

Analisis Sistem Antrean di Puskesmas Dago dengan Simulasi

Monika Krismayanti¹, Dharma Lesmono², Daniel Salim³

^{1,2,3} Pusat Studi Matematika dan Masyarakat

Jurusan Matematika, Universitas Katolik Parahyangan

Jalan Ciumbeuleuit No 94, Bandung 40141, Indonesia

Email: monikakrismayantii19@gmail.com¹, jdharma@unpar.ac.id², daniel.salim@unpar.ac.id³

Korespondensi penulis : jdharma@unpar.ac.id

Abstrak

Pemerintah memberikan kemudahan bagi masyarakat untuk mendapatkan pelayanan kesehatan melalui program BPJS (Badan Penyelenggara Jaminan Sosial) Kesehatan. Salah satu fasilitas kesehatan yang dapat menerima pengguna BPJS Kesehatan adalah Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas). Tingginya minat masyarakat untuk mendapatkan layanan kesehatan di Puskesmas dapat mengakibatkan antrean yang panjang di Puskesmas dan dapat menimbulkan kerugian untuk Puskesmas ataupun masyarakat. Untuk mempelajari sistem antrean di Puskesmas, akan digunakan suatu model antrean yaitu model antrean tandem. Dengan model ini diharapkan pelayanan dapat menjadi optimal dengan beberapa tindakan misalnya menambah unit layanan agar tidak terjadi penumpukan antrean. Dari model yang dikembangkan, akan digunakan simulasi untuk mengetahui kondisi dari sistem antrean. Hasil simulasi yang diperoleh, akan dibandingkan dengan solusi analitik dari model, terkait besaran-besaran fundamental pada sistem antrean. Penerapan dari hasil analitik dan simulasi akan dilakukan di Puskesmas Dago. Dari data yang dikumpulkan diperoleh model antrean yang cocok pada unit-unit layanan di Puskesmas Dago.

Kata Kunci: Besaran-besaran fundamental, distribusi, model antrean tandem, simulasi.

Abstract

The government facilitates public access to healthcare services through the BPJS (Badan Penyelenggara Jaminan Sosial) Kesehatan program. One of the healthcare facilities accepting BPJS Health users is Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas). High public interest in receiving healthcare services at Puskesmas can lead to long queues and potential losses for both the community and puskesmas. To address this issue, queuing theory is employed, specifically the tandem queuing model. Using this model, the service can be expected to be optimal using action such as adding additional services to prevent queue congestion. From the model,

simulation is conducted to understand the queueing system condition. The study compares fundamental quantities of interest between analytical solutions and simulations. Analytical results and simulation is then applied to Puskesmas Dago. From the collected data, the suitable queueing model for outpatient services at Puskesmas Dago is obtained.

Keywords: *Distribution, tandem queue model, simulation, fundamental quantities of interest*

1. Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari, mengantre merupakan salah satu kegiatan yang sering dihadapi oleh setiap orang dan bisa terjadi di mana saja. Antrean dapat terjadi karena banyaknya orang yang datang melebihi kapasitas unit layanan [1], atau waktu antar kedatangan yang lebih cepat dibandingkan dengan waktu pelayanan di unit layanan. Sering kali pelanggan menunggu dalam waktu yang cukup lama untuk memperoleh layanan. Waktu tunggu yang lama tentunya menyebabkan ketidaknyamanan dan pelayanan menjadi tidak efektif [2].

Pemerintah pusat bersama dengan pemerintah daerah memiliki tanggung jawab untuk menyediakan fasilitas pelayanan kesehatan dengan tujuan mencapai tingkat kesehatan yang optimal [3]. Program BPJS Kesehatan merupakan program yang diwajibkan oleh pemerintah yang memberikan kemudahan bagi masyarakat untuk memperoleh pelayanan kesehatan dengan membayar premi yang terjangkau. Masyarakat dapat memperoleh pelayanan kesehatan dengan menggunakan BPJS Kesehatan di Puskesmas. Puskesmas adalah instansi yang bergerak pada bidang pelayanan kesehatan masyarakat [4]. Pada penelitian ini dilakukan analisis sistem antrean di Puskesmas Dago Kota Bandung pada poli umum yang memiliki empat unit layanan (*server*) yang terurut (*serial*). Keempat unit layanan tersebut secara terurut adalah pendaftaran, cek tekanan darah, dokter, dan farmasi. Waktu tunggu yang cukup lama merupakan masalah dalam layanan kesehatan yang mengakibatkan ketidakpuasan pasien [5]. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi hal itu adalah menggunakan teori antrean.

Teori antrean adalah ilmu yang digunakan untuk menganalisis suatu sistem antrean. Antrean terjadi ketika banyaknya permintaan pada suatu pelayanan melebihi kapasitas pelayanan. Pada sistem antrean yang memiliki beberapa *server* terurut, model antrean tandem merupakan model yang cocok untuk digunakan. Informasi yang diperoleh dari teori antrean dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pengambilan keputusan untuk optimalisasi layanan [6].

Proses antrean diawali dengan kedatangan pelanggan pada sistem antrean, lalu pelanggan dilayani, dan diakhiri dengan pelanggan meninggalkan sistem antrean. Untuk memprediksi waktu dan banyaknya orang yang mengantre pada suatu unit pelayanan, dapat digunakan simulasi. Simulasi adalah suatu cara untuk menggambarkan ciri, tampilan, dan komponen dari suatu sistem nyata [7]. Simulasi juga merupakan kumpulan metode dan aplikasi yang digunakan untuk mereplikasi perilaku suatu sistem, dengan menggunakan komputer dan perangkat lunak yang sesuai [8] untuk mengatasi keterbatasan pada model analitik [9]. Biasanya, simulasi digunakan untuk merepresentasikan model dari sistem yang sebenarnya. Model didefinisikan sebagai proses penggambaran operasi dan relasi pada sistem nyata yang akan digunakan [7]. Pada [6] dilakukan simulasi dan analisis sistem antrean di Puskesmas Cebongan. Simulasi ini digunakan untuk mengetahui model antrean, komponen dasar dari sistem antrean,

dan hasil analisis untuk masing-masing unit layanan. Hasil simulasi dapat digunakan untuk membuat keputusan untuk meminimalkan tingkat antrean.

Telah banyak penerapan dari model antrian ini di dalam dunia nyata. Pada penelitian [10] dilakukan analisis sistem antrian dengan banyak saluran (multiple channel) pada Alfamart di Purworejo. Analisis yang serupa juga dilakukan pada industry perakitan mobil di [11] dan konsumen mie Gacoan di Medan [12], semesntara untuk antrian tiket bioskop di Cinema XXI di Cilegon digunakan sistem antrian saluran tunggal [13]. Pada penelitian [14] dibahas antrean tandem dengan tiga tahap pelayanan pembuatan Surat Izin Mengemudi (SIM). Penelitian yang dilakukan pada [7] membahas analisis sistem antrean dengan empat unit layanan dan simulasi menggunakan perangkat lunak Promodel. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini membahas model antrean tandem empat unit *server* dengan aplikasi di Puskesmas Dago. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *EasyFit* dan *Arena 16*. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer yang diperoleh dengan observasi secara langsung di Puskesmas Dago Kota Bandung.

Pada penelitian ini, akan ditentukan distribusi yang paling cocok di masing-masing *server* berdasarkan data yang diperoleh di unit layanan poli umum Puskesmas Dago. Selanjutnya akan dilakukan simulasi untuk model antrean tandem empat *server* dengan asumsi waktu kedatangan berdistribusi eksponensial. Hasil simulasi ini kemudian akan dibandingkan dengan solusi analitik untuk model antrean tandem empat *server*. Jika hasil simulasi dan solusi analitik tidak berbeda secara signifikan, maka simulasi dilakukan untuk model antrean tandem empat *server* dengan distribusi *general*. Simulasi digunakan untuk model antrian tandem dengan distribusi *general* mengingat solusi analitik yang relatif sulit diperoleh untuk model antrian tandem dengan distribusi *general*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan distribusi yang cocok di layanan poli umum di Puskesmas Dago dan menentukan besaran-besaran fundamental di model antrian yang diperoleh.

2. Metode Penelitian

Teori antrean adalah ilmu digunakan untuk memahami dan menganalisis cara kerja sistem antrean dengan menggunakan model antrean [15]. Antrean adalah kondisi yang menggambarkan kumpulan orang yang menunggu giliran untuk dilayani [7]. Sistem antrean dimulai dengan pelanggan datang, lalu pelanggan akan dilayani. Jika masih terdapat pelanggan lain pada layanan, maka pelanggan tersebut akan menunggu untuk dilayani sebelum meninggalkan sistem antrean. Sistem dikatakan sibuk apabila terdapat minimal satu orang pada sistem. Ketika banyaknya pelanggan melebihi kapasitas pelayanan atau tingkat kedatangan lebih besar daripada tingkat pelayanan, maka akan terjadi antrean.

Komponen Dasar pada Antrean

Pada proses antrean terdapat tiga komponen dasar, yaitu kedatangan, pelayanan, dan antrean [7].

1. Kedatangan

Umumnya, masalah pada antrean melibatkan unsur kedatangan yang meliputi sumber kedatangan dan bagaimana cara terjadinya antrean.

2. Pelayanan

Komponen pelayanan yaitu bagaimana pelayanan pada sistem. Pada proses pelayanan bisa terdapat satu atau lebih dari satu fasilitas pelayanan. Contohnya, pada proses pelayanan di supermarket, pada satu unit layanan bisa terdapat dua pelayan. Banyaknya fasilitas pelayanan dapat memengaruhi sistem antrean [7].

3. Antrean

Antrean berkaitan dengan kedatangan dan bagaimana pelayanan dilakukan. Disiplin antrean merupakan penentu bagaimana suatu antrean dilayani. Terdapat empat macam disiplin antrean, yaitu FIFO (*First In First Out*), LIFO (*Last In First Out*), PS (*Priority Service*), dan SIRO (*Service In Random Order*).

Notasi Kendall-Lee

Suatu model antrean dapat digambarkan melalui notasi yang disebut Notasi Kendall. Notasi ini awalnya dikenalkan oleh Kendall pada tahun 1951, kemudian dikembangkan oleh A.M Lee [16], sehingga disebut sebagai notasi Kendall-Lee, yaitu

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

di mana

a : Distribusi waktu antar kedatangan (M, D, E_k, G).

b : Distribusi pelayanan (M, D, E_k, G).

c : Jumlah *server* atau unit layanan (1, 2, 3, ...).

d : Disiplin antrean.

e : Kapasitas sistem antrean (1, 2, 3, ...).

f : Kapasitas dari sumber kedatangan (terbatas atau tidak terbatas).

Simbol a dan b pada notasi Kendall-Lee menyatakan distribusi waktu antar kedatangan dan pelayanan pada sistem antrean terdiri dari:

M : Waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan pada sistem antrean berdistribusi eksponensial.

D : Waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan pada sistem antrean adalah deterministik atau konstan.

E_k : Waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan pada sistem antrean berdistribusi Erlang.

G : Waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan pada sistem antrean berdistribusi *general*

Besaran Fundamental

Pada sistem antrean, terdapat empat besaran fundamental. Berikut adalah besaran fundamental pada sistem antrean [16], yaitu

L : Rata-rata banyaknya pelanggan di dalam sistem antrean.

L_q : Rata-rata banyaknya pelanggan di dalam antrean.

W : Rata-rata waktu tunggu seorang pelanggan di dalam sistem antrean.

W_q : Rata-rata waktu tunggu seorang pelanggan di dalam antrean

Ukuran *Steady State*

Ukuran *steady state* atau stabil pada sistem antrean yaitu suatu ukuran yang menunjukkan kondisi di mana tingkat kedatangan (λ) lebih kecil dari tingkat pelayanan

(μ) dan dapat menyatakan tingkat kesibukan dari pelayanan. Dalam sistem antrean, ukuran *steady state* dinyatakan dalam notasi ρ dan didefinisikan sebagai

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}; \lambda, \mu > 0. \quad (1)$$

Suatu sistem antrean dikatakan *steady state* atau stabil jika $\rho < 1$. Jika $\rho = 1$, maka tingkat kedatangan sama dengan tingkat pelayanan. Namun, jika nilai dari $\rho > 1$, maka tingkat kedatangan pelanggan lebih cepat dibandingkan tingkat pelayanan pelanggan [6].

Pada penelitian ini, data yang akan dianalisis diambil dari UPTD (Unit Pelaksana Teknis Dinas) Puskesmas Dago, Kota Bandung. Pengambilan data dilaksanakan selama 3 hari, dimulai dari hari Rabu, 3 Mei 2023 sampai Jumat, 5 Mei 2023 pada pukul 07.30 sampai 11.00. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dan sumber data yang digunakan adalah data primer yang diperoleh melalui observasi. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *stopwatch* untuk mencatat waktu kedatangan dan waktu pelayanan setiap pasien. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan selama pengambilan data.

1. Mencatat waktu kedatangan pasien (saat pasien mendapatkan tiket antrean).
2. Mencatat waktu saat pasien mulai dilayani dan selesai dilayani di pelayanan pendaftaran.
3. Mencatat waktu saat pasien mulai dilayani dan selesai dilayani di pelayanan cek tekanan darah.
4. Mencatat waktu mulai dilayani dan selesai dilayani pasien di pelayanan dokter.
5. Mencatat waktu saat pasien mulai dilayani dan selesai dilayani pasien di pelayanan farmasi.

Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh 79 data dengan tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat Kedatangan dan Tingkat Pelayanan pada setiap Server

Tingkat	Detik/pasien	Pasien/detik
Kedatangan	406,4082	0,0025
Pendaftaran	352,6835	0,0028
Cek Tekanan Darah	287,1772	0,0034
Dokter	292,4430	0,0034
Farmasi	307,2785	0,0033

Menentukan Distribusi untuk setiap Pelayanan

Pada penelitian ini, distribusi yang digunakan adalah distribusi eksponensial, Lognormal, dan Weibull.

1. Distribusi Eksponensial

Berdasarkan [17], suatu peubah acak kontinu X disebut berdistribusi eksponensial dengan parameter λ , jika memiliki fungsi kepadatan peluang sebagai berikut:

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0, \end{cases} \quad (2)$$

dengan $\lambda > 0$. Ekspektasi dari distribusi eksponensial, yaitu

$$E[X] = \frac{1}{\lambda}. \quad (3)$$

2. Distribusi Lognormal

Berdasarkan [18], suatu peubah acak X dengan parameter *log mean* (*LogMean*) dan log standar deviasi (*LogStd*) berdistribusi Lognormal jika memiliki fungsi kepadatan probabilitas sebagai berikut:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln(x)-\mu)^2}, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0. \end{cases} \quad (4)$$

Ekspektasi untuk distribusi Lognormal, yaitu

$$\text{LogMean} = e^{\frac{\mu+\sigma^2}{2}} \quad (5)$$

dan variansi untuk distribusi Lognormal, yaitu

$$(\text{LogStd})^2 = e^{2\mu+\sigma^2}(e^{\sigma^2} - 1). \quad (6)$$

3. Distribusi Weibull

Berdasarkan [18], suatu peubah acak X berdistribusi Weibull dengan parameter α dan β jika memiliki fungsi kepadatan probabilitas sebagai berikut:

$$f(x) = \begin{cases} \alpha\beta x^{\beta-1} e^{-\alpha x^\beta}, & x > 0, \\ 0, & x \leq 0, \end{cases} \quad (7)$$

dengan $\alpha, \beta > 0$. Ekspektasi untuk distribusi Weibull, yaitu

$$\mu = \alpha^{-\frac{1}{\beta}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (8)$$

dan variansi untuk distribusi Weibull adalah

$$\sigma^2 = \alpha^{-\frac{2}{\beta}} \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right]^2 \right]. \quad (9)$$

Uji Kolmogorov-Smirnov

Uji Kolmogorov-Smirnov adalah suatu uji non parametrik yang dapat digunakan untuk menentukan distribusi dari suatu data. Jika $F(x)$ adalah fungsi distribusi kumulatif yang dihipotesiskan, maka dapat ditulis hipotesis berikut:

H_0 : Data berasal dari distribusi yang dihipotesiskan

H_1 : Data bukan berasal dari distribusi yang dihipotesiskan

Berdasarkan [19], statistik uji dapat didefinisikan sebagai

$$D = \sup_x |S(x) - F(x)| \quad (10)$$

dengan $S(x)$ adalah fungsi distribusi kumulatif dari data dan $F(x)$ adalah fungsi distribusi kumulatif dari distribusi yang dihipotesiskan. Jika nilai D lebih kecil dari nilai kritis α maka H_0 diterima. Namun, jika nilai D lebih besar dari nilai kritis α maka H_0 ditolak atau H_1 diterima. Nilai kritis adalah nilai yang dijadikan acuan pada pengambilan keputusan pada uji statistik dan diperoleh dari tabel yang menyajikan nilai kritis berdasarkan besarnya α . Selain itu, H_0 akan diterima jika nilai *p-value* lebih besar dari nilai α . Pada uji statistik, *p-value* digunakan untuk mengetahui apakah distribusi dari data sesuai dengan distribusi yang dihipotesiskan.

Uji Chi Square

Uji Chi Square adalah uji non parametrik untuk menentukan distribusi dari suatu data. Pada uji ini, ukuran data yang dapat digunakan, yaitu sekurang-kurangnya 30 data dan skala pengukuran yang digunakan adalah skala nominal. Berdasarkan [19], uji Chi Square memiliki dua hipotesis, yaitu

H_0 : Data berasal dari distribusi yang dihipotesiskan

H_1 : Data bukan berasal dari distribusi yang dihipotesiskan

dan uji untuk uji Chi Square dapat didefinisikan sebagai

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (11)$$

dengan O_i adalah adalah nilai observasi atau pengamatan dan E_i adalah nilai ekspektasi. Jika nilai χ^2 lebih besar daripada nilai kritis α , maka H_0 ditolak. Namun, jika nilai χ^2 lebih kecil daripada nilai kritis α , maka H_0 diterima. Nilai kritis diperoleh dari tabel Chi Square berdasarkan derajat kebebasan dan nilai α . Derajat kebebasan pada uji ini dapat dihitung dengan $r - 1$, di mana r adalah banyaknya kelas.

Data yang sudah diperoleh dari Puskesmas Dago diolah menggunakan perangkat lunak *EasyFit* dan *Arena 16*. Perangkat lunak *EasyFit* digunakan untuk melakukan uji distribusi tingkat pelayanan atau waktu pelayanan dan perangkat lunak *Arena 16* untuk melakukan simulasi. Kemudian, data tersebut akan diuji menggunakan uji Chi Square dan uji Kolmogorov-Smirnov untuk mengetahui distribusi yang paling cocok untuk sistem antrean Puskesmas Dago. Selanjutnya, parameter dari distribusi yang terpilih akan di input di perangkat lunak *Arena 16* untuk disimulasikan.

Model Antrean M/M/1

Model antrean *M/M/1* adalah model antrean yang menyatakan waktu antar kedatangan dan pelayanannya berdistribusi eksponensial dengan satu unit *server*. Tingkat kedatangan dinyatakan dengan λ dan tingkat pelayanan dinyatakan dengan μ . Berikut adalah formula untuk model antrean *M/M/1*, dengan P_n menyatakan peluang terdapat n orang di dalam sistem.

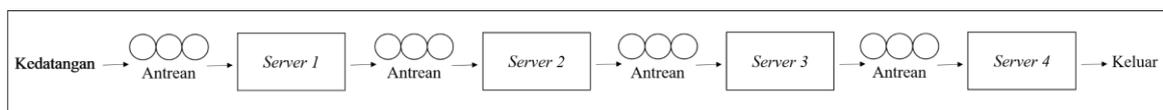
$$P_n = \rho \cdot P_0 = \frac{\lambda}{\mu} \cdot P_0, \quad P_0 = 1 - \rho = 1 - \frac{\lambda}{\mu}, \quad (120)$$

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}, \quad L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}, \quad (21)$$

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda}, \quad W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}. \quad (22)$$

Model Antrean Tandem Empat Unit Server Berdistribusi Eksponensial

Model antrean tandem adalah model antrean yang terjadi pada sistem antrean dengan minimal dua tahap pelayanan atau dua unit *server* dan alurnya harus diikuti secara berurutan. Model antrean tandem yang berdistribusi eksponensial proses kedatangannya mengikuti proses Poisson, sehingga antar unit *server* saling bebas. Berikut adalah ilustrasi untuk model antrean ini, dengan empat unit *server*.



Gambar 1. Model Antrean Tandem Empat Unit Server

Formula untuk model antrian tandem empat unit *server* dengan waktu anatar kedatangan berdistribusi eksponensial adalah sebagai berikut:

$$P_{n,m,t,u} = \left(\frac{\lambda}{\mu_1}\right)^n \left(\frac{\lambda}{\mu_2}\right)^m \left(\frac{\lambda}{\mu_3}\right)^t \left(\frac{\lambda}{\mu_4}\right)^u \prod_{i=1}^4 \left(1 - \frac{\lambda}{\mu_i}\right), \quad (23)$$

$$L = \sum_{n,m,t,u \in \mathbb{N}} (n + m + t + u) P_{n,m,t,u} = \lambda \left(\frac{1}{\mu_1 - \lambda} + \frac{1}{\mu_2 - \lambda} + \frac{1}{\mu_3 - \lambda} + \frac{1}{\mu_4 - \lambda}\right), \quad (24)$$

$$W = \frac{L}{\lambda} = \frac{1}{\mu_1 - \lambda} + \frac{1}{\mu_2 - \lambda} + \frac{1}{\mu_3 - \lambda} + \frac{1}{\mu_4 - \lambda}, \quad (25)$$

$$W_q = \lambda - \frac{1}{\mu} = \left(\frac{1}{\mu_1(\mu_1 - \lambda)} + \frac{1}{\mu_2(\mu_2 - \lambda)} + \frac{1}{\mu_3(\mu_3 - \lambda)} + \frac{1}{\mu_4(\mu_4 - \lambda)}\right), \quad (26)$$

$$L_q = \lambda \cdot W_q = \lambda^2 \left(\frac{1}{\mu_1(\mu_1 - \lambda)} + \frac{1}{\mu_2(\mu_2 - \lambda)} + \frac{1}{\mu_3(\mu_3 - \lambda)} + \frac{1}{\mu_4(\mu_4 - \lambda)}\right). \quad (27)$$

Dari data yang telah diambil dari pelayanan poli umum di Puskesmas Dago (Tabel 1), besaran-besaran fundamental untuk sistem antrian empat unit *server* diberikan di Tabel 2.

Tabel 2. Solusi Analitik untuk Model Antrian Tandem Berdistribusi Eksponensial

Besaran Fundamental	L	L_q	W	W_q
Hasil	14,639	11,589	5.949	4.709

Simulasi Model Antrian Tandem Berdistribusi Eksponensial

Data antrian poli umum di Puskesmas Dago, akan disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak Arena 16. Perbandingan besaran-besaran fundamental untuk hasil simulasi selama 9.000.000 detik atau 2.500 jam (disiplin antrian FIFO) dan hasil analitik diberikan di Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Besaran Fundamental untuk Solusi Analitik dan Hasil Simulasi untuk Model Antrian Tandem Berdistribusi Eksponensial

Besaran Fundamental	L	L_q	W	W_q
Hasil Simulasi	14,654	11,595	5.973	4.710
Solusi Analitik	14,639	11,589	5.949	4.709
Perbedaan (%)	0,10207	0,05033	0,40115	0,34711

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa perbedaan hasil simulasi dan solusi analitik sangat kecil dan tidak cukup signifikan. Dengan demikian, simulasi memberikan hasil yang cukup baik dalam menghampiri solusi analitik. Metode simulasi kemudaian akan digunakan untuk besaran-besaran fundamental untuk model antrian tandem empat unit *server* dengan distribusi general.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari data pada Tabel 1, dapat diidentifikasi distribusi untuk waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan pada masing-masing *server* dengan menggunakan perangkat lunak *EasyFit* dan Arena 16. Berikut adalah distribusi dan parameter dari waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan.

Tabel 4. Distribusi dan Parameter untuk Waktu Antar Kedatangan dan Waktu Pelayanan Masing-Masing Server

Data	Distribusi	Parameter
Waktu antar kedatangan	Lognormal	LogMean = 393, LogStd = 482
Pelayanan pendaftaran	Lognormal	LogMean = 353, LogStd = 378
Pelayanan cek tekanan darah	Lognormal	LogMean = 281, LogStd = 281
Pelayanan dokter	Weibull	$\beta = 331, \alpha = 1,83$
Pelayanan farmasi	Weibull	$\beta = 335, \alpha = 1,27$

Simulasi Model Antrean Tandem Berdistribusi General

Setelah diketahui distribusi dan parameter untuk waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan pada masing-masing server, akan dilakukan simulasi antrean selama 9.000.000 detik atau 2.500 jam dengan menggunakan perangkat lunak Arena 16. Dari simulasi yang dilakukan, diperoleh besaran fundamental seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Simulasi untuk Besaran Fundamental Model Antrean Tandem Berdistribusi General

Besaran Fundamental	L	L_q	W	W_q
Hasil	5,300	2,214	.147	.907

Kemudian, dari hasil simulasi diperoleh ukuran *steady state* sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Simulasi untuk Ukuran Steady State Model Antrean Tandem Berdistribusi General

Pelayanan	Pendaftaran	Cek Tekanan Darah	Dokter	Farmasi
Hasil	0,8733	0,7001	0,7337	0,7789

Pada Tabel 6, dapat dilihat bahwa nilai *steady state* untuk masing-masing pelayanan adalah kurang dari satu, sehingga dapat dikatakan bahwa layanan poli umum di Puskesmas Dago cukup stabil. Pelayanan yang memiliki tingkat kesibukan paling tinggi adalah pelayanan pendaftaran dan farmasi. Pelayanan dengan tingkat kesibukan yang paling rendah adalah pelayanan cek tekanan darah dan dokter, sehingga pada pelayanan ini pasien tidak menunggu terlalu lama. Konsekuensinya, banyaknya pasien yang mengantre lebih sedikit dibandingkan pelayanan lain.

Usulan Penambahan Server

Dari Tabel 6 terlihat bahwa layanan poli umum di Puskesmas Dago cukup stabil, tetapi nilai *steady state* untuk masing-masing pelayanan mendekati satu. Pelayanan yang memiliki nilai paling mendekati satu, yaitu pelayanan pendaftaran dan farmasi. Oleh karena itu, akan dilakukan simulasi dengan penambahan *server* di pelayanan pendaftaran atau farmasi untuk mengoptimalkan pelayanan poli umum di Puskesmas Dago.

Setelah dilakukan simulasi dengan melakukan penambahan *server* di pelayanan pendaftaran dan penambahan *server* di pelayanan farmasi, hasil simulasi tersebut akan dibandingkan dengan pelayanan awal tanpa penambahan *server*. Berikut adalah perbandingan antara hasil simulasi penambahan *server* di pelayanan pendaftaran dan penambahan *server* di pelayanan farmasi dan tanpa penambahan *server*.

Tabel 7. Perbandingan Hasil Simulasi Tanpa Penambahan Server dan Penambahan Server untuk Besaran Fundamental

Besaran Fundamental	L	L_q	W	W_q
Penambahan <i>server</i> di pelayanan pendaftaran	10,475	7,283	4.087	2.841
Penambahan <i>server</i> di pelayanan farmasi	13,586	10,474	5.417	4.176
Tanpa penambahan <i>server</i>	15,300	12,214	6.147	4.907

Pada Tabel 7, dapat dilihat secara umum bahwa nilai besaran fundamental untuk penambahan *server* memiliki nilai yang kecil. Nilai besaran fundamental untuk penambahan *server* di pelayanan pendaftaran lebih kecil dibandingkan tanpa penambahan *server*, artinya penambahan *server* pada pelayanan pendaftaran dapat mengoptimalkan pelayanan. Hal ini ditandai dengan menurunnya rata-rata banyaknya pasien di dalam sistem antrean (L), rata-rata banyaknya pasien di dalam antrean (L_q), rata-rata waktu tunggu seorang pasien di dalam sistem antrean (W) dan waktu tunggu seorang pasien di dalam antrean (W_q). Besaran fundamental untuk penambahan *server* di pelayanan farmasi memberikan nilai yang lebih kecil dibandingkan tanpa penambahan *server*. Hal ini menunjukkan bahwa dengan melakukan penambahan *server* di pelayanan farmasi dapat mengoptimalkan pelayanan.

Selanjutnya, akan dilakukan simulasi untuk ukuran *steady state*. Berikut adalah hasil simulasi untuk penambahan *server* di pelayanan pendaftaran dan penambahan *server* di pelayanan farmasi. Hasil simulasi tersebut dibandingkan dengan hasil simulasi tanpa penambahan *server*.

Tabel 8. Perbandingan Hasil Simulasi Penambahan Server dan Tanpa Penambahan Server untuk Ukuran Steady State

Pelayanan	Pendaftaran	Cek Tekanan Darah	Dokter	Farmasi
Penambahan <i>server</i> di pelayanan pendaftaran	Petugas 1: 0,4658 Petugas 2: 0,4429	0,7257	0,7550	0,8028

Penambahan <i>server</i> di pelayanan farmasi	0,8773	0,7117	0,7415	Apoteker 1: 0,3901 Apoteker 2: 0,3919
Tanpa penambahan <i>server</i>	0,8733	0,7001	0,7337	0,7789

Tabel 8 menunjukkan bahwa penambahan *server* di pelayanan pendaftaran memberikan nilai *steady state* lebih kecil dibandingkan tanpa penambahan *server*, sedangkan nilai *steady state* untuk pelayanan lainnya mengalami peningkatan yang tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kesibukan di pelayanan pendaftaran berkurang. Nilai *steady state* untuk penambahan di pelayanan farmasi lebih kecil dibandingkan tanpa penambahan *server*, sedangkan nilai *steady state* untuk pelayanan lainnya mengalami peningkatan yang tidak signifikan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem antrean layanan poli umum di Puskesmas Dago dapat dimodelkan dengan model antrean tandem empat unit *server*. Dengan asumsi bahwa waktu antar kedatangan berdistribusi eksponensial, metode simulasi memberikan hasil yang tidak terlalu berbeda dengan solusi analitiknya. Hasil ini menunjukkan bahwa metode simulasi dapat digunakan untuk distribusi *general* pada keempat unit server pada layanan poli umum di Puskesmas Dago. Hasil uji distribusi menunjukkan bahwa distribusi yang sesuai untuk waktu antar kedatangan, pelayanan pendaftaran, dan pelayanan cek tekanan darah layanan poli umum di Puskesmas Dago adalah distribusi Lognormal, sementara untuk waktu pelayanan dokter dan pelayanan farmasi berdistribusi Weibull.

Dari hasil simulasi selama 2.500 jam, diperoleh bahwa rata-rata banyaknya pasien di dalam sistem antrean adalah 15,300, rata-rata banyaknya pasien di dalam antrean adalah 12,214 pasien, rata-rata waktu tunggu seorang pasien di dalam sistem antrean adalah 6.147 detik, dan rata-rata waktu tunggu seorang pasien di dalam antrean adalah 4.907 detik. Pelayanan dengan tingkat kesibukan yang paling tinggi yaitu pelayanan dokter dan tingkat kesibukan yang paling rendah adalah pelayanan farmasi. Antrean di bagian pendaftaran dan farmasi juga cukup banyak, sehingga dirasakan perlu untuk melakukan simulasi dengan menambah *server* di kedua layanan tersebut. Setelah dilakukan simulasi, diperoleh hasil bahwa penambahan *server* pada pelayanan pendaftaran lebih optimal dibandingkan penambahan *server* pada pelayanan farmasi karena menghasilkan besaran fundamental yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa antrean pada pelayanan pendaftaran memengaruhi lamanya waktu pelayanan pasien keseluruhan [20].

Daftar Pustaka

- [1] A. Artiguna, Purina Pakurnia, Sugito, dan Hoyyi, "Analisis Sistem Antrian pada Layanan Pengurusan Paspor di Kantor Imigrasi Kelas I Semarang," *Jurnal Gaussian*, vol. 3, no. 4, hal. 801–810, 2014.
- [2] M. Soleh, "Gambaran Penerapan Sistem Antrian Pasien JKN di Loker Pendaftaran

- BPJS Rawat Jalan Rumah Sakit Prikasih Tahun 2021," *Indoneian. Scholar Journal of Medical Health Science.*, vol. 2, no. 5, hal. 649–656, 2023.
- [3] H. M. Fitri, M. Hidayati, P. Piksi, dan G. Bandung, "Pengaruh Lama Waktu Tunggu Pendaftaran terhadap Kepuasan Pasien di Puskesmas Waringinkurung," *Cerdika Jurnal Ilmiah Indonesia.*, vol. 1, no. 12, hal. 1789–1795, 2021.
- [4] Y. Y. Nabuasa, "Analisis dan Perancangan Sistem Informasi Rekam sebagai Sarana Pelayanan Kesehatan pada Puskesmas Oesapa Kota Kupang," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 2, no. 1, hal. 150–160, 2021.
- [5] N. Laeliah dan H. Subekti, "Waktu Tunggu Pelayanan Rawat Jalan dengan Kepuasan Pasien terhadap Pelayanan di Rawat Jalan RSUD Kabupaten Indramayu," *Jurnal Kesehatan Vokasional*, vol. 1, no. 2, p. 102, 2017, doi: 10.22146/jkesvo.27576.
- [6] P. R. Muningsar, L. Linawati, dan H. A. Parhusip, "Analisis Sistem Antrian dengan Simulasi di Puskesmas Cebongan Kota Salatiga," *Jurnal Fourier*, vol. 8, no. 2, hal. 57–64, 2019, doi: 10.14421/fourier.2019.82.57-64.
- [7] H. MZ, I. Pratiwi, T. Tolu, dan I. Husin, "Analisis Sistem Antrian dengan Metode Simulasi," *Jurnal Desiminasi Teknologi*, vol. 7, no. 1, pp. 51–59, 2019.
- [8] F. A. Ekoanindiyo, "Pemodelan Sistem Antrian dengan Menggunakan Simulasi," *Dinamika Teknik*, vol. 5, no. 1, hal. 72–85, 2011.
- [9] N. Arini, Ratih Windu, dan Suhartini, "Analisis Sistem Antrian Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan : Studi Kasus Puskesmas Margadadi," *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, vol. 1, no. 1, hal. 23–37, 2022, doi: 10.55606/jurritek.v1i1.104.
- [10] G.D. Arafah, Wijayanti, dan D. Runanto, "Analisis Sistem Antrian pada Alfamart Ahmad Yani Purwokerto," *Jurnal Volatilitas*, vol. 6, no 1, hal. 137-151, 2024.
- [11] A. Fitra, Suhendra, dan T. Ngudi, "Analisis Sistem Antrian Gudang Cross-dock Menggunakan Sistem Antrian (M/M/S) pada Industri Perakitan Mobil," *Journal of Industrial View*, vol. 06., no. 1, hal. 32-42, 2024.
- [12] Y. Sitorus, S.D. Saragih, W.S.S. Berasa, dan S.N. Amalia, "Analisis Model Sistem Antrian pada Pelayanan Konsumen Mie Gacoan Cabang Pancing Kota Medan," *Konstanta: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, vol. 2, no. 2, hal. 293-308, 2024.
- [13] A. Sundari, Mujibburohman, E. Purwanda, dan M. Mukhsin, "Implementasi Model Antrian Tiket Bioskop di Cinema XXI Cilegon Center Mall," *Indonesian Journal of Economics, Management, and Accounting*, vol. 1, no 3., hal. 126-134, 2024.
- [14] T. P. Kaloka, "Analisa Model Antrian Pelayanan Pembuatan Surat Izin Mengemudi (SIM)," 2016.
- [15] R. Listiyani, L. Linawati, dan L. R. Sasongko, "Analisis Proses Produksi Menggunakan Teori Antrian secara Analitik dan Simulasi," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 8, no. 1, hal. 9–18, 2019, doi: 10.26593/jrsi.v8i1.3154.9-18.
- [16] W. L. Winston, *Operations Research Applications and Algorithms*, 4th ed. Toronto: Curt Hinrichs, 2004.
- [17] S. M. Ross, *Introduction to Probability Models*, 11th ed. Oxford: Academic Press, 2014.
- [18] S. L. Walpole, Ronald E., Myers, Raymond H., Myers, *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*, 9th ed. Boston: Pearson Education, 2012.

- [19] W. W. Daniel, *Applied Nonparametric Statistics*, 2nd ed. Pacific Grove: Duxbury Press, 2000.
- [20] S. Dewi, R. Machmud, dan Y. Lestari, "Analisis Waktu Tunggu Rawat Jalan di Rumah Sakit Umum Daerah Dr Achmad Darwis Suliki Tahun 2019," *Jurnal Kesehatan Andalas*, vol. 8, no. 4, hal. 175–184, 2020, doi: 10.25077/jka.v8i4.1137