

ANALISIS SISTEM ANTRIAN PESAWAT TERBANG DI BANDARA INTERNASIONAL AHMAD YANI SEMARANG

Anggit Ratnakusuma¹, Abdul Hoyyi², Sugito³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

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

e-mail: anggit.ratnakusuma@gmail.com

ABSTRACT

Long queuing is not expected by anyone, because it's taking much time and tiresome. However, this situation is not avoidable in public area, for example Ahmad Yani International Airport Semarang. Aircraft queuing that will take off and landed resulted in increasing of the queuing of passengers to aboard. The suitable queuing system model for Ahmad Yani Internasional Airport Semarang to solve its air traffic is using $(M/M/6):(GD/\infty/\infty)$, with six aprons as server of regular commercial flight. Moreover, based on the result of system performance measure, service system in Ahmad Yani Internasional Airport Semarang report is good enough. The result of system performance measure said that average number of aircraft in the system (L_s) was 1,0716 aircraft per hour, average number of aircraft in the queue (L_q) was 0,0002 aircraft per hour, average time aircraft spends in the system (W_s) was 0,4977 from an hour, and average time aircraft spends in the queue (W_q) was 0,0001 from an hour. The simulation showed that by using four operating server or adding two more arrival additional in every hour, the service system is quite effective.

Keywords: Queuing System Model, Ahmad Yani International Airport Semarang

1. PENDAHULUAN

Antrian terjadi apabila jumlah pelanggan yang datang untuk dilayani melebihi jumlah fasilitas pelayanan yang ada, sehingga menyebabkan pelanggan menunggu atau mengantri untuk mendapatkan pelayanan. Salah satu fasilitas umum yang menggambarkan situasi antrian yaitu Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang. Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang merupakan salah satu bandara yang dikelola oleh PT Angkasa Pura I (Persero), sebagai pintu gerbang dan ujung tombak lalu lintas udara yang berlokasi di bagian barat Kota Semarang.

Teori antrian adalah salah satu metode statistika yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Teori antrian digunakan untuk menentukan karakteristik, model dan ukuran-ukuran kinerja sistem antrian pesawat di bandara, yaitu waktu antar kedatangan pesawat, waktu pelayanan pesawat, dan waktu tunggu pesawat untuk lepas landas. Penggunaan aplikasi teori antrian diharapkan dapat meningkatkan kualitas pelayanan bandara.

Penerapan teori antrian yang dilakukan hanya dibatasi pada permasalahan antrian pesawat terbang komersil reguler yang melalui Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang. Dalam hal ini, *apron* yang berada di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang sebagai pelayan dan pesawat terbang sebagai pelanggan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Dasar Teori Antrian

Teori antrian dikemukakan dan dikembangkan pada tahun 1910 oleh AK. Erlang, seorang insinyur Denmark. Teori antrian merupakan sebuah teori yang memfokuskan pada upaya penguraian waktu tunggu yang terjadi dalam suatu barisan antrian.

Menurut Kakiay (2004), proses antrian (*queueing process*) adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, menunggu dalam barisan antrian jika belum dapat dilayani, kemudian dilayani, dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut setelah dilayani. Sedangkan sistem antrian adalah suatu himpunan pelanggan, pelayan, dan suatu aturan yang mengatur pelayanan kepada pelanggan.

Menurut Kakiay (2004), barisan antrian dan pelayanannya dipengaruhi oleh enam faktor yang terkait erat, yaitu:

1. Distribusi kedatangan pelanggan
2. Distribusi waktu pelayanan
3. Fasilitas pelayanan
4. Disiplin pelayanan
5. Ukuran sistem antrian
6. Sumber pemanggilan

2.2. Notasi Kendall

Menurut Kakiay (2004), notasi Kendall adalah notasi baku yang merupakan standar universal dari bentuk kombinasi proses kedatangan dengan pelayanan dalam format sebagai berikut:

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

- a : distribusi kedatangan (*Arrival Distribution*)
- b : distribusi waktu pelayanan atau keberangkatan
- c : jumlah pelayanan dalam paralel, dengan $c = 1, 2, 3, \dots, \infty$
- d : disiplin pelayanan (seperti, FCFS, LCFS, SIRO)
- e : jumlah maksimum yang diijinkan dalam sistem
- f : jumlah pelanggan yang ingin memasuki sistem sebagai sumber

2.3. Ukuran *Steady-State*

Menurut Taha (1996), untuk melakukan perhitungan ukuran *steady-state* dari kinerja situasi antrian terlebih dahulu harus menentukan probabilitas *steady-state* dari P_n untuk n pelanggan dalam sistem antrian. Misal λ adalah jumlah rata-rata pelanggan yang datang ketempat pelayanan per satuan waktu tertentu dan μ adalah jumlah rata-rata pelanggan yang telah dilayani per satuan waktu tertentu, maka ρ didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah rata-rata pelanggan yang datang (λ) dengan jumlah rata-rata pelanggan yang telah dilayani per satuan waktu (μ) atau dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

Kondisi *steady-state* terpenuhi jika jumlah rata-rata pelanggan yang datang tidak melebihi jumlah rata-rata pelanggan yang telah dilayani, dengan kata lain $\lambda < \mu$ atau $\rho < 1$. Setelah probabilitas *steady-state* dari P_n untuk n pelanggan dalam sistem ditentukan, dapat dihitung ukuran-ukuran *steady-state* dari kinerja dari situasi antrian tersebut dengan cara yang sederhana. Ukuran-ukuran kinerja tersebut dapat dinotasikan sebagai berikut:

- L_s : jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem
 L_q : jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrian
 W_s : waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem
 W_q : waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrian

2.4. Uji Kecocokan Distribusi

Menurut Daniel (1989), uji kecocokan distribusi adalah suatu uji untuk menentukan apakah suatu populasi atau variabel acak mempunyai distribusi teoritik tertentu. Uji-uji keselarasan (*goodness of fit*) merupakan uji kecocokan distribusi yang bermanfaat untuk mengevaluasi sampai seberapa jauh suatu model mampu mendekati situasi nyata yang digambarkannya, dalam hal ini adalah distribusi yang sesuai. Salah satu uji *goodness of fit* adalah uji Kolmogorov-Smirnov. Adapun prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan hipotesis
 H_0 : Distribusi yang diamati sama dengan distribusi yang diduga
 H_1 : Distribusi yang diamati tidak sama dengan distribusi yang diduga
2. Taraf signifikansi
 Taraf signifikansi yang digunakan adalah α
3. Statistik uji
 $D = \text{Sup}|S(x) - F_0(x)|$
 dengan: $S(x)$: distribusi kumulatif data sampel
 $F_0(x)$: distribusi kumulatif dari distribusi yang dihipotesiskan
4. Kriteria Uji
 Tolak H_0 pada taraf signifikansi α jika nilai $D >$ nilai $D^*(\alpha)$. Nilai $D^*(\alpha)$ merupakan nilai kritis yang diperoleh dari tabel Kolmogorov-Smirnov.

2.5 Model Sistem Antrian (M/M/c) : (GD/∞/∞)

Menurut Gross dan Harris (1998), pada model antrian ini pelanggan tiba dengan tingkat kedatangan rata-rata adalah λ dan maksimum c pelanggan yang dapat dilayani secara bersama. Laju pelayanan untuk setiap pelayan adalah konstan sama dengan μ , dengan parameter λ dan μ mengikuti distribusi Poisson atau distribusi Eksponensial. Pelayanan dilakukan atas dasar pelanggan yang pertama datang pertama yang dilayani.

$$\lambda_n = \lambda \quad \text{untuk semua } n \geq 0$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & ; n < c \\ c\mu & ; n \geq c \end{cases}$$

Dengan memisalkan $r = \lambda / \mu$ dan $\rho = r / c$ atau $\rho = \lambda / c\mu$, diperoleh probabilitas untuk 0 pelanggan, yaitu:

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{(c\rho)^n}{n!} + \frac{(c\rho)^c}{c!(1-\rho)} \right\}^{-1}$$

Sedangkan probabilitas untuk n pelanggan yaitu:

$$P_n = \begin{cases} \left(\frac{r^n}{n!} \right) P_0 & \text{untuk } n < c \\ \left(\frac{r^n}{c^{n-c} c!} \right) P_0 & \text{untuk } n \geq c \end{cases}$$

Ukuran kinerja sistem untuk model (M/M/c):(GD/∞/∞) yaitu:

1. Jumlah rata-rata menunggu dalam antrian:

$$L_q = \left(\frac{r^c \rho}{c!(1-\rho)^2} \right) P_0$$

2. Jumlah rata-rata pelanggan yang menunggu dalam sistem:

$$L_s = L_q + r$$

$$L_s = \left(\frac{r^c \rho}{c!(1-\rho)^2} \right) P_0 + r$$

3. Rata-rata waktu pelanggan menunggu dalam antrian:

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

$$W_q = \left(\frac{r^c}{c!(c\mu)(1-\rho)^2} \right) P_0$$

4. Rata-rata waktu pelanggan menunggu dalam sistem:

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

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

$$W_s = \frac{1}{\mu} + \left(\frac{r^c}{c!(c\mu)(1-\rho)^2} \right) P_0$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

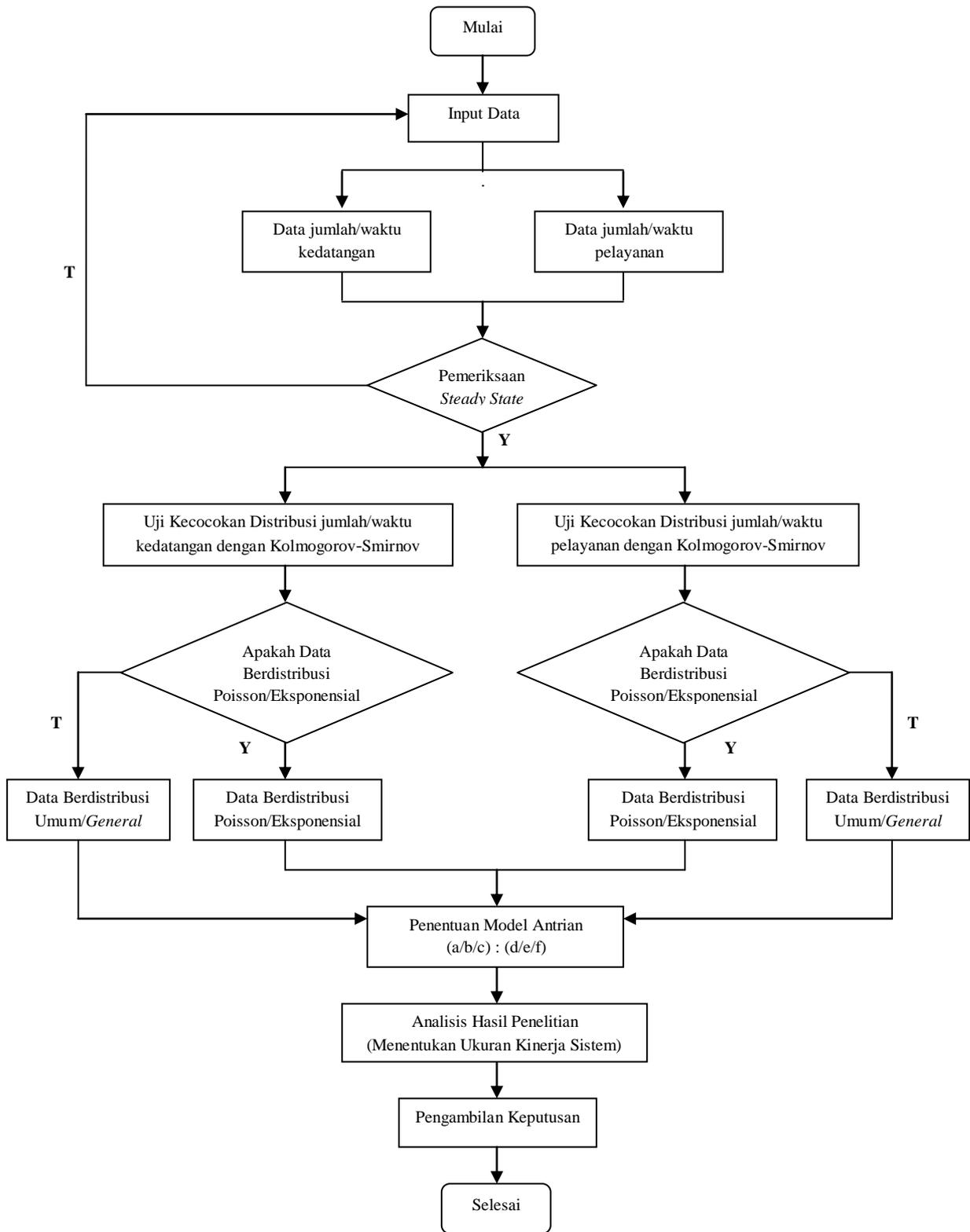
Penelitian dilakukan di *Apron Movement Control* Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang selama satu minggu. Waktu pengambilan data dimulai dari pukul 06.00 WIB sampai pukul 21.00 WIB. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah data hasil pengamatan langsung jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan pesawat terbang setiap satu jam di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang.

Langkah analisis data disajikan pada diagram alir analisis (*flowchart*) Gambar 1.

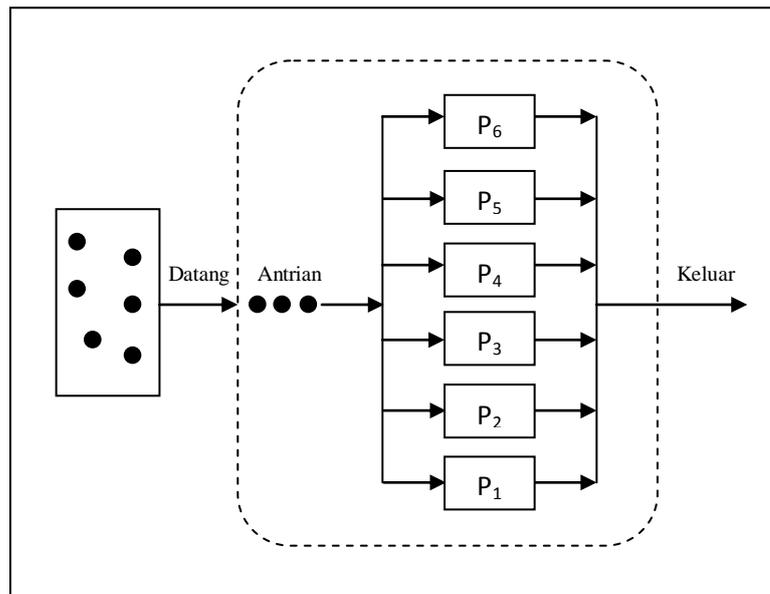
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Sistem Antrian Pelayanan Pesawat di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang

Sistem antrian pesawat di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang secara umum hanya terdiri dari satu bagian dan terdapat 6 *apron* yang bertindak sebagai pelayan pada penerbangan reguler. Pesawat yang datang melalui landasan di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang, kemudian akan parkir di *apron* yang telah ditentukan. Saat parkir, pesawat akan di *block on* atau diganjal, pada saat inilah pesawat dinyatakan datang. Proses pelayanan dimulai ketika para penumpang mulai melakukan *boarding* untuk penerbangan selanjutnya dan pelayanan dinyatakan selesai setelah pesawat di *block off* atau ganjalnya dilepas. Untuk lebih jelasnya, sistem antrian pesawat di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Analisis (*Flowchart*)



Gambar 2. Sistem Antrian Pesawat di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang

4.2. Analisis Ukuran *Steady-State* dari Kinerja Sistem Pelayanan

Ukuran *steady-state* dari kinerja sistem pelayanan dapat diperoleh dari data jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan pelanggan dengan menggunakan interval waktu satu jam. Berdasarkan data yang diperoleh pada saat penelitian satu minggu, diperoleh nilai ρ sebagai berikut:

Rata-rata jumlah kedatangan dalam 7 hari: 2,15306 pesawat setiap satu jam

$$\lambda = 2,15306 \text{ pesawat/jam}$$

Rata-rata jumlah pelayanan dalam 7 hari: 2,00952 pesawat setiap satu jam

$$\mu = 2,00952 \text{ pesawat/jam}$$

Probabilitas dari sistem pelayanan :

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu} = \frac{2,15306}{6 \times 2,00952} = 0,17857$$

Dapat dilihat bahwa $\rho < 1$ maka dapat dinyatakan bahwa sistem antrian pesawat di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang telah memenuhi kondisi *steady-state*. Artinya, bahwa rata-rata jumlah kedatangan tidak melebihi rata-rata jumlah pelayanan.

4.3. Uji Distribusi Jumlah Kedatangan Pesawat

1. Hipotesis:

H_0 : Jumlah kedatangan pesawat berdistribusi Poisson

H_1 : Jumlah kedatangan pesawat tidak berdistribusi Poisson

2. Taraf Signifikansi

Taraf signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 5\%$

3. Statistik Uji :

$$D = \text{Sup}|S(x) - F_0(x)|$$

dengan:

$S(x)$: distribusi kumulatif data sampel (jumlah kedatangan pesawat setiap satu jam)

$F_0(x)$: distribusi kumulatif dari distribusi Poisson

4. Kriteria Uji
Tolak H_0 pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ jika nilai $D > D^*(\alpha)$.
5. Pengambilan Keputusan
Karena nilai $D < D^*(\alpha)$ yaitu $0,050 < 0,137$ maka H_0 diterima.
6. Kesimpulan
Dari keputusan di atas, diketahui bahwa data jumlah kedatangan pesawat berdistribusi Poisson.

4.4. Uji Distribusi Jumlah Pelayanan Pesawat

1. Hipotesis:
 H_0 : Jumlah pelayanan pesawat berdistribusi Poisson
 H_1 : Jumlah pelayanan pesawat tidak berdistribusi Poisson
2. Taraf Signifikansi
Taraf signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 5\%$
3. Statistik Uji :
 $D = \text{Sup}|S(x) - F_0(x)|$
dengan:
 $S(x)$: distribusi kumulatif data sampel (jumlah pelayanan pesawat setiap satu jam)
 $F_0(x)$: distribusi kumulatif dari distribusi Poisson
4. Kriteria Uji
Tolak H_0 pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ jika nilai $D > D^*(\alpha)$.
5. Pengambilan Keputusan
Karena nilai $D < D^*(\alpha)$ yaitu $0,036 < 0,133$ maka H_0 diterima.
6. Kesimpulan
Dari keputusan di atas, diketahui bahwa data jumlah pelayanan pesawat berdistribusi Poisson.

4.5. Model Sistem Antrian Pesawat

Berdasarkan hasil analisis ukuran *steady-state* dan uji distribusi jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan pesawat, dapat dinyatakan bahwa sistem antrian pesawat terbang di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang mengikuti model $(M/M/6):(GD/\infty/\infty)$. Model tersebut menunjukkan bahwa jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan pesawat berdistribusi Poisson dengan jumlah server yang beroperasi sebanyak enam pelayan. Disiplin antrian yang diterapkan adalah FCFS (pertama datang pertama dilayani) dengan jumlah kapasitas untuk pesawat yang datang dan sumber pemanggilan tidak terbatas.

Tabel 1. Output Analisis

09-09-2015	Performance Measure	Result
1	System: M/M/6	From Formula
2	Customer arrival rate (lambda) per hour =	2,1531
3	Service rate per server (mu) per hour =	2,0095
4	Overall system effective arrival rate per hour =	2,1531
5	Overall system effective service rate per hour =	2,1531
6	Overall system utilization =	17,8572 %
7	Average number of customers in the system (L) =	1,0716
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	0,0002
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	0,2174
10	Average time customer spends in the system (W) =	0,4977 hours
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	0,0001 hours
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	0,1010 hours
13	The probability that all servers are idle (Po) =	34,2508 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw) or system is busy (Pb) =	0,0876 %

4.6. Simulasi Sistem Antrian Pesawat dengan Pengurangan Jumlah Server

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan dengan pengurangan jumlah server yaitu hanya empat *apron* saja yang beroperasi, dapat disimpulkan bahwa sistem pelayanan pesawat tergolong cukup efektif. Hasil simulasi ini dapat menjadi masukan bagi pihak pengelola Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang apabila ingin menggunakan dua *apron* lainnya untuk keperluan yang lain, misalnya saja apabila ada pesawat militer yang ingin mendarat di bandara tersebut.

Tabel 2. Output Simulasi dengan Pengurangan Jumlah Server

09-16-2015	Performance Measure	Result
1	System: M/M/4	From Simulation
2	Customer arrival rate (λ) per hour =	2,1531
3	Service rate per server (μ) per hour =	2,0095
4	Overall system effective arrival rate per hour =	2,1628
5	Overall system effective service rate per hour =	2,1618
6	Overall system utilization =	27,6613 %
7	Average number of customers in the system (L) =	1,1196
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	0,0132
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	0,4517
10	Average time customer spends in the system (W) =	0,5178 hours
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	0,0061 hours
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	0,2089 hours
13	The probability that all servers are idle (Po) =	32,3100 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw) or system is busy (Pb) =	2,9180 %

4.7. Simulasi Sistem Antrian Pesawat dengan Penambahan Jumlah Kedatangan Pesawat

Berdasarkan data penambahan jumlah kedatangan pesawat, yaitu dua pesawat setiap jamnya, diperoleh nilai rata-rata jumlah kedatangan pesawat sebesar 4,15306 setiap satu jam. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan dengan penambahan jumlah kedatangan pesawat sebanyak dua pesawat setiap jamnya, dapat disimpulkan bahwa sistem pelayanan pesawat cukup efektif. Hasil simulasi ini dapat menjadi masukan bagi pihak pengelola Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang apabila ingin menambah jumlah kedatangan pesawat, misalnya dengan menambah jadwal penerbangan pesawat ke daerah tujuan yang baru.

Tabel 3. Output Simulasi dengan Penambahan Jumlah Kedatangan Pesawat

09-16-2015	Performance Measure	Result
1	System: M/M/6	From Simulation
2	Customer arrival rate (λ) per hour =	4,1531
3	Service rate per server (μ) per hour =	2,0095
4	Overall system effective arrival rate per hour =	4,1173
5	Overall system effective service rate per hour =	4,1153
6	Overall system utilization =	34,7969 %
7	Average number of customers in the system (L) =	2,0935
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	0,0056
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	0,3009
10	Average time customer spends in the system (W) =	0,5086 hours
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	0,0014 hours
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	0,0731 hours
13	The probability that all servers are idle (Po) =	12,1984 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw) or system is busy (Pb) =	1,8740 %

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian yang telah dilaksanakan selama satu minggu, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Model sistem antrian yang sesuai dengan kondisi fasilitas pelayanan pesawat di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang, yaitu model $(M/M/6):(GD/\infty/\infty)$. Model tersebut menunjukkan bahwa jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan pesawat berdistribusi Poisson dengan jumlah server yang beroperasi sebanyak 6 *apron*. Sedangkan disiplin antrian yang diterapkan yaitu pesawat yang pertama datang maka pertama dilayani dengan jumlah kapasitas untuk pesawat yang datang dan sumber pemanggilan tidak terbatas.
2. Berdasarkan nilai ukuran kinerja yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa sistem pelayanan pesawat terbang di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang sudah cukup baik.
3. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan menggunakan empat *apron* yang beroperasi maupun dengan penambahan jumlah kedatangan pesawat sebanyak dua pesawat setiap jamnya, sistem pelayanan pesawat cukup efektif. Hasil simulasi ini dapat menjadi masukan bagi pihak pengelola Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang apabila ingin menggunakan dua *apron* lainnya untuk keperluan yang lain atau apabila ingin menambah jadwal penerbangan ke daerah tujuan yang baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Daniel, W. W. 1989. *Statistika Nonparametrik Terapan*. Diterjemahkan oleh: Alex Tri Kantjono W. Jakarta : PT. Gramedia. Terjemahan dari: Applied Nonparametric Statistics.
- Gross, D. and Harris, C. M. 1998. *Fundamental of Queueing Theory Third Edition*. New York : John Wiley and Sons, INC.
- Kakiay, T. J. 2004. *Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata*. Yogyakarta : Andi.
- Taha, H. A. 1996. *Riset Operasi*. Jilid 2. Diterjemahkan oleh: Drs. Daniel Wirajaya. Jakarta : Binarupa Aksara. Terjemahan dari: Operations Research. Second Edition.