

ANALISIS ANTREAN BUS KOTA DI TERMINAL INDUK PURABAYA SURABAYA

Richy Priyambodo¹, Sugito², Suparti³

¹ Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

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

Abstract

Transportation is an important factor to grow the economy of a region. This is because the more smoothly transport then the faster the economy growth of a region. For that, Purabaya bus station always try to provide optimum service to avoid long queue. Queue process is a process of the coming of a customer to a service facility, then waiting in line (queue) when the officers busy, and leaving the place after getting the service. If the queue at Purabaya bus station is pretty much, it will reduce the amount of revenue generated by the transport service provider. Therefore, we need a model of the queue to optimize service to customers in Purabaya bus station. From the analysis, the best queuing models obtained on the service system in Purabaya bus station is (M/G/c): (GD/∞/∞) to service system at the postal arrival with 5 counters, service system for each bus line in passenger service post is (M/G/1): (GD/∞/∞), and (G/G/2): (GD/∞/∞) to service system at the postal departure.

Keywords: queue process, the queue models, Purabaya bus station

1. Pendahuluan

Transportasi adalah faktor yang penting untuk menggerakkan perekonomian suatu daerah. Hal ini disebabkan karena semakin lancar transportasi maka semakin cepat pula pertumbuhan ekonomi suatu daerah. Untuk itu, Terminal Purabaya selalu berusaha memberikan pelayanan yang optimal supaya tidak terjadi antrean yang panjang. Apabila antrean bus di Terminal Purabaya cukup banyak maka akan mengurangi jumlah pendapatan yang didapat oleh penyedia jasa transportasi. Oleh karena itu, diperlukan suatu model antrean untuk mengoptimalkan pelayanan kepada pelanggan di Terminal Purabaya Surabaya. Teori Antrean adalah teori Antrean adalah teori yang menyangkut studi matematis dari antrean-antrean di suatu fasilitas pelayanan^[1]. Terminal Purabaya memiliki 3 buah fasilitas pelayanan yaitu pos kedatangan, pos pelayanan penumpang dan pos pemberangkatan. Untuk pos pelayanan penumpang, setiap bus akan dilayani sesuai dengan jurusannya masing-masing. Berdasarkan latar belakang diatas, penulisan ini akan membahas masalah yaitu :

1. Bagaimana menentukan model antrean bus kota yang tepat untuk Terminal Induk Purabaya secara analitis.
2. Bagaimana menentukan ukuran kinerja sistem antrean bus dalam kota sehingga efisiensi pelayanan di Terminal Induk Purabaya dapat dilakukan.

Permasalahan antrean bus kota yang terjadi di Terminal Induk purabaya yaitu semua bus kota yang masuk terminal dan menggunakan jasa pelayanan sebagai pelanggan dan Terminal Purabaya sebagai fasilitas pelayanan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Gambaran Umum Terminal Induk Purabaya

Terminal Purabaya dioperasikan oleh Pemkot surabaya pada tahun 1991 di Desa Bungurasih. Terminal Purabaya merupakan terminal bus tersibuk di Indonesia (dengan jumlah penumpang hingga 120.000 per hari), dan termasuk terminal bus terbesar di Asia Tenggara. Meskipun lokasi Terminal Purabaya berada di Bungurasih Kabupaten Sidoarjo, namun pengelolaannya oleh Dinas Perhubungan Kota Surabaya. Terminal Purabaya merupakan terminal tipe A dengan luas lahan 120.000 m², melayani angkutan Antar Kota Antar Propinsi (AKAP), angkutan Antar Kota Dalam Propinsi (AKDP), dan angkutan kota. Jaringan trayek angkutan kota yang dilayani Terminal Purabaya adalah bus kota.

2.2. Proses Antrean

Proses antrean dimulai saat pelanggan-pelanggan yang memerlukan pelayanan mulai berdatangan. Proses antrean merupakan suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan pelanggan di fasilitas pelayanan, menunggu dalam baris antrean jika pelanggan tersebut belum dapat dilayani, dilayani, dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut sesudah dilayani^[3].

2.3. Faktor Sistem Antrean

Ada beberapa faktor penting yang berhubungan erat dengan sistem antrean. Faktor-faktor yang mempunyai pengaruh terhadap barisan antrean dan pelayanannya yaitu :

1. Distribusi kedatangan (pola kedatangan)
2. Distribusi waktu pelayanan (pola pelayanan)
3. Fasilitas pelayanan
4. Disiplin pelayanan

5. Ukuran sistem dalam antrian
6. Sumber pemanggilan^[3]

2.4. Notasi Kendall

Pada pengelompokan model-model antrian yang berbeda – beda akan digunakan suatu notasi yang disebut dengan Notasi Kendall. Notasi ini sering dipergunakan karena beberapa alasan. Diantaranya, karena notasi tersebut merupakan alat yang efisien untuk mengidentifikasi tidak hanya model – model antrian, tetapi juga asumsi – asumsi yang harus dipenuhi^[5].

Format umum model :
(a / b / c) ; (d / e / f)

dimana :

- a = Distribusi kedatangan (*arrival distribution*),
- b = distribusi pemberangkatan (*service distribution*)
- c = jumlah pelayanan
- d = disiplin pelayanan, seperti *FCFS*, *LCFS*, *SIRO*, atau *PR*.
- e = jumlah maksimum yang diperkenankan berada dalam sistem (1,2,...,∞)
- f = Sumber kedatangan (1,2,...,∞)^[6]

2.5. Ukuran Steady-state dari Kinerja Sistem

Asumsi steady-state terpenuhi apabila $\lambda < \mu$

sehingga $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$ dimana λ adalah jumlah rata-rata laju kedatangan dan μ adalah rata-rata laju pelayanan. Setelah *steady-state*, dapat dihitung ukuran-ukuran dari kinerja dari situasi antrian yang dapat dipergunakan untuk menganalisis operasi situasi antrian tersebut untuk maksud pembuatan rekomendasi tentang rancangan sistem tersebut. Ukuran kinerja yang terpenting adalah jumlah pelanggan yang menunggu yang diperkirakan, waktu menunggu per pelanggan yang diperkirakan, dan pemanfaatan sarana pelayanan yang diperkirakan.^[6]

2.6. Model Antrean (M/G/1) : (GD/∞/∞)

Model (M/G/1):(GD/∞/∞) atau disebut juga dengan (P-K) adalah suatu formula yang diuraikan melalui pelayanan tunggal dengan situasi yang didasarkan pada tiga asumsi berikut :

1. Kedatangan Poisson dengan rata-rata kedatangan λ .
2. Distribusi waktu pelayanan umum atau general dengan ekspektasi rata-rata pelayanan

$$E[t] = \frac{1}{\mu} \text{ dan varian } \text{var}[t].$$

3. Keadaan steady

$$\text{state dimana } \rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1. \text{ [3]}$$

Perhitungan jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem (L_s) adalah sebagai berikut :

$$L_s = \lambda E[t] + \frac{\lambda^2 (E[t])^2 + \lambda^2 \text{var}[t]}{2(1 - \lambda E[t])}$$

2.7. Model Antrean (M/G/c) : (GD/∞/∞)

Menurut Gross and Harris (1998), untuk model (M/G/c) : (GD/∞/∞), hasil utama yang bisa diperoleh adalah probabilitas dari waktu tunggu dalam sistem yang diberikan pada persamaan :

$$L_s = \lambda W_s$$

Dan untuk waktu tunggu dalam antrian model (M/G/c) didapat dari persamaan :

$$\begin{aligned} \pi_n^q &= \Pr\{n \text{ antrian setelah keberangkatan}\} \\ &= \frac{1}{n!} \int_0^\infty (\lambda t)^n e^{-\lambda t} dW_q(t) \end{aligned}$$

dengan panjang antrian rata-rata pada titik waktu kedatangan, yaitu L_q adalah;

$$L_q = \sum_{n=1}^{\infty} n \pi_n^q = \int_0^\infty \lambda t dW_q(t) = \lambda W_q \quad [2]$$

Dari Ross, S. M. (1997), W_q dapat dicari dengan;

$$W_q = \frac{\lambda^c E[t^2] (E[t])^{c-1}}{2(c-1)! (c - \lambda E[t])^2 \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{(\lambda E[t])^n}{n!} + \frac{(\lambda E[t])^c}{(c-1)! (c - \lambda E[t])} \right]} \quad [4]$$

2.8. Model Antrean (G/G/c) : (GD/∞/∞)

Model antrean (G/G/c):(GD/∞/∞) adalah model antrean dengan pola kedatangan pelanggannya berdistribusi umum (General), pola pelayanannya berdistribusi umum (General), dengan fasilitas pelayanan sebanyak c pelayanan. Disiplin antrian yang digunakan pada model ini adalah umum yaitu FIFO (First In First Out), kapasitas maksimum yang diperbolehkan dalam sistem adalah ∞, dan memiliki sumber pemanggilan ∞.

Ukuran-ukuran kinerja sistem pada model General ini mengikuti ukuran kinerja pada model M/M/c, terkecuali untuk perhitungan jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrian (L_q) adalah sebagai berikut :

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

dimana :

$v(t)$ adalah varian dari waktu pelayanan

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

Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem :

$$L_s = L_q + \rho$$

Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrean :

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

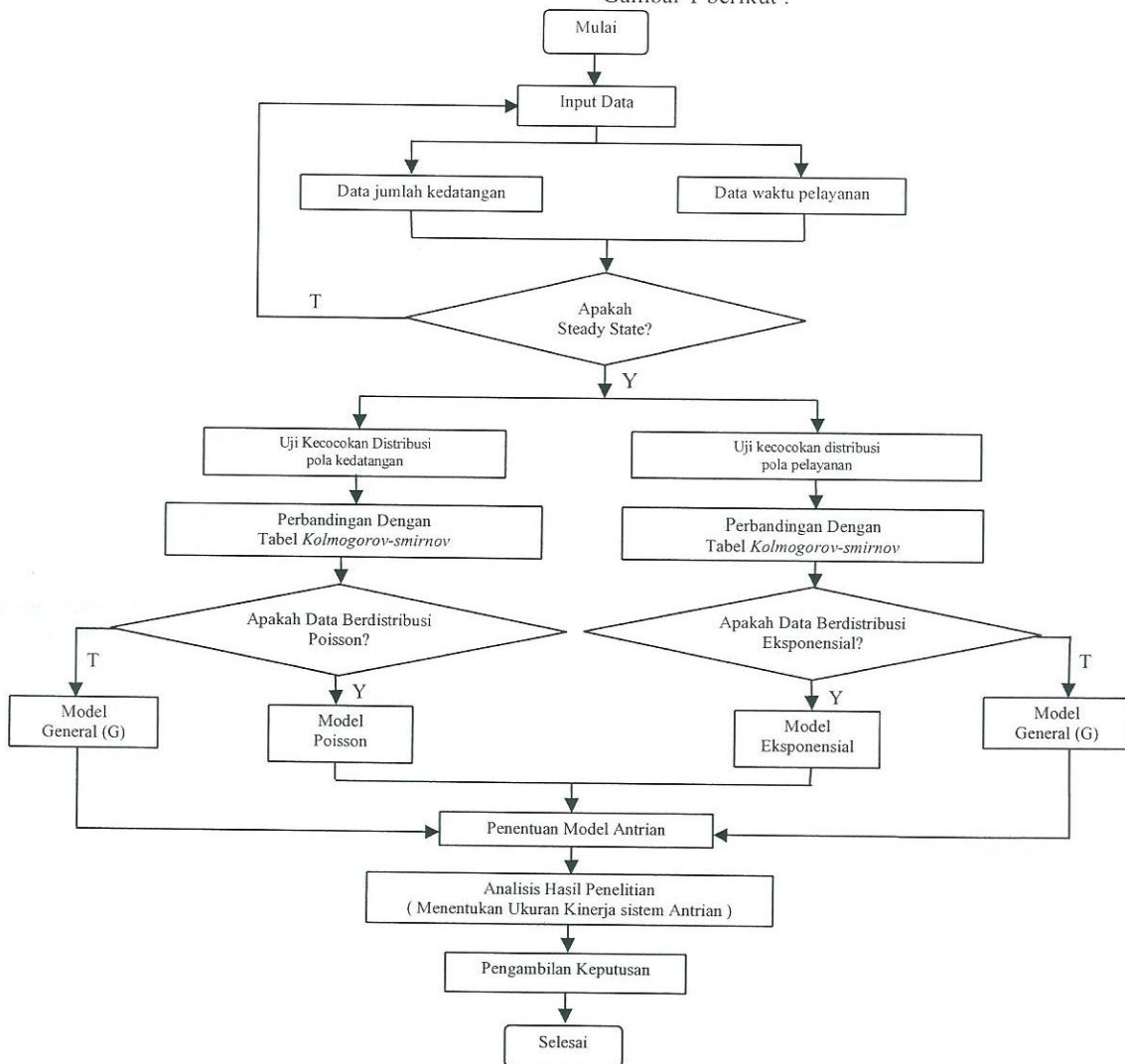
Waktu menunggu yang diperkirakan dalam system :

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

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel data selama sembilan hari dari pukul 05.00 hingga pukul 19.00. Penelitian dilakukan di Terminal Induk Purabaya pada tanggal 26 Pebruari 2012 hingga 7 Maret 2012. Observasi dilakukan untuk mendapatkan data jumlah kedatangan bus kota, waktu kedatangan bus kota, dan waktu pelayanan bus kota di terminal.

Adapun alur pembahasannya, disajikan pada Gambar 1 berikut :

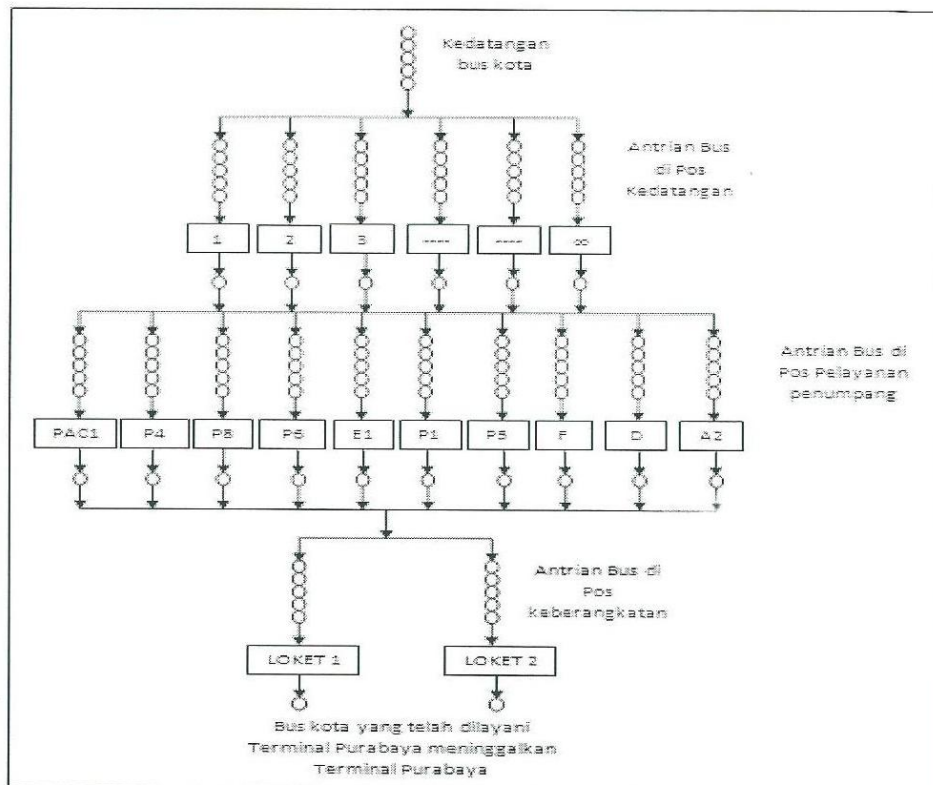


Gambar 1. Prosedur penelitian dan analisis data

4. Hasil dan Pembahasan

Sistem antrian di Terminal Purabaya dibagi menjadi tiga pos pelayanan yaitu pos kedatangan, pos pelayanan penumpang dan pos pemberangkatan. Untuk pos kedatangan, pelanggan dapat melayani

dirinya sendiri. Sedangkan pos pelayanan penumpang terdapat 10 jalur pelayanan dan untuk pos keberangkatan terdapat dua jalur pelayanan. Untuk lebih jelasnya sistem antrian pada Terminal Purabaya dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Sistem antrian bus di Terminal Purabaya

4.1. Analisis Steady State

Analisis data awal akan dimulai dengan menghitung faktor utilisasi (ρ) untuk tiap-tiap pelayanan per jalur sesuai dengan jurusannya. Ukuran *steady-state* dari kinerja sistem pelayanan dapat di peroleh dari data jumlah kedatangan pada obyek penelitian dan data waktu pelayanan dengan menghitung probabilitas dari sistem pelayanan.

Kondisi *steady-state* harus terpenuhi sehingga dapat diketahui bahwa jumlah rata-rata pelanggan yang datang lebih kecil dari rata-rata laju pelayanan agar sistem pelayanan mencapai keadaan yang stabil. Kemudian akan digunakan analisis teori antrian untuk memecahkan masalah yang ada secara khusus dan akan dihitung nilai ρ sebagai berikut :

Tabel 2. Perbaikan kondisi *Steady State*

Pos	Jurusan	λ	μ	$\rho = \lambda / \mu$	Steady State
Kedatangan	Semua jurusan	27,4048	88,7622	0,3087	Terpenuhi
Pelayanan Penumpang	Purabaya-Darmo-Perak (PatasAC)	3,2778	3,3428	0,9806	Terpenuhi
	Purabaya-Tol Waru-Perak	3,2222	3,2178	1,0014	Tidak terpenuhi
	Purabaya-Tol Waru-Tol Tandes-Osi Wilangun	3,1944	3,1739	1,0065	Tidak terpenuhi
	Purabaya-Joyoboyo	0,7576	2,2355	0,3889	Terpenuhi
	Purabaya-Diponegoro-Osi Wilangun	2,3889	2,6225	0,9109	Terpenuhi

	Purabaya-Darmo-Perak	2,4176	3,3612	0,7190	Terpenuhi
	Purabaya-Tol Waru-Demak-Jembatan Merah	5,8462	6,2840	0,9303	Terpenuhi
	Purabaya-RSI-Royal-Polda-Kupang	5,8462	6,3303	0,9235	Terpenuhi
	Purabaya-Ngagel-Semut	1,5152	6,2840	0,6863	Terpenuhi
	Purabaya-Bratang	2,2778	2,4740	0,9207	Terpenuhi
Keberangkatan	Semua jurusan	31,3571	492,6445	0,0637	Terpenuhi

Berdasarkan tabel *steady-state* diatas terdapat nilai $\rho > 1$. Artinya, terdapat rata-rata kedatangan pelanggan melebihi kapasitas rata-rata kecepatan pelayanan sehingga tidak memenuhi

kondisi *steady-state*. Untuk itu dilakukan dengan memperkecil rata-rata jumlah kedatangannya yaitu dengan memperbesar interval kedatangannya. Setelah diperbaiki diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 2. Perbaikan kondisi *Steady State*

Pos Pelayanan	Jurusan	λ	μ	$\rho=\lambda/\mu$
Pelayanan	Purabaya-Tol Waru-Perak	2,9744	3,2177	0,9244
	Purabaya-Tol Waru-Tol Tandes-Osi Wilangun	2,9870	3,1739	0,9411

4.2. Uji Kecocokan Model

Sebelum melakukan analisis antrean terlebih dahulu dilakukan analisis kecocokan model apakah distribusi kedatangan mengikuti distribusi Poisson

dan distribusi pelayanan mengikuti distribusi Eksponensial. Untuk data jumlah kedatangan dapat diperoleh hasil pada tabel 3 dan waktu pelayanan dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 3. Uji kecocokan Data Jumlah kedatangan

Pos	Jurusan	D	$D^*(\alpha)$	Keputusan	Kesimpulan
Kedatangan	Semua jurusan	0,190	0,210	H_0 Diterima karena nilai $D < D^*(\alpha)$	Data berdistribusi Poisson
Pelayanan Penumpang	Lyn PAC1	0,134	0,221	H_0 Diterima karena nilai $D < D^*(\alpha)$	Data berdistribusi Poisson
	Lyn P4	0,181	0,221	H_0 Diterima karena nilai $D < D^*(\alpha)$	Data berdistribusi Poisson
	Lyn P8	0,142	0,231	H_0 Diterima karena nilai $D < D^*(\alpha)$	Data berdistribusi Poisson
	Lyn E1	0,066	0,231	H_0 Diterima karena nilai $D < D^*(\alpha)$	Data berdistribusi Poisson
	Lyn P6	0,116	0,221	H_0 Diterima karena nilai $D < D^*(\alpha)$	Data berdistribusi Poisson
	Lyn P1	0,194	0,221	H_0 Diterima karena nilai $D < D^*(\alpha)$	Data berdistribusi Poisson
	Lyn P5	0,133	0,191	H_0 Diterima karena nilai $D < D^*(\alpha)$	Data berdistribusi Poisson
	Lyn F	0,152	0,191	H_0 Diterima karena nilai $D < D^*(\alpha)$	Data berdistribusi Poisson

	Lyn A2	0,129	0,208	H_0 Diterima karena nilai $D < D^*(\alpha)$	Data berdistribusi Poisson
	Lyn D	0,075	0,221	H_0 Diterima karena nilai $D < D^*(\alpha)$	Data berdistribusi Poisson
Keberangkatan	Semua jurusan	0,214	0,210	H_0 Diterima karena nilai $D < D^*(\alpha)$	Data berdistribusi General

Tabel 4. Uji kecocokan data Waktu pelayanan

Pos	Jurusan	D	$D^*(\alpha)$	Keputusan	Kesimpulan
Kedatangan	Semua jurusan	0,222	0,0401	H_0 Ditolak karena nilai $D > D^*(\alpha)$	Data berdistribusi General
Pelayanan Penumpang	Lyn PAC1	0,365	0,1252	H_0 Ditolak karena nilai $D > D^*(\alpha)$	Data berdistribusi General
	Lyn P4	0,450	0,1263	H_0 Ditolak karena nilai $D > D^*(\alpha)$	Data berdistribusi General
	Lyn P8	0,471	0,1268	H_0 Ditolak karena nilai $D > D^*(\alpha)$	Data berdistribusi General
	Lyn E1	0,429	0,264	H_0 Ditolak karena nilai $D > D^*(\alpha)$	Data berdistribusi General
	Lyn P6	0,421	0,1426	H_0 Ditolak karena nilai $D > D^*(\alpha)$	Data berdistribusi General
	Lyn P1	0,371	0,1458	H_0 Ditolak karena nilai $D > D^*(\alpha)$	Data berdistribusi General
	Lyn P5	0,471	0,0901	H_0 Ditolak karena nilai $D > D^*(\alpha)$	Data berdistribusi General
	Lyn F	0,448	0,0901	H_0 Ditolak karena nilai $D > D^*(\alpha)$	Data berdistribusi General
	Lyn A2	0,355	0,1923	H_0 Ditolak karena nilai $D > D^*(\alpha)$	Data berdistribusi General
	Lyn D	0,434	0,1502	H_0 Ditolak karena nilai $D > D^*(\alpha)$	Data berdistribusi General
Keberangkatan	Semua jurusan	0,074	0,0375	H_0 Ditolak karena nilai $D > D^*(\alpha)$	Data berdistribusi General

Setelah dilakukan uji kecocokan distribusi maka dapat ditentukan model antreannya. Untuk Pos Kedatangan model antreannya yaitu $M/G/c : GD/\infty/\infty$, dengan jumlah server sebanyak 5 buah. Pos Pelayanannya modelnya yaitu $M/G/1 : GD/\infty/\infty$ untuk masing-masing jurusan. Sedangkan pos keberangkatan modelnya yaitu $G/G/c : GD/\infty/\infty$, dengan jumlah server sebanyak 2 buah.

4.3. Analisis Ukuran Kinerja Sistem Antrean Terminal Purabaya

Setelah dilakukan analisis steady-state dan uji kecocokan model, langkah selanjutnya yaitu melakukan analisis kinerja sistem antrean dengan menggunakan program WinQSB akan diperoleh tabel ahasil akhir antrean sebagai berikut :

Tabel 5. Perolehan hasil akhir analisis antrean

Pos	Jurusan	λ	μ	ρ	c	Model	Ls	Lq	Ws	Wq
Kedatangan	Semua jurusan	27,4048	88,7622	0,3087	5	M/G/5 : GD/ ∞/∞	0,3087	0	0,0113	0
Pelayanan Penumpang	Lyn PAC1	3,2778	3,5298	0,9286	1	M/G/1 : GD/ ∞/∞	7,6766	6,7481	2,3421	2,0588
	Lyn P4	2,9744	3,2177	0,9244	1		6,8672	5,9428	2,3088	1,9980
	Lyn P8	2,9870	3,1739	0,9411	1		8,8632	7,9221	2,9674	2,6523
	Lyn E1	0,7576	2,2355	0,3889	1		0,4363	0,0974	0,5759	0,1286
	Lyn P6	2,3889	2,6225	0,9109	1		5,7595	4,8487	2,4109	2,0296
	Lyn P1	2,4176	3,3612	0,7190	1		1,7226	1,0037	0,7128	0,4153
	Lyn P5	5,8462	6,2840	0,9303	1		7,5278	6,5979	1,2880	1,1289
	Lyn F	5,8462	6,3303	0,9235	1		6,9144	5,9909	1,1830	1,0250
	Lyn A2	1,5152	6,2840	0,6863	1		1,4753	0,7889	0,9737	0,5207
	Lyn D	2,2778	2,4740	0,9207	1		6,5139	5,5929	2,8596	2,4553
Keberangkatan	Semua jurusan	31,3571	492,644	0,0637	2	G/G/2 : GD/ ∞/∞	0,0652	0,0015	0,0021	0

5. Penutup

Analisa teori antrean dapat digunakan untuk memecahkan suatu masalah dalam suatu fasilitas pelayanan. Dengan teori antrean, dapat diperoleh suatu model antrian yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah suatu fasilitas pelayanan sudah bekerja secara optimal. Dari hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

a) Model antrian yang terjadi di Terminal Induk Purabaya adalah :

1. Model antrian yang ada pada pos kedatangan Terminal Purabaya adalah model (M/G/5):(FIFO/ ∞/∞) artinya pola kedatangan berdistribusi Poisson dan pola pelayanan berdistribusi umum (general). Pada fasilitas pelayanan ini terdapat 5 buah pelayanan dengan aturan pelayanannya yaitu pelanggan yang pertama datang akan dilayani pertama serta dapat menampung tak hingga pelanggan yang boleh memasuki sistem sebagai sumber untuk sistem pelayanan di pos kedatangan.
2. Pada pos pelayanan penumpang terdapat 10 jalur pelayanan sesuai dengan jurusannya masing-masing yang dirangkai secara paralel. Model antrian yang ada pada pos pelayanan penumpang pada masing-masing jalur adalah model (M/G/1):(FIFO/ ∞/∞) artinya pola

kedatangan berdistribusi Poisson dan pola pelayanan berdistribusi umum. Pada fasilitas pelayanan ini terdapat 1 buah pelayanan untuk masing-masing jalur dengan aturan pelayanannya yaitu pelanggan yang pertama datang akan dilayani pertama serta dapat menampung tak hingga pelanggan yang boleh memasuki sistem sebagai sumber untuk sistem pelayanan di masing-masing jalur pelayanan pada pos pelayanan penumpang.

3. Model antrian yang ada pada pos keberangkatan Terminal Purabaya adalah model (G/G/2):(FIFO/ ∞/∞) artinya pola kedatangan berdistribusi umum (general) dan pola pelayanan berdistribusi umum (general). Pada fasilitas pelayanan ini terdapat 5 buah pelayanan dengan aturan pelayanannya yaitu pelanggan yang pertama datang akan dilayani pertama serta dapat menampung tak hingga pelanggan yang boleh memasuki sistem sebagai sumber untuk sistem pelayanan di pos keberangkatan.

b) Berdasarkan perhitungan dan analisis secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa sistem pelayanan Terminal Induk Purabaya sudah berjalan optimal. Namun pada fasilitas pelayanan di pos pelayanan penumpang terdapat 3 (tiga) jalur yang kurang optimal dalam melayani pelanggan yaitu Lyn PAC1, Lyn P4

dan Lyn P8. Sistem pelayanan pada Lyn PAC1 akan berjalan optimal apabila kecepatan pelayanannya dipercepat menjadi 17 menit per bus. Sedangkan untuk Lyn P4 dan Lyn P8 akan berjalan optimal dengan memperlambat waktu interval kedatangan menjadi 65 menit bagi jalur P4 dan 70 menit bagi jalur P8.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Dimiyati, T. T. dan Dimiyati, A., *Operation Research : Model-Model Pengambilan Keputusan*, Bandung : Sinar Baru Algesindo, 1994.
- [2]. Gross, D. and Harris, C. M., . 1998. *Fundamental of Queueing Theory Third Edition*, New York : John Wiley and Sons, INC., 1998.
- [3]. Kakiay, T. J., *Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata*, Yogyakarta : Penerbit Andi, 2004.
- [4]. Ross, S. M., *Stochastic Proseses*, New York : John Wiley and Sons, Inc., 1997.
- [5]. Subagyo, P. et al, *Dasar-Dasar Operation Research*, Yogyakarta : BPFE, 2000.
- [6]. Taha, H. A. 1996, *Riset Operasi Jilid 2*, Jakarta : Binarupa Aksara, 1996.