

Penentuan Frekuensi Perjalanan Angkutan Umum Batik Solo Trans untuk Mengoptimalkan Jumlah Pendapatan

Ayu Sally Damayanti*¹, Yusuf Priyandari, Wakhid Ahmad Jauhari

Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126, Telp/Fax. (0271) 632110

Abstract

This research utilizes the rearrangement on trip frequency of Batik Solo Trans as the solution for increasing their daily revenue. The first phase of the trip rearrangement is identifying peak hours of Batik Solo Trans and analyzing data distribution of passengers' quantity. Next, Monte Carlo simulation is applied for evoking the passenger quantity data as the basis on trip frequency calculation. There are three types of trip frequency which are calculated, minimum, maximum and service frequency. The service frequency is a threshold between revenue and operational cost. At the last phase, sensitivity analysis is applied on service frequency calculation. This research shows that a suggested frequency (service frequency) could be applied when tariff for a passengers and passenger quantity are remaining unchanged. Besides, if Batik Solo Trans still use the old trip frequency, it's suggested that Batik Solo Trans considers rising the tariff.

Keywords: Batik Solo Trans, trip frequency, Monte Carlo's Simulation

1. Pendahuluan

Batik Solo Trans (BST) merupakan angkutan umum masal yang dikelola oleh Pemerintah Kota Surakarta bekerjasama dengan Perum DAMRI untuk melayani masyarakat menuju wilayah-wilayah strategis yang ada di Surakarta. BST telah beroperasi sejak September 2010, namun penggunaannya belum optimal karena kurangnya jumlah penumpang yang menggunakan BST (Ferdinand, 2010). Kurangnya jumlah penumpang menyebabkan kerugian sehingga Perum DAMRI harus memenuhi selisih pendapatan dan biaya operasional (Widodo, 2011). Aziz (2011) juga mengungkapkan bahwa jumlah penumpang BST rata-rata 140 orang/bus/hari berada di bawah standar World Bank yakni 463-555 orang/bus/hari. Selain itu Aziz (2011) juga menemukan bahwa besarnya *load factor* BST belum memenuhi masih di bawah 70%. Nilai *load factor* itu menunjukkan bahwa secara rata-rata, dari jumlah tempat duduk yang tersedia hanya digunakan kurang dari 70%-nya.

Salah satu upaya untuk mengatasi kerugian BST mengevaluasi atau menentukan kembali lokasi halte yang seminimal mungkin untuk mengurangi biaya operasional dan sekaligus dapat meningkatkan jumlah penumpang. Hal tersebut dilakukan Li et al, (2009) dalam mengkaji lokasi pemberhentian bus (halte) di Portland, Oregon. Hal ini tentu relevan dilakukan terhadap BST mengingat BST baru beroperasi dan sejumlah halte masih berupa halte *portable* yang dapat dipindah-pindah menyesuaikan hasil perhitungan potensi jumlah calon penumpang.

Cara lain untuk mengurangi kerugian adalah menaikkan tarif. Namun demikian Hanya saja menaikkan tarif selain berpotensi menaikkan pendapatan, juga berpotensi menurunkan animo masyarakat untuk menggunakan BST. Apabila animo masyarakat dalam menggunakan BST turun, maka maksud dan tujuan adanya BST yakni meningkatkan kualitas pelayanan angkutan umum di Kota Surakarta tidak tercapai.

* Correspondence: rains.green@gmail.com

Selain mengatur lokasi halte dan menaikkan tarif, alternatif lainnya adalah mengatur frekuensi perjalanan BST. Pengaturan frekuensi perjalanan yang optimal yang memberikan *threshold* antara biaya dan pendapatan (Marlok (1988); Khisty dan Lall (2006); Raothanachonkun *et al.*, 2008; Yu *et al.*, (2010)). Alternatif ini, sebagaimana dikemukakan Raothanachonkun *et al.*, (2008), telah digunakan Bangkok Mass Transit Authority (BMTA) ketika permintaan penumpang lebih kecil dari kapasitas perjalanan bus yang tersedia, yakni mengatur kembali frekuensi perjalanan bus. Frekuensi yang dimaksud adalah jumlah putaran perjalanan (*trip*) yang perlu dilakukan oleh bus. Berbeda dengan Raothanachonkun *et al.*, (2008) yang menggunakan metode analitik untuk menentukan frekuensi bis, Yu *et al.*, (2010) menggunakan metode heuristik, algoritma genetik, untuk menentukan frekuensi bis. Keduanya memiliki kelebihan, dimana penggunaan simulasi dan pencarian frekuensi yang dilakukan Yu *et al.*, (2010) lebih komprehensif, meskipun membutuhkan banyak data dan karakterisasi sistem yang lebih kompleks daripada Raothanachonkun *et al.*, (2008).

Pengaturan frekuensi meskipun dapat mencari nilai impas antara pendapatan dan biaya, oleh karena biasanya berdampak pada penurunan frekuensi, maka hal ini sekaligus menurunkan kualitas pelayanan. Dengan kata lain, dapat menaikkan waktu tunggu dan lama perjalanan penumpang, dimana ini adalah *social cost* yang juga harus dipertimbangkan oleh pengelola (Jansson, 1980).

Dari ketiga alternatif solusi, mengatur lokasi halte, menaikkan tarif, dan mengatur frekuensi, maka alternatif ketiga relatif relevan dilaksanakan segera oleh pengelola BST. Oleh karena itu, penelitian ini menghitung frekuensi BST yang dapat mengoptimalkan antara pendapatan dan biaya operasional. Frekuensi perjalanan BST didasarkan estimasi rata-rata penumpang harian dan biaya operasional bus. Jumlah penumpang yang digunakan adalah rata-rata estimasi jumlah penumpang pada jam sibuk (*peak hours*). Adapun biaya operasional diambil dari data Perum DAMRI pengelola BST Kota Surakarta. Penentuan frekuensi bus ini diharapkan dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengurangi kerugian yang dialami pengelola.

2. Metode Penelitian

Tahapan dalam penentuan frekuensi perjalanan BST sebagai berikut. Pertama, pengumpulan data biaya operasional, data jumlah penumpang harian, jarak tempu perjalanan, *headway* dan tarif. Data tersebut didapatkan dari pengelola BST. Data jumlah penumpang yang diperoleh adalah data bulan November 2010 s.d. Maret 2011. Berdasarkan observasi data, diputuskan menggunakan data bulan Maret 2011 dengan pertimbangan lebih representatif karena data terakhir. Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi jam sibuk (*peak hours*) berdasarkan data harian jumlah penumpang pada Maret 2011. Penentuan jam sibuk ini sekaligus digunakan untuk mengevaluasi apakah data jam sibuk yang dimiliki Dinas Perhubungan Kota Surakarta masih sesuai dengan kondisi terakhir (jam sibuk menurut Dinas Perhubungan Kota Surakarta adalah pukul 06.00-08.00 dan pukul 14.00-16.00).

Tahap kedua, menghitung frekuensi minimum dan maksimum perjalanan BST. Perhitungan tersebut menggunakan rumusan yang diambil dari Raothanachonkun *et al.*, (2008). Frekuensi minimum ditentukan dengan rumusan sebagai berikut.:

$$f_{min} = \max(f_{min1}, f_{min2}) \quad (1)$$

$$\min 1 \quad - \quad (2)$$

$$(3)$$

Dimana :

\min : frekuensi minimum

$\min 1$: frekuensi minimum I

- : permintaan penumpang (penumpang)
- : rasio kapasitas permintaan (penumpang)
- : parameter konversi kapasitas bus ke kapasitas lintasan.
- : kapasitas bus (penumpang)

Frekuensi minimum kedua (f_{min2}) didasarkan pada *headway* (H) untuk tiap periode waktu (T).
Persamaan untuk menghitung f_{min2} adalah sebagai berikut:

$$f_{min2} = \frac{1}{H} - \frac{1}{T} \quad (4)$$

Dimana :

- f_{min2} : frekuensi minimum II
- H : headway atau jarak antar bus (menit).
- T : waktu perjalanan (menit).

Frekuensi maksimum (f_{max}) ditentukan berdasarkan jumlah bus yang tersedia (η) dan parameter konversi jumlah bus yang tersedia terhadap jumlah perjalanan atau *trip* (β). Rumus f_{max} disajikan pada persamaan 5.

Dimana :

- f_{max} : frekuensi maksimum
- β : jumlah perjalanan/trip (trip/bus).
- η : jumlah bus yang tersedia (bus).

Tahap ketiga, menghitung frekuensi pelayanan/perjalanan BST. Frekuensi pelayanan ditentukan dengan persamaan (6) yang merupakan modifikasi persamaan Raothanachonkun *et al*, (2008) karena tarif BST ada dua jenis yakni tarif penumpang umum dan tarif pelajar/mahasiswa.

$$f_{serv} = \frac{1}{H} - \frac{1}{T} \quad (6)$$

Dimana :

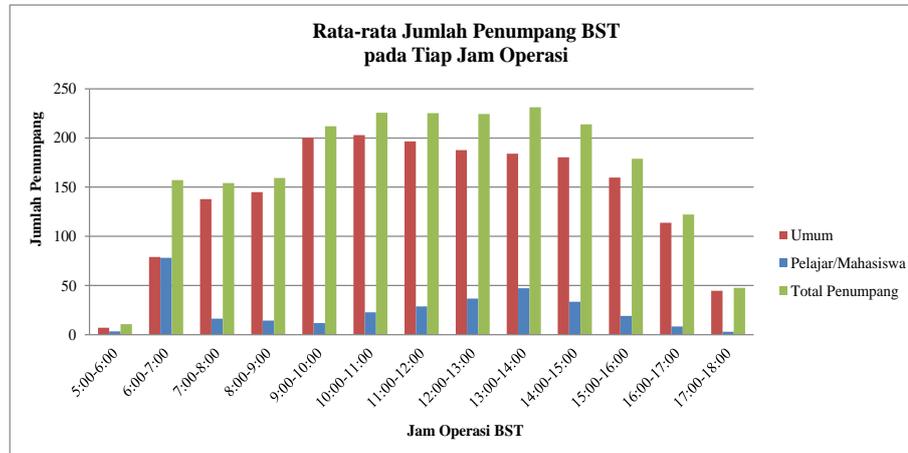
- f_{serv} : frekuensi pelayanan.
- H : permintaan penumpang umum.
- T : tarif penumpang umum.
- H : permintaan penumpang pelajar/mahasiswa.
- T : tarif penumpang pelajar/mahasiswa.
- C : biaya operasional (Rp/Km).
- L : panjang lintasan per trip (Km).

Data jumlah penumpang umum dan pelajar yang digunakan dalam perhitungan frekuensi pelayanan adalah data hasil simulasi. Simulasi yang digunakan adalah simulasi Monte Carlo (Krajewski, 2002; Law & Kelton, 2000).

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data bulan Maret 2011 diperoleh rata-rata jumlah penumpang BST pada tiap jam sebanyak 166 penumpang (penumpang umum 141 dan pelajar/mahasiswa 25) dengan sebaran seperti disajikan pada gambar 1. Berdasarkan gambar 1, diketahui bahwa jumlah penumpang BST banyak antara jam 6 sampai dengan jam 16 sore. Karakteristik jumlah penumpang pada jam 6 - 9 hampir sama sehingga pada slot jam 7 s.d. jam 9 dikategorikan sebagai jam sibuk I. Kemudian antara jam 9 s.d. jam 16 dikategorikan sebagai jam sibuk II.

Informasi tersebut menunjukkan bahwa estimasi jam sibuk berdasarkan data Dinas Perhubungan Kota Surakarta tidak sama dengan kondisi nyata BST (jam sibuk menurut Dinas Perhubungan Kota Surakarta adalah pukul 06.00-08.00 dan pukul 14.00-16.00). Tabel 1 menyajikan rata-rata jumlah penumpang pada kedua jam sibuk.



Gambar 1. Rata-rata jumlah penumpang BST pada tiap jam operasi

Tabel 1. Rata-rata jumlah dan standar deviasi jumlah penumpang BST

Penumpang	Slot waktu jam sibuk	Rata-rata jumlah penumpang dalam 60 menit	Standar deviasi
Umum	06:00-09:00	121	38,13
	09:00-16:00	187	36,46
Pelajar/Mahasiswa	06:00-09:00	36	21,43
	09:00-16:00	29	16,02
Total	06:00-09:00	157	54,47
	09:00-16:00	216	41,77

Penghitungan frekuensi minimum dan maksimum pada kedua jam sibuk tersebut menggunakan data tambahan: kapasitas penumpang (C) sebesar 25 penumpang, parameter konversi kapasitas bus ke kapasitas lintasan (λ) senilai 2 karena diasumsikan rata-rata penumpang turun di setengah perjalanan atau penumpang tidak sampai terminal sehingga penumpang yang bisa diangkut dalam satu trip adalah dua kali kapasitas bus, headway (H) sebesar 8 menit, periode waktu perjalanan untuk perhitungan (T) sebesar 60 menit, jumlah perjalanan/trip (N) sebanyak 10 kali sehari perbis, jumlah bus yang tersedia sehari (M) adalah sebanyak 15 bus sehari, dan sehari terdapat 12 jam operasi. Hasil perhitungan frekuensi minimum dan maksimum disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa pada slot jam sibuk 06:00 s.d. 09:00 frekuensi minimum pertama (f_{min1}) setiap 60 menit adalah 3 kali, sebaliknya 4 kali pada slot kedua. Adapun f_{min2} dan f_{max} pada kedua jam sibuk tidak berbeda karena perhitungannya menggunakan data parameter yang sama.

Tabel 2. Frekuensi minimum dan maksimum BST

Jam Sibuk	f_{min1}	f_{min2}	f_{min}	F_{max}
07:00-09:00	3	7	7	12.5
09:00-16:00	4	7	7	12.5

Penghitungan frekuensi pelayanan didasarkan pada estimasi rata-rata jumlah penumpang dan standar deviasi jumlah penumpang hasil simulasi Monte Carlo, data tersebut diperlihatkan pada Tabel 3. Data lain yang digunakan dalam perhitungan frekuensi pelayanan adalah tarif

penumpang sebesar Rp3000 dan Rp1500 untuk penumpang umum dan pelajar/mahasiswa, biaya operasional bis perKm Rp4980, serta jarak tempuh pertrip sepanjang 22 Km. Adapun hasil perhitungan frekuensi pelayanan setiap 60 menit adalah 4 *trip* pada jam sibuk 07:00-09:00 dan 6 *trip* pada jam sibuk 10:00-15:00 dan disajikan pada tabel 4.

Tabel 3. Rata-rata jumlah dan standar deviasi jumlah penumpang BST hasil simulasi

Penumpang	Slot waktu jam sibuk	Jumlah rata-rata penumpang dalam 60 menit
Umum	06:00-09:00	120
	09:00-16:00	189
Pelajar/Mahasiswa	06:00-09:00	37
	09:00-16:00	32
Total	06:00-09:00	157
	09:00-16:00	221

Tabel 4. Frekuensi minimum, maksimum, pelayanan dan kini BST

Jam Sibuk	f_{min1}	f_{min2}	f_{min}	F_{max}	F_{serv}	F_{kini}
07:00-09:00	3	7	7	12.5	4	7
09:00-16:00	4	7	7	12.5	6	7

Tabel 4 menyajikan informasi beberapa frekuensi, salah satunya adalah frekuensi yang digunakan oleh BST saat ini (f_{kini}). Frekuensi tersebut sama dengan nilai frekuensi minimum 2 (f_{min2}) yang dihitung berdasarkan *headway* antar bis sebesar 8 menit. Dengan demikian apabila frekuensi pelayanan (f_{serv}) yang merupakan *threshol*d antara biaya dan pendapatan digunakan untuk menentukan *headway*, maka besar *headway* dapat dihitung menggunakan persamaan (4) sebagai berikut:

Pukul 06:00 s.d. 09:00

—

Pukul 09:00 s.d. 16:00

—

Berdasarkan penghitungan tersebut, diperoleh informasi bahwa *headway* 8 menit yang digunakan saat ini terlalu cepat. Idealnya, *headway* BST adalah 10 menit antara jam 09:00 s.d. 16:00, kemudian 15 menit pada jam 06:00 s.d. 09:00, dan diluar itu dapat menggunakan *headway* terbesar.

Perlunya mengubah frekuensi atau *headway* karena pada saat itu, jumlah penumpang BST belum banyak sehingga pendapatan yang diterima belum dapat menutup biaya yang dikeluarkan. Apabila pengelola BST tetap menerapkan *headway* 8 menit seperti yang digunakan saat ini, maka konsekuensinya pengelola BST perlu menaikkan tarif. Berikut ini disajikan simulasi penghitungan tarif BST untuk penumpang umum apabila tetap digunakan *headway* 8 menit dan tarif pelajar tidak dinaikkan. Tarif penumpang umum sekitar Rp5200 tersebut tentunya jauh dari tarif sekarang yang hanya Rp3000.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa untuk mengoptimalkan jumlah pendapatan BST dapat dilakukan dengan mengatur frekuensi perjalanan yang dapat ditempuh BST.

Frekuensi perjalanan ditentukan berdasarkan estimasi rata-rata jumlah penumpang (setiap jam), baik untuk penumpang umum dan pelajar/mahasiswa, dan biaya operasional bis. Frekuensi perjalanan (dalam durasi 60 menit) yang disarankan untuk BST adalah 4 *trip* pada jam sibuk 07:00-09:00 dan 6 *trip* pada jam sibuk 10:00-15:00. Frekuensi tersebut mengubah *headway* yang selama ini digunakan yakni 8 menit antar bis, menjadi 10 menit pada jam 09:00 s.d. 16:00, kemudian 15 menit pada jam 06:00 s.d. 09:00, dan diluar jam sibuk tersebut dapat menggunakan *headway* terbesar.

Frekuensi perjalanan yang disarankan tersebut menjadi alternatif pengoptimalan pendapatan ketika besarnya tarif untuk tiap penumpang BST tidak dinaikkan dan rata-rata jumlah penumpang tidak mengalami peningkatan. Apabila pengelola BST tetap menggunakan frekuensi perjalanan saat ini dengan *headway* 8 menit dengan alasan kualitas pelayanan, maka BST perlu menaikkan tarif agar dapat mengoptimalkan pendapatan BST, yakni sebesar Rp 5.200,00 untuk penumpang umum dan tetap sebesar Rp 1.500,00 untuk pelajar-mahasiswa.

Aspek lain yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan frekuensi BST kedepannya adalah mempertimbangkan data lama transit pada setiap halte. Selain itu, kedepannya perlu dibangun sebuah simulasi sistem yang lebih kompleks untuk dapat menentukan frekuensi BST secara lebih optimal, misalkan dengan melihat dampak penambahan halte-halte tidak permanen terhadap pendapatan.

Daftar Pustaka

- Aziz, M.N. 2011. Analisis Kinerja Batik Solo Trans (Studi Kasus Kota Surakarta). *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Ferdinand. 2010. Bus Batik Solo Terus Merugi. Diakses di <http://www.mediaindonesia.com/read/2010/10/10/175501/124/101/Bus-Batik-Solo-terus-Merugi>. Diakses pada 20 April 2011.
- Jansson, J.O. 1980. A Simple Bus Line Model for Optimisation of Service frequency and Bus Size. *Journal of Transport Economics and Policy*. Volume 14, No 1, pp. 53-80.
- Krajewski, L.J. dan Ritzman, L.P. 2002. *Operation Management Startegy And Analysis*. 6th ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Marlok, E.K. 1988. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga, Jakarta.
- Kim, W., Son, B., Chung, J.H., & Kim, E. 2009. Development of Real-Time Optimal Bus Scheduling and Headway Control Models. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. Vol 2111, pp 33-41.
- Khisty, C.J. & Lall, B.K. 2006. *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi Jilid 2*. 3rd ed. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Law, A.M. & Kelton, D. 2000. *Simulation Modeling and Analysis*. 3rd ed. MGrav-Hill, Singapore.
- Li, H., & Bertini, R.L. 2009. Assessing a Model for Optimal Bus Stop Spacing with High-Resolution Archived Stop-Level Data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. Vol 2111, pp 24-32.
- Raathanachonkun, P., Payoong, N.I., dan Sumalee, A. 2008. An Empirical Study Of A Bangkokk Bus Service. *The Thirteenth International Conference of Hong Kong Society For Transportation Studies*. (Hongkong, 13-15 Desember 2008).
- Widodo, L. 2011. Penumpang Minim,Solo Trans Talangi Dana Operasional. Diakses di <http://suaramerdeka.com/v1/index.php/read/news/2011/02/22/78518>. Diakses pada 20 April 2011.
- Yu, B., Yang, Z., & Yao, Jinbao. 2010. Genetic Algorithm for Bus Frequency Optimization. *Journal of Transportation Engineering*. Volume 136, Issue 6, pp 576-584.