

PENENTUAN MODEL ANTREAN NON-POISSON DAN PENGUKURAN KINERJA PELAYANAN *BUS RAPID TRANSIT* TRANS SEMARANG (STUDI KASUS: *SHELTER* PEMBERANGKATAN BRT KORIDOR V)

Purwati Ayuningtyas^{1*}, Sugito², Di Asih I Maruddani³

^{1,2,3}Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

*e-mail : purwatiayu1211@gmail.com

ABSTRACT

One of the queue systems that is often found in daily life is the transportation service system, for example a queue system at the shelters departure of Corridor V Bus Rapid Transit (BRT) Trans Semarang. Corridor V has three departure shelters, they are Shelter Victoria Residence, Shelter Marina, and Shelter Bandara Ahmad Yani. Corridor V was chosen, because of its high load factor on January to June 2019. Based on the observation, the service time at the departure shelter is usually longer than the normal shelter. This causes the rise of queue at the departure shelters. The queue at the departure shelters can hamper the arrival of BRT at the other shelters, so the application of the queue theory is needed to find out the extent of operational effectiveness at the departure shelters. The resulting queue model is the Non-Poisson queue model, the queue model for Victoria Residence Shelter: (DAGUM/GEV/1):(GD/ ∞/∞), Marina Shelter: (DAGUM/G/1):(GD/ ∞/∞), and Bandara Ahmad Yani Shelter: (GEV/GEV/1):(GD/ ∞/∞). Based on the value from measurement of the queue system performance, it can be concluded that the three departure shelters of Corridor V BRT Trans Semarang have some optimal condition.

Keywords: Shelter Departure of Corridor V, Non-Poisson Queueing Model, Dagum, Generalized Extreme Value, System Performance Measure

1. PENDAHULUAN

Antrean, *queuing* atau *waiting line*, sangat sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu kelas sistem antrean yang dapat dijumpai yaitu sistem pelayanan transportasi. Beberapa dari sistem ini langganannya berupa kendaraan atau alat angkut. Fenomena sistem antrean tersebut salah satunya terlihat pada antrean *shelter* pemberangkatan BRT Trans Semarang. Saat ini BRT Trans Semarang menjadi transportasi umum pilihan masyarakat, karena harganya yang terjangkau dan dianggap lebih efektif. Menurut data BRT Trans Semarang, pada tahun 2019 rata-rata penumpang yaitu 33.000 dalam satu hari, rata-rata tersebut sangat meningkat dari tahun 2017 dengan rata-rata 21.000 penumpang dalam satu hari. Salah satu koridor yang memuat banyak penumpang yaitu koridor V, koridor ini menghubungkan rute Meteseh-Bandara Ahmad Yani-PRPP. Pada periode Januari-Juni 2019, *load factor* pada koridor V sebesar 93,18%. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, waktu berhenti BRT pada *shelter* pemberangkatan biasanya lebih lama dibandingkan dengan *shelter* biasa. Hal tersebut menyebabkan adanya antrean pada *shelter* pemberangkatan. Adanya antrean pada *shelter* pemberangkatan dan kondisi kemacetan lalu lintas Kota Semarang dapat menghambat waktu kedatangan BRT pada *shelter* yang lain. Penerapan teori antrean sangat diperlukan untuk mengetahui efektifitas operasional pada *shelter* keberangkatan koridor V BRT Trans Semarang. Hasil analisis dapat dijadikan kajian untuk pengambilan keputusan pengembangan di *shelter* pemberangkatan koridor V yang efektif untuk masa mendatang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Profil Trans Semarang

Trans Semarang merupakan sistem transportasi massal berbasis *Bus Rapid Transit* (BRT) terbesar di Jawa Tengah yang beroperasi di Kota dan Kabupaten Semarang. Kota Semarang yang termasuk kategori kota metropolitan merupakan salah satu latar belakang beroperasinya Trans Semarang. Selain itu, Pemerintah Kota Semarang melalui Dinas Perhubungan telah berhasil mengembangkan *Bus Rapid Transit* (BRT) sebagai program angkutan umum massal yang lebih nyaman, cepat, murah dan bersifat massal (Trans Semarang, 2018).

2.2. Deskripsi Antrean

Suatu proses antrean (*queueing process*) adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan seorang pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, kemudian menunggu dalam suatu baris (antrean) jika semua pelayannya sibuk, dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut. Sebuah sistem antrean adalah suatu himpunan pelanggan, pelayan, dan suatu aturan yang mengatur kedatangan pelanggan dan pemrosesan masalahnya (Bronson dan Naadimuthu, 1997).

2.3. Notasi Kendall

Pada pengelompokan model antrean yang berbeda-beda digunakan suatu notasi yang disebut dengan Notasi Kendall. Notasi yang sering dipergunakan karena beberapa alasan. Diantaranya, karena notasi tersebut merupakan alat yang efisien untuk mengidentifikasi tidak hanya model-model antrean, tetapi juga asumsi-asumsi yang harus dipenuhi (Subagyo *et al*, 1992).

Menurut Kakiay (2004) bentuk kombinasi proses kedatangan dengan pelayanan pada umumnya dikenal sebagai standar universal, yaitu:

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

di mana,

- a : Distribusi kedatangan (*arrival distribution*).
- b : Distribusi waktu pelayanan (*service time distribution*).
- c : jumlah tempat pelayanan (dengan $c = 1, 2, 3, \dots, \infty$).
- d : disiplin pelayanan misalkan FIFO, LIFO, SIRO, SIP.
- e : jumlah maksimum pelanggan yang diizinkan dalam sistem
- f : sumber pemanggilan.

2.4. Ukuran *Steady-State*

Steady-state merupakan kondisi sewaktu sifat-sifat sistem tidak berubah dengan berjalannya waktu (konstan) (Kakiay, 2004). Menurut Taha (2017) misalnya λ adalah rata-rata kedatangan pelanggan ke tempat pelayanan per satuan waktu, μ adalah rata-rata pelanggan yang telah dilayani per satuan waktu, dan c merupakan banyaknya fasilitas pelayanan (*server*), maka ρ didefinisikan sebagai perbandingan antara rata-rata pelanggan yang datang (λ) dengan rata-rata pelanggan yang telah dilayani per satuan waktu (μ), atau dapat dituliskan sebagai berikut:

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

dengan c merupakan jumlah fasilitas pelayanan yang tersedia. Saat kondisi *steady-state*, diharapkan bahwa rata-rata pelanggan yang datang memiliki nilai yang sebanding dengan rata-rata pelanggan yang telah dilayani atau dapat dikatakan rata-rata pelanggan yang datang tidak melebihi rata-rata pelanggan yang telah dilayani ($\lambda < c\mu$), sehingga jika $\rho < 1$ maka dapat diartikan memenuhi kondisi *steady-state* atau kondisi ketika sifat-sifat suatu sistem tak berubah dengan berjalannya waktu (konstan).

2.5. Uji Kolmogorov-Smirnov

Menurut Daniel (1989), uji kecocokan distribusi (*goodness of fit*) digunakan untuk menguji apakah sekumpulan data hasil pengamatan mengikuti distribusi tertentu. Uji ini didasarkan pada seberapa baik kecocokan antara frekuensi yang teramati dalam data sampel dengan frekuensi harapan yang didasarkan pada distribusi yang dihipotesiskan. Uji yang umum digunakan dalam uji *goodness of fit* adalah uji Kolmogorov-Smirnov.

Adapun langkah-langkah pengujian Kolmogorov-Smirnov adalah sebagai berikut:

a. Menentukan Hipotesis

H_0 : Distribusi sampel mengikuti distribusi yang ditetapkan

H_1 : Distribusi sampel tidak mengikuti distribusi yang ditetapkan

b. Menentukan Taraf Signifikansi

Taraf signifikansi yang digunakan adalah α

c. Statistik Uji

$D = \text{maximum}\{\text{maximum}[|S(x_i) - F_0(x_i)|, |S(x_{i-1}) - F_0(x_i)|]\}$

dengan,

$S(x)$: fungsi peluang kumulatif yang dihitung dari data sampel

$F_0(x)$: fungsi distribusi yang dihipotesiskan (fungsi peluang kumulatif)

d. Kriteria Uji

Tolak H_0 pada taraf signifikansi α , jika nilai $D > \text{nilai } D_{tabel}(1 - \alpha)$, atau jika nilai $\text{sig} < \text{nilai } \alpha$. $D_{tabel}(\alpha)$ adalah nilai kritis yang diperoleh dari tabel Kolmogorov Smirnov.

2.6. Distribusi Dagum

Suatu peubah acak X dikatakan mempunyai distribusi Dagum dengan parameter (a, b, p) jika kepekatan peluang dari X adalah:

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

dengan (a, p) adalah parameter bentuk yang menunjukkan bentuk dari distribusi Dagum dan b adalah parameter skala yang menunjukkan besar keragaman dari distribusi Dagum (Kleiber dan Kotz, 2003).

2.7. Distribusi Generalized Extreme Value

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

Menurut Kotz dan Nadarajah (2000) distribusi Generalized Extreme Value memiliki 3 parameter, yaitu:

- σ = parameter skala (*scale*)
- μ = parameter lokasi (*location*)
- ξ = parameter bentuk (*shape*)

2.8. Model Antrean (M/M/c):(GD/∞/∞)

Menurut Gross dan Harris (1998), model (M/M/c):(GD/∞/∞) diasumsikan bahwa waktu pelayanannya berdistribusi Eksponensial dan waktu proses kedatangannya berdistribusi Poisson. Jika jumlah pelanggan dalam sistem adalah nsama dengan atau lebih besar dari c , maka laju keberangkatan gabungan dari sistem tersebut adalah $c\mu$. Jika n lebih kecil dari c , maka laju pelayanannya adalah $n\mu$. Maka probabilitas untuk n pelanggan dapat ditulis sebagai berikut:

$$p_n = \begin{cases} \frac{\lambda^n}{n! \mu^n} p_0 & 1 \leq n \leq c \\ \frac{\lambda^n}{c^{n-c} c! \mu^n} p_0 & n \geq c \end{cases}$$

$$p_0 = \left(\sum_{n=0}^{c-1} \frac{r^n}{n!} + \frac{r^c}{c!(1-\rho)} \right)^{-1} \quad (\rho < 1)$$

dengan $r = \lambda/\mu$ dan $\rho = r/c = \lambda/c\mu$.

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

- Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrean (L_q)

$$L_q = \frac{r^c \rho}{c!(1-\rho)^2} p_0$$

- Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem (L_s)

$$L_s = L_q + r$$

- Waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem (W_s)

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

- Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrean (W_q)

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

2.9. Model Antrean (G/G/c):(GD/∞/∞)

Menurut Gross dan Harris (1998), model antrean (G/G/c):(GD/∞/∞) merupakan 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 umum yaitu FIFO (*First in First Out*), kapasitas maksimum yang diperbolehkan dalam sistem beserta sumber pemanggilannya tak terbatas.

Ukuran kinerja sistem pada model *general* ini mengikuti ukuran kinerja pada model $M/M/c$, terkecuali untuk perhitungan jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrean (L_q). Rumus untuk mencari jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrean (L_q) pada model $(G/G/c)$: $(GD/\infty/\infty)$ adalah sebagai berikut:

$$L_{qM/M/c} = \frac{r^c \rho}{c!(1-\rho)^2} p_0$$

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

di mana,

$v(t)$: varian dari waktu pelayanan $\left(\frac{1}{\mu^2}\right)^2$

$v(t')$: varian dari waktu antar kedatangan $\left(\frac{1}{\lambda^2}\right)^2$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan adalah data primer yaitu data yang diperoleh dengan pengamatan dan pencatatan langsung dari obyek penelitian. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel data selama 7 hari untuk masing-masing *shelter* pemberangkatan. Sampel tersebut dianggap telah mewakili hari kerja dan akhir pekan. Diasumsikan bahwa pola kedatangan dan pola keberangkatan pelanggan dilayani pada *shelter* pemberangkatan koridor V BRT Trans Semarang tidak berubah, sehingga dapat mewakili populasi hari lainnya.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di shelter pemberangkatan BRT Trans Semarang koridor V, yaitu *Shelter* Bandara pada tanggal 21-27 Desember 2019, *Shelter* Victoria Residence pada tanggal 23-29 Desember 2019, dan *Shelter* Marina pada tanggal 4-10 Januari 2020. Penelitian dilakukan mulai pukul 05.00 sampai dengan pukul 18.00 WIB setiap harinya untuk *Shelter* Victoria Residence dan *Shelter* Marina. Untuk *Shelter* Bandara Ahmad Yani dilakukan pada pukul 17.00 sampai dengan pukul 23.00 WIB.

3.3. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Data jumlah BRT yang datang dan jumlah BRT yang terlayani pada *shelter* pemberangkatan koridor V.
- b. Data waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan BRT pada *shelter* pemberangkatan koridor V

3.4. Alat Analisis

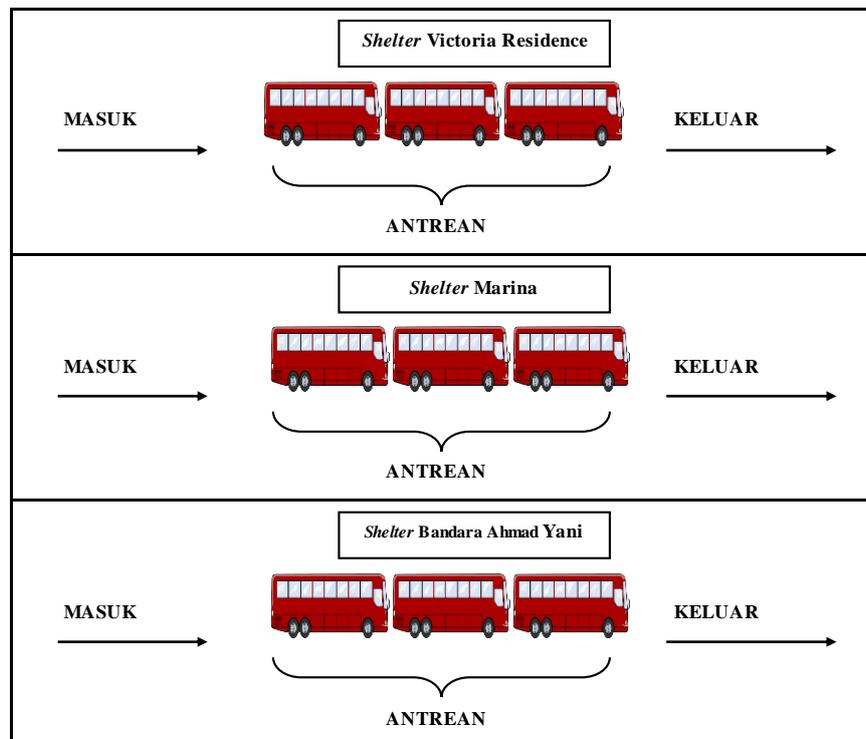
Alat yang digunakan untuk melakukan pencatatan waktu kedatangan kendaraan dan lamanya waktu pelayanan adalah *digital clock*. Sementara *output* yang dihasilkan merupakan hasil pengolahan data menggunakan *software* statistika, yaitu *Rstudio* (GUI R), *Easy Fit Profesional*, dan *Microsoft Excel*.

3.5. Langkah-Langkah Penelitian

1. Menentukan tempat penelitian dan metode yang akan digunakan.
2. Melakukan penelitian secara langsung di *shelter* pemberangkatan koridor V BRT Trans Semarang, untuk mendapatkan data jumlah kedatangan, data banyaknya pelayanan, data waktu antar kedatangan dan data waktu pelayanan dalam satuan waktu yang telah ditetapkan.
3. Data yang diperoleh harus memenuhi kondisi *steady-state*.
4. Melakukan uji kecocokan distribusi untuk kedatangan dan pengunjung terlayani dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov.
5. Menentukan model antrean yang sesuai.
6. Menentukan ukuran kinerja sistem.
7. Membuat hasil dan pembahasan yang diperoleh dari ukuran kinerja sistem.
8. Mengambil kesimpulan mengenai pelayanan di *shelter* pemberangkatan koridor V BRT Trans Semarang secara keseluruhan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Koridor V BRT Trans Semarang merupakan koridor yang menghubungkan Meteseh-Bandara Ahmad Yani-PRPP. Koridor V memiliki tiga *shelter* pemberangkatan, yaitu *Shelter* Victoria Residence, *Shelter* Marina dan *Shelter* Bandara Ahmad Yani. Sistem antrean BRT di *Shelter* Pemberangkatan Koridor V adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Sistem Antrean *Shelter* Pemberangkatan Koridor V

4.1. Analisis *Steady-State*

Kondisi *steady-state* terpenuhi jika nilai tingkat kegunaan (ρ) < 1 artinya rata-rata laju kedatangan BRT di jalur tersebut lebih kecil dari rata-rata laju pelayanan. Kondisi *steady-state* harus terpenuhi sehingga dapat diketahui bahwa jumlah rata-rata pelanggan yang datang

lebih kecil dari rata-rata laju pelayanan agar sistem pelayanan mencapai keadaan yang stabil. Berikut hasil perhitungan nilai ρ :

Tabel 1. Analisis *Steady-State*

| <i>Shelter</i> | c | λ | μ | $\rho = \lambda / (c\mu)$ |
|--------------------|-----|-----------|----------|---------------------------|
| Victoria Residence | 1 | 5,26049 | 7,76912 | 0,67710 |
| Marina | 1 | 5,11444 | 11,90207 | 0,42971 |
| Bandara Ahmad Yani | 1 | 3,57261 | 4,38436 | 0,81485 |

dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa nilai tingkat kegunaan fasilitas pelayanan (ρ) ketiga *shelter* pemberangkatan kurang dari satu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem antrean ketiga *shelter* pemberangkatan tersebut sudah *steady-state*, yaitu rata-rata tingkat kedatangan BRT tidak melebihi rata-rata tingkat pelayanan.

4.2. Uji Distribusi

Uji kecocokan distribusi yang digunakan untuk menguji data waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan BRT pada *shelter* pemberangkatan koridor V. Pada uji tersebut akan diketahui apakah data waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan BRT pada masing-masing *shelter* pemberangkatan berdistribusi Eksponensial atau tidak.

4.2.1. Uji Distribusi Data Waktu Antar Kedatangan

Berikut ini adalah hasil uji distribusi dari data waktu antar kedatangan BRT setiap 60 menit untuk ketiga *shelter* pemberangkatan koridor V:

Tabel 2. Uji Distribusi Data Waktu Antar Kedatangan

| <i>Shelter</i> | D_{hitung} | D_{tabel} | $p-value$ | Keputusan | Kesimpulan |
|--------------------|--------------|-------------|-----------|---------------|----------------------------------|
| Victoria Residence | 0,10256 | 0,06467 | 0,000187 | H_0 ditolak | Tidak berdistribusi Eksponensial |
| Marina | 0,07297 | 0,06409 | 0,01678 | H_0 ditolak | Tidak berdistribusi Eksponensial |
| Bandara Ahmad Yani | 0,15693 | 0,11776 | 0,00286 | H_0 ditolak | Tidak berdistribusi Eksponensial |

Jadi, pada taraf signifikansi 5% didapatkan hasil bahwa data waktu antar kedatangan BRT pada *Shelter* Victoria Residence, *Shelter* Marina, dan *Shelter* Bandara Ahmad Yani tidak berdistribusi Eksponensial. Sehingga dapat disimpulkan data waktu antar kedatangan BRT pada ketiga *shelter* pemberangkatan koridor V BRT Trans Semarang berdistribusi *General*.

4.2.2. Uji Distribusi Data Waktu Pelayanan

Berikut ini adalah hasil uji distribusi dari data waktu pelayanan BRT setiap 60 menit untuk ketiga *shelter* pemberangkatan koridor V:

Tabel 3. Uji Distribusi Data Waktu Pelayanan

| <i>Shelter</i> | D_{hitung} | D_{tabel} | p-value | Keputusan | Kesimpulan |
|--------------------|---------------------------|--------------------------|----------------|------------------------|----------------------------------|
| Victoria Residence | 0,26436 | 0,06416 | 2,2e-16 | H ₀ ditolak | Tidak berdistribusi Eksponensial |
| Marina | 0,12545 | 0,06360 | 1,169e-06 | H ₀ ditolak | Tidak berdistribusi Eksponensial |
| Bandara Ahmad Yani | 0,2955 | 0,11478 | 4,814e-11 | H ₀ ditolak | Tidak berdistribusi Eksponensial |

Jadi, pada taraf signifikansi 5% didapatkan hasil bahwa data waktu pelayanan BRT pada *Shelter* Victoria Residence, *Shelter* Marina, dan *Shelter* Bandara Ahmad Yani tidak berdistribusi Eksponensial. Sehingga dapat disimpulkan data waktu pelayanan BRT pada ketiga *shelter* pemberangkatan koridor V BRT Trans Semarang berdistribusi *General*.

4.3. Model Sistem Antrean

Berdasarkan hasil analisis *steady-state* serta uji kecocokan distribusi waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan BRT Trans Semarang dapat ditentukan bahwa model sistem antrean untuk *Shelter* Victoria Residence, *Shelter* Marina, dan *Shelter* Bandara Ahmad Yani adalah (G/G/1):(GD/∞/∞). Model tersebut adalah model sistem antrean dengan waktu antar kedatangan berdistribusi umum (*General*) dan waktu pelayanan berdistribusi umum (*General*), dengan jumlah sistem pelayanan sebanyak satu *shelter*, disiplin antrean yang digunakan adalah yang pertama datang yang pertama dilayani (FIFO), serta jumlah kapasitas pelanggan yang datang dan sumber pemanggilan tak terbatas.

Untuk mengetahui distribusi yang sebenarnya dari waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan ketiga *shelter* pemberangkatan koridor V yang berdistribusi *General* maka dilakukan pengujian distribusi berdasarkan *output Easy Fit*. Berikut adalah hasil uji kecocokan distribusi waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan *shelter* Bandara menggunakan uji Kolmogorov- Smirnov.

Tabel 4. Uji Distribusi Hasil *Easy Fit* Data Waktu Antar Kedatangan

| <i>Shelter</i> | D_{hitung} | D_{tabel} | p-value | Keputusan | Kesimpulan |
|--------------------|---------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|---|
| Victoria Residence | 0,04036 | 0,06467 | 0,45715 | H ₀ diterima | Berdistribusi Dagum |
| Marina | 0,02234 | 0,06409 | 0,9749 | H ₀ diterima | Berdistribusi Dagum |
| Bandara Ahmad Yani | 0,08157 | 0,11775 | 0,32145 | H ₀ diterima | Berdistribusi Generalized Extreme Value |

Jadi, pada taraf signifikansi 5% didapatkan hasil bahwa data waktu antar kedatangan BRT pada *Shelter* Victoria Residence dan *Shelter* Marina berdistribusi Dagum. Sedangkan *Shelter* Bandara Ahmad Yani berdistribusi Generalized Extreme Value.

Tabel 5. Uji Distribusi Hasil *Easy Fit* Data Waktu Pelayanan

| <i>Shelter</i> | D_{hitung} | D_{tabel} | p-value | Keputusan | Kesimpulan |
|--------------------|---------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|---|
| Victoria Residence | 0,03971 | 0,06416 | 0,46808 | H ₀ diterima | Berdistribusi Generalized Extreme Value |
| Marina | 0,08163 | 0,06359 | 0,00432 | H ₀ ditolak | Tidak berdistribusi Generalized Pareto |
| Bandara Ahmad Yani | 0,06264 | 0,11477 | 0,61917 | H ₀ diterima | Berdistribusi Generalized Extreme Value |

Jadi, pada taraf signifikansi 5% didapatkan hasil bahwa data pelayanan BRT pada *Shelter* Victoria Residence dan *Shelter* Bandara Ahmad Yani berdistribusi Generalized

Extreme Value. Sedangkan *Shelter* Marina berdistribusi *General* karena nilai $p\text{-value} < \alpha = 5\%$, sehingga menolak H_0 (Data berdistribusi Generalized Pareto).

Berdasarkan uji kecocokan distribusi tersebut, dapat disimpulkan bahwa:

- Model antrean untuk *Shelter* Victoria Residence adalah (DAGUM/GEV/1):(GD/∞/∞).
- Model antrean untuk *Shelter* Marina adalah (DAGUM/G/1):(GD/∞/∞).
- Model antrean untuk *Shelter* Bandara Ahmad Yani adalah (GEV/GEV/1):(GD/∞/∞).

4.4. Analisis Ukuran Kinerja Sistem Antrean *Shelter* Pemberangkatan Koridor V

Setelah dilakukan analisis *steady-state* dan menentukan model antrean yang sesuai, langkah selanjutnya yaitu melakukan analisis kinerja sistem antrean dengan menggunakan program GUI-R akan diperoleh tabel hasil akhir antrean sebagai berikut:

Tabel 6. Ukuran Kinerja Sistem

| <i>Shelter</i> | <i>Pr</i> | <i>Po</i> | <i>Lq</i> | <i>Ls</i> | <i>Ws</i> | <i>Wq</i> |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Victoria Residence | 0,67710 | 0,32889 | 0,03741 | 0,71452 | 0,13583 | 0,00711 |
| Marina | 0,42971 | 0,57029 | 0,00733 | 0,43704 | 0,08545 | 0,00143 |
| Bandara Ahmad Yani | 0,81485 | 0,18515 | 0,2337 | 1,0486 | 0,2935 | 0,0654 |

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui ukuran kinerja sistem antrean *shelter* pemberangkatan koridor V BRT Trans Semarang adalah sebagai berikut :

1. Probabilitas *busy sistem* (*Pr*):

Shelter Victoria Residence = 67,71%, *Shelter* Marina = 42,97%, dan *Shelter* Bandara Ahmad Yani = 81,49%.

Shelter Bandara Ahmad Yani memiliki probabilitas *busy system* (*Pr*) yang lebih tinggi daripada *shelter* yang lainnya. Hal tersebut berarti bahwa sistem antrean pada *Shelter* Bandara Ahmad Yani cukup sibuk, karena probabilitas tidak adanya BRT pada *shelter* yaitu 18,51%.

2. Jumlah BRT yang diperkirakan dalam antrean (*Lq*):

Pada interval waktu 60 menit BRT yang menunggu dalam antrean untuk mendapatkan pelayanan untuk *Shelter* Victoria Residence adalah ≈ 1 BRT, *Shelter* Marina ≈ 1 BRT, dan *Shelter* Bandara Ahmad Yani ≈ 1 BRT.

3. Jumlah BRT yang diperkirakan dalam sistem (*Ls*):

Pada interval waktu 60 menit BRT yang menunggu dalam sistem untuk mendapatkan pelayanan untuk *Shelter* Victoria Residence adalah ≈ 1 BRT, *Shelter* Marina ≈ 1 BRT, dan *Shelter* Bandara Ahmad Yani ≈ 2 BRT.

4. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem (*Ws*)

Rata-rata waktu yang dihabiskan oleh satu BRT dari awal memasuki antrean sampai selesai dilayani untuk *Shelter* Victoria Residence = 8,15 menit (0,13583x60menit), *Shelter* Marina = 5,13 menit (0,08545x60 menit), dan *Shelter* Bandara Ahmad Yani = 17,61 menit (0,29352x60 menit).

5. Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrean (*Wq*)

Rata-rata waktu yang dihabiskan satu BRT menunggu dalam antrean sebelum mendapatkan pelayanan untuk *Shelter* Victoria Residence = 0,43 menit (0,00711x60 menit), *Shelter* Marina = 0,09 menit (0,00143x60 menit), dan *Shelter* Bandara Ahmad Yani = 3,93 menit (0,06543x60 menit).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem antrean *shelter* pemberangkatan koridor V BRT Trans Semarang (Victoria Residence, Marina, dan Bandara Ahmad Yani) sudah stabil karena memiliki nilai utilitas kurang dari satu.
2. Model akhir untuk antrean pada *shelter* pemberangkatan koridor V BRT Trans Semarang dengan data waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan untuk *Shelter* Victoria Residence adalah $(DAGUM/GEV/1):(GD/\infty/\infty)$, *Shelter* Marina adalah $(DAGUM/G/1):(GD/\infty/\infty)$, dan *Shelter* Bandara Ahmad Yani $(GEV/GEV/1):(GD/\infty/\infty)$.
3. Berdasarkan nilai dari ukuran-ukuran kinerja sistem antrean yang diperoleh secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa ketiga *shelter* pemberangkatan koridor V BRT Trans Semarang memiliki kondisi yang sudah baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bronson, R., dan Naadimuthu, G. 1997. *Operation Research: Second Edition*. New York: McGraw Hill.
- Daniel, W. W. 1989. *Statistik Nonparametrik (Terjemahan)*. Jakarta: PT. Gramedia.
- 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., dan Kotz, S. 2003. *Statistical Size Distributions in Economics and Actuarial Sciences*. New Jersey: Wiley-Interscience.
- Kotz dan Nadarajah. 2000. *Extreme Value Distributions Theory and Applications*. London: Imperial College Press.
- Natarajan, A. M., dan Tamilarasi, A. 2005. *Probability Random Process and Queueing Theory*. New Delhi: New Age International.
- Siagian, P. 1987. *Penelitian Operasional: Teori dan Praktek*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Subagyo, Asri, M., dan Handoko, T. H. 1992. *Dasar-Dasar Operation Research*. Yogyakarta: BPFE.
- Supranto, J. 2006. *Riset Operasi Untuk Pengambilan Keputusan*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Taha, H. A. 2017. *Operations Research An Introduction:Tenth Edition*. Harlow: Pearson Education.
- Trans Semarang. 2018. *Profil BRT Semarang*. transsemarang.semarangkota.go.id. Diakses: 22 Desember 2019.