

PENENTUAN JUMLAH *SERVER* OPTIMAL DI SPBU PESING MENGUNAKAN TEORI ANTRIAN DAN PENDEKATAN SIMULASI

(Determining Number of Optimal Servers at SPBU Pesing Based on Queuing Theory and Simulation Approach)

Rio Yulius*, Andreas Kurniadi S., Eko Setiawan, Eka Mulyo H.,
Lince Terang, Budi Marpaung**

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Jurusan Teknik Industri
Universitas Kristen Krida Wacana – Jakarta
*lieryu48@yahoo.co.id, **budi.marpaung@ukrida.ac.id

Abstrak

Penentuan jumlah *server* pada suatu fasilitas pelayanan didasarkan pada pertimbangan parameter distribusi kedatangan pelanggan, parameter distribusi pelayanan, dan biaya terkait. Penelitian ini dilakukan di SPBU Pesing, Jakarta Barat. Dengan melakukan pengumpulan data waktu kedatangan, waktu pelayanan pelanggan, dan biaya terkait, maka dengan pendekatan teori antrian dan pendekatan simulasi, penelitian ini merekomendasikan penambahan satu unit *server* dari sebelumnya tiga unit menjadi empat unit di SPBU Pesing. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa performansi sistem antrian dengan pendekatan simulasi dan pendekatan teori antrian akan menjadi sama seiring meningkatnya selang waktu simulasi.

Kata Kunci: *server*, performansi, simulasi, teori antrian, optimal, total biaya

Abstract

The number of servers in a service facility is determined based on the parameters of customer arrival time distribution, service time distribution, and relevant costs. This research was conducted at the SPBU Pesing (Pesing Gas Station) in West Jakarta. Based on the data gathered on the arrival time, customer service time, and costs involved, this research suggests an additional unit of server to the existing three units. The study also shows that the queuing system performance meets the simulation time interval increase.

Keywords: *server*, performance, simulation, queuing analysis, total cost

Tanggal Terima Naskah : 27 Mei 2013
Tanggal Persetujuan Naskah : 17 Juni 2013

1. PENDAHULUAN

Mengantri merupakan peristiwa yang sering terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa contoh antrian diantaranya mengantri di bank, SPBU, item/*part* di lantai produksi, dan lain sebagainya. Kejadian mengantri disebabkan oleh kapasitas sistem pelayanan yang lebih kecil dibandingkan permintaan akan pelayanan. Antrian yang terjadi dalam sebuah sistem akan memberikan dampak kerugian pada pihak pelanggan/pengguna fasilitas maupun pihak penyedia fasilitas. Kerugian yang

mungkin terjadi pada pihak penyedia jasa atau produsen berupa kehilangan pelanggan akibat waktu antrian yang panjang. Kerugian yang mungkin terjadi pada pihak konsumen adalah kerugian dalam hal waktu mengantri yang dapat dinyatakan sebagai *opportunity cost*.

Penelitian ini didasarkan pada pengamatan adanya antrian di SPBU Pesing, Jakarta Barat. Kondisi antrian yang panjang di SPBU Pesing mengakibatkan sebagian pengguna motor mengurungkan niatnya untuk melakukan pengisian bahan bakar minyak di SPBU Pesing dan mencoba mencari SPBU di lokasi lain. Kondisi ini tentunya mengurangi potensi pemasukan bagi SPBU Pesing. Biaya antrian bagi konsumen dapat terjadi saat konsumen menggunakan waktunya untuk menunggu dilayani, padahal waktu tersebut seharusnya dapat digunakan untuk bekerja dan menghasilkan uang.

Salah satu solusi untuk menekan panjangnya antrian di SPBU Pesing adalah dengan penambahan *server*. Namun setiap penambahan *server* akan menimbulkan pengurangan biaya bagi pengguna fasilitas dan secara bersamaan akan meningkatkan biaya bagi penyedia fasilitas, dan sebaliknya. Penelitian ini mencoba menentukan jumlah *server* yang optimal di SPBU Pesing, sehingga total biaya yang ditanggung penyedia fasilitas dan pengguna fasilitas menjadi minimum. Penetapan jumlah *server* yang optimal dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu teori antrian dan simulasi. Hasil kedua pendekatan dibandingkan dan dianalisis. Untuk memudahkan perhitungan, penelitian ini menggunakan *software* SPSS dan WinQSB.

2. KONSEP DASAR

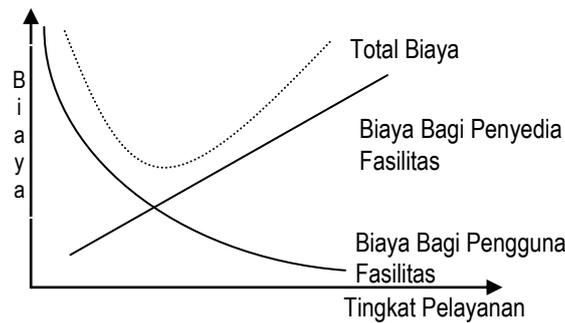
Pada tahun 1913, untuk pertama kalinya teori antrian dikemukakan oleh seorang ahli matematika Denmark, A.K. Erlang. Teori antrian diperkenalkan melalui bukunya, *Solution of Some Problem in The theory of probability of Significance in Automatic Telephone Exchange* [1]. Tujuan teori antrian adalah untuk mengatasi permintaan pelayanan yang berfluktuasi secara acak dalam menjaga keseimbangan antara biaya waktu mengganggu dan biaya waktu menunggu yang diperlukan selama antrian [2]. Hingga saat ini banyak penelitian yang menggunakan pendekatan teori antrian, dengan bidang aplikasi yang beragam, seperti bank, *supermarket*, SPBU, dan berbagai jenis layanan lainnya. Ubani, E.C. menganalisis *service cost* untuk menentukan kapasitas optimal dalam sistem antrian pada sebuah bank komersial di Nigeria. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah perhitungan manual dengan menggunakan teori antrian. Penelitian ini merekomendasikan jumlah *server* optimal berikut *total service cost* dan utilitas sistem [3].

Khalid melakukan evaluasi performansi sistem antrian pada koridor pejalan kaki di Malaysia. Namun berbeda dengan Ubani, Khalid menggunakan dua pendekatan sekaligus, yaitu pendekatan analisis dan simulasi. Dalam penelitian tersebut dinyatakan bahwa pendekatan analitik dan simulasi memberikan ukuran performa yang berbeda, namun nilai perbedaan tidak terlalu jauh [4]. Penelitian masalah antrian di SPBU dilakukan Hasian. Penelitian tersebut dilakukan di SPBU Pangilun untuk mengetahui performansi SPBU tersebut. Dengan bantuan *software* Arena hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa utilitas *server* di SPBU Pangilun sangat rendah, yang disebabkan oleh jumlah pelanggan yang rendah [5].

Berbagai penelitian tentang antrian umumnya menggunakan pendekatan teori antrian atau pendekatan simulasi. Penelitian yang membahas masalah antrian yang diselesaikan dengan pendekatan teori antrian dan pendekatan simulasi sekaligus masih jarang ditemukan. Pemecahan masalah antrian dengan dua pendekatan sekaligus tentu menarik, selain untuk membandingkan hasil keduanya, juga untuk memahami keterbatasan masing-masing pendekatan. Penelitian ini merupakan penelitian yang

pertama dalam menyelesaikan masalah antrian di SPBU dengan dua pendekatan sekaligus.

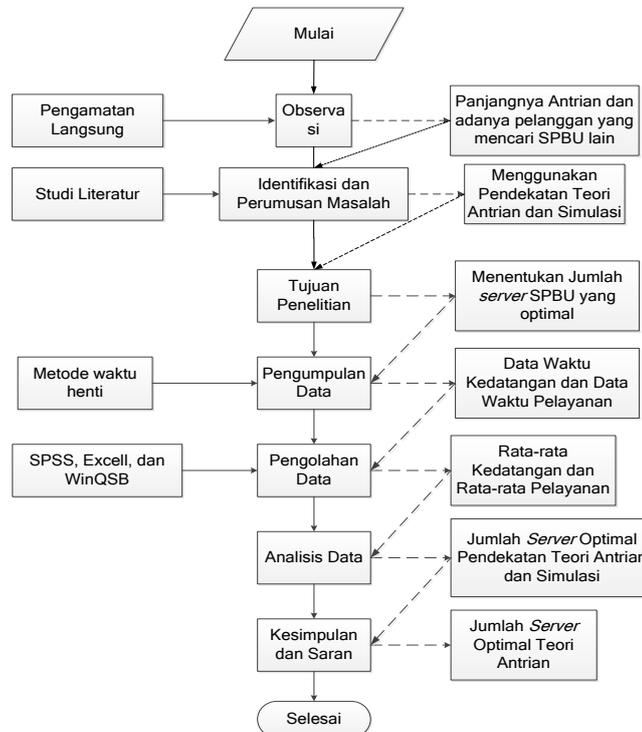
Teori antrian maupun pendekatan simulasi untuk masalah antrian banyak membantu pengambil keputusan dalam merancang fasilitas untuk mengatasi permintaan pelayanan yang fluktuatif secara acak dan menjaga keseimbangan antara biaya pelayanan dan biaya menunggu. Komponen utama yang menjadi dasar dari masalah antrian, yaitu tingkat kedatangan pelanggan (λ), tingkat pelayanan (μ), jumlah *server* (c), dan antrian pelanggan. Teori antrian dapat menganalisis masalah sampai bagaimana fasilitas tersebut dirancang. Jika variabel keputusan adalah tingkat pelayanan, maka teori antrian dapat mendefinisikan hubungan antara tingkat pelayanan dengan parameter yang relevan. Kriteria evaluasi yang dipertimbangkan adalah *total expected cost*. Adapun hubungan biaya dan tingkat pelayanan dinyatakan dalam Gambar 2 [6].



Gambar 2. Hubungan biaya antrian dengan tingkat pelayanan

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian sebagaimana dinyatakan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Data penelitian ini diperoleh dengan menggunakan teknik pengambilan data secara langsung. Data diperoleh dari SPBU di Pesing dengan mengamati sampel data berupa waktu antarkedatangan kendaraan bermotor dan waktu pelayanan setiap kendaraan pada waktu yang telah ditentukan, yaitu selama dua jam (pukul 14.00-16.00). Data diambil pada tanggal 19 April 2013, dimana keadaan SPBU sangat ramai dan jumlah kendaraan bermotor yang datang sangat besar sehingga terjadi antrian yang panjang. Data yang dicatat adalah waktu kedatangan setiap kendaraan, waktu mulai dilayani, dan waktu selesai dilayani. Selama pengamatan tercatat sebanyak 380 sepeda motor yang masuk ke dalam area pelayanan SPBU Pesing. Adapun jumlah *server* yang terdapat di SPBU Pesing sebanyak tiga unit.

4.2 Uji Distribusi Data

Uji *Chi-Square* dilakukan untuk memperoleh jenis dan parameter distribusi waktu kedatangan dan waktu pelayanan. Dengan bantuan *software* SPSS diperoleh bahwa waktu kedatangan berdistribusi Poisson dengan rata-rata λ sebesar 243.61 unit kendaraan/jam sedangkan rata-rata waktu pelayanan berdistribusi eksponensial negatif dengan rata-rata 94.75 kendaraan/jam.

4.3 Aspek Biaya Antrian

Biaya yang dipertimbangkan dalam masalah antrian ada dua jenis, yaitu biaya penyedia jasa dan biaya pengguna jasa. Biaya penyedia jasa diantaranya sewa tempat, gaji karyawan, depresiasi mesin/peralatan, dan biaya listrik. Biaya pengguna jasa merupakan biaya kerugian yang ditanggung oleh konsumen dalam bentuk rugi waktu karena mengantri. Dengan melakukan akumulasi atas masing-masing jenis biaya tersebut maka didapat biaya penyedia fasilitas sebesar Rp. 11.456,83/jam, sedangkan biaya pengguna jasa sebesar Rp. 6.089/jam.

4.4 Performansi SPBU dengan Pendekatan Teori Antrian dan Simulasi

Data yang diperoleh di atas selanjutnya dimasukkan dalam program menu *Queuing Analysis* pada WinQSB, ditunjukkan pada Gambar 3.

Data Description	ENTRY
Number of servers	3
Service rate [per server per hour]	94.75
Customer arrival rate [per hour]	243.61
Queue capacity [maximum waiting space]	M
Customer population	M
Busy server cost per hour	
Idle server cost per hour	11456.83
Customer waiting cost per hour	6089
Customer being served cost per hour	
Cost of customer being balked	
Unit queue capacity cost	

Gambar 3. Input data ke dalam *software* WinQSB

Dengan bantuan WinQSB maka diperoleh hasil performansi SPBU Pesing menggunakan pendekatan teori antrian ditunjukkan pada Gambar 4.

05-05-2013	Performance Measure	Result
1	System: M/M/4	From Formula
2	Customer arrival rate (λ) per hour =	243.6100
3	Service rate per server (μ) per hour =	94.7500
4	Overall system effective arrival rate per hour =	243.6100
5	Overall system effective service rate per hour =	243.6100
6	Overall system utilization =	64.2770 %
7	Average number of customers in the system (L) =	3.1905
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	0.6194
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	1.7993
10	Average time customer spends in the system (W) =	0.0131 hours
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	0.0025 hours
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	0.0074 hours
13	The probability that all servers are idle (Po) =	6.7541 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw) or system is busy (Pb) =	34.4248 %
15	Average number of customers being balked per hour =	0
16	Total cost of busy server per hour =	\$0
17	Total cost of idle server per hour =	\$16370.8700
18	Total cost of customer waiting per hour =	\$3771.5990
19	Total cost of customer being served per hour =	\$0
20	Total cost of customer being balked per hour =	\$0
21	Total queue space cost per hour =	\$0
22	Total system cost per hour =	\$20142.4700

Gambar 4. Hasil perhitungan menggunakan metode antrian

Performansi SPBU Pesing dengan pendekatan simulasi ditunjukkan pada Gambar 5.

05-05-2013	Performance Measure	Result
1	System: M/M/3	From Simulation
2	Customer arrival rate (λ) per hour =	243.6100
3	Service rate per server (μ) per hour =	94.7500
4	Overall system effective arrival rate per hour =	230.1155
5	Overall system effective service rate per hour =	230.1155
6	Overall system utilization =	76.9794 %
7	Average number of customers in the system (L) =	3.3673
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	1.0579
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	1.8535
10	Average time customer spends in the system (W) =	0.0146 hours
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	0.0046 hours
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	0.0081 hours
13	The probability that all servers are idle (Po) =	5.9494 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw) or system is busy (Pb) =	57.0759 %
15	Average number of customers being balked per hour =	0
16	Total cost of busy server per hour =	\$0
17	Total cost of idle server per hour =	\$7912.2900
18	Total cost of customer waiting per hour =	\$6441.6430
19	Total cost of customer being served per hour =	\$0
20	Total cost of customer being balked per hour =	\$0
21	Total queue space cost per hour =	\$0
22	Total system cost per hour =	\$14353.9300
23	Simulation time in hour =	2.0000
24	Starting data collection time in hour =	0
25	Number of observations collected =	461
26	Maximum number of customers in the queue =	9
27	Total simulation CPU time in second =	0.2020

Gambar 5. Hasil perhitungan menggunakan pendekatan simulasi

Dari Gambar 4 dan Gambar 5 terlihat bahwa performansi SPBU Pesing dengan pendekatan teori antrian dan pendekatan simulasi memiliki perbedaan yang berarti. Utilitas sistem dengan pendekatan teori antrian sekitar 64,3 persen, sedangkan dengan pendekatan simulasi sebesar 77,0 persen, selisih sebesar 12,7 persen. Perbedaan tersebut terjadi karena perbedaan selang waktu yang digunakan untuk masing-masing pendekatan. Pendekatan teori antrian diasumsikan diamati dalam selang waktu tidak terbatas sehingga dapat mencapai konsisi *steady state*, sedangkan pendekatan simulasi dilakukan dalam selang waktu terbatas, dalam penelitian ini hanya dua jam saja. Hasil keduanya akan berdekatan bila simulasi dilakukan dengan selang waktu yang lebih panjang.

4.5 Jumlah Server Optimal

Penentuan jumlah *server* optimal dilakukan dengan memvariasikan jumlah *server* dan mencatat dampaknya terhadap total biaya sistem antrian, baik untuk pendekatan teori antrian maupun pendekatan simulasi. Alternatif jumlah *server* yang ditawarkan dari dua hingga lima unit, untuk kemudian diolah dengan bantuan WinQSB, baik untuk pendekatan teori antrian maupun simulasi. Perbandingan total biaya sistem antrian untuk setiap nilai *server*, dinyatakan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan total biaya sistem antrian

Total Biaya Sistem Antrian (Rp/jam)	Jumlah Server			
	2	3	4	5
Teori Antrian	-	32.009	20.142	28.750
Simulasi	415.480	14.353	21.186	30.857

Dari Tabel 1 terlihat bahwa biaya paling minimum bila menggunakan pendekatan teori antrian adalah empat unit, dengan total biaya sistem antrian sebesar Rp. 20.142/jam. Biaya minimum bila menggunakan pendekatan simulasi terjadi pada saat jumlah *server* sebanyak tiga unit, dengan total biaya sistem antrian sebesar Rp. 14.353/jam. Dalam hal ini pendekatan teori antrian dan simulasi memberikan nilai optimal *server* yang berbeda. Total biaya antrian yang diperoleh dengan pendekatan simulasi di atas berlaku untuk selang waktu simulasi dua jam saja, sedangkan dengan pendekatan teori antrian berlaku untuk jangka waktu yang tidak terbatas.

Untuk mengetahui perilaku total biaya sistem antrian terhadap perubahan waktu simulasi maka dilakukan simulasi dengan memvariasikan selang waktu simulasi, dipilih 2, 3, 5, 10, dan 100 jam. Total biaya sistem antrian untuk masing-masing selang waktu simulasi dinyatakan pada Tabel 2.

Tabel 2. Total biaya sistem antrian dengan simulasi WinQSB

Selang Waktu Simulasi (jam)	Jumlah Server			
	2	3	4	5
2	415480	14353	21186	30857
3	580909	14371	20505	29556
5	902232	25557	20452	29392
10	1731675	24393	19355	27828
100	15928290	28369	20.234	28705

Dari Tabel 2 terlihat bahwa nilai total biaya sistem antrian mengalami perubahan seiring peningkatan durasi waktu simulasi. Berbeda dengan bila *durasi* waktu simulasi dua dan tiga jam yang memiliki nilai optimal *server* sebesar tiga unit, saat selang waktu simulasi meningkat menjadi 5, 10, bahkan 100 jam, maka nilai optimal *server* bergeser menjadi empat unit. Pergeseran ini mengikuti jumlah *server* optimal bila menggunakan pendekatan teori antrian, yaitu sebesar empat unit. Dengan demikian dapat dipastikan untuk selang waktu yang relatif lama, maka jumlah *server* optimal pendekatan teori antrian dan pendekatan simulasi adalah sama, yaitu empat unit. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Khalid yang membuktikan bahwa performansi antrian kedua metode tidak berbeda jauh.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Penelitian ini merekomendasikan penambahan satu unit *server* di SPBU Pesing, dari yang sebelumnya tiga unit menjadi empat unit. Rekomendasi penelitian ini sesuai dengan kenyataan di lokasi yang menunjukkan adanya pengguna fasilitas yang melakukan *balk-out*, yaitu meninggalkan lokasi SPBU sebelum dilayani dan pindah ke SPBU lain. Perpindahan pelanggan ini tentunya merugikan penyedia jasa dalam bentuk kehilangan kesempatan mendapatkan keuntungan (*opportunity cost*).
- Terdapat perbedaan hasil performansi sistem antrian dengan pendekatan teori antrian dan pendekatan simulasi untuk selang waktu simulasi yang relatif singkat, namun akan menjadi sama seiring dengan peningkatan selang waktu waktu simulasi.
- Selang waktu simulasi dimana hasil performansi dengan pendekatan teori antrian menjadi sama dengan pendekatan simulasi dapat dijadikan sebagai dasar untuk menetapkan selang waktu pengambilan data untuk mendapatkan parameter waktu kedatangan pelanggan dan waktu pelayanan yang lebih tepat.

REFERENSI

- [1]. Erlang, A. K.. “Solution of Some Problem in The Theory of Probability of Significance in Automatic Telephone Exchange”. (1913).
- [2]. Mulyono, Sri.. 1991. Operation Research. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- [3]. Ubani, E. C.. “Analysis of Service Costs for Optimal Capacity Determination in a Queuing System”. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business* 3 (4) (2011): 59-73. [e-journal] <http://search.proquest.com/docview/899779537?accountid=50673> (diakses 25 April 2013).
- [4]. Khalid, R. et al. “A Discrete Event Simulation Model for Evaluating the Performances of an M/G/C/C State Dependent Queuing System”. *PLoS One* 8(4) (2013). [e-journal] <http://search.proquest.com/docview/899779537?accountid=50673> (diakses 25 April 2013).
- [5]. Hasian, Dio Putera dan Aldie Kur’anul Putra. “Simulasi Pelayanan Pengisian Bahan Bakar di SPBU Gunung Pangilun”. [e-journal] teknika.ft.unand.ac.id/index.php/jti/article/view/89/11 (diakses 11 April 2013).
- [6]. Kakiay, Thomas J.. 2004. Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata. Yogyakarta: Andi Offset.