

## ANALISIS MODEL ANTREAN NON-POISSON DAN UKURAN KINERJA SISTEM BERBASIS GUI WEB INTERAKTIF MENGGUNAKAN R-SHINY (Studi Kasus: Bus di Terminal Penggaron Kota Semarang)

Devi Wijayanti<sup>1\*</sup>, Sugito<sup>2</sup>, Hasbi Yasin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

\*e-mail (deviwijayanti@student.undip.ac.id)

### ABSTRACT

Since September 1, 2018, The Semarang City Government has diverted intercity bus stop within the province from Terboyo Terminal to Penggaron Terminal, resulting in an imbalance of movement and capacity of the Penggaron Terminal which causes queue of bus. Non-Poisson queue is a queue model in which the arrival and service distribution do not have a Poisson distribution or do not have an Exponential distribution. The study was conducted on buses entering the Penggaron Bus Station with the destination of Jepara, Kedungjati, Juwangi, Yogyakarta, Kudus/Pati/Lasem, Pekalongan/Tegal, and Purwokerto/Purworejo. The main goal of this project is to identify the queue model of Non-Poisson and calculate the measure of system performance using the GUI R. One of the programs in R that can create an interactive web-based GUI (Graphical User Interface) is R-Shiny. R-Shiny is a toolkit of R programs that can be used to create online programs. The distribution test obtained using the EasyFit program. The bus queue model of Jepara is  $(DAGUM/GEV/4):(GD/\infty/\infty)$ , the queue model of Kedungjati is  $(GPD/DAGUM/1):(GD/\infty/\infty)$ , the queue model of Juwangi is  $(GEV/GEV/1):(GD/\infty/\infty)$ , the queue model of Yogyakarta is  $(DAGUM/DAGUM/1):(GD/\infty/\infty)$ , the queue model of Kudus/Pati/Lasem is  $(DAGUM/GEV/1):(GD/\infty/\infty)$ , the queue model of Pekalongan/Tegal is  $(GEV/DAGUM/1):(GD/\infty/\infty)$ , and the queue model of Purwokerto/Purworejo is  $(GPD/DAGUM/1):(GD/\infty/\infty)$ .

**Keywords:** Queue Model, Non-Poisson, System Performance Measure, Penggaron Bus Station, GUI R.

### 1. PENDAHULUAN

Proses Poisson merupakan proses stokastik dengan ruang state diskrit dan waktu kontinu. Proses antrean merupakan contoh nyata proses Poisson yang banyak terjadi pada berbagai fasilitas pelayanan (Praptono, 2008). Antrean adalah suatu garis tunggu dari sejumlah pelanggan yang memerlukan pelayanan dari satu atau lebih fasilitas pelayanan. Proses antrean (*queueing process*) adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, menunggu dalam baris antrean jika belum dapat dilayani, dilayani, dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut sesudah dilayani. Teori antrean dapat digunakan untuk mengevaluasi fenomena antrean dari sudut pandang pelanggan dan penyedia jasa, sehingga akan dihasilkan solusi optimal (Kakiay, 2004).

Antrean merupakan suatu proses stokastik Poisson. Bentuk distribusi kedatangan ada dua yaitu distribusi jumlah kedatangan dan distribusi waktu antar kedatangan. Bentuk distribusi pelayanan juga ada dua yaitu distribusi jumlah pelayanan dan distribusi waktu pelayanan. Waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan dalam keadaan yang sebenarnya dapat mengikuti distribusi apapun. Antrean Non-Poisson adalah model antrean dimana pola kedatangan dan pola pelayanan berdistribusi *General* yaitu pola data mengikuti distribusi selain distribusi Eksponensial dan distribusi Poisson.

Situasi antrean dapat ditemukan di Terminal Penggaron. Terminal Penggaron adalah salah satu terminal di Kota Semarang yang menjadi tempat pemberhentian angkutan kota dan bus untuk tujuan daerah Tenggara Kota Semarang, seperti Kabupaten Demak,

Kabupaten Grobogan, dan Kabupaten Blora. Namun sejak tanggal 1 September 2018, Pemerintah Kota Semarang telah mengalihkan pemberhentian bus Antarkota Dalam Provinsi (AKDP) dari Terminal Terboyo ke Terminal Penggaron sehingga mengakibatkan ketidakseimbangan pergerakan dan kapasitas terminal yang menyebabkan antrean bus.

Salah satu upaya untuk mengurangi permasalahan tentang *software* bajakan adalah melakukan gerakan pengembangan perangkat lunak yang memiliki lisensi publik. R merupakan *software* yang *open source* dan memiliki lisensi publik yang dapat dikembangkan dan diperoleh secara gratis. Salah satu program dalam R yang bisa membuat GUI (*Graphical User Interface*) yang berbasis *web* interaktif adalah *R-Shiny*. *Web-GUI* yang dimaksud adalah *web* yang mampu berinteraksi/berkomunikasi dengan R berupa mengirim informasi atau permintaan (dalam bentuk menu grafis) ke R dan menampilkan hasilnya kembali pada laman *web* sebagaimana umumnya luaran yang dihasilkan oleh R baik berupa teks maupun grafik. *R-Shiny* merupakan *toolkit* dari program R yang dapat digunakan untuk membuat program secara *online*. Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah seseorang yang kurang mengerti pemrograman menjadi lebih mudah untuk mengakses dan melakukan analisis antrean dan ukuran kinerja sistem secara *online* hanya dengan memasukkan datanya.

Terdapat penelitian sebelumnya yang telah membahas model antrean Non-Poisson menggunakan *Graphic User Interfaces* (GUI) Lazarus yaitu penelitian yang dilakukan oleh Maulana (2017) yaitu Analisis (M/G/c):(GD/∞/∞) Menggunakan *Software* Lazarus studi kasus pada Bengkel Utomo Motor Yamaha Samarinda Seberang. Hasil penelitiannya yaitu dapat melakukan analisis antrean Non-Poisson menggunakan GUI dari *software* Lazarus. Selain itu terdapat penelitian sebelumnya yang membahas model antrean Non-Poisson menggunakan *Graphic User Interfaces* (GUI) Matlab yaitu penelitian yang dilakukan oleh Sitohang (2020) yaitu Analisis Antrean dan Kinerja Sistem Pelayanan Gardu Tol Otomatis Gerbang Tol Muktiharjo studi kasus pada Gardu Tol Otomatis Gerbang Tol Muktiharjo. Hasil penelitiannya yaitu dapat melakukan analisis antrean Non-Poisson menggunakan GUI Matlab. Hasil dari beberapa penelitian sebelumnya menggunakan *Graphic User Interfaces* (GUI) namun tidak menggunakan GUI R sehingga hal ini mendorong penulis untuk membuat GUI (*Graphical User Interface*) yang berbasis *web* interaktif menggunakan *R-Shiny* untuk mempermudah seseorang mengakses dan melakukan analisis antrean.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Gambaran Umum Terminal Penggaron

Terminal Penggaron adalah terminal bus di Kota Semarang yang dibangun tahun 1996 dan mulai beroperasi tanggal 1 April 1997. Terminal Penggaron terletak di Jalan Brigjen Soediarjo No. 11 Kelurahan Penggaron Kidul, Kecamatan Pedurungan, Kota Semarang. Terminal Penggaron melayani angkutan kota, Bus Rapid Trans Semarang koridor 1 rute Terminal Penggaron dan Terminal Mangkang, dan bus Antar Kota Antar Provinsi (AKAP). Sejak tanggal 1 September 2018, Pemerintah Kota Semarang telah mengalihkan pemberhentian bus Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) dari Terminal Terboyo ke Terminal Penggaron. Terminal bertipe B. Luas area terminal yaitu  $\pm 57.000 \text{ m}^2$  dan luas bangunan terminal  $\pm 30.565 \text{ m}^2$ .

## 2.2. Model Antrean Non-Poisson

Menurut Kakiay (2004), antrean adalah suatu garis tunggu dari sejumlah pelanggan yang memerlukan pelayanan dari satu atau lebih fasilitas pelayanan. Proses antrean (queueing process) adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, menunggu dalam baris antrean jika belum dapat dilayani, dilayani dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut sesudah dilayani.

Waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan dalam keadaan yang sebenarnya dapat mengikuti distribusi apapun. Namun untuk membentuk model antrean yang menggambarkan keadaan yang sebenarnya, waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan tersebut perlu diasumsikan mengikuti distribusi tertentu. Menurut Gross dan Harris (1998), pada umumnya model antrean Poisson diasumsikan bahwa waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan mengikuti distribusi Eksponensial, atau sama dengan rata-rata kedatangan dan rata-rata pelayanannya mengikuti distribusi Poisson. Menurut Taha (2017), Model antrean Non-Poisson proses Poisson yang menggunakan model antrean dimana pola kedatangan dan pola pelayanan berdistribusi *General* yaitu waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan tidak mengikuti asumsi distribusi Eksponensial atau jumlah kedatangan dan jumlah pelayanan tidak mengikuti asumsi distribusi Poisson

Di bawah ini terdapat beberapa model antrean Non-Poisson, yaitu sebagai berikut:

### 2.2.1. Model Antrean (M/G/c):(GD/∞/∞)

Menurut Gross dan Harris (1998), pada model antrean (M/G/c):(GD/∞/∞) adalah model antrean dengan pola kedatangan berdistribusi Poisson atau Eksponensial dan pola pelayanan berdistribusi *General* yaitu tidak mengikuti distribusi Poisson atau distribusi Eksponensial dengan jumlah fasilitas pelayanan sebanyak  $c$ ,  $c = 1, 2, 3, \dots$ . Disiplin antrean yang digunakan pada model ini adalah FIFO (*First In First Out*), kapasitas maksimum yang diperbolehkan dalam sistem adalah tak hingga, dan memiliki sumber pemanggilan tak hingga. Pada model antrean (M/G/c):(GD/∞/∞), pelanggan tiba dengan tingkat kedatangan rata-rata adalah  $\lambda$  dan maksimum  $c$  pelanggan dapat dilayani secara bersamaan.

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

$$L_s = \lambda W_s \quad (1)$$

Sedangkan untuk waktu tunggu dalam antrean model (M/G/c):(GD/∞/∞) didapatkan dari persamaan:

$$\pi_n^q = P_r \{n \text{ dalam antrean setelah keberangkatan}\} = \frac{1}{n} \int_0^\infty (\lambda t)^n e^{-\lambda t} dW_q(t) \quad (2)$$

dengan panjang antrean rata-rata pada titik waktu kedatangan, yaitu  $L_q$  adalah:

$$L_q = \sum_{n=1}^{\infty} n \pi_n^q = \int_0^\infty \lambda t dW_q(t) = \lambda W_q \quad (3)$$

Menurut Ross (1997),  $W_q$  (ekspekrasi waktu tunggu dalam antrean) dapat dicari dengan:

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

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \tag{5}$$

### 2.2.2. Model Antrean (G/G/c):(GD/∞/∞)

Menurut Gross dan Harris (1998), pada model antrean (G/G/c):(GD/∞/∞) adalah model antrean dengan pola kedatangan berdistribusi umum (*general*) dan pola pelayanan berdistribusi umum (*general*) dengan jumlah fasilitas pelayanan sebanyak  $c$ ,  $c = 1, 2, 3, \dots$ . Disiplin antrean yang digunakan pada model ini adalah FIFO (*First In First Out*), kapasitas maksimum yang diperbolehkan dalam sistem adalah tak hingga, dan memiliki sumber pemanggilan tak hingga.

Rumus untuk mencari ukuran-ukuran kinerja pada model (G/G/c):(GD/∞/∞) adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah pelanggan yang berada dalam antrean adalah } L_q = \frac{r^c \rho}{c!(c-\rho)^2} p_0 \frac{\mu^2 v(t) + v(t') \lambda^2}{2} \tag{6}$$

Dengan:

$v(t)$  adalah ragam dari waktu pelayanan

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

$$\text{Jumlah pelanggan yang diperkirakan di dalam sistem adalah } L_s = L_q + r \tag{7}$$

$$\text{Waktu menunggu dalam antrean adalah } W_q = \frac{L_q}{\lambda} \tag{8}$$

$$\text{Waktu menunggu dalam sistem } W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \tag{9}$$

### 2.9. Distribusi *Generalized Extreme Value*

Menurut Kotz dan Nadarajah (1999) *Generalized Extreme Value* merupakan distribusi acak kontinu dengan fungsi kepadatan peluang sebagai berikut:

$$f(x; \mu, \sigma, \xi) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \left[ 1 + \xi \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-\frac{1}{\xi} - 1} \exp \left\{ - \left[ \frac{x - \mu}{\sigma} \right]^{-\frac{1}{\xi}} \right\}, & \xi \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp \left( - \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \exp \left[ - \exp \left( - \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right], & \xi = 0 \end{cases}$$

*Generalized Extreme Value* memiliki 3 parameter, yaitu:

$\sigma$  = parameter skala

$\mu$  = parameter lokasi

$\xi$  = parameter bentuk

### 2.10. Distribusi Dagum

Suatu peubah acak  $X$  dikatakan berdistribusi Dagum dengan parameter  $(a, b, p)$  jika fungsi densitas dari  $X$  adalah:

$$f(x; a, b, p) = \begin{cases} \frac{apx^{ap-1}}{b^{ap} \left[ 1 + \left( \frac{x}{a} \right)^a \right]^{p+1}}; & x > 0, a, b, p > 0 \\ 0 & ; \text{lainnya} \end{cases}$$

Distribusi Dagum memiliki 3 parameter, yaitu:

$b$  = parameter skala

$a, p$  = parameter bentuk

## 2.11. Distribusi *Generalized Pareto*

Distribusi *Generalized Pareto* merupakan distribusi acak kontinu dengan fungsi kepadatan peluang sebagai berikut:

$$f(x; \theta, \mu, \sigma) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \left(1 + \frac{\theta(x - \mu)}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\theta}-1} & , \theta \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{(x - \mu)}{\sigma}\right) & , \theta = 0 \end{cases}$$

Menurut Muraleedharan dan Soares (2014) parameter distribusi *Generalized Pareto* yaitu:

- $\mu$  = parameter lokasi
- $\sigma$  = parameter skala
- $\theta$  = parameter bentuk

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer yaitu data yang diperoleh dari pengamatan dan pencatatan langsung dari obyek penelitian. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel data selama 7 hari, yaitu pada hari Senin sampai dengan hari Minggu. Sampel tersebut dianggap telah mewakili hari kerja dan akhir pekan. Dengan asumsi bahwa pola kedatangan dan pola keberangkatan pelanggan dilayani pada Terminal Penggaron tidak berubah, sehingga dapat mewakili populasi hari lainnya. Waktu bus mulai dilayani adalah ketika bus tiba di jurusan masing-masing dan waktu selesai dilayani adalah ketika bus meninggalkan Terminal Penggaron.

### 3.2. Variabel Penelitian

- a. Data waktu kedatangan bus yang datang ke Terminal Penggaron
- b. Data waktu pelayanan bus di Terminal Penggaron

### 3.3. Langkah-Langkah Penelitian

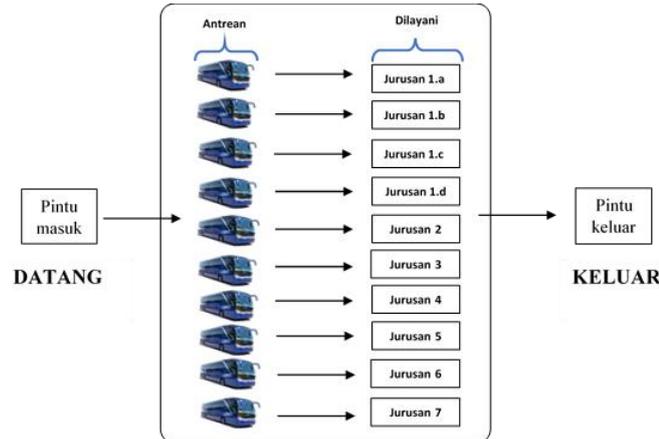
1. Menentukan tempat penelitian dan metode yang akan digunakan.
2. Melakukan pengamatan secara langsung. Penelitian berada di tempat yang memungkinkan untuk meneliti keseluruhan objek yang diteliti. Peneliti mengamati waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan. Penelitian ini akan mendapatkan data waktu antar kedatangan, waktu mulai pelayanan, dan waktu selesai pelayanan.
3. Melakukan input data yang akan digunakan dalam analisis.
4. Data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis menggunakan GUI R untuk mengetahui apakah data memenuhi syarat *steady state* ( $\rho = \lambda/c\mu < 1$ ) atau tidak, di mana  $\lambda$  adalah rata-rata kedatangan per satuan waktu dan  $\mu$  adalah rata-rata pelayanan bus per satuan waktu. Jika data memenuhi kondisi *steady state*, maka dapat dilakukan analisis lebih lanjut, jika data tidak memenuhi kondisi *steady state* maka dilakukan simulasi dengan menambah *server* pelayanan.
5. Menguji kecocokan distribusi untuk waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dengan hipotesis nol adalah data berdistribusi

Eksponensial. Jika hipotesis nol diterima maka berdistribusi Eksponensial, jika sebaliknya maka data tidak mengikuti distribusi Eksponensial atau data mengikuti distribusi *General* yaitu data mengikuti pola distribusi selain distribusi Eksponensial.

6. Menentukan model antrean yang sesuai. Dilihat dari distribusi kedatangan, distribusi pelayanan, banyaknya *server* (jumlah pelayanan), disiplin antrean yang digunakan (FIFO, LIFO, SIRO, atau Prioritas), kapasitas dalam sistem dan sumber pemanggilan.
7. Waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan yang berdistribusi *General* selanjutnya diuji untuk menentukan distribusi sebenarnya menggunakan *software EasyFit*. Jika ya maka data berdistribusi tertentu yaitu hasil distribusi peringkat 1 dalam *output EasyFit* karena merupakan distribusi yang paling mendekati pola data. Jika tidak maka data berdistribusi *General* yaitu data berdistribusi selain yang dihipotesiskan dalam uji kecocokan distribusi.
8. Melakukan analisis ukuran kinerja sistem, yaitu jumlah bus yang diperkirakan dalam sistem ( $L_s$ ), jumlah bus yang diperkirakan dalam antrean ( $L_q$ ), waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem ( $W_s$ ), dan waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrean ( $W_q$ ).
9. Menyampaikan hasil dan pembahasan serta pengambilan kesimpulan tentang sistem pelayanan di Terminal Penggaron secara keseluruhan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Terminal Penggaron mempunyai 1 pintu masuk bus dan 1 pintu keluar bus. Berdasarkan sistem antrean bus di Terminal Penggaron melalui pintu masuk, bus masuk melewati Pos Penarikan Retribusi kemudian masuk dalam area terminal.



Gambar 1. Sistem Antrean Bus Terminal Penggaron

Keterangan:

- Jurusan 1.a = Jurusan Jepara pelayanan a
- Jurusan 1.b = Jurusan Jepara pelayanan b
- Jurusan 1.c = Jurusan Jepara pelayanan c
- Jurusan 1.d = Jurusan Jepara pelayanan d
- Jurusan 2 = Jurusan Kedungjati
- Jurusan 3 = Jurusan Juwangi
- Jurusan 4 = Jurusan Yogyakarta

- Jurusan 5 = Jurusan Kudus/Pati/Lasem
- Jurusan 6 = Jurusan Pekalongan/Tegal
- Jurusan 7 = Jurusan Purwokerto/Purworejo

#### 4.1. Ukuran *Steady State*

Analisis data awal akan dimulai dengan menghitung faktor utilisasi ( $\rho$ ) untuk tiap-tiap pelayanan per jurusan. Ukuran *steady state* dari kinerja sistem pelayanan dapat diperoleh dari data waktu antar kedatangan dan data waktu pelayanan pada obyek penelitian. 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. Hasil perhitungan nilai  $\rho$  diberikan pada Tabel 1. Hasil perhitungan nilai  $\rho$  diberikan pada Tabel 1:

Tabel 1. Ukuran *Steady State*

Jurusan	c	$\lambda$	$\mu$	$\rho = \lambda / (c\mu)$
Jepara	4	4,390089	2,627419	0,4177188
Kedungjati	1	2,318111	4,578223	0,5063343
Juwangi	1	2,203235	6,275698	0,3510741
Yogyakarta	1	1,760729	2,547328	0,6912063
Kudus/Pati/Lasem	1	1,859555	3,082808	0,6032018
Pekalongan/Tegal	1	1,88493	2,505319	0,7523711
Purwokerto/Purworejo	1	1,075133	2,07586	0,5179216

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa nilai tingkat kegunaan fasilitas pelayanan semua jurusan kurang dari satu yang berarti kondisi *steady state* terpenuhi artinya bahwa rata-rata laju kedatangan bus tidak melebihi rata-rata laju pelayanan. Sehingga sistem pelayanan bus pada semua jurusan sudah baik.

#### 4.2. Uji Distribusi

Uji kecocokan distribusi yang digunakan untuk menguji data waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan bus di tiap-tiap jurusan Terminal Penggaron. Pada uji tersebut akan diketahui apakah data waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan bus pada tiap-tiap jurusan berdistribusi Eksponensial.

##### 4.2.1. Uji Distribusi Data Waktu Antar Kedatangan

Berikut ini adalah hasil uji distribusi dari data waktu antar kedatangan bus setiap 60 menit untuk semua jurusan bus.

Tabel 2. Uji Distribusi Waktu Antar Kedatangan

Jurusan	$D_{hitung}$	$D_{tabel}$	$p-value$	Keputusan	Kesimpulan
Jepara	0,16435	0,0828	9,257999e-07	$H_0$ ditolak	Tidak Berdistribusi Eksponensial (G)
Kedungjati	0,22911	0,1089	1,542339e-07	$H_0$ ditolak	Tidak Berdistribusi Eksponensial (G)
Juwangi	0,20098	0,1158	2,880425e-05	$H_0$ ditolak	Tidak Berdistribusi Eksponensial (G)
Yogyakarta	0,23035	0,1511	0,000291959	$H_0$ ditolak	Tidak Berdistribusi Eksponensial (G)
Kudus/Pati/Lasem	0,1561	0,1493	0,03502506	$H_0$ ditolak	Tidak Berdistribusi Eksponensial (G)
Pekalongan/Tegal	0,23262	0,1374	3,803719e-05	$H_0$ ditolak	Tidak Berdistribusi Eksponensial (G)
Purwokerto/Purworejo	0,22047	0,1741	0,004384464	$H_0$ ditolak	Tidak Berdistribusi Eksponensial (G)

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui data waktu antar kedatangan untuk semua jurusan yang diteliti tidak berdistribusi Eksponensial karena nilai  $D_{hitung} > D_{tabel}$  sehingga dapat disimpulkan bahwa data waktu antar kedatangan untuk semua jurusan berdistribusi *General*.

#### 4.2.2. Uji Distribusi Data Waktu Pelayanan

Berikut ini adalah hasil uji distribusi dari data waktu pelayanan bus setiap 60 menit untuk semua jurusan bus.

Tabel 3. Uji Distribusi Waktu Pelayanan

Jurusan	$D_{hitung}$	$D_{tabel}$	$p-value$	Keputusan	Kesimpulan
Jepara	0,26723	0,0817	0	$H_0$ ditolak	Tidak Berdistribusi Eksponensial (G)
Kedungjati	0,31244	0,1065	3,019807e-14	$H_0$ ditolak	Tidak Berdistribusi Eksponensial (G)
Juwangi	0,31055	0,1129	1,427192e-12	$H_0$ ditolak	Tidak Berdistribusi Eksponensial (G)
Yogyakarta	0,33847	0,1450	3,500584e-09	$H_0$ ditolak	Tidak Berdistribusi Eksponensial (G)
Kudus/Pati/Lasem	0,28507	0,1434	8,880065e-07	$H_0$ ditolak	Tidak Berdistribusi Eksponensial (G)
Pekalongan/Tegal	0,28687	0,1327	6,247781e-08	$H_0$ ditolak	Tidak Berdistribusi Eksponensial (G)
Purwokerto/Purworejo	0,31508	0,1649	2,738529e-06	$H_0$ ditolak	Tidak Berdistribusi Eksponensial (G)

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui data waktu pelayanan untuk semua jurusan yang diteliti tidak berdistribusi Eksponensial karena nilai  $D_{hitung} > D_{tabel}$  sehingga dapat disimpulkan bahwa data waktu pelayanan untuk semua jurusan berdistribusi *General*.

#### 4.3. Model Sistem Antrean

Model sistem antrean bus Terminal Penggaron untuk jurusan Kedungjati, Juwangi, Yogyakarta, Kudus/Pati/Lasem, Pekalongan/Tegal, dan Purwokerto/Purworejo yaitu  $(G/G/1):(GD/\infty/\infty)$ . Model tersebut merupakan model antrean dengan waktu kedatangan dan waktu pelayanan berdistribusi umum (*General*), terdapat 1 sistem pelayan bus yang beroperasi tiap jalur, aturan pelayanan pertama datang pertama dilayani, kapasitas pelayanan tidak terbatas, dan sumber pemanggilan tidak terbatas. Model sistem antrean bus Terminal Penggaron jurusan Jepara adalah  $(G/G/4):(GD/\infty/\infty)$ . Model tersebut merupakan model antrean dengan waktu kedatangan dan waktu pelayanan berdistribusi umum (*General*), terdapat 4 sistem pelayan bus yang beroperasi tiap jalur, aturan pelayanan pertama datang pertama dilayani, kapasitas pelayanan tidak terbatas, dan sumber pemanggilan tidak terbatas. Untuk mengetahui distribusi sebenarnya dari waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan bus yang berdistribusi *General* maka dilakukan pengujian distribusi Kolmogorov-Smirnov berdasarkan *output EasyFit*.

Tabel 4. Uji Distribusi Hasil *EasyFit* Waktu Antar Kedatangan

Jurusan	$D_{hitung}$	$D_{tabel}$	$p$ -value	Keputusan	Kesimpulan
Jepara	0,03099	0,0828	0,95056	$H_0$ diterima	Berdistribusi Dagum
Kedungjati	0,06133	0,1089	0,57879	$H_0$ diterima	Berdistribusi <i>Generalized Pareto</i>
Juwangi	0,03878	0,1158	0,98054	$H_0$ diterima	Berdistribusi <i>Generalized Extreme Value</i>
Yogyakarta	0,05516	0,1511	0,95472	$H_0$ diterima	Berdistribusi Dagum
Kudus/Pati/Lasem	0,07665	0,1493	0,68504	$H_0$ diterima	Berdistribusi Dagum
Pekalongan/Tegal	0,06417	0,1374	0,79022	$H_0$ diterima	Berdistribusi <i>Generalized Extreme Value</i>
Purwokerto/Purworejo	0,06707	0,1741	0,92945	$H_0$ diterima	Berdistribusi <i>Generalized Pareto</i>

Tabel 5. Uji Distribusi Hasil *EasyFit* Waktu Pelayanan

Jurusan	$D_{hitung}$	$D_{tabel}$	$p$ -value	Keputusan	Kesimpulan
Jepara	0,02383	0,0817	0,99653	$H_0$ diterima	Berdistribusi <i>Gen Extreme Value</i>
Kedungjati	0,03306	0,1065	0,99169	$H_0$ diterima	Berdistribusi Dagum
Juwangi	0,08145	0,1129	0,276	$H_0$ diterima	Berdistribusi <i>Gen Extreme Value</i>
Yogyakarta	0,05863	0,1450	0,90528	$H_0$ diterima	Berdistribusi Dagum
Kudus/Pati/Lasem	0,05591	0,1434	0,92607	$H_0$ diterima	Berdistribusi <i>Gen Extreme Value</i>
Pekalongan/Tegal	0,06836	0,1327	0,68453	$H_0$ diterima	Berdistribusi Dagum
Purwokerto/Purworejo	0,06473	0,1649	0,92052	$H_0$ diterima	Berdistribusi Dagum

Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa model sistem antrean bus jurusan Jepara adalah (DAGUM/GEV/4):(GD/ $\infty/\infty$ ), model antrean bus jurusan Kedungjati adalah (GPD/DAGUM/1):(GD/ $\infty/\infty$ ), model antrean bus jurusan Juwangi adalah (GEV/GEV/1):(GD/ $\infty/\infty$ ), model antrean bus jurusan Yogyakarta adalah (DAGUM/DAGUM/1):(GD/ $\infty/\infty$ ), model antrean bus jurusan Kudus/Pati/Lasem adalah (DAGUM/GEV/1):(GD/ $\infty/\infty$ ), model antrean bus jurusan Pekalongan/Tegal adalah (GEV/DAGUM/1):(GD/ $\infty/\infty$ ), dan model antrean bus jurusan Purwokerto/Purworejo adalah (GPD/DAGUM/1):(GD/ $\infty/\infty$ ).

#### 4.4. Analisis Ukuran Kinerja Sistem

Berdasarkan hasil yang diperoleh dengan menggunakan *software* GUI R, ukuran kinerja sistem untuk semua jurusan disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Uji Distribusi Waktu Pelayanan

Jurusan	$L_s$	$L_q$	$W_s$	$W_q$	$P_0$	$P_r$
Jepara	1,678162	0,0072862	0,3822614	0,0016597	18,51%	81,49%
Kedungjati	0,5670446	0,6071028	0,2446149	0,0261895	49,37%	50,63%
Juwangi	0,3730491	0,02197498	0,1693188	0,0099739	64,89%	35,11%
Yogyakarta	1,059961	0,3687546	0,6020011	0,2094329	30,88%	69,12%
Kudus/Pati/Lasem	0,7840336	0,1808318	0,4216243	0,0972447	39,68%	60,32%
Pekalongan/Tegal	1,256164	0,5037926	0,6664247	0,2672739	24,76%	75,24%
Purwokerto/Purworejo	0,8231735	0,3052519	0,7656481	0,2839202	48,21%	51,79%

Berdasarkan nilai dari ukuran-ukuran kinerja sistem antrean yang diperoleh secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa semua jalur antrean bus Terminal Penggaron Kota Semarang memiliki kondisi yang sudah baik.

## 5. KESIMPULAN.

Berdasarkan hasil analisis penelitian yang telah dilakukan, sistem antrean bus Terminal Penggaron jurusan Jepara, Kedungjati, Juwangi, Yogyakarta, Kudus/Pati/Lasem, Pekalongan/Tegal, dan Purwokerto/Purworejo sudah stabil karena memiliki nilai utilitas kurang dari 1. Model antrean bus jurusan Jepara adalah  $(DAGUM/GEV/4):(GD/\infty/\infty)$ , model antrean bus jurusan Kedungjati adalah  $(GPD/DAGUM/1):(GD/\infty/\infty)$ , model antrean bus jurusan Juwangi adalah  $(GEV/GEV/1):(GD/\infty/\infty)$ , model antrean bus jurusan Yogyakarta adalah  $(DAGUM/DAGUM/1):(GD/\infty/\infty)$ , model antrean bus jurusan Kudus/Pati/Lasem adalah  $(DAGUM/GEV/1):(GD/\infty/\infty)$ , model antrean bus jurusan Pekalongan/Tegal adalah  $(GEV/DAGUM/1):(GD/\infty/\infty)$ , dan model antrean bus jurusan Purwokerto/Purworejo adalah  $(GPD/DAGUM/1):(GD/\infty/\infty)$ . Berdasarkan nilai dari ukuran-ukuran kinerja sistem antrean yang diperoleh secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa semua jurusan antrean bus Terminal Penggaron Kota Semarang memiliki kondisi yang sudah baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Daniel, W. W. 1989. *Statistika Nonparametrik Terapan*. Diterjemahkan oleh: Kantjono, A. T. Jakarta: PT. Gramedia. Terjemahan dari: Applied Nonparametric Statistics.
- Gross, D., dan Harris, C. M. 1998. *Fundamental of queueing Theory: Third Edition*. New York: John Willey and Sons, Inc.
- Kakiay, T. J. 2004. *Dasar Teori Antrian untuk Kehidupan Nyata*. Yogyakarta: Andi.
- Kleiber, C., & Kotz, S. 2003. *Statistical Size Distribution in Economics and Actuarial Sciences*. New Jersey. Wiley-Interscience.
- Kotz, S., & Nadarajah, S. 2000. *Extreme Value Distributions Theory and Application*. Imperial College Press.
- Maulana, A. (2017). Analisis  $(M/G/c):(GD/\infty/\infty)$  Menggunakan Software Lazarus. Jurnal EKSPONENSIAL. Vol 8. No. 2
- Muraleedharan, G., & Soares, C. G. 2014. Characteristic and Moment Generating functions of Generalised Pareto (GP3) and Weibull Distributions. *Journal of Scientific Research and Reports*, 1863.
- Ross, S. M., 1997. *Introduction to Probability Models Sixth Edition*. New York: Academy Press.
- Sitohang, E. F. 2020. Analisis Antrean dan Kinerja Sistem Pelayanan Gardu Tol Otomatis Gerbang Tol Muktiharjo. Vol 8. No. 1