

Original Article

e-ISSN: 2274-2067 - <https://journal.itera.ac.id/index.php/indojam/>

p-ISSN: 2274-2016

Analisis Sistem Antrian pada Pelayanan Help Desk UPT TIK Institut Teknologi Sumatera Menggunakan Teori Antrian

Dwi Rianti^a, Utriweni Mukhaiyar^b, Lutfi Mardianto^{*a}^aProgram Studi Matematika, Jurusan Sains, Institut Teknologi Sumatera^bJurusan Matematika, Institut Teknologi Bandung*Corresponding E-mail: lutfi.mardianto@ma.itera.ac.idReceived 7th July 2021
Accepted 4th March 2022
Published 15th April 2022

Open Access

Abstract: The analysis of the queuing system at the Help Desk service of the UPT TIK Institut Teknologi Sumatera includes the number of ticket arrivals, the average length of service time, and the number of service facilities (admin). The data for the number of Help Desk tickets are Poisson distributed and the service time is the Exponential distribution. The size of the steady-state in the service has a value of $\rho < 1$ so that an analysis of the performance size of the queue system can be carried out. The data used in the study are Help Desk ticket data for the period November 2020-February 2021. The results obtained indicate that the queue model for the Help Desk service can be added to the server (admin). The addition of a server in the service can reduce the workload significantly. The queue model that can be applied is M/M/3:FCFS/∞/∞ by adding one server (admin), from the previous model, namely M/M/2:FCFS/∞/∞.

Keywords: *Queuing Theory, Help Desk, Ticket*

Abstrak: Analisis sistem antrian pada pelayanan Help Desk UPT TIK Institut Teknologi Sumatera meliputi banyak kedatangan tiket, rata-rata lama waktu pelayanan, dan banyak fasilitas pelayanan (admin). Data banyak tiket Help Desk berdistribusi Poisson dan waktu pelayanan berdistribusi Eksponensial. Ukuran *steady state* pada pelayanan memiliki nilai $\rho < 1$ sehingga dapat dilakukan analisis ukuran kinerja sistem antrian. Data yang digunakan dalam penelitian yaitu data tiket Help Desk periode November 2020-Februari 2021. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa model antrian pada pelayanan Help Desk dapat dilakukan penambahan *server* (admin). Penambahan *server* pada pelayanan dapat menurunkan beban kerja yang cukup signifikan. Model antrian yang dapat diterapkan yaitu M/M/3:FCFS/∞/∞ dengan melakukan penambahan satu *server* (admin), dari model sebelumnya yaitu M/M/2:FCFS/∞/∞.

Kata Kunci: *Teori Antrian, Help Desk, Tiket*

Pendahuluan

Teori antrian merupakan suatu teori untuk menganalisis sistem antrian yang bertujuan untuk memberikan informasi penting terkait dengan model antrian sehingga dapat membantu untuk menyeimbangkan waktu tunggu pelanggan dengan rata-rata waktu antrian yang dibutuhkan [1]. Teori antrian memeriksa sebuah sistem antrian antara lain proses kedatangan, proses pelayanan, jumlah *server* dan jumlah tempat sistem yang tersedia.

Sistem antrian memiliki 4 struktur antrian antara lain *Single Channel–Single Phase* yaitu memiliki satu *server* dan satu proses pelayanan, *Single Channel–Multi Phase* yaitu memiliki satu *server* dan pelanggan dilayani lebih dari satu proses pelayanan, *Multi Channel–Single Phase* yaitu memiliki lebih dari satu *server* dan pelayanan yang dilakukan hanya satu proses pelayanan, dan *Multi Channel–Multi Phase* yaitu memiliki lebih dari satu *server* dan lebih dari satu proses pelayanan [2].

Penerapan sistem antrian dapat dilakukan di UPT TIK Institut Teknologi Sumatera. Unit Pelaksana Teknis Teknologi Informasi dan Komunikasi (UPT TIK) Institut Teknologi Sumatera merupakan suatu unit pelaksana pengembangan, pengelolaan, serta pelayanan sistem teknologi informasi dan komunikasi di Institut Teknologi Sumatera. Sistem untuk menunjang kegiatan akademik mahasiswa yang dikelola langsung oleh UPT TIK Institut Teknologi Sumatera terdiri dari beberapa macam antara lain SIAKAD, E-learning, aplikasi pocket, dan lain-lain.

Dalam penggunaan sistem tersebut mahasiswa sering mengalami permasalahan, yaitu seperti tidak dapat login SIAKAD, E-mail, aplikasi pocket, dan lain-lain. Oleh karena itu UPT TIK Institut Teknologi Sumatera menyediakan pelayanan Help Desk ITERA yang dapat di akses pada *website* dan aplikasi pocket mahasiswa. Help Desk ITERA merupakan sebuah pelayanan yang disediakan oleh UPT TIK untuk menampung saran dan keluhan dari civitas akademik Institut Teknologi Sumatera terkait penggunaan sistem dan teknologi yang ada di Institut Teknologi Sumatera. Hal ini untuk mempermudah mahasiswa agar permasalahan atau keluhan yang dialami dapat tersampaikan dengan cepat.

Penyampaian permasalahan dapat dilakukan dengan cara membuat tiket berisi identitas pembuat tiket beserta permasalahan yang dialami. Setelah pembuatan tiket selesai kemudian tiket akan dikirimkan melalui *website* Help Desk dan menunggu untuk dilayani. Terdapat tiga status tiket pada Help Desk ITERA untuk mengetahui status tiket antara lain belum dikerjakan, sedang dikerjakan, dan sudah dikerjakan. Lama tidaknya waktu antara tiket selesai dibuat sampai dengan status tiket sudah dikerjakan bergantung pada banyaknya tiket yang mengantri, atau dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya.

Berdasarkan penelitian terdahulu terdapat beberapa penelitian yang berkaitan dengan sebuah analisis sistem antrian *Multi Server*. Penelitian *Multi Server* meliputi analisis pada antrian pendaftaran pasien BPJS yang dilakukan di RSUD Dr. Seogiri Lamongan [3]. Begitu pula dengan penelitian pada pelayanan antrian *service* sepeda motor di *Honda Sales Office* (HSO)

Jombor. *Service* sepeda motor tersebut memiliki model antrian ($M/M/c$) dengan disiplin pelayanan yang di terapkan yaitu *First Come First Served* [4].

Penelitian sistem antrian pada pelayanan Help Desk ITERA dilakukan dengan memperhatikan jumlah tiket Help Desk yang masuk dan rata-rata waktu pelayanannya. Analisis yang dilakukan yaitu dengan menentukan model antrian yang efektif untuk meningkatkan pelayanan yang telah disediakan oleh UPT TIK Institut Teknologi Sumatera. Hasil Analisis pelayanan Help Desk dapat memberikan informasi mengenai ukuran kinerja sistem antrian yang terdiri dari rata-rata banyak tiket dalam antrian dan sistem serta rata-rata waktu tiket berada dalam antrian dan sistem.

Metode

Data penelitian yang digunakan yaitu data tiket Help Desk periode November 2020-Februari 2021. Tiket Help Desk dilayani pukul 08.00 WIB s.d. 12.00 WIB dan pukul 14.00 WIB s.d. 16.00 WIB. Data banyak kedatangan tiket dan rata-rata waktu pelayanan tiket Help Desk UPT TIK Institut Teknologi Sumatera pada **Tabel 1** sebagai berikut.

Tabel 1. Banyak Kedatangan dan Rata-Rata Waktu Pelayanan Tiket

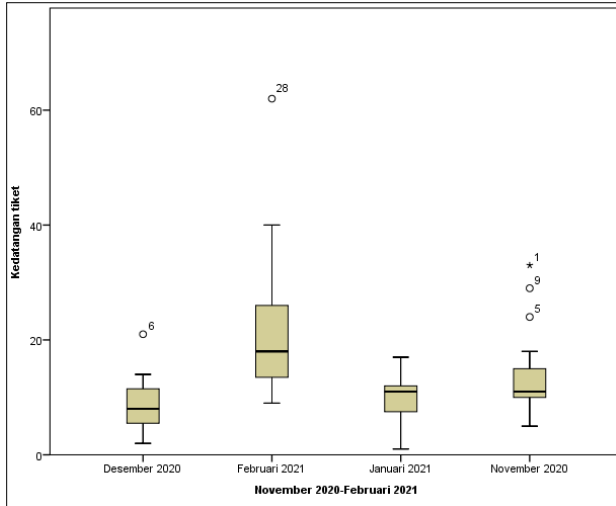
Bulan	Banyak Kedatangan	Rata-rata pelayanan (menit)	Jumlah hari pengamatan (hari)
November 2020	293	43,63	21
Desember 2020	161	43,85	19
Januari 2021	198	60,39	20
Februari 2021	428	27,47	19
November 2020- Februari 2021	1080	43,84	79

Banyak kedatangan tiket tertinggi terjadi pada bulan Februari 2021 yaitu sebanyak 428 tiket, sedangkan banyak kedatangan tiket terendah terjadi pada bulan Desember 2020 yaitu sebanyak 161 tiket. Rata-rata waktu pelayanan paling cepat terjadi pada bulan Februari 2021 yaitu selama 27,47 menit, sedangkan rata-rata waktu pelayanan paling lama terjadi pada bulan Januari 2021 yaitu selama 60,39

Original Article

menit. Pengamatan pada banyaknya kedatangan tiket pada jam pengerjaan, yaitu sebanyak 79 hari selama bulan November 2020-Februari 2021.

Data banyak kedatangan tiket Help Desk pada bulan November 2020-Februari 2021 ditampilkan dalam boxplot pada **Gambar 1** sebagai berikut.



Gambar 1. Kedatangan tiket bulan November 2020-Februari 2021

Deskriptif data yang sesuai dengan informasi boxplot diatas dituliskan pada **Tabel 2** sebagai berikut.

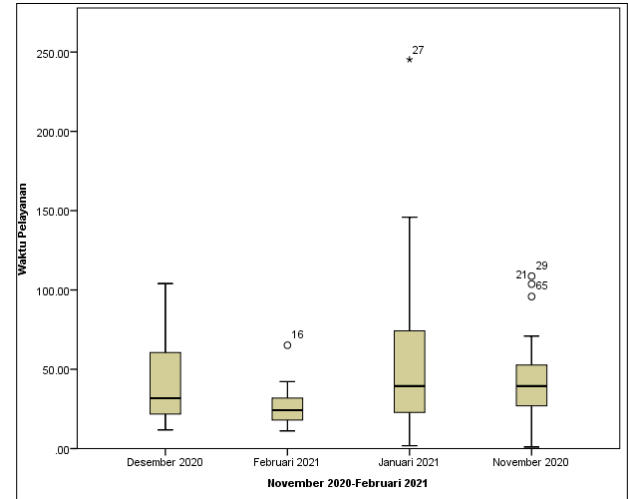
Tabel 2 Deskriptif data kedatangan November 2020-Februari 2021

Statistik	Deskriptif Kedatangan tiket			
	November 2020	Desember 2020	Januari 2021	Februari 2021
rata-rata	13,95	8,4737	9,8421	22,5263
median	11	8	11	18
maksimum	33	21	17	62
minimum	5	2	1	9
range	28	19	16	53

Rata-rata banyak kedatangan tiket tertinggi terjadi pada bulan Februari 2020 yaitu sebanyak 22,5263 tiket per hari. Rata-rata banyak kedatangan tiket terendah terjadi pada bulan Desember 2020 yaitu sebanyak 8,4737 tiket per hari begitu juga dengan nilai mediannya. Kedatangan tiket maksimum yaitu sebanyak 62 tiket terjadi pada 9 Februari 2021, sedangkan kedatangan tiket minimum yaitu sebanyak 1 tiket terjadi pada 6 Januari 2021. Selisih antara banyak kedatangan tiket maksimum dan minimum setiap

bulan (*range*) dengan nilai tertinggi yaitu terjadi pada bulan Februari 2021 dan nilai *range* terendah terjadi pada bulan Januari 2021.

Data lama waktu pelayanan tiket Help Desk pada bulan November 2020-Februari 2021 ditampilkan dalam boxplot pada **Gambar 2** sebagai berikut.



Gambar 2. Waktu pelayanan bulan November 2020-Februari 2021

Deskriptif data yang sesuai dengan informasi boxplot di atas dituliskan pada **Tabel 3** sebagai berikut.

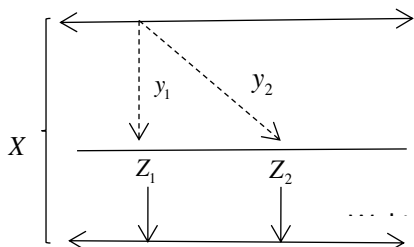
Tabel 3. Deskriptif waktu pelayanan November 2020-Februari 2021

Statistik	Deskriptif waktu pelayanan tiket			
	November 2020	Desember 2020	Januari 2021	Februari 2021
Rata-rata	43,6335	43,8533	60,3941	27,4689
median	39,4083	31,72	39,3872	24,22
range	107,70	92,23	243,47	54,02
maksimum	108,70	104,04	245,29	65,14
minimum	1	11,81	1,82	11,12

Dari **Tabel 3** nilai maksimum rata-rata waktu pelayanan tiket selama bulan November 2020 - Februari 2021 yaitu selama 245,29 menit terjadi pada 12 Januari 2020, sedangkan rata-rata waktu pelayanan tiket minimum yaitu sebanyak 1 tiket terjadi pada 16 November 2020. Selisih antara waktu pelayanan tiket maksimum dan minimum setiap bulan (*range*) dengan waktu pelayanan paling lama, yaitu terjadi pada bulan

Januari 2021 dan nilai *range* terendah terjadi pada bulan Februari 2021.

Representasi sistem antrian dengan komponen-komponen pelayanan Help Desk ITERA adalah sebagai berikut.



Gambar 3. Representasi pelayanan tiket Help Desk

Gambar 3 menunjukkan representasi pelayanan tiket Help Desk dengan variabel y merupakan banyak tiket masuk, Z merupakan fasilitas pelayanan Help Desk, dan X merupakan lama waktu pelayanan atau interval waktu saat tiket masuk sampai dengan selesai dikerjakan. Uji distribusi untuk menguji data banyak kedatangan dan waktu pelayanan pada sistem antrian Help Desk menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov.

Steady State

Nilai *steady state* dilambangkan dengan ρ yaitu $\rho = \lambda / c\mu < 1$ sehingga ditentukan nilai banyak kedatangan tiket persatuan waktu dan banyak pelayanan persatuan waktu [5]. Nilai *steady state* periode November 2020 – Februari 2021 sebagai berikut.

Tabel 4. Nilai *Steady State* November 2020 – Februari 2021

No	Bulan	λ	μ	$\rho < 1$
1	November 2020	0,0388	0,0229	0,8455
2	Desember 2020	0,0235	0,0228	0,5161
3	Januari 2021	0,0275	0,0166	0,8304
4	Februari 2021	0,0626	0,0364	0,8324
5	November 2020- Februari 2021	0,0388	0,0228	0,8324

Nilai *Steady State* yang diperoleh pada Tabel 4 bulan November 2020-Februari 2021 yaitu $\rho < 1$. Nilai *Steady State* tertinggi terjadi pada bulan November

sebesar 0,8455 sedangkan nilai *Steady State* terendah pada bulan Desember 2020 sebesar 0,5161. Nilai *Steady State* pada sistem antrian pelayanan Help Desk memenuhi sebuah syarat keadaan *steady* pada sistem antrian, sehingga dapat dilakukan analisis ukuran kinerja sistem pada sistem antrian tiket Help Desk UPT TIK Institut Teknologi Sumatera.

Distribusi Kedatangan dan Waktu Pelayanan

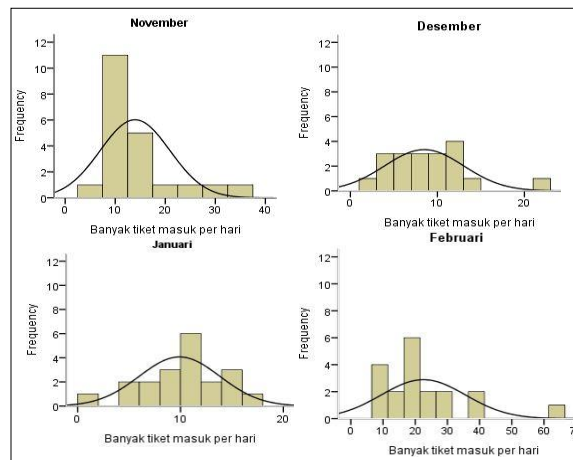
Distribusi banyak kedatangan berdasarkan uji distribusi Kolmogorov-Smirnov didapatkan hasil pada Gambar 4.

	November	Desember	Januari	Februari	
N	21	19	20	19	
Poisson Parameter ^{a,b} Mean	13.95	8.47	9.90	22.53	
Most Extreme Differences	Absolute	.260	.135	.146	.326
	Positive	.260	.135	.079	.326
	Negative	-.134	-.114	-.146	-.159
Kolmogorov-Smirnov Z	1.190	.588	.651	1.419	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.118	.879	.791	.036	

a. Test distribution is Poisson.

Gambar 4. Uji distribusi data kedatangan tiket

Hasil uji distribusi banyak kedatangan tiket pada Gambar 4 menunjukkan jika data kedatangan tiket berdistribusi Poisson. Pesebaran data banyak kedatangan ditampilkan pada Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5 Kedatangan tiket November 2020-Februari 2021

Original Article

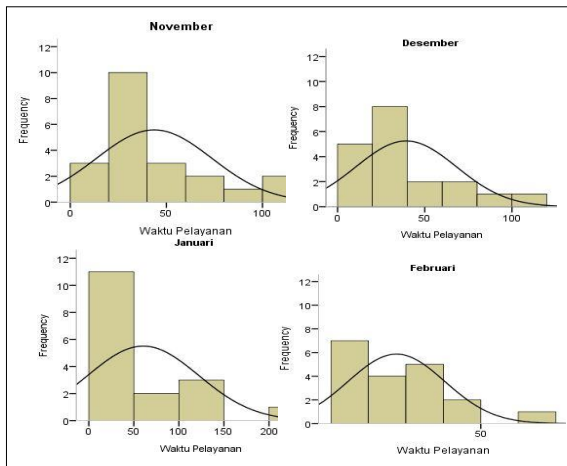
Distribusi lama waktu pelayanan berdasarkan uji distribusi Kolmogorov-Smirnov didapatkan hasil uji distribusi pada **Gambar 5**.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		November	Desember	Januari	Februari
N		21	16	17	19
Exponential parameter, a, b	Mean	43.6335	41.4875	60.3941	27.4689
Most Extreme Differences	Absolute	.277	.234	.141	.347
	Positive	.083	.081	.132	.162
	Negative	-.277	-.234	-.141	-.347
Kolmogorov-Smirnov Z		1.269	.937	.581	1.513
Asymp. Sig. (2-tailed)		.080	.344	.888	.021

a. Test Distribution is Exponential.

Gambar 6. Uji distribusi rata-rata waktu pelayanan tiket

Hasil uji distribusi lama waktu pelayanan tiket pada **Gambar 6** menunjukkan jika data lama waktu pelayanan tiket berdistribusi Ekspensial. Pesebaran data lama waktu pelayanan ditampilkan pada **Gambar 7** sebagai berikut.



Gambar 7. Waktu pelayanan tiket November 2020-Februari 2021

Hasil dan Diskusi

Analisis pelayanan Help Desk dilakukan dengan menentukan model antrian dan ukuran kinerja sistem antrian. Hasil analisis model Antrian berdasarkan notasi Kendall-Lee yaitu [6]

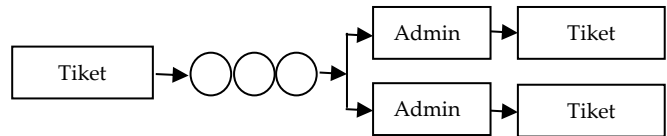
$$M/M/2 : FCFS/\infty/\infty$$

dengan

- a) **M/M** (banyak kedatangan tiket berdistribusi Poisson dan waktu pelayanan berdistribusi Ekspensial) [7],
- b) **2** (terdapat 2 fasilitas pelayanan),

- c) **FCFS** (disiplin antrian *First Come First Served*) [8],
- d) ∞/∞ (kapasitas sistem dan sumber pemanggilan tidak terbatas) [9,6].

Struktur antrian pelayanan Help Desk Institut Teknologi Sumatera ditampilkan dalam skema sistem antrian pada **Gambar 8** sebagai berikut.



Gambar 8. Skema sistem antrian pelayanan Help Desk

Skema sistem antrian pada **Gambar 8** menunjukkan struktur antrian Help Desk yang memberikan informasi bahwa pelayanan Help Desk terdiri dari 2 fasilitas pelayanan dengan struktur antrian *Multi Channel-Single Phase* [2].

Hasil Analisis Kinerja Sistem

Ukuran kinerja sistem meliputi rata-rata banyak tiket dalam sistem (L), rata-rata banyak tiket dalam antrian (L_s), rata-rata waktu tiket menunggu dalam sistem (W), rata-rata waktu tiket menunggu dalam antrian (W_q). Model antrian pada pelayanan Help Desk UPT TIK Institut Teknologi Sumatera yaitu $M/M/2 : FCFS/\infty/\infty$. Model antrian *multi server* dalam menentukan ukuran kinerja sistem menggunakan formulasi berikut ini

- a) Rata-rata banyak tiket dalam antrian (L_q)

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

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

dengan

- P_0 : probabilitas tidak ada tiket dalam sistem,
- c : banyak *server*,
- r : $r = \frac{\lambda}{\mu}$,
- ρ : *steady state* ($\rho = \frac{\lambda}{c\mu}$),

n : Banyak tiket dalam sistem.

- b) Rata-rata banyak tiket dalam sistem (L)

$$L = L_q + r$$

- c) Rata-rata waktu tiket dalam sistem (W)

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

- d) Rata-rata waktu tiket dalam antrian (W_q)

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} \quad [10]$$

Dengan formulasi ukuran kinerja sistem diatas berdasarkan model antrian *multi server* diperoleh nilai ukuran kinerja sistem bulan November 2020-Februari 2021 pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Ukuran kinerja sistem antrian

No	Bulan	L_q	L	W	W_q
1	November 2020	4,2414	5,9325	153,0706	109,4370
2	Desember 2020	0,3748	1,4071	59,7780	15,9237
3	Januari 2021	3,6895	5,3503	194,5564	134,1628
4	Februari 2021	4,8576	6,5765	105,1005	77,6306
5	November 2020- Februari 2021	3,7548	5,4195	142,7146	98,8768

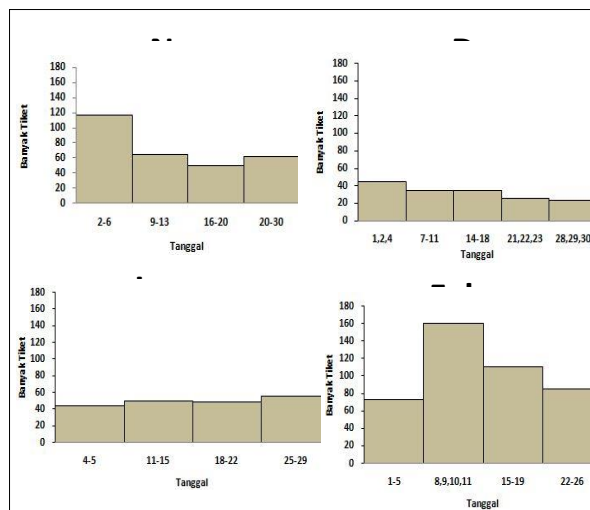
Rata-rata banyak tiket tertinggi dalam sistem dan antrian terjadi pada bulan Februari 2020. Rata-rata banyak tiket terendah dalam sistem dan antrian terjadi pada bulan Desember 2020. Rata-rata waktu tiket menunggu dalam sistem dan antrian paling lama terjadi pada bulan Januari 2021, sedangkan rata-rata waktu menunggu tiket dalam sistem dan antrian paling cepat terjadipada bulan Desember 2020.

Waktu Sibuk dan Persentase Kesibukan

Diagram berikut menunjukkan waktu sibuk dari banyaknya kedatangan tertinggi setiap bulan yaitu pada bulan November 2020 – Februari 2021.

Gambar 9 menunjukkan waktu sibuk pada bulan November 2020 dan Desember 2020 terjadi pada minggu pertama, waktu sibuk pada bulan Januari 2021 terjadi pada minggu terakhir, dan waktu sibuk pada bulan Februari 2021 terjadi pada minggu kedua. Nilai

tersebut diperoleh dari rata-rata jumlah kedatangan per minggu dari banyaknya kedatangan pada bulan November 2020-Februari 2021.



Gambar 9. Waktu sibuk bulan November 2020-Februari 2021

Peluang sibuk (ρ) pada pelayanan Help Desk dapat menunjukkan sebuah nilai konstan pada panjang antrian dan waktu menunggu tiket. Nilai ρ didapatkan dengan proses yaitu

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\lambda}{c\mu} \\ &= \frac{0,0380}{2(0,0228)} \\ &= 0,8324 \end{aligned}$$

didapatkan nilai ρ adalah 0,8324 sehingga nilai persentase sibuk

$$\begin{aligned} x &= \left(\frac{\lambda}{c\mu} \right) \times 100\% \\ &= 0,8324 \times 100\% \\ &= 83\% \end{aligned}$$

Tabel 6. Penambahan jumlah fasilitas pelayanan

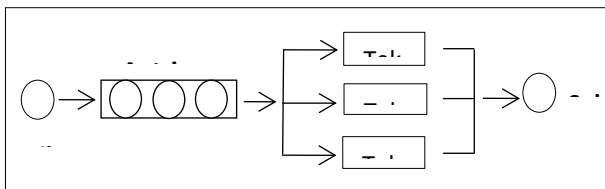
c	$c = 2$	$c = 3$	$c = 4$	$c = 5$
λ	0,0380	0,0380	0,0380	0,0380
μ	0,0228	0,0228	0,0228	0,0228
W	142,7146	58,2927	50,5177	47,9515
x	83%	55%	42%	33%

Original Article

Persentase sibuk yang didapatkan yaitu sebesar 83%, persentase ini cukup tinggi sehingga akan dioptimalkan waktu menunggu sesuai dengan *server* (admin) yang akan ditentukan. Apabila dilakukan penambahan *server* maka akan dihasilkan waktu menunggu dan persentase seperti pada **Tabel 6**.

Penentuan model antrian yang efektif yaitu dengan mengetahui lama waktu tiket menunggu dalam sistem (W) dan persentase kesibukan pada pelayanan (x). Semakin banyak penambahan *server* yang dilakukan maka lama waktu menunggu dan persentase kesibukan semakin kecil. Namun, kecilnya nilai persentase kesibukan pada pelayanan maka biaya yang dikeluarkan akan semakin besar dan banyak *server* yang menganggur.

Penambahan banyak *server* pada pelayanan dilakukan dengan mempertimbangkan biaya dan mengoptimalkan persentase kesibukan. **Tabel 6** menunjukkan hasil penambahan *server*, sehingga dapat diketahui lama waktu menunggu dan persentase kesibukan pada pelayanan. Fasilitas pelayanan Help Desk terdiri dari 2 *server* dengan persentase kesibukan sebesar 83%. Apabila dilakukan penambahan 1 *server* pada pelayanan Help Desk maka persentase sibuk berkurang menjadi 55%. Nilai persentase dengan penambahan 1 *server* tersebut merupakan nilai persentase yang optimal karena waktu menunggu dalam sistem berkurang sangat signifikan dengan persentase 55%.



Gambar 10. Simulasi sistem antrian pelayanan Help Desk

Gambar 10 merupakan simulasi sistem antrian pada pelayanan Help Desk dengan fasilitas pelayanan sebanyak 3 *server*. Hasil yang didapat rata-rata waktu tiket menunggu dalam sistem selama bulan November 2020-Februari 2021 yaitu 142,7146 menit menjadi 58,2927 menit setelah dilakukan penambahan 1 *server*. Model antrian yang dapat diterapkan pada pelayanan yaitu $M/M/3:FCFS/\infty/\infty$ untuk meningkatkan pelayanan Help Desk UPT TIK Institut Teknologi Sumatera.

Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa model antrian pada pelayanan Help Desk UPT TIK Institut Teknologi Sumatera yaitu $M/M/2:FCFS/\infty/\infty$. Ukuran kinerja sistem pada pelayanan Help Desk UPT TIK Institut Teknologi Sumatera selama bulan November 2020 - Februari 2021 yaitu banyak tiket menunggu dalam antrian sebanyak 3,7548 tiket per menit, banyak tiket menunggu dalam sistem sebanyak 5,4195 tiket per menit, waktu menunggu tiket dalam antrian membutuhkan waktu selama 98,8768 menit, dan waktu menunggu tiket dalam sistem membutuhkan waktu selama 142,7146 menit. Model Antrian yang dapat diterapkan yaitu $M/M/3:FCFS/\infty/\infty$ dengan persentase kesibukan 55% dari model antrian sebelumnya yaitu $M/M/2:FCFS/\infty/\infty$ dengan persentase tingkat kesibukan 83%.

Konflik Kepentingan

Tidak terdapat konflik kepentingan pada penelitian dan penulisan jurnal ini.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada pihak UPT TIK Institut Teknologi Sumatera karena telah berperan dalam penyelesaian penelitian ini.

Referensi

- [1] A. M. Putri, "Analisis Teori Antrian *Multi-Channel* dengan Distribusi Eksponensial", Skripsi 2016.
- [2] M. A. Mukhyi, Teori Antrian. Jakarta: Universitas Gunadarma, Tanpa Tahun. (<http://mukhyi.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/9276/Teori+Antrian.pdf>, diakses pada 16 januari 2021)
- [3] U. Shobihah, Analisis Sistem Antrian Pelayanan di Loket Pendaftaran Pasien BPJS dengan Model Antrian *Multi Channel Single Phase*", Skripsi tahun 2020.
- [4] I. Sholikhah, Analisis Sistem Antrian pada PIT *service* Sepeda Motor Menggunakan Teori Antrian, Skripsi tahun 2018.
- [5] S. Nafarin, "Model Sistem Antrian dan Analisis Keterlambatan Pesawat", Skripsi, UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2020.

- [6] Hamdy A. Taha, Operations Research an Introduction. Eighth Edition. New Jersey: Pearson Education, Inc, 2007.
- [7] S. M. Ross, Introduction to Probability Models. 9th ed. California: Elsevier Inc, 2007.
- [8] U. N. Bhat, *An Introduction to Queueing Theory*. New York: Boston, 2008.
- [9] Ng Chee-Hock and Soong Boon-Hee, Queueing Modeling Fundamentals. Second Edition. England: John Wiley & Sons, Ltd, 2008.
- [10] J. F. Shortle, et al., Fundamental of Queue. Fifth Edition. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc, 2018.