

WAKTU TUNGGU PENUMPANG BUS TRANS METRO BANDUNG

Raden Hudrian Rahmadiensyah

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Katolik Parahyangan
Jln. Ciumbuleuit 94, Bandung
Telp: (022) 545675
hudrianr@gmail.com

Tri Basuki Joewono

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Katolik Parahyangan
Jln. Ciumbuleuit 94, Bandung
Telp: (022) 545675
vftribas@yahoo.com

Abstract

Waiting time is one factor that affects the quality of service of bus system. The longer the waiting time experienced by passengers, the lower level of satisfaction of Bus Rapid Transit passenger received. The purpose of this study is to analyze passenger waiting time and to analyze the effect of headway to the passenger waiting time distribution of Trans Metro Bandung bus route 2. Data analysis shows that the waiting time of passengers based on one week data fits with exponential distribution with an average value as much as 12.56 minutes. Analysis also shows that the waiting time of passengers at any headway group fit with Weibull distribution. Comparison of passenger waiting time among headway intervals have no significant difference.

Keywords: *Bus Rapid Transit, Trans Metro Bandung, Passenger Waiting Time, Headway*

Abstrak

Waktu tunggu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas pelayanan sistem bus. Semakin lama waktu tunggu yang dialami oleh penumpang, maka semakin rendah tingkat kepuasan penumpang. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis distribusi waktu tunggu penumpang bus Trans Metro Bandung rute 2 serta menganalisis pengaruh waktu antara terhadap distribusi waktu tunggu penumpang Trans Metro Bandung rute 2. Hasil analisis menunjukkan bahwa data waktu tunggu penumpang berdasarkan data selama satu minggu mengikuti distribusi eksponensial dengan nilai rata-rata 12,56 menit. Analisis menunjukkan pula bahwa data waktu tunggu penumpang pada setiap kelompok waktu antara bus mengikuti jenis distribusi Weibull. Perbandingan waktu tunggu penumpang berdasarkan interval waktu antara tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Kata-kata Kunci: *Bus Rapid Transit, Trans Metro Bandung, Waktu Tunggu Penumpang, Waktu Antara*

PENDAHULUAN

Sistem *Bus Rapid Transit* diciptakan untuk dapat diaplikasikan di berbagai macam lingkungan (Thomas, 2001). Trans Metro Bandung adalah salah satu sistem *Bus Rapid Transit* yang diterapkan di kota Bandung untuk mengatasi kemacetan (Warpani, 2009), walaupun belum memenuhi seluruh persyaratan *Bus Rapid Transit*. Banyak faktor yang mempengaruhi keandalan suatu sistem *Bus Rapid Transit*, diantaranya adalah biaya, keamanan, kenyamanan dan waktu perjalanan (Skinner et al., 1999). Waktu perjalanan, termasuk waktu tunggu penumpang di stasiun bus, adalah salah satu hal penting dalam pengukuran kualitas transportasi publik sebagai alternatif dari mobil pribadi (Salek dan Machemehl, 1999). Waktu tunggu adalah waktu antara kedatangan penumpang di tempat pemberhentian dan waktu keberangkatan penumpang setiap unit angkutan (Vuchic, 2005). Di negara maju, waktu tunggu rata-rata harus dalam rentang 5 menit hingga 10 menit atau maksimal 10 menit hingga 20 menit (Meakin, 2001). Waktu tunggu dipengaruhi oleh banyak hal, diantaranya adalah *headway* atau waktu antara (Ceder, 2007).

Penelitian mengenai waktu tunggu penumpang sudah pernah dilakukan, namun belum banyak dilakukan di Indonesia. Small et al. (2005) membahas distribusi pengendara untuk waktu perjalanan dan keandalan di California yang dilakukan pada sistem jalan tol. Pada studi tersebut data waktu tunggu digunakan untuk mencari distribusi waktu perjalanan yang kemudian digunakan untuk mengetahui keandalan. Salek dan Machemehl (1999) membahas karakteristik penumpang bus berdasarkan waktu tunggu di Texas. Waktu tunggu pada penelitian tersebut digunakan untuk mencari model matematika dan karakteristik penumpang pada sistem angkutan bus. Persepsi waktu tunggu penumpang di halte berupa hasil empiris dan dampak dari informasi waktu kedatangan dibahas oleh Mishalani dan McCord (2006) pada sistem angkutan bus di kota Chicago. Mishalani dan McCord melakukan perbandingan prediksi waktu tunggu dengan waktu tunggu yang sebenarnya. Ohmori et al. (2001) melakukan penelitian mengenai lamanya waktu tunggu dan kegiatan yang dilakukan selama menunggu di halte lalu digunakan untuk mengetahui hubungan antara perilaku penumpang dan waktu tunggu yang dialami di Tokyo.

Waktu tunggu penumpang merupakan salah satu variabel penting untuk menentukan kualitas dari pelayanan sistem bus. Studi mengenai waktu tunggu diperlukan untuk menjadi dasar penyusunan jadwal dari sistem Bus Rapid Transit, agar waktu tunggu yang dialami oleh penumpang tidak terlalu lama. Studi mengenai waktu tunggu penumpang berdasarkan waktu antara bus perlu dilakukan agar dapat diketahui besar pengaruh dari waktu antara terhadap waktu tunggu. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis distribusi waktu tunggu penumpang bus Trans Metro Bandung dan menganalisis distribusi waktu tunggu penumpang menurut klasifikasi waktu antara bus.

WAKTU TUNGGU PENUMPANG

Waktu perjalanan total sering dideskripsikan sebagai bagian kendaraan dan waktu akses komponen-komponen perjalanan penumpang. Waktu akses penumpang dari tempat asal ke tujuan termasuk waktu tunggu penumpang di halte bus dan waktu perjalanan ke dan dari stasiun atau waktu berhenti (Salek dan Machemehl, 1999).

Waktu tunggu merupakan hal yang tidak diinginkan oleh penumpang, karena waktu tunggu menambah waktu perjalanan dan seringkali waktu tunggu dianggap sebagai waktu yang hilang. Dalam banyak situasi perjalanan di perkotaan, nilai waktu tunggu lebih besar dari nilai waktu di dalam kendaraan. Hal itu disebabkan oleh tidak produktifnya waktu tunggu (Salek dan Machemehl, 1999).

Waktu tunggu penumpang dapat diartikan sebagai fungsi dari waktu antara (*headway*) dan keandalan. Kebijakan konvensional menyatakan bahwa waktu tunggu sama dengan setengah besarnya rata-rata waktu antara, jika waktu antara yang dimiliki kurang dari 15 menit (Ceder, 2007). Berbagai studi secara konsisten telah menunjukkan bahwa rata-rata waktu tunggu cenderung meningkat sebagai bagian waktu antara yang diharapkan, terutama jika waktu antara lebih dari 30 menit (Salek dan Machemehl, 1999).

Beberapa distribusi mengenai waktu tunggu dan waktu antara dapat dilihat pada Gambar 1 yang dibagi dalam dua bagian. Bagian A menjelaskan distribusi power pada waktu antara

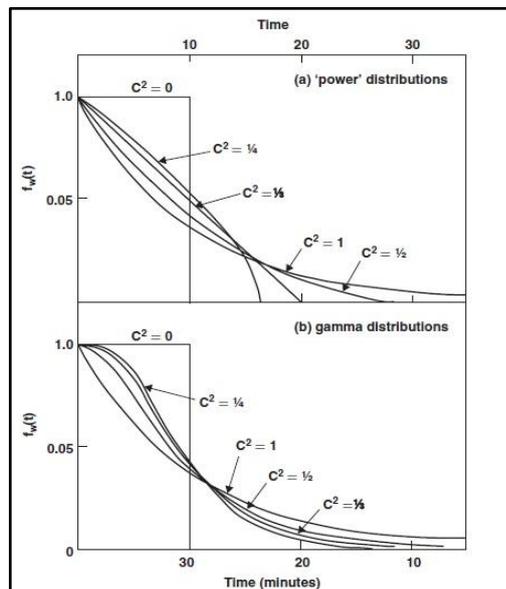
untuk rata-rata waktu antara sebesar 10 menit dan pengukuran tingkat keandalan berdasarkan nilai C^2 sebesar 0, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, dan 1. Bagian B menunjukkan nilai waktu antara berdasarkan distribusi *gamma* untuk nilai C^2 yang sama dengan bagian A. Untuk keadaan ekstrim, C^2 sebesar 0 dan C^2 sebesar 1, kedua bagian menunjukkan kurva yang identik karena nilai-nilai C^2 harus sesuai untuk menentukan kasus waktu antara dan waktu antara eksponensial. Untuk C^2 sebesar 0, keseragaman nilai distribusi waktu tunggu dapat ditentukan. Penjelasan lebih lengkap dapat dilihat pada persamaan (1) (Ceder, 2007).

$$f_w(t) = \frac{\int_t^{\infty} f_H(u) du}{E(H)} = \frac{F_H(t)}{E(H)} = F \cdot FH(t) \quad (1)$$

dengan:

- F = Frekuensi pelayanan (tingkat kedatangan kendaraan)
- $f_w(t)$ = Waktu tunggu
- E(H) = Rata-rata waktu antara
- FH(t) = Distribusi kumulatif dari waktu antara
- $f_H(u)$ = Fungsi dari Waktu Antara
- $F_H(t)$ = 1-FH(t)

Dari grafik distribusi power dan distribusi gamma yang telah disebutkan, dapat dilihat bahwa semakin lama waktu tunggu yang dialami, maka tingkat keandalannya akan semakin menurun dengan nilai C^2 yang semakin tinggi (Ceder, 2007).



(a) Distribusi power; (b) Distribusi gamma untuk rata-rata waktu antara 10 menit dan nilai C^2 yang berbeda

Gambar 1 Beberapa Distribusi Waktu Tunggu (Ceder, 2007)

Tabel 1 merupakan rangkuman beberapa studi mengenai hubungan waktu tunggu dengan waktu antara beserta jenis hubungan fungsi yang terjadi. Terdapat berbagai jenis hubungan yang berbeda berdasarkan waktu antara yang terjadi pada studi yang telah dilakukan, seperti fungsi linear, kuadrat, dan *piecewise-linear*.

Tabel 1 Jenis Hubungan Antara Waktu Tunggu dengan Waktu Antara (Luethi et al., 2006)

Studi/Kota	Waktu antara minimum dengan kedatangan non-random	Jenis hubungan yang terjadi antara waktu tunggu dengan waktu antara
<i>Weber, Stuttgart, 1966</i>	±7 menit	-
<i>O'Flaherty, Leeds, 1970</i>	5 menit (waktu sibuk)	Linear
	12 menit (waktu tidak sibuk)	Linear
<i>Seddon, Manchester, 1974</i>	7,5 menit	Quadratic
<i>Jolliffe, London, 1975</i>	12 menit	Linear
<i>Braendli, Zurich, 1981</i>	6 menit (waktu sibuk)	Piecewise-linear

METODE

Metode survei yang digunakan adalah pengamatan langsung waktu tunggu penumpang pada halte Trans Metro Bandung rute 2. Pada penelitian ini, data waktu tunggu penumpang dan waktu antara bus akan diklasifikasikan berdasarkan hari. Setelah dilakukan analisis terhadap waktu tunggu penumpang, kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui pengaruh waktu antara bus terhadap distribusi waktu tunggu penumpang.

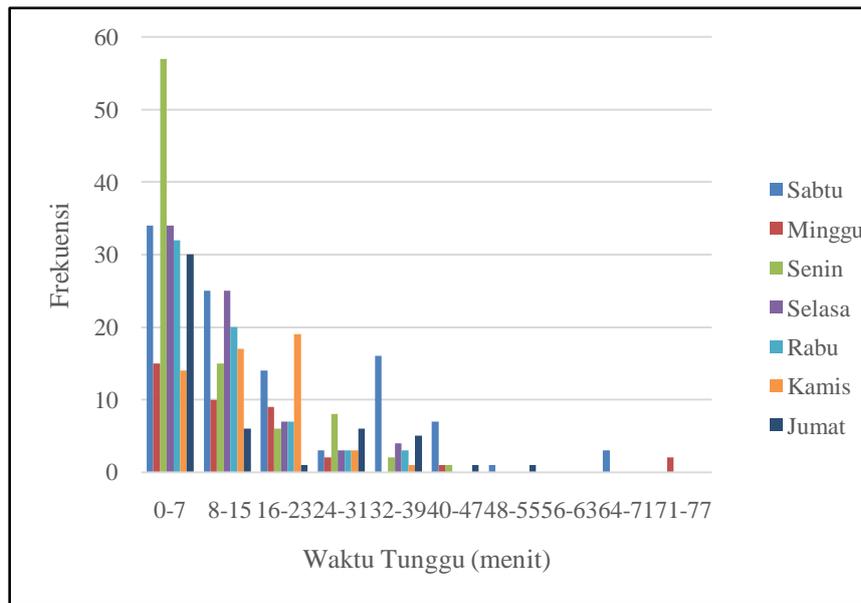
Data hasil pengamatan waktu tunggu penumpang merupakan data primer, sedangkan data sekunder yang dipakai adalah data lokasi halte dan data waktu antara Trans Metro Bandung rute 2. Metode analisis yang digunakan untuk menganalisis bentuk distribusi adalah pengujian kebaikan suai dengan menggunakan uji Anderson Darling (AD) untuk mengetahui kecocokan jenis distribusi waktu tunggu penumpang. Distribusi Weibull, gamma, johnson dan eksponensial akan digunakan dalam analisis. Dikarenakan statistik AD dinyatakan dalam logaritma dari probabilitas, maka nilai AD akan mendapat banyak kontribusi dari ekor distribusi. Nilai kritis pada uji AD untuk tingkat signifikansi yang diberikan tergantung pada bentuk distribusi dan nilai AD dipengaruhi oleh ukuran sampel (Ang dan Tang, 2007).

ANALISIS

Analisis Waktu Tunggu Penumpang

Waktu tunggu penumpang yang akan dianalisis adalah waktu tunggu yang dialami penumpang pada suatu waktu antara bus tertentu. Gambar 2 menunjukkan histogram waktu tunggu penumpang yang terjadi di hari Senin sampai dengan hari Minggu. Waktu tunggu penumpang yang paling lama terjadi selama 77 menit di hari Minggu.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penumpang bus Trans Metro Bandung rute 2 yang mengalami waktu tunggu kurang dari 5 menit adalah sebanyak 34,55%. Penumpang yang mengalami waktu tunggu antara 5 menit dan 10 menit sebanyak 20,1%, serta penumpang yang mengalami waktu tunggu lebih dari 20 menit adalah sebanyak 20,3%. Untuk proporsi paling sedikit adalah waktu tunggu antara 15 menit sampai 20 menit dengan 8,4%. Rata-rata waktu tunggu yang dialami penumpang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Waktu Tunggu Penumpang Selama Satu Minggu

Rata-rata waktu tunggu yang dialami penumpang selama satu minggu adalah 12,56 menit. Penumpang bus Trans Metro Bandung rute 2 pada hari Sabtu menunggu bus dengan rata – rata sekitar 18,5 menit. Waktu tunggu terendah yang dialami penumpang terjadi pada hari Senin dan Rabu dengan rata – rata selama 8 menit. Untuk penjelasan waktu tunggu secara deskriptif lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

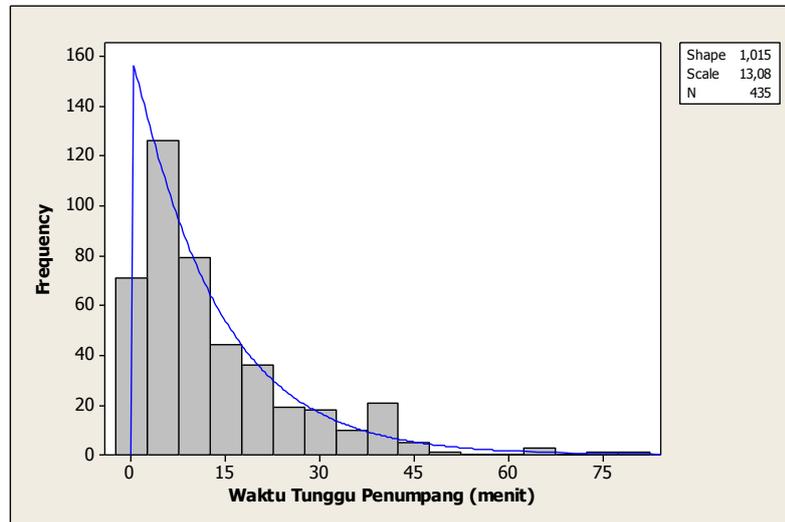
Tabel 1 Deskripsi Statistik Waktu Tunggu Penumpang Setiap Hari

Hari	median	Mode	Rata-Rata	Max	Min	Deviasi Standar
Sabtu	12,967	19,233	18,492	66,200	0,050	16,107
Minggu	11,233	3,450	15,172	77,933	1,733	17,095
Senin	4,583	3,183	8,558	44,283	0,067	9,358
Selasa	8,442	2,933	9,644	37,667	0,167	9,454
Rabu	6,575	2,883	8,020	40,567	0,633	6,945
Kamis	14,692	23,100	14,408	34,150	0,533	8,565
Jumat	7,183	7,183	13,609	49,317	0,417	12,792

Dengan menggunakan analisis statistik uji Anderson Darling didapatkan bahwa jenis distribusi dari waktu tunggu penumpang yang cocok adalah distribusi eksponensial. Nilai *p-value* yang didapat dari distribusi eksponensial adalah 0,640 dimana nilai *p-value* lebih besar dari 0,05.

Gambar 3 dan Tabel 2 menunjukkan hasil analisis uji kebaikan sesuai dengan metode Anderson Darling pada data waktu tunggu penumpang. Nilai statistik uji Anderson-Darling

digunakan untuk mengetahui seberapa baik data mengikuti distribusi tertentu. Semakin kecil nilai AD, maka semakin baik tingkat kecocokan jenis distribusi dengan data yang dimiliki. Pada analisis jenis distribusi yang dilakukan, nilai AD yang terkecil didapat pada jenis distribusi eksponensial.



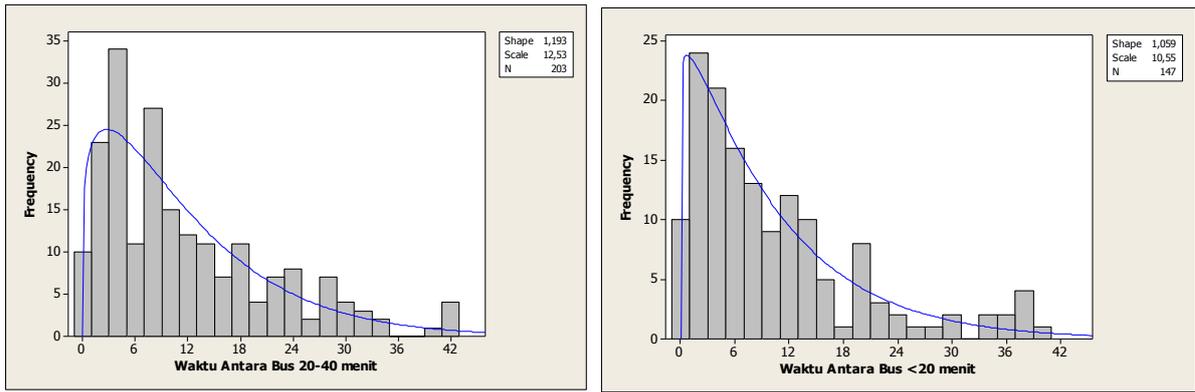
Gambar 3 Histogram Distribusi Waktu Tunggu Penumpang

Tabel 2 Hasil Uji Jenis Distribusi Waktu Tunggu Penumpang

Goodness-of-fit test	AD	<i>p-value</i>
Box-Cox Transformation	0,492	0,217
Exponensial	0,401	0,640
Weibull	0,417	0,250
Gamma	0,433	0,250

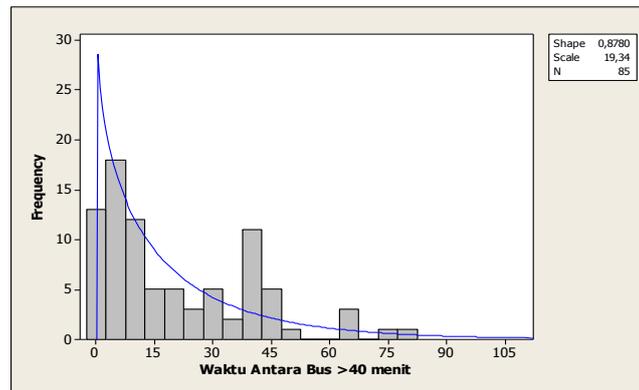
Pengaruh Waktu Antara Bus Terhadap Distribusi Waktu Tunggu Penumpang

Waktu tunggu penumpang dibagi dalam kelompok waktu antara bus, yaitu kurang dari 20 menit, 20-40 menit, dan lebih dari 40 menit. Gambar 4 menunjukkan histogram dari waktu tunggu penumpang berdasarkan kelompok waktu antara bus. Tabel 3 menunjukkan deskripsi statistik dari ketiga kelompok waktu antara bus yang memperlihatkan bahwa semakin lama waktu kedatangan bus maka semakin lama waktu tunggu yang akan dialami penumpang. Sebaran data waktu tunggu terbesar terjadi pada waktu antara bus lebih dari 40 menit.



a. Waktu Antara Bus Kurang dari 20 menit

b. Waktu Antara Bus 20 – 40 menit



c. Waktu Antara Bus Lebih dari 40 menit

Gambar 4 Histogram Waktu Tunggu Penumpang Berdasarkan Waktu Antara

Tabel 3 Deskripsi Statistik Waktu Tunggu Penumpang Berdasarkan Kelompok Waktu Antara Bus

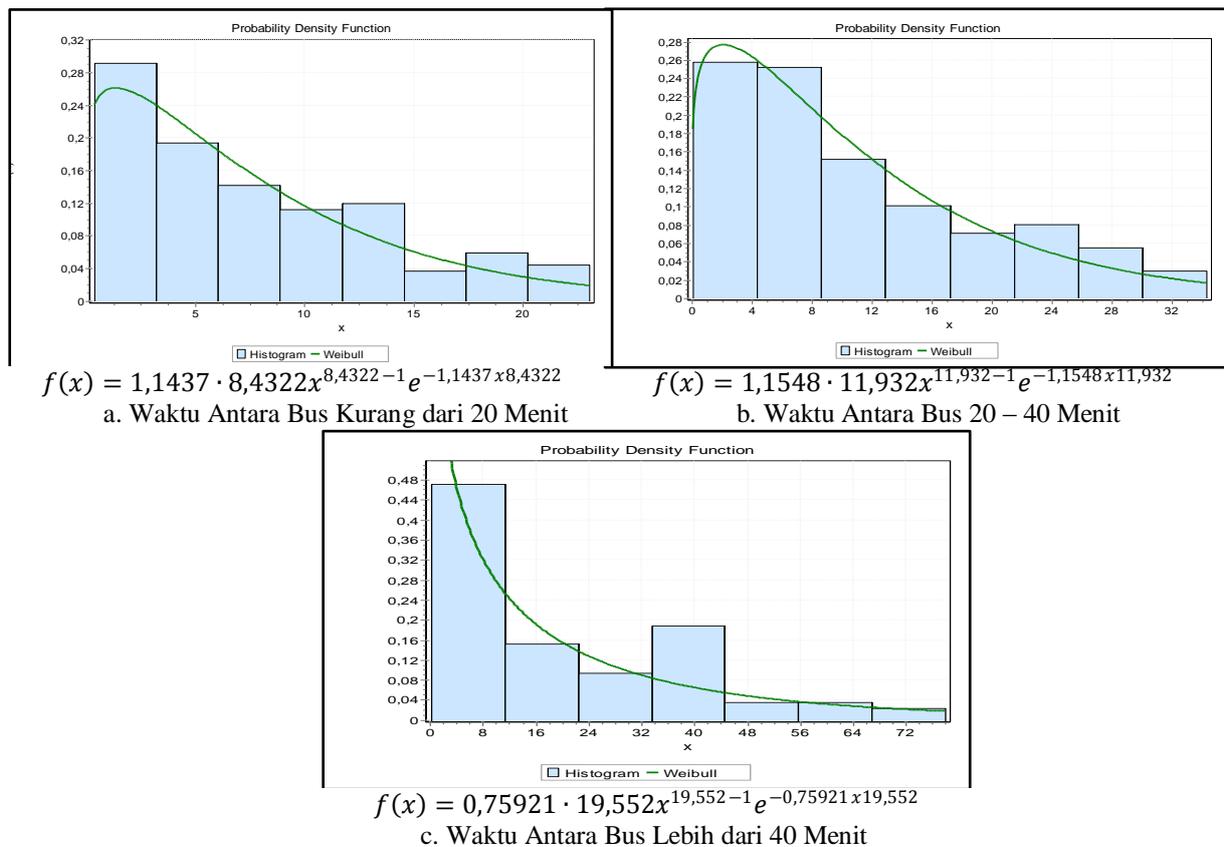
Kelompok Waktu Antara Bus	Mean (menit)	Median (menit)	Deviasi Standar
<20 menit	10,316	8,317	9,664
20-40 menit	11,806	8,8	9,724
>40 menit	20,5	12,43	19,68

Dari ketiga interval waktu antara bus tersebut, selanjutnya dilakukan analisis jenis distribusi dari waktu tunggu penumpang berdasarkan interval waktu antara bus dengan metode uji statistik Anderson Darling. Hasil dari analisis jenis distribusi waktu tunggu penumpang berdasarkan interval waktu antara dapat dilihat pada Tabel 4. Tabel tersebut menunjukkan nilai AD dan *p-value* dari setiap interval waktu antara bus. Dari kedua nilai tersebut, data waktu tunggu penumpang pada interval waktu antara kurang dari 20 menit, antara 20-40 menit, dan waktu antara lebih dari 40 menit, mengikuti jenis distribusi Weibull.

Gambar 5 menunjukkan fungsi kepadatan peluang pada setiap histogram masing-masing data. Berdasarkan analisis uji kebaikan suai, data waktu tunggu pada setiap kelompok waktu antara bus tidak memiliki perbedaan. Pada kelompok waktu antara bus kurang dari 20 menit, antara 20-40 menit, dan lebih dari 40 menit memiliki distribusi yang sama.

Tabel 4 Hasil Uji Jenis Distribusi Waktu Tunggu Penumpang Berdasarkan Interval Waktu Antara Bus

Jenis Distribusi	Waktu Antara <20 menit		Waktu Antara 20-40 menit		Waktu Antara >40 Menit	
	Nilai AD	<i>p-value</i>	Nilai AD	<i>p-value</i>	Nilai AD	<i>p-value</i>
Box-Cox Transformation	3,199	0,005	5,822	0,005	0,869	0,025
Exponensial	1,671	0,02	2,59	0,003	1,851	0,013
Weibull	1,111	0,1	0,58	0,145	0,819	0,110
Gamma	1,163	0,007	0,6	0,146	0,863	0,035



Gambar 5 Fungsi Kepadatan Peluang Pada Kelompok Waktu Antara Bus

KESIMPULAN

Studi ini menemukan bahwa jenis distribusi dari data gabungan waktu tunggu penumpang Trans Metro Bandung rute 2 selama satu minggu adalah distribusi eksponensial dengan nilai rata-rata sebesar 12,646 menit. Waktu tunggu penumpang paling lama dialami pada hari Minggu selama 78 menit dan paling cepat dialami pada hari Sabtu selama 1 menit. Rata-rata waktu tunggu penumpang setiap hari paling lama terjadi pada hari Sabtu selama 18 menit dan rata-rata waktu tunggu penumpang paling cepat terjadi pada hari Rabu dan Senin selama 8 menit.

Hasil analisis menunjukkan bahwa jenis distribusi untuk waktu tunggu penumpang pada waktu antara bus interval kurang dari 20 menit, antara 20-40 menit, dan lebih dari 40 menit berjenis distribusi Weibull. Analisis menunjukkan, ketiga data waktu tunggu penumpang berdasarkan interval waktu antara tidak memiliki perbedaan distribusi.

Informasi dari hasil penelitian ini dapat digunakan untuk merancang rencana operasi dari Trans Metro Bandung rute 2 serta jumlah armada yang dibutuhkan agar waktu tunggu tidak lebih dari 30 menit. Saat ini Trans Metro Bandung memiliki rencana waktu antara bus sebesar 20 menit, namun pada prakteknya masih ada bus yang memiliki waktu antara lebih dari 20 menit. Dengan informasi ini pula dapat disusun optimalisasi rencana operasi agar didapat hasil yang optimal antara jumlah bus, jumlah penumpang, waktu antara, dan waktu operasi.

REFERENSI

- Ang, A.H-S. dan Tang, W.H., 2007, *Probability Concepts in Engineering: Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering* 2nd ed., John Wiley & Sons Inc., Hoboken, Nj
- Ceder, A. 2007, *Public Transit Planning and Operation Theory, modelling and practice.* Civil and Environmental Faculty, Transportation Research Institute, Technion – Israel Institute of Technology, Haifa
- Levinson, H. S., Zimmerman, S., Clinger, J., dan Rutherford, C. S. 2002, *Bus Rapid Transit, vol.1: Case Studies in Bus Rapid Transit.* TRCP Report 90. Washington, D.C.: Transportation Research Board
- Luethi, M., Weidmann, U., dan Nash, A. 2006, *Passenger Arrival Rates at Public Transport Stations.* Institute for Transport Planning and Systems, ETH Zurich, Zurich
- Meakin, R. 2001, *Regulasi dan Perencanaan Bus Modul 3c Transportasi Berkelanjutan: Panduan Bagi Pembuat Kebijakan di Kota-kota Berkembang.* Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ), Eschborn
- Mishalani, R. G. dan McCord, M.M. 2006, *Passenger Wait Time Perceptions at Bus Stop: Empirical Result and Impact on Evaluating Real-Time Bus Arrival Information.* Journal of Public Transportation, vol. 9, no.2
- Nasrulloh, M. 2010, *Sistem Bus Rapid Transit di Jakarta: Integrasi Perkotaan dan Dampak Lingkungan.* Universitas Indonesia, Jakarta
- Nolan, R. B. dan Small, Kenneth A. 1995, *Travel Time Uncertainty, Departure Time Choice, and Cost of the Morning Commute.* Department of Economics and Institute of Transportation Studies University of California, Irvine
- Ohmori, N., Hirano, T., Harata, N., dan Ohta, K. 2001, *Passenger's Waiting Behavior at Bus Stop.* The University of Tokyo, Tokyo
- Safar, G. 2009, *Goodness of Fit.* (Online), (exponensial.wordpress.com, diakses 14 Februari 2014)
- Salek, M. dan Machemehl, R. B. 1997, *Characterizing Bus Transit Passenger Waiting Time.* Center for Transportation Research University of Texas, Austin

- Transportation Research Board. 1999, Transit Capacity and Quality of Service Manual, 2nd Edition. Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C.
- Vuchic, V. R. 2005, Urban Transit : Operations, Planning, and Economics. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey
- Warpani, S. P. 2009, Trans Metro Bandung. (Online), (www.pikiran-rakyat.com, diakses 15 Juli 2013)
- Wright, L. 2002, Bus Rapid Transit. Sustainable Transport. Federal Ministry of Economic Cooperation and Development, Eschborn