

## IDENTIFIKASI MODEL ANTRIAN *BUS RAPID TRANSIT* (BRT) PADA HALTE OPERASIONAL BRT SEMARANG

Niken Nindyaiswari<sup>1</sup>, Sugito<sup>2</sup>, Yuciana Wilandari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

<sup>2,3</sup>Staff Pengajar Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

e-mail [nikennindyaiswari@gmail.com](mailto:nikennindyaiswari@gmail.com)

### ABSTRACT

The process of a queue is a process related with the attending of customers in a service facility, standing in line waiting for the service while the servers are busy servicing the other customers, the customers will leave the facility after getting the service. This process is usually happened in the public services such as at the operational shelter of Semarang Bus Rapid Transit (BRT) Semarang. BRT Semarang has 4 departure gates and transit bus stop passed by all of the buses. The BRT does not have special track. It has to pass through the same road as the other kinds of buses. As a result there are queues in some crowded BRT shelters especially at the service in the departure and shelters that are passed through by all BRT or tracks. An effective special queue model is needed to make the service in the departure and transit shelter more effective. Based on the result of the analysis the best queue model is at the departure shelter track I, II, III, and IV they use the same models (M/G/1) (GD/∞/∞) and the queue models at the City Hall Transit Shelter are (G/G/1) (GD/∞/∞).

**Key words:** queue process, model of queue, Semarang BRT

### 1. PENDAHULUAN

Suatu proses antrian (*queuing process*) adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan seorang pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, kemudian menunggu dalam suatu baris (antrian) jika semua pelayannya sibuk, dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut setelah dilayani. Antrian terbentuk jika banyaknya yang akan dilayani melebihi kapasitas yang tersedia (Kakiy, 2004).

Proses antrian merupakan suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, proses ini lazim dijumpai di tempat-tempat pelayanan umum salah satu contohnya adalah antrian bus di halte atau sering dinamakan *busway*. Keberadaan *busway* bertujuan untuk menyelenggarakan angkutan yang baik dan layak bagi masyarakat. Ukuran pelayanan yang baik adalah pelayanan yang nyaman, aman, cepat, dan murah. Negara Indonesia bisa dikatakan dengan negara *busway* karena hampir di seluruh kota-kota besar di Indonesia menggunakan konsep *Bus Rapid Transit* (BRT).

*Busway* di Kota Semarang atau yang kita sebut *Bus Rapid Transit* ini sangat berbeda dengan *busway* yang ada di Jakarta karena *busway* yang ada di kota Semarang belum memiliki jalur khusus seperti di kota Jakarta. Dengan tidak adanya jalur khusus, maka BRT di Kota Semarang jalurnya masih bersamaan dengan jalur transportasi yang lain. Oleh karena itu di sebagian halte BRT Semarang masih ada yang terjadi antrian bus terutama pada halte keberangkatan dan halte yang dilewati semua koridor.

Setiap perusahaan pastinya membutuhkan manajemen operasional dalam menjalankan kegiatan usahanya. Hal ini diperlukan untuk memperbaiki kinerja produktivitasnya di mata pelanggannya. Perusahaan yang bergerak di bidang jasa seperti Trans Semarang sangat membutuhkan manajemen operasional untuk membuat sistem yang lebih baik dari sistem sebelumnya. Fenomena antrian tampak ditemukan dalam fasilitas-fasilitas pelayanan umum, salah satunya terlihat pada antrian halte keberangkatan dan halte transit yang dilalui oleh semua koridor.

Salah satu cara mengurangi terjadinya antrian adalah dengan menerapkan teori antrian pada sistem tersebut. Antrian *Bus Rapid Transit* sangat cocok dilakukan analisis karena terjadinya fenomena antrian yang terjadi dapat mengganggu aktifitas pengguna jasa yang menggunakan BRT. Oleh karena itu, pencarian model antrian sangat penting dalam rangka meningkatkan kualitas pelayanan serta mampu mengoptimalkan sistem pelayanan BRT dengan lebih baik.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Gambaran Umum Halte Operasional BRT Semarang

BRT (Bus Rapid Transit) Trans Semarang berdiri berdasarkan Keputusan Walikota Semarang Nomor 551.2/238 tentang Penetapan Unit Pelaksana Teknis Dinas (UPTD) Terminal Mangkang Kota Semarang sebagai Badan Layanan Umum (BLU) dan Keputusan Walikota Semarang Nomor 551.2/147/2010 tentang Penetapan Unit Pelaksana Teknis Dinas (UPTD) Terminal Mangkang Kota Semarang sebagai Pengelola Bus Rapid Transit (BRT) di Kota Semarang. *Bus Rapid Transit* merupakan sebuah layanan angkutan massal berbasis BRT (*Bus Rapid Transit*). BRT adalah sistem angkutan yang sangat murah, nyaman dan aman bagi pengguna transportasi umum di kota Semarang. Murah karena harga tiket 50% disubsidi oleh pemerintah kota Semarang dan rute jauh dekat penumpang hanya cukup bayar 1 (satu) kali tiket. Nyaman karena menggunakan bus AC dengan waktu tunggu penumpang bisa diandalkan. Aman karena pengguna jasa BRT memperoleh rasa aman dari segala gangguan. BRT Semarang mempunyai 4 koridor yaitu koridor I, koridor II, koridor III dan koridor IV serta Halte Transit yang dilalui oleh semua koridor yaitu Halte Transit Balaikota.

### 2.2. Teori Antrian

Menurut Kakiay (2004), antrian adalah suatu garis tunggu dari sejumlah pelanggan yang memerlukan pelayanan dari satu atau lebih fasilitas pelayanan. Suatu proses antrian (*queuing process*) adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan sejumlah pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, kemudian menunggu dalam suatu baris antrian jika belum dapat dilayani, dan akhirnya meninggalkan fasilitas pelayanan tersebut sesudah dilayani. Sedangkan sistem antrian adalah suatu himpunan yang terdiri dari pelanggan, pelayan, dan suatu aturan yang mengatur pelayanan terhadap pelanggan.

### 2.3. Unsur Dasar Antrian

Menurut Kakiay (2004), dalam proses antrian terdapat enam unsur penting yang terkait erat dengan sistem antrian tersebut, yaitu :

1. Distribusi Kedatangan (Pola Kedatangan)
2. Distribusi Waktu Pelayanan (Pola Pelayanan)
3. Fasilitas Pelayanan
4. Disiplin Pelayanan
5. Ukuran Dalam Antrian
6. Sumber Pemanggilan

### 2.4. Notasi Kendall

Notasi Kendall digunakan untuk merinci ciri dari suatu antrian. Menurut Kakiay (2004), notasi yang sesuai untuk meringkaskan karakteristik utama dari antrian paralel telah secara universal dibakukan dalam format berikut :

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

- a : Distribusi kedatangan (*Arrival Distribution*)
- b : Distribusi waktu pelayanan
- c : Jumlah fasilitas pelayanan atau banyaknya tempat *Shelter* (stasiun serial paralel atau jaringan, dengan  $c = 1, 2, 3, \dots \infty$ )
- d : Disiplin pelayanan (FIFO, LIFO, SIRO, dan prioritas pelayanan)
- e : Ukuran sistem dalam antrian atau jumlah maksimum yang diizinkan dalam sistem (terhingga atau tak terhingga)
- f : Jumlah pelanggan yang ingin memasuki sistem sebagai sumber (terhingga atau tak terhingga)

#### 2.4.1. Distribusi Kedatangan dan Distribusi Waktu Pelayanan

Distribusi kedatangan bisa diperhitungkan melalui jumlah kedatangan atau waktu antar kedatangan dua pelanggan yang berurutan. Pola kedatangan yang terjadi mungkin konstan ataupun random. Dalam pendekatan analisis sistem antrian, pola kedatangan yang bersifat random sering diasumsikan mengikuti distribusi Poisson dengan rata-rata kedatangan sebesar  $\lambda$ . Bila jumlah kedatangan tersebut mengikuti suatu distribusi Poisson, maka waktu antar kedatangannya adalah random dan mengikuti distribusi Eksponensial.

Waktu yang digunakan untuk melayani sejumlah pelanggan dalam suatu fasilitas pelayanan disebut waktu pelayanan. Dimana pelayanan tersebut dapat dilakukan dengan satu atau lebih jumlah pelayan dengan rata-rata pelayanan sebesar  $\mu$ . Jika waktu pelayanan mengikuti distribusi Eksponensial, maka tingkat pelayanan (*service time*) atau  $1/\mu$  mengikuti distribusi Poisson.

#### 2.4.2. Fasilitas Pelayanan dan Disiplin Pelayanan

Fasilitas pelayanan berkaitan erat dengan baris antrian yang akan dibentuk. Fasilitas pelayanan terbagi dalam tiga bentuk, yaitu:

1. Bentuk series, yaitu suatu pelayanan yang melalui beberapa tahap yang berada dalam satu garis lurus.
2. Bentuk paralel, yaitu pelayanan yang berada dalam beberapa garis lurus di mana antara garis yang satu dengan yang lain berbentuk paralel.
3. Bentuk jaringan stasiun, yaitu pelayanan yang dapat didesain secara series dengan pelayanan lebih dari satu pada setiap stasiun.

Disiplin antrian merupakan pedoman keputusan yang digunakan untuk menyeleksi individu atau kelompok yang memasuki antrian untuk dilayani terlebih dahulu. Terdapat empat jenis disiplin antrian yang biasa terjadi dalam sistem antrian, yaitu sebagai berikut:

1. Pertama Masuk Pertama Keluar (FIFO)  
FIFO (*First In First Out*) merupakan jenis disiplin antrian dimana pelanggan yang datang pertama akan dilayani terlebih dahulu.
2. Terakhir Masuk Pertama Keluar (LIFO)  
LIFO (*Last In First Out*) merupakan jenis disiplin antrian dengan sistem pelayanan yang datang paling akhir akan dilayani paling awal.
3. Pelayanan dalam Urutan Acak (SIRO)  
SIRO (*Service In Random Order*) merupakan jenis disiplin antrian dengan pelayanan secara acak.

4. Pelayanan Berdasarkan Prioritas (PRI)  
Merupakan jenis disiplin antrian yang mendasarkan pelayanan pada prioritas khusus.

### 2.4.3. Ukuran dalam Antrian dan Sumber Pemanggilan

Menurut Bronson (1991), banyaknya pelanggan yang akan memasuki fasilitas pelayanan pun perlu diperhatikan. Ada dua desain yang dapat digunakan untuk menentukan besarnya antrian, yaitu:

1. Ukuran kedatangan secara tidak terbatas
2. Ukuran kedatangan secara terbatas

Dalam fasilitas pelayanan, yang berperan sebagai sumber pemanggilan dapat berupa mesin maupun manusia. Bila ada sejumlah mesin yang rusak, maka sumber pemanggilan akan berkurang dan tidak dapat melayani pelanggan sampai mesin tersebut selesai diperbaiki. Sumber pemanggilan ini dapat menghasilkan jumlah yang terbatas maupun tidak terbatas.

### 2.5. Ukuran Steady-state dari Kinerja Sistem

Asumsi *steady state* akan terpenuhi bila  $\lambda < \mu$  sehingga  $\rho < 1$ . Dimana  $\lambda$  adalah rata-rata laju kedatangan dan  $\mu$  adalah rata-rata laju pelayanan. Setelah *steady state* dapat dihitung ukuran karakteristik kinerja dari suatu antrian yang dapat digunakan untuk menganalisis bentuk antrian tersebut.

#### 2.5.1. Model Antrian (M/G/1) : (GD/ $\infty/\infty$ )

Ciri-ciri model ini ialah distribusi kedatangannya berdistribusi poisson dan distribusi pelayanannya berdistribusi umum (General). Rumus untuk mencari ukuran-ukuran kinerja pada model (M/G/1) : (GD/ $\infty/\infty$ ) adalah sebagai berikut:

$$L_s = \lambda E(t) + \frac{[\lambda^2 (E(t))^2 + \lambda^2 \text{var}(t)]}{2(1-\lambda E(t))}$$

dengan:

Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrian yaitu :  $L_q = L_s - \lambda E(t)$

Waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem :  $W_s = \frac{L_s}{\lambda}$

Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrian :  $W_q = \frac{L_q}{\lambda}$

#### 2.5.2. Model Antrian (G/G/1) : (GD/ $\infty/\infty$ )

Model antrian (G/G/1):(GD/ $\infty/\infty$ ) merupakan model antrian dengan pola kedatangan berdistribusi umum (General), pola pelayanan berdistribusi umum (General), dengan jumlah fasilitas pelayanan sebanyak 1 pelayan. Ukuran kinerja sistem pada model *General* ini mengikuti ukuran kinerja pada model M/M/1, terkecuali untuk perhitungan jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrian ( $L_q$ ) adalah sebagai berikut :

$$L_q = L_{qM/M/1} \frac{\mu^2 v(t) + v(t')\lambda^2}{2} \quad \text{dengan,}$$

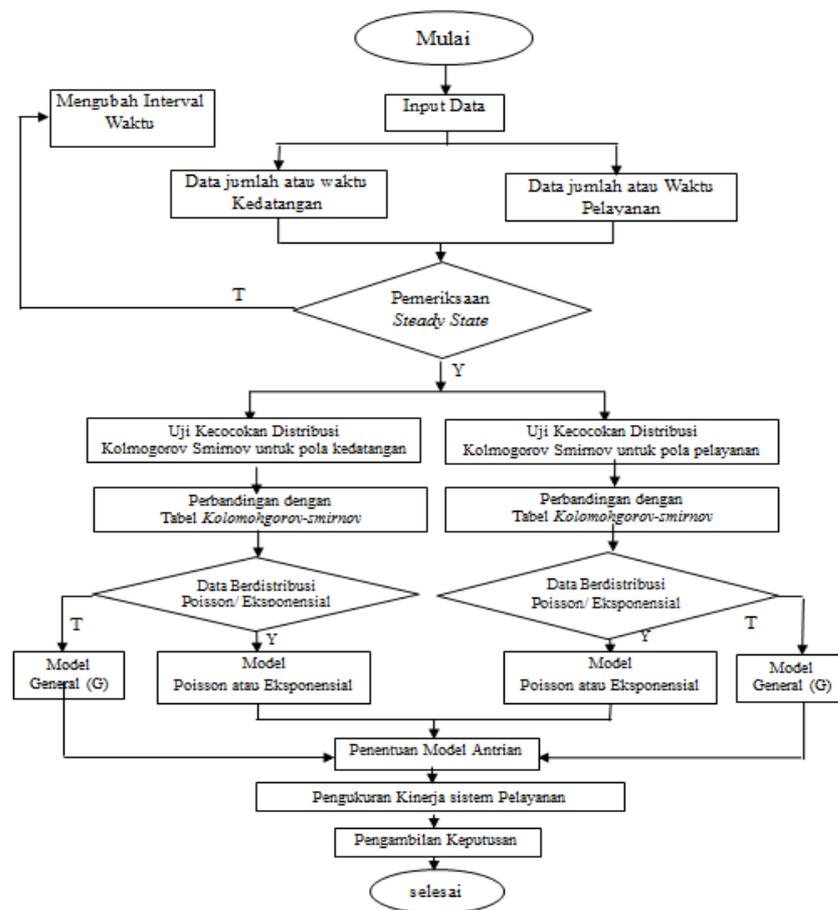
$v(t)$  adalah varian dari waktu pelayanan

$v(t')$  adalah varian dari waktu antar kedatangan. (Gross dan Haris, 1998)

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

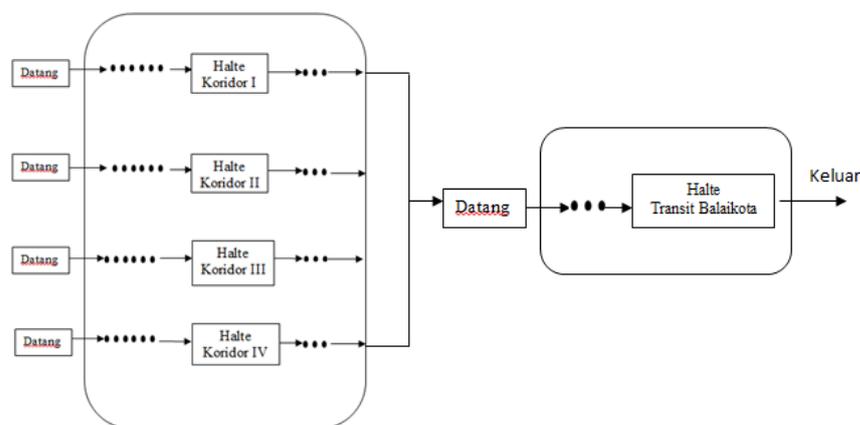
Penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel data selama masing-masing 3 hari pada Halte Keberangkatan Koridor I, II, III, dan IV dari mulai pukul 05:30 hingga pukul 18:00 serta Halte Transit Balaikota selama 4 hari dari mulai pukul 05:30 hingga

pukul 18:00. Observasi dilakukann untuk mendapatkan data jumlah kedatangan bus, dan waktu pelayanan bus di masing-masing halte. Adapun prosedur penelitiannya disajikan pada Gambar 1 berikut :

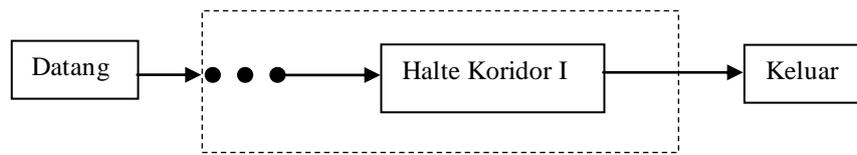


#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

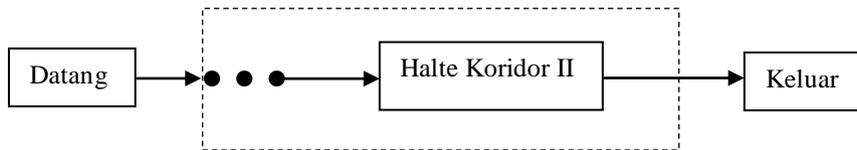
Sistem antrian di Halte Keberangkatan Koridor I, Koridor II, Koridor III, Koridor IV dan Halte Transit Balaikota yaitu menggunakan sistem antrian satu antrian satu pelayanan. Untuk lebih jelasnya sistem antrian di Halte Operasional BRT Semarang tersebut dapat dilihat pada Gambar berikut :



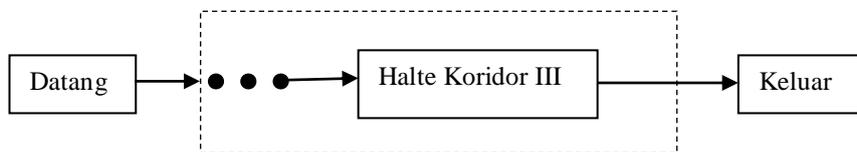
Gambar 2. Sistem Antrian Halte Operasional BRT Semarang



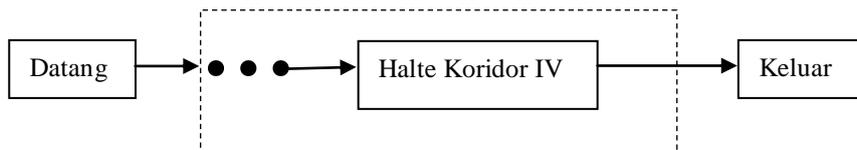
**Gambar 3.** Sistem Antrian Halte Keberangkatan Koridor I



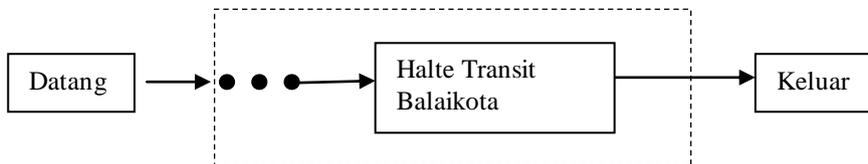
**Gambar 4.** Sistem Antrian Halte Keberangkatan Koridor II



**Gambar 5.** Sistem Antrian Halte Keberangkatan Koridor III



**Gambar 6.** Sistem Antrian Halte Keberangkatan Koridor IV



**Gambar 7.** Sistem Antrian Halte Transit Balaikota

#### 4.1 Pengukuran Steady State

Analisis Data awal akan dimulai dengan menghitung faktor utilisasi ( $\rho$ ) untuk tiap-tiap pelayanan per jenis pelayanan. Ukuran *steady-state* dari kinerja pelayanan dapat diperoleh dari data jumlah kedatangan per jam dengan waktu pelayanan atau jumlah yang dilayani per jam dengan menghitung probabilitas dari sistem pelayanan.

**Tabel 1.** *Steady-State* Antrian

Halte Pelayanan	c	$\lambda$	$\mu$	$\rho = \lambda/\mu$
Halte Koridor I	1	5,1282	6,9987	0,7327
Halte Koridor II	1	6,3077	9,1338	0,69059
Halte Koridor III	1	3,0769	5,0841	0,60521
Halte Koridor IV	1	5,2051	5,9140	0,8801
Halte Transit Balaikota	1	23,6731	84,2558	0,28096

Berdasarkan Tabel 1, nilai  $\rho$  yang didapat di masing-masing jenis pelayanan  $< 1$ . Artinya, rata-rata kedatangan pelanggan tidak melebihi kapasitas kecepatan pelayanan sehingga memenuhi asumsi *steady-state*.

#### 4.2 Uji Kecocokan Distribusi

Pada uji kecocokan distribusi ini menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk jumlah kedatangan dan uji Chi-Square untuk waktu pelayanan sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0: S(x) = F(x)$  ( Data berasal dari distribusi Poisson)

$H_1: S(x) \neq F(x)$  ( Data tidak berasal dari distribusi Poisson)

Taraf Signifikansi:

$\alpha = 5\%$

Statistik uji :

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

**Tabel 2.** Kecocokan Distribusi Pola Kedatangan

Jumlah Kedatangan	D Sup	D tabel	Nilai Sig	Keputusan	Model
Halte Koridor I	0,136	0,213	0,464	Ho diterima	M
Halte Koridor II	0,094	0,213	0,879	Ho diterima	M
Halte Koridor III	0,201	0,213	0,085	Ho diterima	M
Halte Koridor IV	0,130	0,213	0,525	Ho diterima	M
Halte Transit Balaikota	0,230	0,189	0,008	Ho ditolak	G

Hipotesis:

$H_0$ : Data pelayanan berasal dari distribusi Eksponensial

$H_1$ : Data pelayanan tidak berasal dari distribusi Eksponensial

Taraf Signifikansi:

$\alpha = 5\%$

Statistik uji

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

**Tabel 3.** Kecocokan Distribusi Pola Pelayanan

Waktu Pelayanan	Chi Square Hitung	Chi Square Tabel	Keputusan	Model
Halte Koridor I	340,3596	14,07	Ho ditolak	G
Halte Koridor II	342,8225	14,07	Ho ditolak	G
Halte Koridor III	72,894	12,59	Ho ditolak	G
Halte Koridor IV	641,599	14,07	Ho ditolak	G
Halte Transit Balaikota	864,330	16,92	Ho ditolak	G

### 4.3 Model Antrian Halte Operasional BRT Semarang

Berdasarkan hasil analisis *steady state* dan uji kecocokan distribusi jumlah kedatangan dan waktu pelayanan pelanggan, model antrian yang diperoleh pada kelima jenis pelayanan adalah:

**Tabel 4.** Model Antrian

No	Jenis Pelayanan	Model Antrian
1	Halte Koridor I	(M/G/1):(GD/∞/∞)
2	Halte Koridor II	(M/G/1):(GD/∞/∞)
3	Halte Koridor III	(M/G/1):(GD/∞/∞)
4	Halte Koridor IV	(M/G/1):(GD/∞/∞)
5	Halte Transit Balaikota	(G/G/1):(GD/∞/∞)

### 4.4 Analisis Ukuran Kinerja Sistem Antrian Halte Operasional BRT Semarang

Setelah dilakukan analisis *steady state* dan uji kecocokan model, langkah selanjutnya yaitu melakukan analisis kinerja sistem antrian dengan menggunakan program WinQSB akan diperoleh hasil kinerja sistem seperti pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Analisis Ukuran Kinerja Pelayanan Halte Operasional BRT Semarang

No	Halte Pelayanan	$L_s$	$L_q$	$W_s$	$W_q$	$P_o$
1	Halte Koridor I	1,8294	1,0967	0,3567	0,2139	0,2673
2	Halte Koridor II	1,7728	1,0822	0,2811	0,1716	0,3094
3	Halte Koridor III	1,1770	0,5718	0,3825	0,1858	0,3948
4	Halte Koridor IV	4,2424	3,3622	0,8150	0,6459	0,1199
5	Halte Transit	0,2937	0,0127	0,0124	0,0005	0,71903

Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem ( $L_s$ )

Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrian ( $L_q$ )

Waktu keseluruhan yang diperkirakan dalam sistem ( $W_s$ )

Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrian ( $W_q$ )

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh kesimpulan untuk sistem antrian di bagian Halte Keberangkatan Koridor I, Koeidor II, Koridor III, Koridor IV dan Halte Transit Balaikota sudah stabil karena memiliki nilai utilitas kurang dari 1.

Pada lima pelayanan di Halte Operasional BRT Semarang, model antrian yang sesuai di Halte Keberangkatan Koridor I (Penggaron), Halte Keberangkatan Koridor II (Sisemut), Halte Keberangkatan Koridor III (Pelabuhan A), Halte Keberangkatan

Koridor IV (Tawang) adalah sama yaitu model  $(M/G/1):(GD/\infty/\infty)$ . Model antrian yang sesuai di Halte Transit Balaikota adalah model  $(G/G/1):(GD/\infty/\infty)$ .

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bronson, R. 1991. *Teori dan Soal-Soal Operation Reserch*. PT Gelora Aksara Pratama.
- Gross, D., Harris, C. M. 1998. *Fundamental of Queueing Theory Third Edition*. John Wiley and Sons, INC. New York.
- Kakiay, T. J. 2004. *Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata*. Andi. Yogyakarta.
- Taha, H. A. 1996. *Riset Operasi : Jilid 2*. Binarupa Aksara. Jakarta.
- \_\_\_\_\_, <http://semarangkota.go.id> (diakses pada tanggal 4 April 2015)