

WAKTU ANTARA BIS TRANS METRO BANDUNG KORIDOR CICAHEUM-CIBEUREUM

Bella Pamuji Ramdhan
Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Katolik Parahyangan
Jln. Ciumbuleuit 94, Bandung
pamujibella@gmail.com

Tri Basuki Joewono
Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Katolik Parahyangan
Jln. Ciumbuleuit 94, Bandung
vftribas@unpar.ac.id

Abstract

Headway is an important factor for public transport users and operators since headway is one of service quality indicators of public transportation system. The purpose of this study is to describe the headway of bus Trans Metro Bandung (TMB) in the corridor of Cicaheum-Cibeureum and analyze the headway distribution. The statistical distribution of TMB's headway in each shelter has similar distribution, namely the gamma distribution. The results show that the headway distribution for one week data observation in each bus shelter follows gamma distribution with the mean of 27 minutes.

Key words: public transportation, headway, public transportation operator, gamma distribution

Abstrak

Waktu antara merupakan faktor penting bagi pengguna angkutan publik dan operator karena waktu antara merupakan suatu indikator kualitas layanan sistem transportasi angkutan publik. Tujuan studi ini adalah mendeskripsikan nilai waktu antara dan menganalisis distribusi waktu antara bis Trans Metro Bandung pada koridor Cicaheum-Cibeureum. Distribusi probabilitas waktu antara bis Trans Metro Bandung di setiap halte memiliki jenis distribusi yang sama, yaitu distribusi gamma. Hasil analisis menunjukkan bahwa distribusi waktu antara untuk pengamatan selama satu minggu di setiap halte bis memiliki distribusi gamma dengan rata-rata sebesar 27 menit.

Kata-kata kunci: angkutan publik, operator angkutan publik, waktu antara, distribusi gamma

PENDAHULUAN

Bus Rapid Transit (BRT) merupakan istilah untuk sistem transportasi yang menggunakan bis dengan layanan yang lebih tinggi kualitasnya dibandingkan dengan bis kota pada umumnya (Wright, 2007). BRT meliputi pelayanan dengan bis besar dan *trolley bus* yang beroperasi di jalan bersama-sama lalu lintas umum, atau dipisahkan dari lalu lintas umum dengan marka, atau dioperasikan pada lintasan khusus (Arif dan Tejokusumo, 2004). Tann (2009) mengatakan bahwa terdapat tujuh fitur utama pada BRT, yaitu lajur khusus, tempat pemberhentian, kendaraan yang dipakai, sistem pembayaran, aplikasi *intelligent transportation system* (ITS), perencanaan pelayanan serta operasi, dan merk dagang. Ketujuh fitur utama ini memiliki karakteristik dan implementasi yang berbeda yang dapat digunakan BRT di suatu kota sehingga penerapan di lapangan perlu disesuaikan dengan situasi dan kondisi kota tersebut.

Indonesia telah mengimplementasikan sistem transportasi BRT di berbagai kota, termasuk Trans Metro Bandung (TMB) di Kota Bandung. Sampai dengan tahun 2013 TMB memiliki dua koridor, yaitu koridor 1, yang berada di sepanjang Jalan Soekarno Hatta dan Jalan Jendral Sudirman Bandung sejauh 20 km, dan koridor 2, yang mulai beroperasi pada tahun 2012, memiliki panjang rute sejauh 12 km (Dinas Perhubungan Kota Bandung, 2013).

Tujuan studi ini adalah mendeskripsikan nilai waktu antara dan menganalisis distribusi waktu antara untuk data tiap halte dan data gabungan selama satu minggu. Penelitian ini memilih TMB dengan koridor jurusan Cicaheum-Cibeureum, yang dilakukan pada tahun 2013. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi salah satu bahan pengembangan bis TMB di Kota Bandung.

Perencanaan sistem operasi angkutan publik memerlukan informasi mengenai nilai waktu antara, kapasitas, kecepatan, jarak tempuh, dan frekuensi. Sebagai suatu indikator sistem operasi angkutan publik, waktu antara merupakan faktor penting bagi pengguna angkutan publik dan operator. Waktu antara ini berpengaruh pada waktu tunggu penumpang, waktu perjalanan bis, dan tingkat pengisian bis. Waktu antara dipengaruhi oleh jadwal operasi yang tidak tetap, bis tidak melintas di jalur khusus, atau operator bis tidak disiplin untuk berhenti di halte yang telah disediakan (Skinner et al., 2003).

Waktu antara atau *headway* adalah selang waktu antara dua unit kendaraan berturut-turut yang melewati satu titik yang telah ditetapkan pada suatu trayek angkutan publik dengan tujuan yang sama (Skinner et al., 2003). Nilai ini ditentukan pada saat perancangan dan menjadi acuan jumlah armada yang sebaiknya dioperasikan oleh operator pada waktu-waktu tertentu.

Distribusi waktu antara kendaraan dipengaruhi oleh keadaan arus lalulintas. Keadaan arus lalulintas dapat diklasifikasi menjadi tiga macam, yaitu arus tinggi, arus rendah, dan arus menengah (Zala, 2011). Arus tinggi (*High Volume Flow*) ditemukan saat nilai waktu antara antar kendaraan yang didapat mendekati nilai yang sama (konstan) karena kepadatan lalulintas di lapangan sangat tinggi dan mendekati pada kemacetan. Arus rendah (*Low Volume Flow*) terjadi saat nilai waktu antara didapat melalui proses acak karena tidak ada interaksi kedatangan antara dua kendaraan.

Pada pemodelan waktu antara kendaraan yang menggunakan data lalulintas bercampur didapat hasil bahwa Distribusi Lognormal dan Distribusi Weibull dapat menjelaskan kondisi tersebut. Pemodelan distribusi waktu antara di belakang lampu lalulintas pada bis kota menunjukkan bahwa Distribusi Gamma dapat menjelaskan kejadian tersebut (Richter et al., 2009). Studi sejenis di Kota Ryadh juga menunjukkan bahwa distribusi gamma dapat menjelaskan waktu antara untuk jalan-jalan perkotaan (Al-Ghamdi, 2001). Persamaan distribusi gamma ditunjukkan pada persamaan 1.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}, & \text{untuk } x \geq 0 \\ 0, & \text{untuk } x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad \text{untuk } \alpha > 1 \quad (2)$$

dengan:

$f(x)$ = Fungsi Kerapatan Peluang

$\Gamma(\alpha)$ = Fungsi Gamma

α = Parameter Bentuk

β = Parameter Skala

x = Waktu Antara (menit)

Salah satu metode untuk uji kebaikan suai (*test of goodness of fit*) yang dilakukan untuk mengetahui dengan pasti seberapa bagus distribusi sesuai dengan data adalah metode Anderson Darling (Ang dan Tang, 2007). Nilai Anderson Darling dihitung dengan menggunakan persamaan 3 dengan hipotesis yang digunakan adalah:

H_0 : Pola sebaran waktu antara bis cocok dengan jenis distribusi tertentu.

H_1 : Pola sebaran waktu antara bis tidak cocok dengan jenis distribusi tertentu.

$$A^2 = -n - \sum_{i=1}^n \left[\frac{(2i-1)\{\ln Fx(x_i) + \ln[1-Fx(x_{n+1-i})]\}}{n} \right] \quad (3)$$

dengan:

A^2 = Nilai Anderson Darling

n = Ukuran Sampel

F = Fungsi Kumulatif Distribusi

x_i = Frekuensi Observasi pada Kelompok Ke- i

Pada pengujian menggunakan metode Anderson Darling untuk distribusi gamma, nilai kritis c_α bergantung pada parameter bentuk (Ang dan Tang, 2007). Nilai kritis c_α ditunjukkan pada Tabel 1, sehingga nilai statistik Anderson Darling disesuaikan dengan nilai α -nya sebagai bentuk pada distribusi gamma yang ditunjukkan pada persamaan 4.

$$A^* = A^2 \left(1,0 + \frac{0,6}{n} \right) \quad \text{dengan } \alpha = 1 \quad (4)$$

$$A^* = A^2 + \frac{0,2 + \frac{0,3}{\alpha}}{n} \quad \text{dengan } \alpha \geq 2 \quad (5)$$

dengan:

A^* = Nilai Statistik Anderson Darling

n = Ukuran Sampel

α = Parameter Bentuk

Pengumpulan data dan informasi yang diperlukan pada studi ini dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Survei dilakukan dengan menggunakan bantuan kamera perekam untuk merekam waktu antara bis yang beroperasi. Survei dilengkapi dengan lembar untuk pencatatan waktu antara, surveyor, dan perangkat kamera. Dalam pengerjaan studi ini, data sekunder yang digunakan adalah data yang tersedia dari literatur dan studi terdahulu yang berkaitan tentang waktu antara dan Trans Metro Bandung yang diperoleh dari instansi yang terkait dengan penyelenggaraan TMB.

Tabel 1 Nilai Kritis C_α pada Tingkat Signifikansi Metode Anderson Darling untuk Distribusi Gamma (Ang dan Tang, 2007)

K	Tingkat Signifikansi α					
	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,486	0,657	0,786	0,917	1,092	1,227
2	0,477	0,643	0,768	0,894	1,062	1,190
3	0,475	0,639	0,762	0,886	1,052	1,178
4	0,473	0,637	0,759	0,883	1,048	1,173
5	0,472	0,635	0,758	0,881	1,045	1,170
6	0,472	0,635	0,757	0,880	1,043	1,168
8	0,471	0,634	0,755	0,878	1,041	1,165
10	0,471	0,633	0,754	0,877	1,040	1,164
12	0,471	0,633	0,754	0,876	1,038	1,162
15	0,470	0,632	0,754	0,876	1,038	1,162
20	0,470	0,632	0,753	0,875	1,037	1,161
∞	0,470	0,631	0,752	0,873	1,035	1,159

Survei dilaksanakan pada tanggal 14 Desember 2013 sampai dengan 20 Desember 2013 dan dilaksanakan pada jam operasi layanan TMB, dari pukul 06.30 sampai dengan pukul 15.30. Lokasi survei berada pada empat halte, yaitu halte Jln. Cicadas Cicaheum-depan Bank BCA, halte perempatan Jln. Jakarta-depan Stadion Persib, halte depan Kosambi-Pos Giro, dan halte Jln. Asia Afrika Alun Alun-depan Bank Panin. Tahapan yang dilakukan saat melakukan survei ini diawali dengan menempatkan surveyor yang dibutuhkan untuk mencatat dan melihat rekaman kamera perekam waktu kedatangan bis. Setiap halte ditempati oleh dua surveyor dengan satu kamera perekam di masing-masing halte.

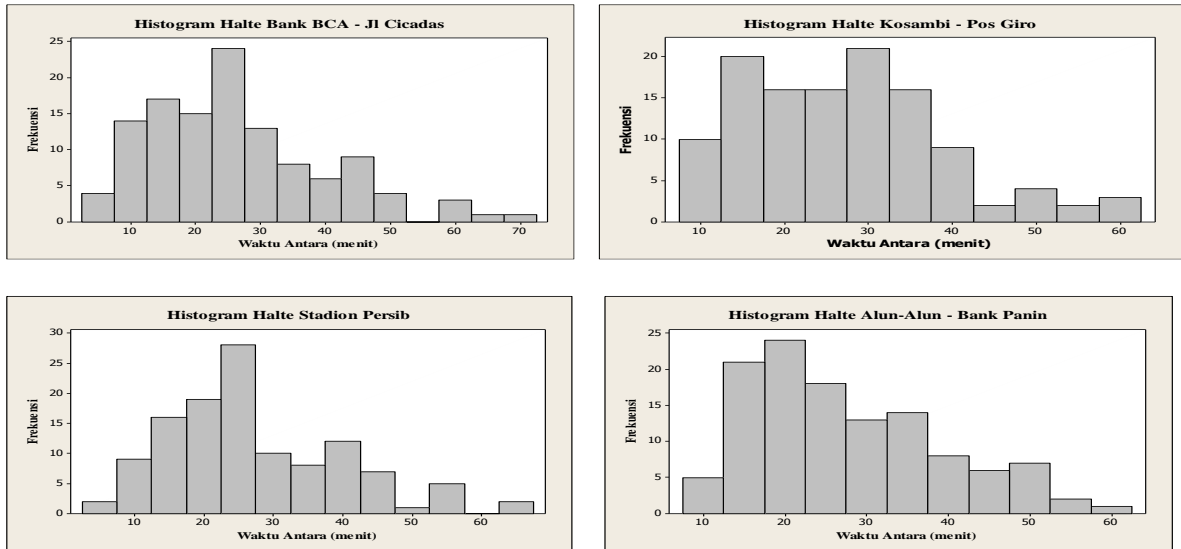
ANALISIS DATA

Deskripsi Waktu Antara

Data waktu kedatangan dan waktu antara bis TMB diolah untuk pengamatan selama satu minggu, yaitu dari tanggal 14 Desember 2013 sampai dengan tanggal 20 Desember 2013. Armada yang beroperasi pada saat survei terdiri atas enam unit. Tabel 2 menunjukkan deskripsi data waktu antara dan Gambar 1 menunjukkan histogram waktu antara bis TMB.

Tabel 2 Deskripsi Data Waktu Antara Bis TMB

Halte	N	Min	Maks	Rata-Rata Waktu Antara (menit)	Simpangan Baku
Halte Bank BCA-Cicadas	119	4,00	69,00	27,00	13,76
Halte Depan Stadion Persib	119	7,00	63,00	27,23	12,78
Halte Kosambi-Pos Giro	119	8,00	62,00	27,47	12,47
Halte Bank Panin-Alun-Alun	119	7,00	67,00	27,53	11,50

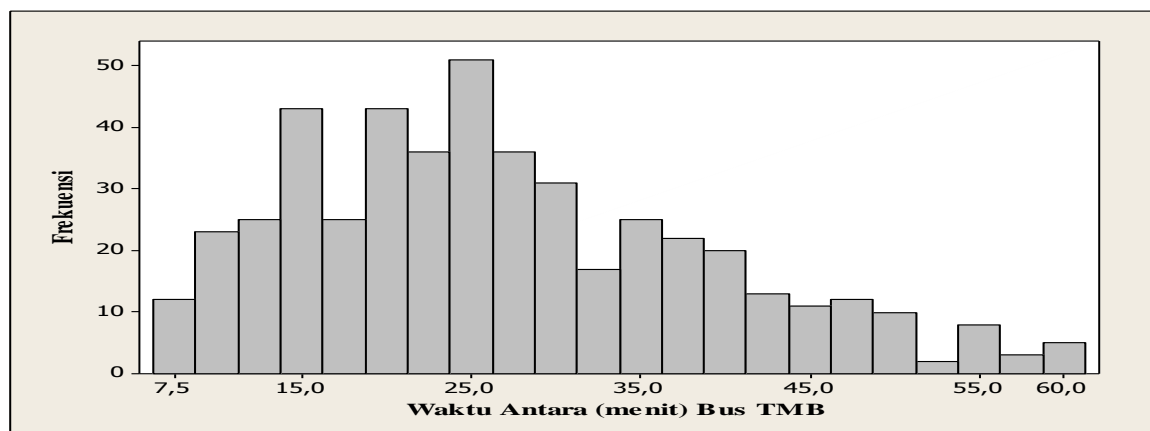


Gambar 1 Histogram Waktu Antara Bis TMB

Tabel 3 menyajikan nilai rata-rata waktu antara per hari. Jumlah waktu antara dalam satu hari adalah sebesar 68. Bis yang beroperasi pada saat survei dilakukan dalam satu minggu adalah enam bis per hari dengan frekuensi sebanyak tiga rit per hari.

Tabel 3 Deskripsi Data Waktu Antara Bis TMB per Hari

Hari	N	Min	Maks	Rata-Rata Waktu Antara (menit)	Simpangan Baku
Senin	68	7,00	58,00	29,00	12,24
Selasa	68	4,00	67,00	28,00	10,04
Rabu	68	10,00	50,00	27,00	10,12
Kamis	68	10,00	47,00	23,00	7,53
Jumat	68	11,00	49,00	28,00	9,45
Sabtu	68	4,00	59,00	26,00	11,37
Minggu	68	11,00	47,00	27,00	9,20



Gambar 2 Histogram Waktu Antara Bis TMB dalam Satu Minggu

Berdasarkan pengamatan waktu antara selama satu minggu penuh didapat rata-rata waktu antara sebesar 27 menit, median sebesar 25 menit, dan simpangan baku sebesar 12 menit. Gambar 2 menunjukkan histogram waktu antara bis TMB untuk pengamatan selama satu minggu penuh.

Waktu Antara Berdasarkan Halte yang Ditinjau

Untuk mengetahui jenis distribusi waktu antara bis TMB dilakukan uji kebaikan suai (*Goodness of fit*) Anderson Darling. Analisis dimulai dengan penyajian histogram waktu antara. Berdasarkan histogram tersebut waktu antara bis TMB diduga memiliki jenis distribusi probabilitas Normal, Lognormal, Weibull, atau Gamma. Dapat dilihat bahwa histogram waktu antara bis TMB memiliki bentuk yang menggunung (*mound-shaped*) seperti bentuk lonceng (*bell-shaped*) yang merupakan karakteristik distribusi probabilitas normal.

Tabel 4 menunjukkan hasil uji kebaikan suai distribusi probabilitas waktu antara bis TMB. Hipotesis yang digunakan untuk analisis tersebut adalah:

H_0 : Pola sebaran waktu antara bis TMB cocok dengan jenis distribusi tertentu.

H_1 : Pola sebaran waktu antara bis TMB tidak cocok dengan jenis distribusi tertentu.

Pada Tabel 4 disajikan *p-value* jenis distribusi gamma pada halte Jln. Cicadas Cicaheum-depan Bank BCA, halte perempatan Jln. Jakarta-depan Stadion Persib, halte depan Kosambi-Pos Giro, dan halte Jln. Asia Afrika Alun Alun-depan Bank Panin masing-masing sebesar 0,250, 0,250, 0,149, dan 0,246, secara berurutan. Nilai-nilai tersebut lebih besar dari tingkat keterandalan yang digunakan (5 %), yang berarti Distribusi Gamma cocok dengan distribusi waktu antara bis TMB.

Tabel 4 Hasil Uji *Goodness of Fit* Waktu Antara Bis TMB

Halte	Jenis Distribusi	AD	<i>p-value</i>
Halte Bank BCA-Cicadas	Normal	2,022	0,005
	Lognormal	0,711	0,047
	Weibull	0,708	0,045
	Gamma	0,319	0,250
Halte Stadion Persib	Normal	1,811	0,005
	Lognormal	0,960	0,041
	Weibull	0,845	0,029
	Gamma	0,411	0,250
Halte Kosambi-Pos Giro	Normal	1,077	0,008
	Lognormal	0,949	0,016
	Weibull	0,886	0,036
	Gamma	0,582	0,149
Halte Bank Panin-Alun-Alun	Normal	1,755	0,005
	Lognormal	0,756	0,045
	Weibull	1,057	0,001
	Gamma	0,476	0,246

dengan: AD = Anderson Darling

Pada uji kebaikan suai dari jenis-jenis distribusi yang lain *p-value* yang lebih kecil daripada tingkat keterandalan yang digunakan (5 %), yang berarti bahwa Distribusi Normal, Distribusi Lognormal, dan Distribusi Weibull tidak cocok untuk pola sebaran waktu antara bis TMB.

Nilai α (parameter bentuk) dan β (parameter skala) didapat dari hasil keluaran perangkat lunak Minitab. Hasil perhitungan fungsi distribusi waktu antara bis TMB dengan Distribusi Gamma ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Persamaan Distribusi Waktu Antara Bis TMB

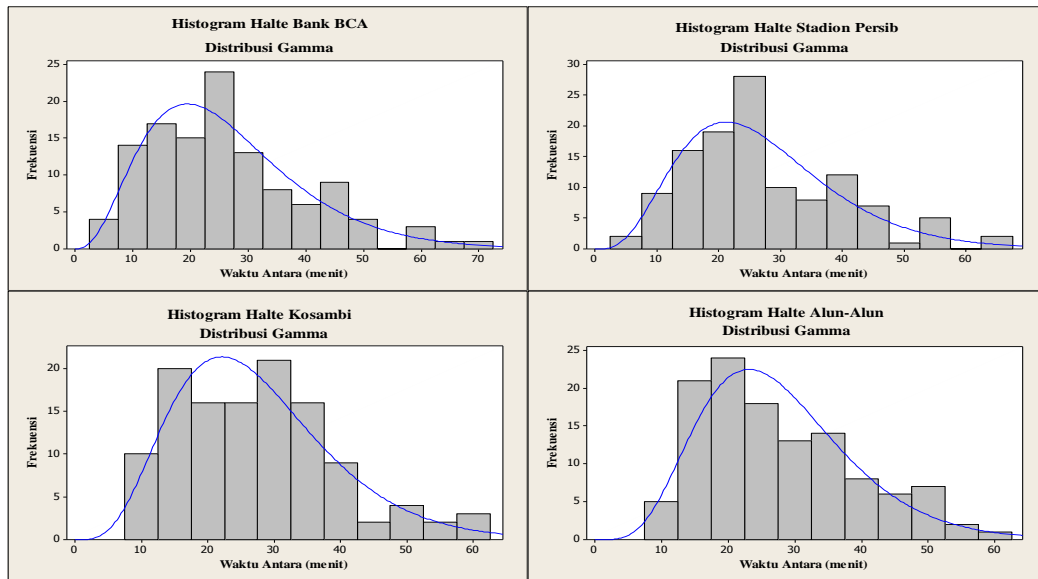
Halte	α	β	μ	σ	Fungsi Kerapatan Peluang ($f(x)$)
Halte Bank BCA-Cicadas	3,76	7,06	27,05	13,56	$\frac{1}{343 \int_0^{\infty} x^{2,76} e^{-x} dx} x^{2,76} e^{-\frac{x}{7,06}}$
Halte Depan Stadion Persib	4,56	5,96	27,23	12,58	$\frac{1}{625 \int_0^{\infty} x^{3,56} e^{-x} dx} x^{3,56} e^{-\frac{x}{5,96}}$
Halte Kosambi -Pos Giro	5,12	5,36	27,47	12,07	$\frac{1}{243 \int_0^{\infty} x^{4,12} e^{-x} dx} x^{4,12} e^{-\frac{x}{5,36}}$
Halte Bank Panin-Alun- Alun	5,95	4,67	27,53	11,50	$\frac{1}{1024 \int_0^{\infty} x^{4,95} e^{-x} dx} x^{4,95} e^{-\frac{x}{4,67}}$

dengan: α = Parameter bentuk (*shape*); β = Parameter skala (*scale*); $\Gamma(\alpha)$ = Fungsi Gamma;
 μ = Rata-rata; σ = Simpangan baku; x = Waktu Antara (menit)

Berdasarkan pengamatan di lokasi survei dan informasi dari petugas halte TMB diketahui bahwa rencana waktu antara bis TMB adalah sebesar 20 menit. Hasil persamaan distribusi waktu antara bis TMB didapat rata-rata waktu antara sebesar 27 menit pada setiap halte dengan simpangan baku dari 11 menit sampai dengan 13 menit. Oleh karena itu, ditemukan perbedaan sebesar tujuh menit antara waktu antara rencana bis TMB dengan hasil pengujian waktu antara bis TMB berdasarkan survei di lokasi halte.

Waktu Antara dalam Satu Minggu

Gambar 3 menyajikan bentuk distribusi gamma pada histogram waktu antara bis TMB dalam satu minggu. Setelah dilakukan analisis untuk masing-masing halte yang ditinjau, dilakukan analisis untuk data selama satu minggu. Dugaan jenis distribusi waktu antara bis TMB dengan data satu minggu penuh sama dengan pola sebaran waktu antara bis TMB di setiap halte.



Gambar 3 Distribusi Probabilitas Waktu Antara Bis TMB pada Tiap Halte yang Ditinjau

Tabel 6 menunjukkan hasil uji kebaikan suai distribusi waktu antara bis TMB selama satu minggu. Berdasarkan *p-value* disimpulkan bahwa Distribusi Normal, Distribusi Lognormal, dan Distribusi Weibull tidak cocok dengan pola sebaran waktu antara bis TMB dalam satu minggu. Hanya Distribusi Gamma yang cocok dengan distribusi waktu antara bis TMB dalam satu minggu.

Tabel 6 Hasil Uji *Goodness of Fit* Waktu Antara Bis TMB dalam Satu Minggu

Distribusi	AD	<i>p-value</i>
Normal	4,718	0,005
Lognormal	1,664	0,005
Weibull	1,754	0,010
Gamma	0,681	0,092

dengan: AD = Anderson Darling

Fungsi probabilitas waktu antara bis TMB dengan Distribusi Gamma ditunjukkan pada persamaan 6. Nilai α (parameter bentuk) dan β (parameter skala) didapat dari hasil keluaran perangkat lunak Minitab. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa rata-rata waktu antara bis TMB dengan data satu minggu penuh adalah sebesar 27 menit dengan simpangan baku sebesar 12 menit. Gambar 4 menyajikan bentuk distribusi gamma pada histogram waktu antara bis TMB dalam satu minggu.

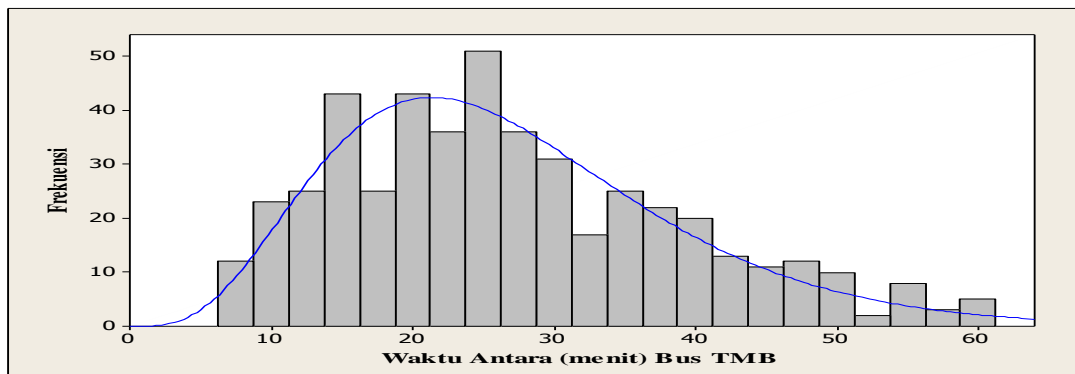
$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} = \frac{1}{625 \int_0^\infty x^{3,83} e^{-x} dx} x^{3,83} e^{-\frac{x}{5,58}}, & \text{untuk } x \geq 0 \\ 0, & \text{untuk } x \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$\Gamma(4,83) = \int_0^\infty x^{3,83} e^{-x} dx \quad (7)$$

$$\mu = \alpha\beta = 27,00 \quad (8)$$

$$\sigma = \sqrt{\alpha\beta^2} = 12,00 \quad (9)$$

dengan: $\alpha = 4,83$; $\beta = 5,58$; $x =$ Waktu Antara (menit)



Gambar 4 Distribusi Gamma Waktu Antara Bis TMB untuk Data Satu Minggu

KESIMPULAN

Rata-rata waktu antara bis TMB di setiap halte yang ditinjau, yaitu halte Jln. Cicadas Cicaheum-depan Bank BCA, halte perempatan Jln. Jakarta-depan Stadion Persib, halte depan Kosambi-Pos Giro, dan halte Jln. Asia Afrika Alun Alun-depan Bank Panin adalah sebesar 27 menit. Rata-rata waktu antara dengan data selama satu minggu penuh juga menghasilkan rata-rata sebesar 27 menit dan simpangan baku sebesar 12 menit.

Analisis waktu antara bis TMB dengan data selama satu minggu penuh menunjukkan bahwa pola sebaran waktu antara bis TMB mengikuti Distribusi Gamma dengan rata-rata waktu antara sebesar 27 menit dengan simpangan baku sebesar 12 menit. Hasil analisis menunjukkan bahwa pola sebaran waktu antara bis TMB memiliki distribusi yang sama, baik untuk setiap halte yang ditinjau maupun untuk data selama satu minggu penuh. Pola sebaran waktu antara bis TMB cocok dengan Distribusi Gamma.

DAFTAR PUSTAKA

- Ang, A. H-S. dan Tang, W. H. 2007. *Probability Concepts in Engineering: Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering*. 2nd Ed., John Willey & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey.
- Arief, D. dan Tejokusumo, A. 2004. *Strategi Mobilitas Komprehensif dalam Reformasi Sistem Transportasi DKI Jakarta (Konsepsi dan Rentang Opsi)*. Seminar Transportasi Nasional, Pengaruh Keberadaan JOR, Busway, dan Monorail, Jurusan Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan-HPJI, Jakarta.
- Dinas Perhubungan Kota Bandung. 2013. *Trans Metro Bandung (Pengoperasian dan Pengembangan)*. Pemerintah Kota Bandung Dinas Perhubungan, Bandung.

- Skinner, E. R. 2003. *Transportation Research Board*. TCRP Report 88: A Guidebook for Developing a Transit Performance-Measurement System, The Federal Transit Administration, Washington D.C.
- Tann, H. 2009. *Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-Making*. Transportation Program Specialist Federal Transit Administration Office of Research, Demonstration and Innovation, Washington D.C.
- Richter, M., Ilzig, K., dan Rudnicki, A. 2009. *Models for The Bus Headway Distribution in The Flow Behind A Traffic Signal*. 18th International Conference on The Application of Computer Science and Mathematics in Architecture and Civil Engineering, Weimar.
- Wright, L. 2007. *Bus Rapid Transit Planning Guide*. Institute for Transportation and Development Policy. New York, NY.
- Zala, L. B. 2011. *Headway Distribution for NH-8 Traffic at Vagashi Village Location*. National Conference on Recent Trends in Engineering and Technology. Civil Engineering Department, Birla Vishvakarma Mahavidyalaya Engineering College, Gujarat.