

ANALISIS SISTEM ANTRIAN *MULTI-CHANNEL* DAN *MULTI-PHASE* PADA *COMMUTER LINE SINGLE TRIP*

AN ANALYSIS OF THE MULTI-CHANNEL AND MULTI-PHASE QUEUING SYSTEM FOR THE SINGLE TRIP COMMUTER LINE

Agus Kurniawan¹, Friscilla Dwitama C.², Johana Felicia³, Nico⁴, Budi Marpaung⁵

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Jurusan Teknik Industri
Universitas Kristen Krida Wacana

¹agus_kurniawan0831@yahoo.com, ²sisilchandra@ymail.com,
³johana.2011ti016@civitas.ukrida.ac.id, ⁴nico_nathan14@ymail.com,
⁵budi.marpaung@ukrida.ac.id

Abstrak

Sarana transportasi merupakan aspek yang sangat penting bagi suatu kota, termasuk kota Tangerang. Namun sayangnya sarana transportasi di kota Tangerang masih belum memadai. Salah satu jenis transportasi yang banyak digunakan saat ini adalah kereta api *commuter line*. Namun akhir-akhir ini kereta api *commuter line* mulai mengalami berbagai masalah, seperti antrian yang semakin panjang dan waktu antrian penumpang yang semakin lama. Penelitian ini melakukan analisis sistem pelayanan di Stasiun Tangerang. Sistem antrian di stasiun Tangerang dimodelkan dan diolah dengan bantuan *software* Win QSB dan *software* simulasi ARENA. Sebanyak empat skenario dikembangkan untuk mendapatkan konfigurasi sistem layanan yang optimal menggantikan sistem *existing*. Penelitian ini merekomendasikan perubahan konfigurasi sistem layanan di stasiun Tangerang yang dapat menurunkan biaya sistem pelayanan.

Kata kunci: antrian pembelian tiket, *multi-channel*, *multi-phase*, WinQSB, simulasi, ARENA

Abstract

Transportation is an important aspect for Tangerang. The transportation system in Tangerang unfortunately are insufficient for to meet the demand. One of the mass transportation mode used recently is commuter line train, which now have some problems, such as the long queue and long queuing time passengers. This research was done in Tangerang city station. Queuing system was modelled and solved by Win QSB and ARENA software. There were four scenarios developed to get the optimal configuration for the service system in the station. This research recommended a new service system configuration which can reduce the service system cost.

Keywords: ticket purchasing queue, multi channel, multi phase, WinQSB, simulation, ARENA

Tanggal Terima Naskah : 16 Mei 2014
Tanggal Persetujuan Naskah : 27 Juni 2014

1. PENDAHULUAN

Sebagai salah satu kota yang terhubung secara fungsional dengan Jakarta sebagai ibukota Negara Indonesia, kota Tangerang seharusnya memiliki sarana dan prasarana

transportasi yang berkualitas dan memadai. Namun hingga saat ini kota Tangerang memiliki sarana transportasi yang belum berkualitas dan jumlahnya belum memadai. Sarana transportasi umum, seperti metromini, mikrolet, bajaj, taksi, dan Transjakarta sepertinya tidak mampu memenuhi kebutuhan penduduk Tangerang akan sarana transportasi. Demikian juga dengan prasarana, seperti halte bus umum dan halte Transjakarta yang ada cenderung kurang memadai dan tidak terpelihara dengan baik.

Keterbatasan pada sarana transportasi tersebut mendorong sebagian masyarakat Tangerang untuk mulai menggunakan sarana transportasi kereta api. Masyarakat beralih ke kereta api karena merupakan satu-satunya sarana transportasi yang tidak dipengaruhi oleh kemacetan, yang menjadi masalah besar di ibukota Jakarta dan sekitarnya, termasuk kota Tangerang. Seiring dengan pengeperasian kereta api *commuter line* yang salah satunya menghubungkan Jakarta dengan kota Tangerang sejak beberapa waktu lalu, maka terjadi peningkatan yang signifikan pada penggunaan sarana kereta. Hal ini mengakibatkan terjadinya antrian-antrian panjang di stasiun-stasiun kereta api tertentu pada jam-jam tertentu. Antrian-antrian ini terutama terjadi pada saat proses pembelian tiket *commuter line* dengan jenis *single trip*. Antrian yang sangat panjang merugikan pengguna kereta api, sebab mereka harus menghabiskan waktu untuk mengantri di depan loket tiket pembayaran.

Penelitian ini melakukan analisis sistem antrian di stasiun Tangerang. Stasiun Tangerang dipilih sebagai lokasi penelitian karena pada waktu-waktu tertentu banyak pengguna kereta api yang mengantri di depan loket pembelian tiket *single trip* di stasiun tersebut. Data yang dikumpulkan kemudian diolah untuk membentuk model antrian yang sesuai, hingga diperoleh sejumlah parameter. Penelitian ini mencoba menemukan jumlah *channel* dan jumlah *phase* yang optimal di stasiun Tangerang. Penemuan nilai optimal ini diharapkan menjadi masukan untuk peningkatan pelayanan konsumen di stasiun Tangerang.

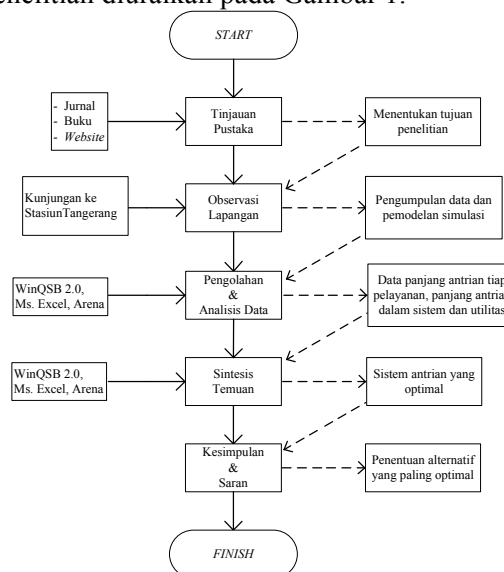
Antrian merupakan fenomena yang sangat mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Berbagai tempat yang umumnya menimbulkan antrian diantaranya halte *busway*, stasiun kereta, rumah sakit, *supermarket*, bank, *airport*, dan tempat penggunaan jasa lainnya. Terkadang kegiatan antrian dapat membuat pengguna jasa kecewa dan enggan menggunakannya kembali. Teori antrian dikemukakan dan dikembangkan oleh A. K. Erlang, seorang insinyur dari Denmark pada tahun 1910. Menurut Richard Bronson, proses antrian (*queueing process*) adalah proses dimana seorang pengguna suatu fasilitas pelayanan atau jasa kemudian menunggu dalam suatu antrian pada saat semua pelayanan sedang sibuk. Menurut Thomas J. Kakiy, tujuan dari teori antrian adalah kegiatan pada fasilitas pelayanan dalam rangkaian random pada suatu sistem antrian. Menurut Thomas J. Kakiy, disiplin antrian akan menentukan pemilihan dimana pelanggan yang akan dilayani terlebih dahulu. Terdapat empat bentuk disiplin antrian, yaitu FCFS (*First In First Out*) atau FIFO (*First Come First Served*), LCFS (*Last Come Frist Served*), SIRO (*Service In Random Order*), dan PS (*Priority Service*). Struktur sistem antrian menurut Pangestu terdiri dari empat bentuk, yaitu *Single Channel-Single Phase*, *Single Channel-Multi Phase*, *Multi Channel-Single Phase*, dan *Multi Channel-Multi Phase*.

Salah satu pendekatan yang bisa digunakan untuk analisis sistem antrian adalah simulasi. Simulasi merupakan proses mengubah suatu sistem nyata ke dalam bentuk-bentuk percobaan dengan pemodelan yang sesuai. Menurut Pangestu terdapat beberapa model simulasi, diantaranya model simulasi stokastik, model simulasi deterministik, model simulasi dinamik dan statik, model simulasi heuristik. Langkah pokok dalam simulasi menurut Siagian adalah (a). tentukan sistem atau persoalan yang hendak disimulasi, mencakup lingkungan, tujuan, dan karakteristik; (b). kembangkan model simulasi yang hendak digunakan; (c). uji model dan bandingkan tingkah lakunya dengan tingkah laku dari sistem nyata, kemudian berlakukan model simulasi; (d). rancang percobaan-percobaan simulasi; dan (e). jalankan simulasi dan analisis data.

Berbagai penelitian tentang analisis sistem antrian telah dilakukan. Beberapa penelitian yang mengembangkan untuk *multi-channel* dan *multi-phase* diantaranya Slepchenco et.al, Andreas et.al, dan Soma & Tri, yang diaplikasikan untuk masalah antrian pada industri pesawat terbang, logistik, permesinan, pendidikan, dan farmasi [1], [2]. Roberto mengembangkan simulasi Monte Carlo yang dapat mengetahui tingkat utilisasi dan keseimbangan waktu kerja pada industri pesawat terbang. Namun sejumlah penelitian tersebut tidak memberikan rekomendasi perubahan konfigurasi jumlah *channel* dan jumlah *phase* pada sistem *existing*. Berbagai penelitian tersebut juga tidak memperhitungkan biaya apabila mengurangi atau menambah *server*. Berbagai penelitian tersebut umumnya menggunakan data *hipotetical* atau data ilustratif, bukan data hasil observasi sendiri. Penelitian ini mencoba menganalisis sistem antrian yang bermuara kepada perubahan konfigurasi sistem antrian *multi-channel* dan *multi-phase*, berikut dampaknya terhadap biaya sistem pelayanan, dengan menggunakan data empiris [3], [4].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan analisis data kuantitatif, dengan riset yang bersifat deskriptif, dan cenderung menggunakan analisis dengan pendekatan induktif. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh konsumen yang datang ke stasiun kota Jakarta Barat. Sampel populasi penelitian ini adalah semua konsumen yang membeli tiket dan masuk ke dalam Stasiun Tangerang pada tanggal 14 Maret 2014. Data yang diperlukan, yaitu jumlah waktu seseorang dari mulai masuk antrian hingga keluar dari antrian, yang didapat dari hasil observasi terhadap penerapan sistem antrian. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan MS. Excel, *software* ARENA, *software* SPSS, dan *software* WinQSB. Adapun diagram alir metode penelitian diuraikan pada Gambar 1.

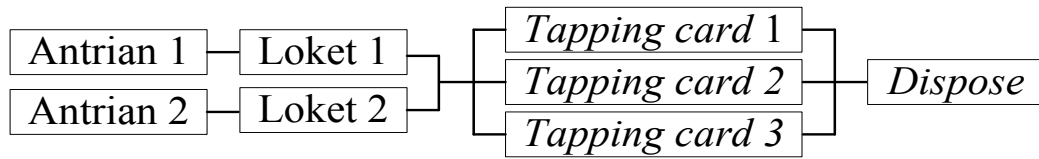


Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem antrian pada stasiun Tangerang terdiri dari dua tahap pelayanan dan pada tiap tahap pelayanan memiliki jumlah *server* yang berbeda dengan model antrian *multiple channel multiple phase*, dimana jumlah *channel* di *phase* pertama dua buah, dan *channel* di *phase* kedua sebanyak tiga buah. Kapasitas antrian diasumsikan tidak terbatas dan

menerapkan sistem FCFS (*First Come First Serve*). Skema sistem antrian pada Stasiun Tangerang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem antrian pada Stasiun Tangerang

Pengumpulan data menggunakan teknik pengambilan data secara langsung. Data diperoleh dari Stasiun Tangerang dengan mengamati *sample* data berupa waktu antarkedatangan pengguna jasa kereta api saat membeli tiket, waktu pelayanan pembelian tiket, dan waktu pelayanan *tapping* tiket. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 13 Maret 2014 selama satu jam dari pukul 06.30-08.00. Selain data kedatangan dan pelayanan, juga diperlukan data biaya yang akan digunakan dalam analisis model antrian ini. Biaya total dalam pengoperasian satu mesin *Tapping* sebesar Rp 13.782,19178 dan biaya total dalam pengoperasian satu mesin loket sebesar Rp 11.042,46575. Biaya-biaya ini dihitung dengan menggunakan data harga mesin dan harga tanah pada tahun 2014. Selain biaya di atas, juga diperhitungkan biaya *opportunity cost* yang dikeluarkan pelanggan dengan menunggu akibat antrian. Berdasarkan aturan UMP DKI Jakarta tahun 2014, maka kerugian pelanggan bila mengantri sebesar Rp 11.000,- per jam.

Setelah mengumpulkan data pengamatan maka dilakukan pengolahan data untuk menghitung rata-rata kedatangan pengguna jasa kereta api (λ) dan pengolahan waktu pelayanan untuk menghitung rata-rata waktu pelayanan (μ). Data awal diuji distribusinya menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov dengan bantuan SPSS kemudian di-*generate* ke dalam 100 data sesuai parameter data yang akan dihitung. Pemodelan sistem awal dibuat dengan menggunakan hasil parameter distribusi dari hasil pengolahan *input analyzer* dinyatakan dalam Tabel 1. Perhitungan jumlah *entity* yang dapat dilayani per jam menggunakan nilai *mean* yang merupakan waktu yang dibutuhkan per *entity*.

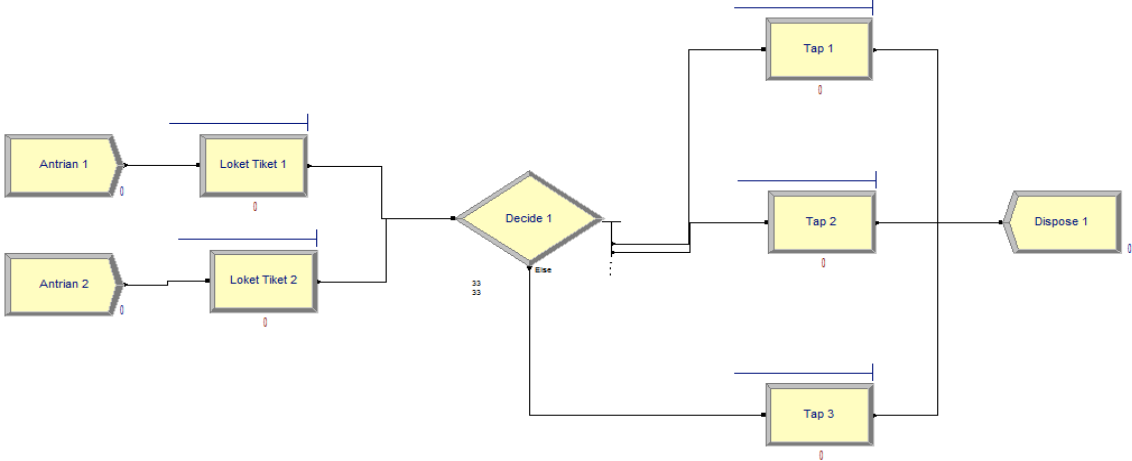
Tabel 1. Hasil *input analyzer*

Lokasi	Keterangan	Parameter Distribusi	Mean	Jumlah konsumen/jam
Loket Tiket 1	Kedatangan	$2 + \text{EXPO}(25.8)$	27.79	129.5453
	Pelayanan	$8 + \text{LOGN}(14.2, 20)$	22.00	163.6363
Loket Tiket 2	Kedatangan	$0.5 + \text{EXPO}(14.9)$	15.43	233.3329
	Pelayanan	$4 + 43 * \text{BETA}(1.04, 2.89)$	15.34	234.6806
Phase 2	Kedatangan	$(-0.5) + \text{EXPO}(10.8)$	10.66	337.8188
Tap 1	Pelayanan	$3 + \text{EXPO}(3.09)$	6.09	591.1330
Tap 2	Pelayanan	$\text{EXPO}(2.25)$	2.25	1600.0000
Tap 3	Pelayanan	$0.13 + \text{ERLA}(0.48, 4)$	2.05	1756.0975

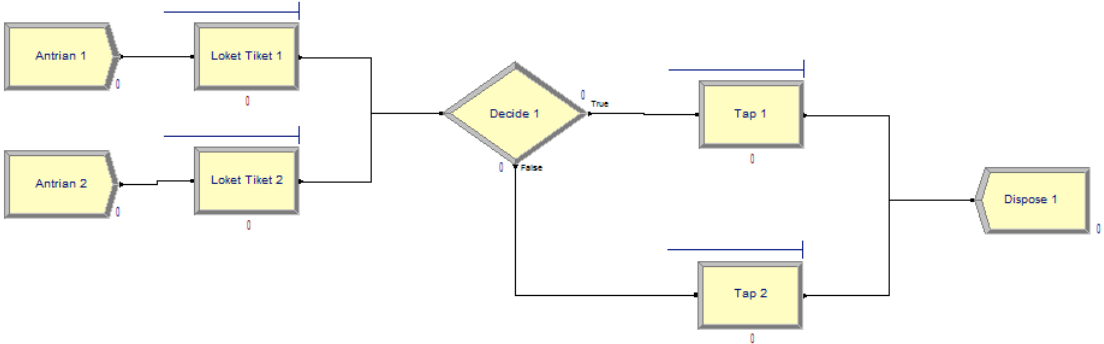
Penelitian ini mengembangkan empat skenario sebagai tawaran solusi alternatif yang akan dianalisis lebih lanjut, di luar kondisi yang ada saat ini (*existing*). Keempat skenario yang dikembangkan memiliki jumlah *phase* yang sama dengan kondisi *existing*, yaitu dua buah, *phase* pertama berupa proses *ticketing* dan *phase* kedua proses *tapping*. Perbedaan di antara beberapa skenario berupa perbedaan jumlah *channel* di setiap *phase*, secara lengkap dinyatakan dalam Tabel 2. Adapun model sistem yang ada saat ini (*existing*) dan keempat skenario yang dikembangkan dinyatakan dalam Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.

Tabel 2. Karakteristik sistem *existing* dan 4 skenario usulan

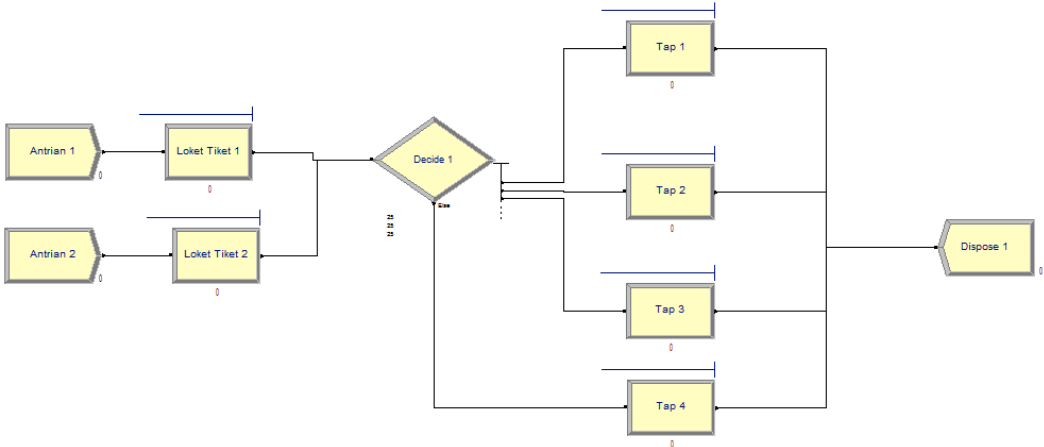
Sistem/Skenario	Jumlah Channel	
	Phase Ticketing	Phase Tapping Card
Sistem <i>Existing</i>	2	3
Skenario A	2	2
Skenario B	2	4
Skenario C	3	2
Skenario D	3	3



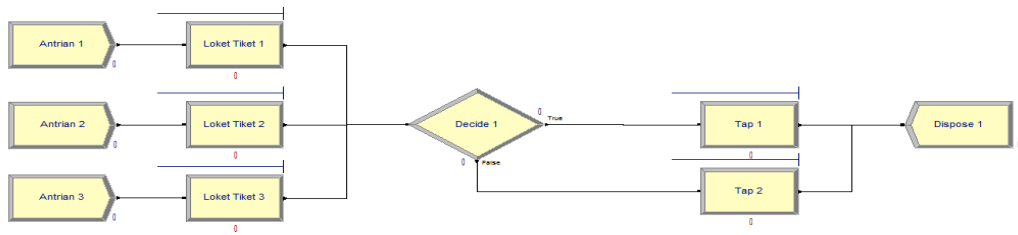
Gambar 2. Model antrian *existing*



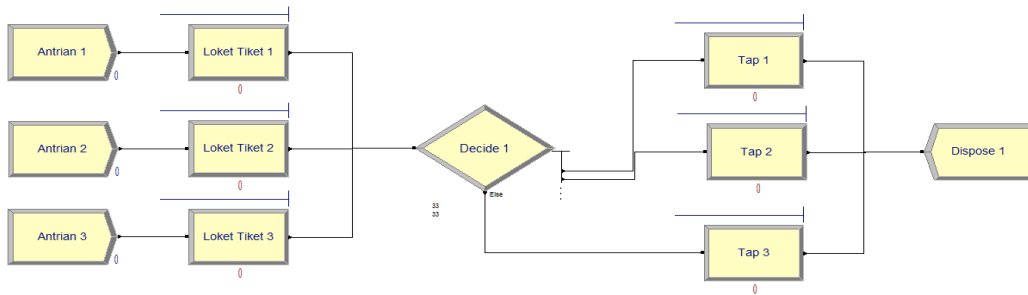
Gambar 3. Model antrian Skenario A



Gambar 4. Model antrian Skenario B



Gambar 5 Model antrian Skenario C



Gambar 6 Model antrian Skenario D

Dari berbagai model antrian di atas maka *performance* dan biaya sistem dapat dihitung untuk masing-masing skenario. Hasil perhitungan untuk setiap model dinyatakan dalam Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

Tabel 3. Hasil perhitungan biaya model antrian *existing*

Kriteria	Fase 1		Fase 2	Total
	Loket 1	Loket 2		
Ls (orang/jam)	3.8	173.1332	0.257	177.1902
Lq (orang/jam)	3.0083	172.139	0.0002	175.1475
Ws (jam)	0.0293	0.742	0.0008	0.7721
Wq (jam)	0.0232	0.7377	0	0.7609
Biaya Sistem (Rp/jam)	44134	1904571	33129,86	1.981.834,84

Tabel 4. Hasil perhitungan *performance* dan biaya Skenario A

Kriteria	Fase 1		Fase 2	Total
	Loket 1	Loket 2		
Ls (orang/jam)	3.8	173.1332	0.2034	177.1366
Lq (orang/jam)	3.0083	172.139	0.0021	175.1494
Ws (jam)	0.0293	0.742	0.1119	0.8832
Wq (jam)	0.0232	0.7377	0	0.7609
Biaya Sistem (Rp/jam)	44134	1904571	27587.05	1.976.292.03

Tabel 5. Hasil perhitungan *performance* dan biaya Skenario B

Kriteria	Fase 1		Fase 2	Total
	Loket 1	Loket 2		
Ls (orang/jam)	3.8	173.1332	0.2369	177.1701
Lq (orang/jam)	3.0083	172.139	0	175.1473

Tabel 5. Hasil perhitungan *performance* dan biaya Skenario B (lanjutan)

Kriteria	Fase 1		Fase 2	Total
	Loket 1	Loket 2		
Ws (jam)	0.0293	0.742	0.0007	0.772
Wq (jam)	0.0232	0.7377	0	0.7609
Biaya Sistem (Rp/jam)	44134	1904571	55128.84	2.003.834

Tabel 6. Hasil perhitungan *performance* dan biaya Skenario C

Kriteria	Fase 1			Fase 2	Total
	Loket 1	Loket 2	Loket 3		
Ls (orang/jam)	3.800	173.1332	1.9148	0.2034	179.0514
Lq (orang/jam)	3.0083	172.1390	0.3138	0.0021	175.4632
Ws (jam)	0.0293	0.7420	0.0057	0.0006	0.7776
Wq (jam)	0.0232	0.7377	0.009	0	0.7699
Biaya Sistem (Rp/jam)	44133.98	1904571	36579.22	27587.05	2.012.871

Tabel 7. Hasil perhitungan *performance* dan biaya Skenario D

Kriteria	Fase 1			Fase 2	Total
	Loket 1	Loket 2	Loket 3		
Ls (orang/jam)	3.800	173.1332	1.9148	0.257	179.1050
Lq (orang/jam)	3.0083	172.1390	0.3138	0.0002	175.461
Ws (jam)	0.0293	0.7420	0.0057	0.0008	0.7778
Wq (jam)	0.0232	0.7377	0.009	0	0.7699
Biaya Sistem (Rp/jam)	44133.98	1904571	36579.22	33129.86	2.018.414

Tabel 8. Perbandingan *performance* beberapa skenario

Performance	Skenario				
	<i>Existing</i>	A	B	C	D
Ls (orang/jam)	1.771.902	1.771.366	1.771.701	1.790.514	179.105
Lq (orang/jam)	1.751.475	1.751.494	1.751.473	1.754.632	175.461
Ws (jam)	0.7721	0.8832	0.7720	0.7776	0.7778
Wq (jam)	0.7609	0.7609	0.7609	0.7699	0.7699
Biaya Sistem (Rp/jam)	1.981.835	1.976.292	2.003.834	2.012.871	2.018.414

Dari Tabel 8 terlihat bahwa bahwa skenario dengan biaya total paling minimum terjadi pada solusi skenario A. Solusi ini dapat menekan biaya/jam dari sebelumnya Rp. 1.981.834,84 menjadi 1.976.292,03, atau terjadi penurunan *cost* sebesar Rp. 5.542,81/jam. Dengan demikian sistem yang ada sekarang (*existing*) dengan konfigurasi dua orang petugas *ticketing* dan tiga orang petugas *tapping* (Gambar 2) sebaiknya diubah menjadi dua orang petugas *ticketing* dan dua orang petugas *tapping card*, sesuai hasil skenario 1 (Gambar 3). Dengan demikian, terjadi pengurangan petugas di *phase tapping card* sebanyak satu orang. Pengurangan ini dapat menekan biaya tanpa mengurangi *performance* pelayanan secara signifikan. Adapun petugas *tapping card* yang dikurangi

adalah petugas yang memiliki nilai *mean* paling besar, yaitu petugas 1, sehingga cukup hanya mempekerjakan petugas 2 dan petugas 3 saja.

4. KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perubahan konfigurasi model pelayanan yang dinyatakan dalam bentuk perubahan komposisi jumlah *phase* dan jumlah *channel* dapat meningkatkan *performance* sistem pelayanan di stasiun kereta api kota Tangerang yang dapat menekan biaya antrian, dari sebelumnya Rp. 1.981.834,84 menjadi 1.976.292,03, atau terjadi penurunan *cost* sebesar Rp. 5.542,81/jam.
2. Solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini berupa pengurangan jumlah petugas *tapping card* pada *phase* 2 sebanyak satu orang, berupa perubahan komposisi jumlah petugas di *phase* 2, tanpa mengubah jumlah *phase* yang pada kondisi existing sebanyak dua buah.
3. Berdasarkan pengamatan di stasiun kota Tangerang terdapat beberapa hal perlu diperbaiki, diantaranya perlunya petugas loket melayani lebih cepat dan perlunya penumpang kereta api menyiapkan uang pembayaran terlebih dahulu.

REFERENSI

- [1] Sleptchenko, Andrei, van Harten Aart, and der Heijden van. "An Exact Solution for the State Probabilities of the Multi-Class, Multi-Server Queue with Preemptive Priorities." *Queueing Systems* 50, no. 1 (05, 2005): 81-107, [http:// search.proquest.com/docview/207689976? accountid=50673](http://search.proquest.com/docview/207689976?accountid=50673).
- [2] Brandt, Andreas and Manfred Brandt. "On the Stability of the Multi-Queue Multi-Server Processor Sharing with Limited Service." *Queueing Systems* 56, no. 1 (05, 2007): 1, <http://search.proquest.com/docview/207690153?accountid=50673>.
- [3] Madjid Tavana and Jack Rappaport. "Optimal allocation of arrivals to a collection of parallel workstations." *International Journal of Operations & Production Management* 17, no. 3 (1997): 305-325, <http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?issn=0144-3577&volume=17&issue=3&articleid=849034&show=html>.
- [4] Mukherjee, Conan. "Weak Group Strategy-Proof and Queue-Efficient Mechanisms for the Queueing Problem with Multiple Machines." *International Journal of Game Theory* 42, no. 1 (02, 2013): 131-63, [http://search.proquest.com/docview/1283978399? accountid=50673](http://search.proquest.com/docview/1283978399?accountid=50673).