	Keputusan
A	Waktu Antar kedatangan	Gamma	0,021 H_0 ditolak
	Jumlah pelayanan	Poisson	
B	Waktu Antar kedatangan	Erlang	0,023 H_0 ditolak
	Jumlah pelayanan	Lognormal	0,089 H_0 diterima
C	Waktu Antar kedatangan	Lognormal	<0,005 H_0 ditolak
	Jumlah pelayanan	Poisson	
D	Waktu Antar kedatangan	Weibull	<0,005 H_0 ditolak

	Jumlah pelayanan	Beta	0,419	H_0 diterima
E	Waktu Antar kedatangan	Weibull	0,045	H_0 ditolak
	Jumlah pelayanan	Poisson		

Berdasarkan Tabel. 4, didapat model akhir untuk model antrean bus nonpatas lajur barat Terminal Tirtonadi Surakarta adalah kode A (G/M/1) : (GD/∞/∞), kode B (G/LOGN/1) : (GD/∞/∞), kode C (G/M/1) : (GD/∞/∞), kode D (G/BETA/1) : (GD/∞/∞), dan kode E (G/M/1) : (GD/∞/∞).

4.6 Ukuran Kinerja Sistem

Bedasarkan *output* yang diperoleh dengan menggunakan *software POM QM*, diperoleh ukuran-ukuran kinerja sistem antrean bus nonpatas lajur barat Terminal Tirtonadi Surakarta sebagai berikut:

Tabel 5. Ukuran Kinerja Sistem

c	λ	μ	L_q	L_s	W_s	W_q	ρ	
A	1	1,75155	1,84259	18,2887	19,2393	10,9842	10,4415	0,95059
B	1	3,12036	4,38889	1,74886	2,45982	0,78831	0,56047	0,71097
C	1	21,8357	32,4999	1,37570	2,04757	0,09377	0,06300	0,67187
D	1	1,87548	2,13889	6,24316	7,12000	3,79636	3,32883	0,87685
E	1	2,77676	3,25926	4,90299	5,75495	2,07254	1,76572	0,85196

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis pada penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Model akhir untuk antrean bus nonpatas Antarkota Antarprovinsi (AKAP) dan Antarkota Dalam Provinsi (AKDP) lajur barat Terminal Bus Tirtonadi Surakarta dengan fasilitas pelayanan sebanyak 1 *server*, disiplin antrean FIFO (pertama datang pertama dilayani) dengan kapasitas maksimum yang diperkenankan dalam

sistem dan ukuran sumber pemanggilan tak terbatas adalah:

Tabel 6. Model Antrean Lengkap

Kode	Jurusan	Model Antrean	Dist. Waktu Antar Kedatangan	Dist. Jumlah Pelayanan
A	Solo-Yogyakarta	(G/M/1):(G D/∞/∞)	General	Poisson
B	Solo-Semarang	(G/Logn/1):(G D/∞/∞)	General	Lognormal
C	Solo-Purwokerto	(G/M/1):(G D/∞/∞)	General	Poisson
D	Solo-Jakarta	(G/Beta/1):(G D/∞/∞)	General	Beta
E	Jalur Pedesaan	(G/M/1):(G D/∞/∞)	General	Poisson

2. Dari hasil perhitungan ukuran kinerja sistem, dapat disimpulkan bahwa *average server utilization (ρ)* atau rata-rata tingkat kegunaan pelayanan untuk bus A (Solo-Yogyakarta) memiliki tingkat kesibukan pelayanan yang lebih tinggi daripada jalur pelayanan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aitchison, J., and Brown, J.A.C. 1963. *The Log Normal Distribution With Special Reference To Its Uses In Economi*. Great Britain : The Syndics Of The Cambridge University Press.
- Daniel, W. W. 1989. *Statistik Nonparametrik Terapan*. Jakarta : Gramedia.
- Gross, D and Harris, C. M. 1998. *Fundamental of Queueing Theory: Third Edition*. New York: John Willey and Sons, Inc.

- Kakiay, Thomas. J. 2004. *Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata*. Yogyakarta: Andi.
- Siswanto. 2006. *Operations Research*, Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Subagyo, P. et al. 2000. *Dasar-dasar Operation Research*. Yogyakarta: BPFE
- Taha, Hamdy A. 1996. *Riset Operasi: Jilid Dua*. Jakarta: Binarupa Aksara.