

# OPTIMASI HEADWAY DAN KECEPATAN BUS: STUDI KASUS PENGOPERASIAN TRANSJAKARTA KORIDOR 1

SURYANI, L.<sup>1)</sup>, A. AMAN<sup>2)</sup>, SUPRIYO, P.T.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Matematika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Pertanian Bogor  
Jl Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

<sup>2)</sup>Departemen Matematika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Pertanian Bogor  
Jl Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

**Abstrak:** *Bus Rapid Transit* (BRT) merupakan salah satu solusi masalah transportasi di daerah urban dengan sistem transportasi massal yang canggih dan terjadwal dengan baik. Sistem transportasi massal tersebut menggunakan bus dengan infrastruktur jalan yang khusus. Tulisan ini memberikan model optimasi untuk menentukan *headway* dan kecepatan bus yang optimal guna meningkatkan pelayanan kualitas pengoperasian bus. Secara spesifik, fungsi tujuan pada model optimasi yang dibangun adalah meminimumkan rata-rata waktu tunggu penumpang. Model optimasi tersebut merupakan suatu model *linear programming*. Hasil numerik untuk kasus pengoperasian Transjakarta koridor 1 menunjukkan bahwa *headway* yang diperkecil dan kecepatan yang diperbesar akan mengurangi nilai rata-rata waktu tunggu penumpang. Selain itu juga, *headway* yang diperbesar dan kecepatan yang diperkecil menyebabkan terjadinya peningkatan penumpang yang menunggu pada beberapa *shelter*.

**Kata kunci:** *headway*, kecepatan, *Bus Rapid Transit*, *Linear Programming*

## 1. PENDAHULUAN

Urbanisasi merupakan proses meningkatnya penduduk yang bermukim di daerah perkotaan. Urbanisasi menyebabkan terjadinya kepadatan penduduk. Salah satu akibat dari kepadatan penduduk ini adalah masalah transportasi.

Menurut Sun *et al.* (2008), pada daerah urbanisasi, transportasi umum mempunyai penjadwalan yang dikendalikan pada terminal bus. Transportasi umum sering datang pada halte pemberhentian secara tidak pasti, kualitas yang tidak stabil, dan daya tarik yang rendah. Saat ini, beberapa negara telah mengembangkan sistem transportasi baru di daerah urbanisasi untuk memenuhi kebutuhan transportasi umum yakni dengan mengoperasikan *bus rapid transit*.

*Bus rapid transit* (BRT) merupakan sistem transportasi canggih yang menggunakan alat transportasi bus dengan infrastruktur jalan yang khusus. BRT mampu mengakomodasi kebutuhan para penumpang mulai dari kalangan pelajar, pekerja maupun masyarakat umum. Salah satu kendala dalam pengoperasian BRT ialah keterlambatan kedatangan bus yang menyebabkan penumpang harus menunggu datangnya bus sehingga terjadi peningkatan antrean penumpang pada *shelter*. Selain itu, keterlambatan kedatangan bus ini menyebabkan penumpukan penumpang di dalam bus karena kapasitas bus melebihi semestinya. Hal ini dapat menyebabkan berkurangnya kualitas pelayanan kepada penumpang.

Sehubungan dengan hal tersebut, penulis mengusulkan untuk membangun model matematika dalam meminimumkan rata-rata waktu tunggu penumpang dan peningkatan penumpang yang menunggu serta menghindari terjadinya penumpukan penumpang dalam bus. Dalam mencapai tujuan tersebut dilakukan optimasi *headway* (selisih waktu keberangkatan antarbus) pada titik awal keberangkatan dan optimasi kecepatan bus pada model matematika yang dibangun.

## 2. MODEL OPTIMASI BUS RAPID TRANSIT

Tulisan ini akan membahas pengoperasian BRT dengan melakukan optimasi *headway* dan kecepatan. Model optimasi ini akan meminimumkan nilai rata-rata waktu tunggu penumpang sebagai fungsi objektif. Beberapa asumsi yang digunakan dalam membangun model optimasi, antara lain:

- a. jumlah bus, *shelter* dalam satu koridor diketahui,
- b. kapasitas bus dan waktu tinggal bus saat berhenti diketahui,
- c. jarak antar *shelter* diketahui,
- d. tingkat kedatangan penumpang pada setiap *shelter* seragam pada setiap periode.

### 2.1 Indeks dan Himpunan:

- $i$  = bus ke  $-i$ ,  $i=1,2, \dots, m$ ,
- $j$  = *shelter* ke- $j$ ,  $j=1,2, \dots, n$ ,
- $k$  = *shelter* ke- $k$ ,  $k = 1,2, \dots, n$ ,
- $M$  = himpunan bus,
- $N$  = himpunan *shelter*.

### 2.2 Parameter: Parameter yang digunakan antara lain:

- $h$  = *headway* awal (selisih waktu keberangkatan antarbus dari titik awal keberangkatan) antara bus  $i-1$  dan  $i$  dalam satuan menit,
- $T$  = lamanya bus berhenti pada suatu *shelter* dalam satuan menit,

- $v_i$  = kecepatan bus  $i$  dalam satuan km/menit,  
 $D_i$  = kapasitas maksimal bus  $i$ ,  
 $l_{j-1,j}$  = jarak antara *shelter*  $j-1$  dan  $j$  dalam satuan km,  
 $r_{j,k}$  = tingkat kedatangan penumpang dari *shelter*  $j$  ke  $k$ ,  $1 \leq j < k \leq n$ ,  
 dalam satuan orang/menit,  
 $m$  = banyaknya bus yang dioperasikan,  
 $n$  = banyaknya *shelter* yang dilayani.

**2.3 Variabel Keputusan:** Variabel keputusannya antara lain:

- $h_{i,j}$  = *headway* antara bus  $i-1$  dan  $i$  pada *shelter*  $j$ ,  
 $t_{i,j}$  = waktu tempuh bus  $i$  antara *shelter*  $j-1$  dan  $j$  dalam satuan menit,  
 $A_{i,j}$  = banyaknya penumpang yang turun dari bus  $i$  pada *shelter*  $j$ ,  
 $B_{i,j}$  = banyaknya penumpang yang naik bus  $i$  pada *shelter*  $j$ ,  
 $L_{i,j}$  = banyaknya penumpang di dalam bus  $i$  pada *shelter*  $j$ ,  
 $r_j$  = tingkat kedatangan penumpang pada *shelter*  $i$ .  
 $W_{i,jk}$  =  $\begin{cases} \text{banyaknya penumpang yang naik bus } i \text{ dari } \textit{shelter } j \text{ ke } \textit{shelter } k \text{ dengan } j < k, \\ \text{banyaknya penumpang yang turun dari bus } i \text{ pada } \textit{shelter } j \text{ dari } \textit{shelter } k \text{ dengan } k < j, \end{cases}$   
 $S_{i,j}$  = banyaknya penumpang yang menunggu karena tidak terbawa oleh bus  $i$  pada *shelter*  $j$ ,  
 $S_{i,jk}$  = banyaknya penumpang yang menunggu karena tidak terbawa oleh bus  $i$  pada *shelter*  $j$  ke *shelter*  $k$  dengan  $j < k$ ,  
 $SS_{i,j}$  = banyaknya penumpang bayangan yang menunggu karena tidak terbawa oleh bus  $i$  pada *shelter*  $j$ ,  
 $z$  = rata-rata waktu tunggu penumpang dalam satuan menit.

**2.4 Fungsi Objektif:** Fungsi objektif dalam masalah ini adalah meminimumkan rata-rata waktu tunggu penumpang. Rata-rata waktu tunggu penumpang merupakan jumlah dari rata-rata waktu tunggu penumpang untuk setiap bus  $i$  dibagi dengan banyaknya bus ( $m$ ). Rata-rata waktu tunggu penumpang untuk setiap bus  $i$  diperoleh dari jumlah rata-rata waktu tunggu penumpang pada setiap *shelter*  $j$  dibagi banyaknya *shelter* ( $n$ ).

Waktu tunggu penumpang pada setiap *shelter*  $j$  diperoleh dari penjumlahan banyaknya penumpang yang datang pada *shelter*  $j$  yang dikalikan dengan setengah dari *headway* antara bus  $i-1$  dan  $i$  pada *shelter*  $j$  ( $\frac{h_{i,j}}{2}$ ) dan banyaknya penumpang yang menunggu karena tidak terbawa oleh bus  $i-1$  yang telah melewati *shelter*  $j$  ( $S_{i-1,j}$ ) yang dikalikan dengan *headway* bus  $i$  pada *shelter*  $j$  ( $h_{i,j}$ ) kemudian dibagi dengan banyaknya penumpang yang naik bus  $i$  pada *shelter*  $j$  ( $B_{i,j}$ ). Banyaknya penumpang yang datang pada *shelter*  $j$  diperoleh dari tingkat kedatangan penumpang pada *shelter*  $j$  ( $r_j$ ) dikalikan dengan *headway* antara bus  $i-1$  dan  $i$  pada *shelter*  $j$  ( $h_{i,j}$ ). Tingkat kedatangan penumpang pada *shelter*  $j$  diperoleh dari penjumlahan tingkat kedatangan penumpang dari *shelter*  $j$  ke *shelter*  $k$  yakni:

$$r_j = \sum_{k=j+1}^n r_{j,k}; j \in N; 1 \leq j < k \leq n,$$

sehingga diperoleh formulasi model dari fungsi objektifnya adalah sebagai berikut ini:

$$\min z = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left( \frac{r_{j*} h_{i,j}^2}{2} + S_{i-1,j} * h_{i,j} \right)}{m.n}$$

**2.5 Kendala:** Kendala pada permasalahan pengoperasian BRT dapat digambarkan sebagai berikut ini:

1. Kendala banyaknya penumpang pada bus  $i$  pada *shelter*  $j$ .
  - banyaknya penumpang pada bus  $i$  pada setiap *shelter*  $j$  adalah
 
$$L_{i,j} = L_{i,j-1} + B_{i,j} - A_{i,j}; i \in M; j \in N; \text{ dengan } L_{i,0} = 0,$$
  - banyaknya penumpang yang naik bus  $i$  pada *shelter*  $j$  adalah
 
$$B_{i,j} = \sum_{k=j+1}^n W_{i,jk}; i \in M; j \in N; j < k \leq n$$
 dengan banyaknya penumpang yang naik bus  $i$  pada *shelter*  $j$  ke *shelter*  $k$  adalah
 
$$W_{i,jk} = S_{i-1,jk} + r_{jk} * h_{ij}; i \in M; j \in N; j < k \leq n$$
  - banyaknya penumpang yang turun dari bus  $i$  pada *shelter*  $j$  dari *shelter*  $k$  adalah
 
$$A_{i,j} = \sum_{k=1}^{j-1} W_{i,jk}; i \in M; j \in N; k < j \leq n$$
 dengan banyaknya penumpang yang turun dari bus  $i$  pada *shelter*  $j$  dari *shelter*  $k$  adalah
 
$$W_{i,jk} = S_{i-1,jk} + r_{jk} * h_{ij}; i \in M; j \in N; k < j \leq n$$
  
2. Kendala banyaknya penumpang bayangan yang menunggu karena tidak terbawa oleh bus  $i$  pada *shelter*  $j$ .
 Banyaknya penumpang bayangan yang menunggu karena tidak terbawa oleh bus  $i$  pada *shelter*  $j$  adalah
 
$$Ss_{i,j} = L_{i,j} - D_i; i \in M; j \in N.$$
 Apabila banyaknya penumpang yang naik bus  $i$  pada *shelter*  $j$  lebih besar dari kapasitas maksimal bus  $i$  maka ada penumpang bayangan yang menunggu,
 
$$L_{i,j} > D_i \rightarrow Ss_{i,j} > 0; i \in M; j \in N.$$
 Sedangkan, jika banyaknya penumpang yang naik bus  $i$  pada *shelter*  $j$  lebih kecil atau sama dengan kapasitas maksimal bus  $i$  maka tidak ada penumpang bayangan yang menunggu,
 
$$L_{i,j} \leq D_i \rightarrow Ss_{i,j} = 0; i \in M; j \in N.$$
  
3. Kendala penumpang yang menunggu karena tidak terbawa oleh bus  $i$  pada *shelter*  $j$ .
 Banyaknya penumpang yang menunggu karena tidak terbawa oleh bus  $i$  pada *shelter*  $j$  adalah
 
$$S_{i,j} = Ss_{i,j} - Ss_{i,j-1}; i \in M; j \in N; \text{ dengan } Ss_{i,0} = 0.$$
 Apabila banyaknya penumpang bayangan yang menunggu karena tidak terbawa oleh bus  $i$  pada *shelter*  $j$  lebih dari banyaknya penumpang

bayangan yang menunggu karena tidak terbawa oleh bus  $i$  pada *shelter*  $j-1$  maka ada penumpang yang menunggu,

$$Ss_{i,j} > Ss_{i,j-1} \rightarrow S_{i,j} > 0; i \in M; j \in N.$$

Sebaliknya, jika banyaknya penumpang bayangan yang menunggu karena tidak terbawa oleh bus  $i$  pada *shelter*  $j$  kurang dari atau sama dengan banyaknya penumpang bayangan yang menunggu karena tidak terbawa oleh bus  $i$  pada *shelter*  $j-1$  maka tidak ada penumpang yang menunggu,

$$Ss_{i,j} \leq Ss_{i,j-1} \rightarrow S_{i,j} = 0, i \in M; j \in N$$

dengan banyaknya jumlah penumpang yang menunggu pada *shelter*  $j$  adalah

$$S_{i,j} = \sum_{k=j+1}^n S_{i,jk}, i \in M; j \in N$$

4. Kendala *headway* antara bus  $i-1$  dan  $i$  pada *shelter*  $j$ .

*Headway* antara bus  $i-1$  dan  $i$  pada *shelter* 1 adalah

$$h_{i,1} = h + t_{i,1}; i \in M$$

dan *headway* antara bus  $i-1$  dan  $i$  pada *shelter*  $j+1$  adalah

$$h_{i,j+1} = t_{i,j+1} + T, i \in M; j + 1 \in N$$

dengan waktu tempuh bus  $i$  antara *shelter*  $j-1$  dan *shelter*  $j$  adalah

$$t_{i,j} = \frac{l_{j-1,j}}{v_i}; i \in M; j \in N$$

5. Kendala ketaknegatifan

Kendala yang memastikan bahwa:

- banyaknya penumpang pada bus  $i$  pada *shelter*  $j$  lebih besar atau sama dengan nol,

$$L_{i,j} \geq 0; i \in M; j \in N$$

- banyaknya penumpang yang naik bus  $i$  pada *shelter*  $j$  lebih besar atau sama dengan nol,

$$B_{i,j} \geq 0; i \in M; j \in N$$

- banyaknya penumpang yang turun dari bus  $i$  pada *shelter*  $j$  lebih besar sama atau dengan nol,

$$A_{i,j} \geq 0; i \in M; j \in N$$

### 3. SIMULASI MODEL

Model diimplementasikan pada kasus pengoperasian Transjakarta Koridor 1 arah Kota - Blok M seperti yang tertera pada Gambar 1 untuk periode *peak hour* (jam sibuk) pagi hari (06.00-08.30 WIB). Banyaknya bus yang dioperasikan adalah 31 bus yang akan melayani 20 *shelter*. Pengujian model ini menggunakan 6 simulasi dengan parameter *headway* dan kecepatan yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan kombinasi nilai *headway* 1 menit, 1 menit 20 detik, dan 2 menit dengan kecepatan 1 km/menit, dan 0.833 km/menit. Jarak dan tingkat kedatangan penumpang untuk arah Blok M – Kota dan sebaliknya digambarkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.



**Gambar 1.** Koridor 1 Arah Kota – Blok M

**Tabel 1.** Tingkat kedatangan penumpang arah Blok M-Kota pada *peak hour pagi*

Halte Asal - Halte Tujuan	Jarak (Km)	Pukul 06.00-08.30 WIB
Blok M – Masjid Agung	1.39	22.57778
Masjid Agung - Bunderan Senayan	0.73	27.02222
Bunderan senayan - Gelora Bung Karno	1.55	30.24444
Gelora Bung Karno - Polda Metro Jaya	0.51	31.66666
Polda Metro Jaya - Bendungan Hilir	0.8	36.46666
Bendungan Hilir - Karet	0.45	40.02222
Karet - Setia Budi	0.58	43.04444
Setia Budi - Dukuh Atas	0.44	46.06666
Dukuh Atas - Tosari	0.44	53.35556
Tosari - Bunderan HI	0.59	52.28888
Bunderan HI - Sarinah	0.63	50.86666
Sarinah -BI	0.59	47.48888
BI- Monas	0.73	45.88888
Monas -Harmoni	1.1	43.75556
Harmoni - Sawah Besar	0.63	43.04444
Sawah Besar - Mangga Besar	0.91	33.26666
Mangga Besar - Olimo	0.32	27.37778
Olimo - Glodok	0.21	25.42222
Glodok - Kota	1.2	17.42222

**Tabel 2.** Tingkat kedatangan penumpang arah Kota-Blok M pada *peak hour* pagi

Halte Asal – Halte Tujuan	Jarak (Km)	Pukul 06.00 - 08.30 WIB
Kota – Glodok	1.1	28.6666
Glodok – Olimo	0.21	34.35556
Olimo - Mangga Besar	0.32	41.8
Mangga Besar - Sawah Besar	0.91	47.48888
Sawah Besar - Harmoni	0.63	58.4222
Harmoni – Monas	1.1	68.93334
Monas – BI	0.73	67.84444
BI - Sarinah	0.59	66.75556
Sarinah - Bundaran HI	0.63	65.44444
Bundaran HI - Tosari	0.59	62.37778
Tosari - Dukuh Atas 1	0.44	59.31112
Dukuh Atas 1 - Setia Budi	0.44	64.11112
Setia Budi - Karet	0.58	55.8
Karet - Bendungan hilir	0.45	51.2
Bendungan Hilir - Polda Metro Jaya	0.8	42.6666
Polda Metro Jaya - Gelora Bung Karno	0.51	34.35556
Gelora Bung Karno - Bundaran Senayan	1.55	29.33334
Bundaran Senayan - Masjid Agung	0.73	24.51112
Masjid Agung - Blok M	1.23	19.66666

Sumber: (Perdana, 2009)

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan LINGO *version* 11, diperoleh hasil pada koridor 1 arah Blok M – Kota dan sebaliknya pada saat *peak hour* baik pagi (06.00 – 08.30 WIB) sebagai berikut:

**a. Hasil Simulasi Blok M - Kota pada Saat *Peak Hour* Pagi**

Hasil simulasi Blok M - Kota pada saat *peak hour* pagi diperoleh hasil rata-rata waktu tunggu seperti yang dijelaskan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil optimasi *headway* dan kecepatan bus dalam menentukan rata-rata waktu tunggu arah Blok M – Kota pada saat *peak hour* pagi

Parameter	Simulasi 1	Simulasi 2	Simulasi 3	Simulasi 4	Simulasi 5	Simulasi 6
<i>Headway</i> (menit)	1:00	1:00	1:20	1:20	2:00	2:00
Kecepatan (km/menit)	1	0.833	1	0.833	1	0.833
Rata-rata waktu tunggu(menit)	0.595	0.661	0.600	0.667	0.621	0.688

Dari hasil simulasi Blok M – Kota pada saat *peak hour* pagi terlihat bahwa dengan kecepatan 1 km/menit dan *headway* 1 menit diperoleh rata-rata waktu tunggu sebesar 0.595 menit, 0.5% lebih baik dibandingkan dengan *headway* 1 menit 20 detik dengan rata-rata waktu tunggunya 0.6 menit, dan 2.1% lebih baik dibandingkan dengan *headway* 2 menit. Perbandingan ini juga dilakukan untuk simulasi dengan kecepatan 0.833 km/menit. Pengaruh

*headway* menunjukkan bahwa dengan *headway* yang diperkecil akan diperoleh rata-rata waktu tunggu yang lebih baik.

Dengan *headway* 1 menit dan kecepatan 1 km/menit diperoleh rata-rata waktu tunggu 0.595 menit, 6.6% lebih baik dibandingkan dengan kecepatan 0.833 km/menit dengan rata-rata waktu tunggu 0.661 menit. Perbandingan ini juga dilakukan untuk simulasi dengan *headway* 1 menit 20 detik dan 2 menit. Pengaruh kecepatan menunjukkan bahwa dengan kecepatan yang diperbesar akan diperoleh rata-rata waktu tunggu yang lebih baik. Selanjutnya, pada Tabel 4 akan ditunjukkan total jumlah penumpang yang diangkut pada setiap hasil simulasi dan *shelter* tempat terjadinya peningkatan penumpang yang menunggu.

**Tabel 4.** Total jumlah penumpang dan *shelter* tempat peningkatan penumpang yang menunggu arah Blok M – Kota pada saat *peak hour* pagi

Simulasi	<i>Headway</i> (menit)	Kecepatan (km/menit)	Total jumlah penumpang	<i>Shelter</i> tempat terjadinya peningkatan penumpang yang menunggu
1	1:00	1	26219.05	tidak ada
2	1:00	0.833	29176.43	tidak ada
3	1:20	1	26359.03	tidak ada
4	1:20	0.833	29316.41	tidak ada
5	2:00	1	26918.96	tidak ada
6	2:00	0.833	29876.34	tidak ada

Total jumlah penumpang merupakan jumlah penumpang yang diangkut oleh setiap bus yang melayani setiap *shelter*. Berdasarkan Tabel 4, parameter *headway* yang diujikan menunjukkan bahwa dengan kecepatan 1 km/menit, total jumlah penumpang yang terangkut pada simulasi 1 adalah 26219.05 orang, simulasi 3 adalah 29176.43 orang, dan simulasi 5 adalah 26918.96 orang, begitu pula untuk kecepatan 0.833 km/menit sesuai hasil simulasi 2, 4, dan 6. Oleh karena itu, *headway* yang diperbesar akan meningkatkan total jumlah penumpang yang diangkut.

Selain itu, terlihat juga parameter kecepatan yang diujikan menunjukkan bahwa dengan *headway* 1 menit, simulasi 1 menunjukkan total jumlah penumpang yang diangkut adalah 26219.05 orang, simulasi 2 adalah 29176.43 orang, begitu pula untuk *headway* 1 menit 20 detik dan 2 menit seperti yang dijelaskan pada Tabel 4. Oleh karena itu, kecepatan yang diperkecil akan meningkatkan total jumlah penumpang yang diangkut. Pada kasus ini, untuk setiap simulasi yang diujikan tidak terjadi peningkatan penumpang yang menunggu pada setiap *shelter* artinya semua penumpang dapat diangkut oleh bus atau nilai untuk setiap  $S_{ij}=0$ .

#### **b. Hasil Simulasi Arah Kota - Blok M pada Saat *Peak Hour* Pagi**

Hasil simulasi Kota – Blok M pada saat *peak hour* pagi diperoleh hasil seperti yang digambarkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil optimasi *headway* dan kecepatan bus dalam menentukan rata-rata waktu tunggu arah Kota - Blok M pada saat *peak hour* pagi

Hasil Perbandingan	arah Kota - Blok M pada saat <i>peak hour</i> pagi					
	Simulasi 1	Simulasi 2	Simulasi 3	Simulasi 4	Simulasi 5	Simulasi 6
<i>Headway</i> (menit)	1:00	1:00	1:20	1:20	2:00	2:00
Kecepatan(km/menit)	1	0.833	1	0.833	1	0.833
Rata-rata waktu tunggu(menit)	0.615	0.706	0.620	0.711	0.641	0.732

Dari hasil simulasi Kota – Blok M pada saat *peak hour* pagi terlihat bahwa dengan kecepatan 1 km/menit dan *headway* 1 menit diperoleh rata-rata waktu tunggu sebesar 0.615 menit, 0.5% lebih baik dibandingkan dengan *headway* 1 menit 20 detik dengan rata-rata waktu tunggu 0.620 menit, dan 2.6% lebih baik dibandingkan dengan *headway* 2 menit. Perbandingan ini juga dilakukan untuk simulasi dengan kecepatan 0.833 km/menit. Pengaruh *headway* menunjukkan bahwa dengan *headway* yang diperkecil akan diperoleh rata-rata waktu tunggu yang lebih baik.

Dengan *headway* 1 menit dan kecepatan 1 km/menit diperoleh rata-rata waktu tunggu 0.615 menit, 9.1% lebih baik dibandingkan dengan kecepatan 0.833 km/menit. Perbandingan ini juga dilakukan untuk simulasi dengan *headway* 1 menit 20 detik dan 2 menit. Pengaruh kecepatan menunjukkan bahwa dengan kecepatan yang diperbesar akan diperoleh rata-rata waktu tunggu yang lebih baik. Selanjutnya, pada Tabel 6 akan ditunjukkan total jumlah penumpang yang diangkut pada setiap hasil simulasi dan *shelter* tempat terjadinya peningkatan penumpang yang menunggu.

**Tabel 6.** Total jumlah penumpang dan *shelter* tempat terjadinya peningkatan penumpang yang menunggu arah Kota – Blok M pada saat *peak hour* pagi

Simulasi	<i>Headway</i> (menit)	Kecepatan (km/menit)	Total jumlah penumpang	<i>Shelter</i> tempat terjadinya peningkatan penumpang yang menunggu
1	1:00	1	43330.88	7
2	1:00	0.833	56896.33	5,7
3	1:20	1	43508.61	7
4	1:20	0.833	57074.06	5,7
5	2:00	1	44219.55	7
6	2:00	0.833	57784.99	5,7

Berdasarkan Tabel 6, parameter *headway* yang diujikan menunjukkan bahwa dengan kecepatan 1 km/menit, total jumlah penumpang yang terangkut pada simulasi 1 adalah 26219.05 orang, simulasi 3 adalah 29176.43, dan simulasi 5 adalah 26918.96 orang, begitu pula untuk kecepatan 0.833 km/menit sesuai hasil simulasi 2,4, dan 6. Oleh karena itu, *headway* yang diperbesar akan meningkatkan total jumlah penumpang yang diangkut.

Selain itu, juga terlihat parameter kecepatan yang diujikan menunjukkan bahwa dengan *headway* 1 menit, pada simulasi 1 menunjukkan total jumlah penumpang yang diangkut adalah 43330.88 orang dan terjadi peningkatan penumpang yang menunggu pada *shelter* (7) Monas, simulasi 2 adalah 43508.61 orang dan terjadi peningkatan penumpang yang menunggu pada *shelter* (5) Sawah Besar dan (7) Monas, begitu pula untuk *headway* 1 menit 20 detik dan 2 menit seperti yang dijelaskan pada Tabel 6. Oleh karena itu, kecepatan yang diperkecil akan meningkatkan total jumlah penumpang yang diangkut dan total jumlah penumpang yang menunggu pada *shelter* tempat terjadinya peningkatan penumpang yang menunggu.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi pada pengoperasian Transjakarta koridor 1 saat *peak hour* pagi hari dapat disimpulkan bahwa:

1. *Headway* dan kecepatan bus berpengaruh terhadap rata-rata waktu tunggu.
2. Semakin besar kecepatan bus maka rata-rata waktu tunggu semakin kecil, dan sebaliknya; sedangkan, nilai *headway* yang diperkecil akan mengurangi rata-rata waktu tunggu.
3. *Headway* yang diperbesar dan kecepatan yang diperkecil menyebabkan waktu beroperasi lebih lama sehingga penumpang yang diangkut semakin banyak dan menyebabkan terjadinya peningkatan penumpang yang menunggu pada beberapa *shelter*.
4. Kecepatan memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan *headway* dalam meminimumkan rata-rata waktu tunggu.
5. Semakin tinggi tingkat kedatangan pada suatu *shelter* maka akan semakin besar kemungkinan terjadinya peningkatan penumpang yang menunggu pada suatu *shelter*.
6. Berdasarkan simulasi, untuk setiap parameter yang diujikan tidak terjadi peningkatan penumpang yang menunggu pada beberapa *shelter* pada pengoperasian Transjakarta Blok M - Kota pada pagi hari sedangkan untuk arah Kota – Blok M terjadi peningkatan penumpang yang menunggu pada beberapa *shelter*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R.S. Garfinkel & G.L. Nemhauser, *Integer Programming*, New York, John Willey & Sons, 1972.
- [2] I. Griva, Nash S G, & Sofer A, *Linear and Nonlinear Programming*, Philadelphia, Siam, 2009.
- [3] A. Perdana, Evaluasi Kinerja Transjakarta Busway Koridor 1 Rute (Blok M-Kota), Skripsi, Institut Teknologi Surabaya, 2009.
- [4] C. Sun, Zhou W & Wang Y, Scheduling Combination and Headway Optimization of Bus Rapid Transit, *Journal of Transportation System Engineering and Information Technology*, Vol 8, 5 Oktober 2008.
- [5] H. Taha. *Operation Research An Introduction Eight Edition*, Prentice Hall, New Jersey, 2007.
- [6] W L. Winston, *Operation Research Application and Algorithm Fourth Edition*, New York: Duxbury, 2004.