



**SIMULASI ANTRIAN KASIR
PADA MODEL ANTRIAN JALUR BERGANDA
DI SENYUM MEDIA STATIONARY**

*CASHIER QUEUE SIMULATION ON MULTI CHANNEL SINGLE
PHASE MODEL AT SENYUM MEDIA STATIONARY*

SKRIPSI

Oleh

Hafida Sofia

NIM 1408010201161

**JURUSAN MANAJEMEN
FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UNIVERSITAS JEMBER**

2018



**SIMULASI ANTRIAN KASIR
PADA MODEL ANTRIAN JALUR BERGANDA
DI SENYUM MEDIA STATIONARY**

*CASHIER QUEUE SIMULATION ON MULTI CHANNEL SINGLE
PHASE MODEL AT SENYUM MEDIA STATIONARY*

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk
menyelesaikan Program Studi Manajemen (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Ekonomi

Oleh

Hafida Sofia

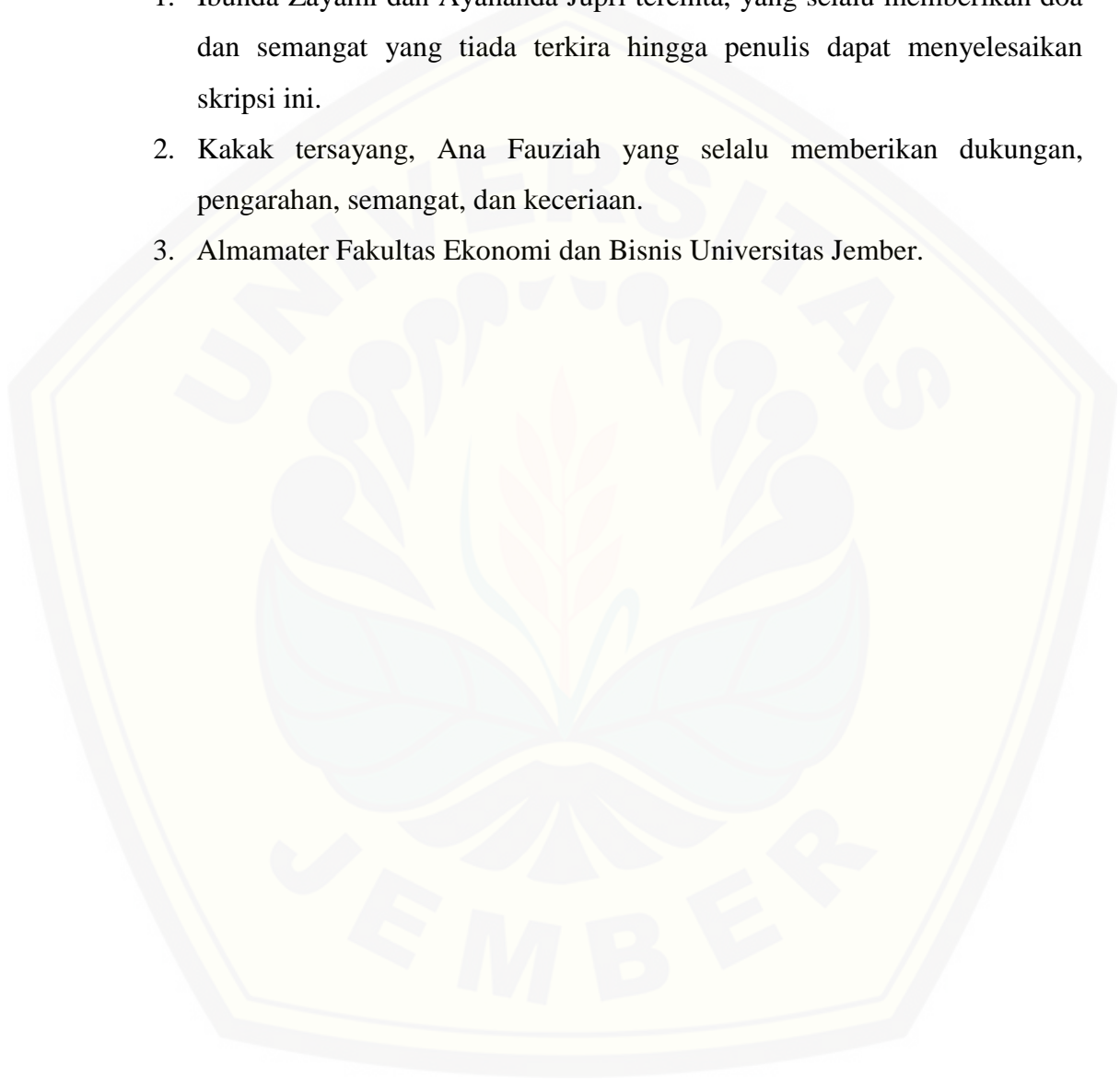
NIM 1408010201161

**JURUSAN MANAJEMEN
FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk :

1. Ibunda Zayami dan Ayahanda Jupri tercinta, yang selalu memberikan doa dan semangat yang tiada terkira hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kakak tersayang, Ana Fauziah yang selalu memberikan dukungan, pengarahan, semangat, dan keceriaan.
3. Almamater Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Jember.



MOTO

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”
(terjemahan surat Al-Mujadalah ayat 11)

“Bakat dapat membawamu jauh, tapi kerja keras dapat membawamu kemanapun”
(Hiruma Youchi – Eyeshield 21)

“Bermimpilah karena Tuhan akan memeluk mimpi-mimpi itu”
(Arai – Sang Pemimpi)



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER – FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hafida Sofia
NIM : 140810201161
Jurusan : Manajemen
Konsentrasi : Manajemen Operasional

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul “Simulasi Antrian Kasir pada Model Antrian Jalur Berganda di Senyum Media *Stationary*“ adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya plagiasi milik orang lain. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya paksaan dan tekanan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan yang saya buat ini tidak benar.

Jember, 16 April 2018

Yang menyatakan,

Hafida Sofia

NIM: 140810201161

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Judul Skripsi : Simulasi Antrian Kasir pada Model Antrian Jalur
Berganda di Senyum Media *Stationary*
Nama Mahasiswa : Hafida Sofia
NIM : 140810201161
Jurusan : Manajemen
Konsentrasi : Manajemen Operasional
Disetujui Tanggal : 16 April 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Drs. Eka Bambang Gusminto M.M.

NIP. 19670219 199203 1 001

Hadi Paramu MBA, Ph.D.

NIP. 19690120 199303 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1 Manajemen

Dr. Ika Barokah Suryaningsih S.E, M.M.

NIP. 19780525 200312 2 002

PENGESAHAN

JUDUL SKRIPSI

SIMULASI ANTRIAN KASIR PADA MODEL ANTRIAN JALUR BERGANDA
DI SENYUM MEDIA *STATIONARY*

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

Nama Mahasiswa : **Hafida Sofia**
NIM : **140810201161**
Jurusan : **Manajemen**

Telah dipertahankan di depan penguji pada tanggal :
26 April 2018

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima sebagai kelengkapan guna memperoleh Gelar Sarjana Ekonomi pada Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Jember.

SUSUNAN TIM PENGUJI

Ketua : **Drs. Didik Pudjo Musmedi M.S.** : (.....)
NIP. 19610209 198603 1 001
Anggota 1 : **Drs. Hadi Wahyono, M.M.** : (.....)
NIP. 19540109 198203 1 003
Anggota 2 : **Dra. Lilik Farida, M.Si** : (.....)
NIP. 19631128 198902 2 001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis
Universitas Jember

Dr. Muhammad Miqdad S.E., M.M., Ak.
NIP. 19710727 199512 1 001

RINGKASAN

SIMULASI ANTRIAN KASIR PADA MODEL ANTRIAN JALUR BERGANDA DI SENYUM MEDIA STATIONARY; Hafida Sofia, 140810201161; 2018: 78 halaman; Jurusan Manajemen Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Jember.

Pelayanan prima yang merupakan strategi bisnis perusahaan untuk mempertahankan pelanggan dan memberikan citra atau kesan positif perusahaan. Pelayanan yang prima memberikan kepuasan pelanggan yang berpengaruh pada kesetiaan pelanggan dalam menggunakan produk barang maupun jasa suatu perusahaan. Antrian sebenarnya merupakan fenomena yang biasa terjadi pada kehidupan namun pada kondisi tertentu akan memberikan masalah yakni saat waktu tunggu yang terlalu lama. Antrian yang terlalu panjang menyebabkan berkurangnya kenyamanan bahkan menjadi faktor yang memicu konsumen untuk tidak menikmati atau mengenal produk yang ditawarkan. *Senyum Media Stationary* perlu memberikan pelayanan yang optimal dengan mengatasi antrian yang terjadi. Penggunaan model antrian dapat membantu *Senyum Media Stationary* untuk menentukan jumlah fasilitas pelayanan yang optimal sehingga dapat mengurangi jumlah antrian.

Penelitian ini menganalisis jumlah fasilitas pelayanan yang optimal dan *cost and benefit* dari pengoptimalan fasilitas pelayanan yang digunakan. Jenis data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Data primer dalam penelitian ini adalah observasi tentang jumlah kedatangan pelanggan dalam sistem pelayanan, tingkat pelayanan, dan fasilitas pelayanan persatuan waktu. Analisis menggunakan model antrian *Multi Channel Single Phase* dan penggunaan *random number* yang menggambarkan tingkat kedatangan pelanggan yang bersifat acak dan tidak dapat diprediksi. Berdasarkan hasil penelitian diketahui terdapat tiga *season* kedatangan pelanggan yakni *off season*, awal semester, dan hari aktif sekolah; serta tiga tingkat pelayanan pelanggan yakni 61,4; 75,36 dan 52. Jumlah fasilitas pelayanan yang optimal pada *off season* dengan rata-rata kedatangan pelanggan sebesar 64,18 pada tingkat pelayanan pelanggan (μ) 61,4 sebanyak 5 unit, pada tingkat pelayanan pelanggan (μ) 75,36 sebanyak 4 unit dan pada tingkat pelayanan pelanggan (μ) 52 sebanyak 6 unit. *Season* awal semester, jumlah fasilitas pelayanan (μ) optimal untuk ketiga tingkat pelayanan sebanyak 6 unit dengan kedatangan rata-rata pelanggan sebesar 102,7. *Season* hari aktif sekolah memiliki pola jumlah fasilitas pelayanan yang optimal seperti *off season*, yakni 5 unit pada tingkat pelayanan (μ) 61,4; 4 unit pada tingkat pelayanan (μ) 75,36 dan 6 unit pada tingkat pelayanan (μ) 52 dengan tingkat kedatangan pelanggan rata-rata sebesar 69,31. Penentuan jumlah fasilitas pelayanan yang optimal berdasarkan waktu tunggu paling singkat dan biaya operasional yang lebih sedikit.

Jumlah fasilitas pelayanan yang dibuka memberikan konsekuensi *cost and benefit*. Jumlah fasilitas pelayanan yang dibuka dibawah jumlah fasilitas pelayanan yang disediakan akan memberikan keuntungan berupa berkurangnya biaya operasional yakni biaya listrik. Namun, kondisi tersebut memiliki

kekurangan yakni *Senyum Media Stationary* tidak dapat mengoptimalkan tenaga kerja dan fasilitas pelayanan yang tersedia. Sedangkan, saat fasilitas pelayanan yang dibuka seluruhnya memiliki keuntungan yakni fasilitas pelayanan dan tenaga yang tersedia dapat dioptimalkan dan tetap menghasilkan waktu tunggu yang paling singkat dan optimal. Kekurangan pada kondisi ini adalah pada biaya operasional bertambah seiring dengan banyaknya peralatan yang dioperasikan.



SUMMARY

Cashier Queue Simulation on Multi Channel Single Phase Model at Senyum Media Stationary; Hafida Sofia; 140810201161; 2018; 78 pages; The Department of Management Faculty of Economics and Business, University of Jember.

Excellent service which is the company's business strategy to retain customers and give the image or the company's positive impression. Excellent service to give customer satisfaction that affects customer loyalty in using products or services of a company. Queue is actually a common phenomenon that occurs in life but in certain conditions will give a problem that is when the waiting time is too long. Queues that are too long leads to reduced comfort and even a factor that triggers consumers not to enjoy or get to know the products offered. Senyum Media Stationary need to provide optimal service by overcoming the queue that occurred. The use of queuing models can help Senyum Media Stationary to determine the optimal number of service facilities so as to provide optimal service.

This study analyzes the optimal number of service facilities and the cost and benefit of the optimization of service facilities used. The type of data used is primary and secondary data. Primary data in this research is observation about the number of customer arrival in service system, service level (mean number of people served per time period), and number of channels/ facilities open. The analysis used Multi Channel Single Phase queuing model and the use of random number that describes the customer arrival rate that is random and unpredictable. Based on the result of the research, it is known that there are three customer arrival seasons, namely off season, beginning of semester, and active school day; as well as three levels of customer service namely 61.4; 75.36 and 52. The optimal number of service facilities in off season with average customer arrival of 64.18 at customer service level (μ) 61.4 as many as 5 units, at customer service level (μ) 75,36 for 4 unit and at customer service level (μ) 52 of 6 units. Season of beginning of semester, optimal number of service facility (μ) for third service level of 6 units with arrival of average customer equal to 102,7. The school's active season has an optimal number of service facilities such as off season, i.e 5 units at service level (μ) 61.4; 4 units at service level (μ) 75,36 and 6 unit at service level (μ) 52 with average arrival rate of 69,31. Determination of the optimal number of service facilities based on the shortest waiting time and fewer operational costs.

The number of opened service facilities provides cost and benefit consequences. The number of service facilities opened under the number of service facilities provided will provide an advantage in the form of reduced operational costs ie electricity costs. However, the condition has a disadvantage that Senyum Media Stationary can not optimize the employee and service facilities that available. Meanwhile, when the service facility is opened entirely has the advantage of available service facilities and available employee can be

optimized and still produce a short and optimal waiting time. The disadvantage of this condition is that the operational costs increase with the number of equipment being operated.



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas segala rahmat, hidayah dan karuniaNya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Simulasi Antrian Kasir pada Model Antrian Jalur Berganda di Senyum Media *Stationary*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan program studi Strata satu (S1) pada Program Studi Manajemen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Jember.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam penulisan ini masih banyak kekurangan yang disebabkan karena keterbatasan penulis. Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

- a. Dr. Muhammad Miqdad S.E., M.M., Ak. selaku Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Jember.
- b. Dr. Handriyono M.Si selaku Ketua Jurusan Manajemen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Jember.
- c. Dr. Ika Barokah Suryaningsih S.E., M.M selaku Ketua Program Studi Manajemen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Jember.
- d. Drs. Eka Bambang Gusminto M.M selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan semangat, bimbingan, pengarahan, saran, serta telah meluangkan waktunya sehingga skripsi ini mampu terselesaikan.
- e. Hadi Paramu MBA, Ph.D selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan semangat, bimbingan, pengarahan, saran, telah banyak meluangkan waktunya, serta kesabaran sehingga skripsi ini mampu terselesaikan.
- f. Drs. Didik Pudjo Musmedi M.S selaku ketua penguji yang telah memberikan masukan sehingga skripsi ini mampu terselesaikan dengan baik.
- g. Drs. Hadi Wahyono, M.M. selaku anggota penguji I yang telah memberikan masukan sehingga skripsi ini mampu terselesaikan dengan baik.

- h. Dra. Lilik Farida, M.Si selaku anggota penguji II yang telah memberikan masukan sehingga skripsi ini mampu terselesaikan dengan baik.
- i. Seluruh bapak dan ibu dosen Program Studi Manajemen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Jember.
- j. Senyum Media *Stationary* yang telah memberikan informasi yang berguna untuk penelitian ini.
- k. Kakak tersayang, Ana Fauziah yang memberikan dukungan, dan pengarahan.
- l. Seluruh teman-teman kelas X manajemen 2014, Nizar, Lidya, Tria, Ega, Wildan, Jathu, Eko, Erica, Roshinta, Kholifah, Theresia, Riyo, Bella, dan Queen yang memberikan dukungan dan keceriaan.
- m. Fath Imas, Endang Pitriani, dan teman-teman manajemen 2014 lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
- n. Mas penjaga warnet yang membantu proses verifikasi, dan seluruh pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Semoga ALLAH SWT selalu memberikan rahmat kepada pihak yang telah membantu dengan ikhlas sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis sadar akan keterbatasan dan kurang sempurnanya penulisan Skripsi ini, oleh karena itu segala saran dan kritik yang bersifat membangun akan sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan ilmu bagi yang membacanya.

Jember, 16 April 2018

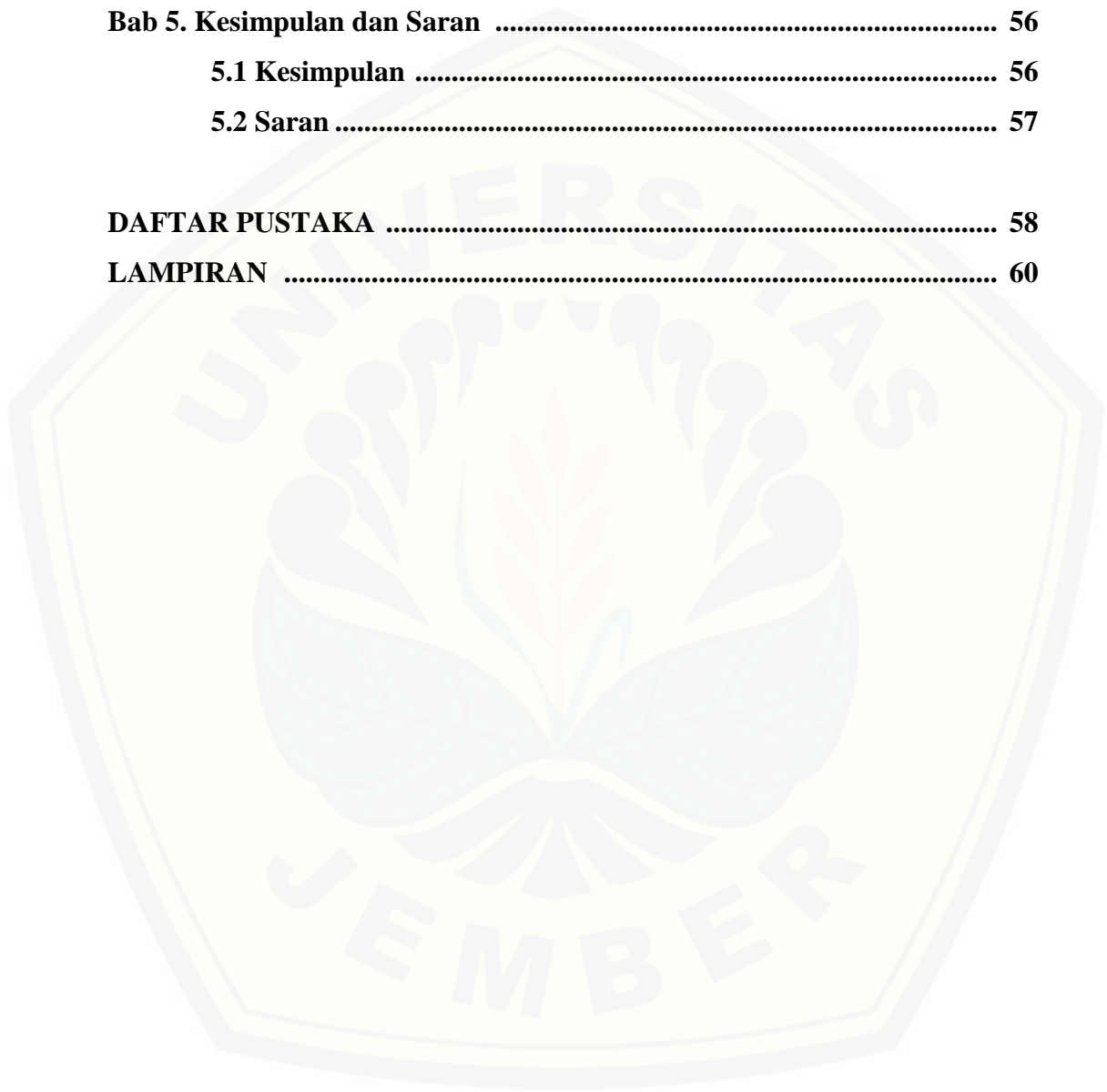
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY.....	ix
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Landasan Teori	6
2.1.1 Pengertian Teori Antrian	6
2.1.2 Karakteristik Sistem Antrian	6
2.1.3 Struktur Antrian	8
2.1.4 Model Antrian	10
2.1.5 Simulasi	15
2.2 Penelitian Terdahulu	17

2.3 Kerangka Konseptual	21
BAB 3. METODE PENELITIAN	23
3.1 Rancangan Penelitian	23
3.2 Jenis Data dan Sumber Data	23
3.3 Metode Pengumpulan Data	23
3.4 Metode Analisis Data	24
3.4.1 Tahap Generasi Data	27
3.4.2 Tahap Simulasi	27
3.4.3 Analisis Hasil Simulasi	29
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Gambaran Umum Senyum Media Stationary	30
4.1.1 Profil Senyum Media <i>Stationary</i>	30
4.1.2 Visi dan Misi Senyum Media <i>Stationary</i>	31
4.1.3 Struktur Organisasi Senyum Media <i>Stationary</i>	31
4.1.4 Hari Dan Jam Kerja Di Senyum Media <i>Stationary</i>	34
4.2 Hasil Penelitian	34
4.2.1 Struktur dan Jalur Antrian Pada Senyum Media <i>Stationary</i>	34
4.2.2 Tingkat Kedatangan Pelanggan	35
4.2.3 Tingkat Pelayanan Pelanggan	36
4.2.4 Karakteristik Antrian Senyum Media <i>Stationary</i>	39
4.3 Simulasi Sistem Antrian dengan Model <i>Multi Channel</i> <i>Single Phase (M/M/C)</i>	40
4.3.1 Tingkat Kedatangan Pelanggan Setiap Periode	40
4.3.2 Penentuan Bilangan Random (<i>Random Number</i>)	42
4.3.3 Simulasi M/M/C Menggunakan <i>MS. Excel</i>	43
4.4 Hasil Simulasi Antrian Jalur Berganda (M/M/C)	45
4.4.1 Hasil Simulasi Antrian Saat Periode Libur Semester	45
4.4.2 Hasil Simulasi Antrian Saat Periode Awal Semester	48

4.4.3 Hasil Simulasi Antrian Saat Periode Hari Aktif	
Sekolah	50
4.5 Pembahasan	52
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	60



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Rangkuman Penelitian Sebelumnya	19
4.1 Data Kedatangan Pelanggan	36
4.2 Tingkat Pelayanan Pelanggan	37
4.3 Rata-rata Tingkat Pelayanan (μ) Berdasarkan Jumlah M.....	38
4.4 Tingkat Kedatangan Pelanggan pada Periode Libur Semester	40
4.5. Tingkat Kedatangan Pelanggan pada Periode Awal Semester	41
4.6 Tingkat Kedatangan Pelanggan pada Periode Hari Aktif Sekolah	42
4.7 Sampel Hasil Simulasi Antrian pada Saat Periode Libur Semester dengan Tingkat Pelayanan (μ) 61,4 untuk M=1	45
4.8 Rangkuman Hasil Simulasi Periode Libur Semester dengan $\mu= 61,4$	46
4.9 Rangkuman Hasil Simulasi Periode Libur Semester dengan $\mu= 75,36$	47
4.10 Rangkuman Hasil Simulasi Periode Libur Semester dengan $\mu = 52$	48
4.11 Rangkuman Hasil Simulasi Awal Semester dengan $\mu = 61,4$	49
4.12 Rangkuman Hasil Simulasi Awal Semester dengan $\mu = 75,36$	49
4.13 Rangkuman Hasil Simulasi Awal Semester dengan $\mu = 52$	50
4.14 Rangkuman Hasil Simulasi Hari Aktif Sekolah dengan $\mu = 61,4$	51
4.15 Rangkuman Hasil Simulasi Hari Aktif Sekolah dengan $\mu = 75,36$	51
4.16 Rangkuman Hasil Simulasi Hari Aktif Sekolah dengan $\mu = 52$	52
4.17 Tabel 4.17 Rangkuman Jumlah M yang Optimal	53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Single Channel-Single Phase	8
2.2 <i>Single Channel Multi Phase</i>	9
2.3 <i>Multi Channel Single Phase</i>	9
2.4 <i>Multi Channel Multi Phase</i>	10
2.5 Kerangka Konsep	21
3.1 Tampilan Tabel Simulasi Antrian	28
4.1 Struktur Organisasi Senyum Media <i>Stationary</i>	32
4.2 Struktur Sistem Pelayanan Senyum Media <i>Stationary</i>	34
4.3 Formulasi <i>Random Number</i>	43
4.4 Sampel Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan Tingkat Pelayanan $\mu = 61,4$ untuk $M=2$	44

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Rumus P0 M/M/C pada Masing-Masing Jumlah M yang Dibuka	61
4.2 Simulasi Antrian dengan <i>Random Number</i> menggunakan Ms. Excel	64



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pada era modern saat ini perkembangan usaha dalam berbagai sektor kian meningkat. Sektor industri yang menyediakan barang dan jasa juga tidak luput berkembang pesat. Perkembangan ini salah satunya dikarenakan munculnya inovasi dan teknologi baru dalam penerapan di berbagai sektor bisnis. Hal ini menyebabkan timbulnya perkembangan pasar yang dinamis. Perkembangan pasar yang dinamis memicu munculnya perusahaan-perusahaan baru yang membuat timbulnya persaingan ketat antar perusahaan. Persaingan antara perusahaan menyebabkan para pengusaha mencari strategi dan peluang untuk mengantisipasi perkembangan pasar yang dinamis. Strategi yang jitu diperlukan agar perusahaan tetap bertahan dalam kompetisi, dan tidak ditinggal oleh pelanggannya.

Pelayanan yang prima juga berperan sebagai strategi bisnis agar suatu perusahaan penyedia layanan jasa tidak kehilangan pelanggan dan memberikan citra atau kesan positif perusahaan. Saat ini, pemberian pelayanan prima tidak hanya terbatas pada perusahaan yang hanya menyediakan jasa. Seiring dengan kemajuan zaman, banyak perusahaan yang menjual produk mereka yang merupakan kombinasi dari produk barang dan jasa. Kepuasan pelanggan memberikan pengaruh besar terhadap kesetiaan pelanggan dalam menggunakan produk barang maupun jasa suatu perusahaan.

Antrian sebenarnya merupakan fenomena yang biasa terjadi pada kehidupan sehari-hari bahkan telah menjadi situasi yang harus dibudayakan. Namun demikian, dalam kondisi tertentu misalnya waktu tunggu yang terlalu lama maka akan menimbulkan masalah baru seperti semakin menumpuknya nomor antrian, sehingga berkurangnya ruang sebagai tempat antri yang berakibat mengurangi kenyamanan bahkan akan menjadi faktor yang memicu konsumen membatalkan niat untuk menikmati atau mengenal produk yang ditawarkan. Tentu saja hal ini sangat memberikan pengaruh yang besar terhadap indeks kualitas pelayanan yang menjadi nilai utama dari suatu perusahaan khususnya yang memberikan pelayanan jasa.

Manajemen perusahaan dituntut untuk berfikir bagaimana cara agar konsumen tidak perlu menunggu lama, sehingga pemahaman mengenai teori antrian pun sangat dibutuhkan dalam mengambil keputusan mengenai model antrian yang paling tepat untuk menunjang kelancaran operasional perusahaan.

Antrian dapat terbentuk akibat banyaknya pelanggan yang datang lebih besar dari kemampuan pelayanan kepada pelanggan. Antrian paling banyak terjadi pada industri jasa misalnya antrian pasien rumah sakit, antrian masuk jalan tol, antrian pintu parkir dan lain-lain. Menurut Tamin (dalam Mazidah dkk, 2015), antrian pada dasarnya terjadi karena proses pergerakan arus lalu lintas (manusia dan/atau kendaraan) terganggu oleh adanya suatu kegiatan pelayanan yang harus dilalui, seperti misalnya: antrian kendaraan yang terbentuk di pintu gerbang tol terjadi karena pergerakan arus kendaraan tersebut terpaksa harus terganggu oleh adanya kegiatan pengambilan dan atau pengembalian (pembayaran) karcis tol. Hal ini hampir sama dengan kasus yang terjadi di pintu keluar *Mall* yang juga terganggu dengan adanya kegiatan pembayaran biaya parkir. Kegiatan tersebut akan menyebabkan gangguan pada proses pergerakan arus kendaraan sehingga mengakibatkan terjadinya antrian kendaraan dimana pada suatu kondisi, antrian kendaraan tersebut akan dapat mengakibatkan permasalahan bagi pengguna (dalam bentuk waktu antrian) maupun pelanggan (dalam bentuk panjang antrian).

Teori antrian atau *Queuing theory* dapat digunakan untuk mengevaluasi fenomena antrian dari sudut pelanggan maupun penyedia jasa, untuk mendapatkan hasil yang optimal (Iswiyanti dan Siringoringo, 2004). *Queuing theory* atau teori antrian sendiri merupakan *body knowledge* dari *waiting line* atau antrian.

Pada penelitian Iswiyanti dan Siringoringo (2004) tentang analisis antrian loket karcis Taman Margasatwa Ragunan. Menghasilkan penggunaan 11 loket karcis pada hari libur lebih optimal mengurangi jumlah antrian dibandingkan dengan hanya membuka 10 loket karcis. Dengan membuka 11 loket karcis dapat mengurangi jumlah antrian pengunjung sebanyak 27 pengunjung dan waktu rata-rata antrian selama 42 detik.

Sedangkan pada penelitian Charissa Margaret, dkk (2012) penggunaan simulasi dengan *software* ProModel pada *Fiesta Steak Restaurant* menunjukkan dengan menambah 1 loket pemesanan sekaligus pembayaran dengan masing-masing 1 kasir dan hanya 1 *crew counter* (pegawai tetap) menghasilkan sistem antrian yang optimal dengan catatan model tersebut layak diterapkan bila penambahan *customer* 10%-30% dan lamanya *customer* dalam sistem antrian 10-15 menit.

Jember sebagai kota pendidikan memiliki banyak instansi-instansi pendidikan dari jenjang Paud, TK, SD, SMP, SMA/ sederajat dan perguruan tinggi negeri maupun perguruan tinggi swasta. Keberadaan berbagai pusat pendidikan maupun perkantoran di Jember menyebabkan kebutuhan akan alat tulis dan berbagai keperluan sekolah maupun perkantoran meningkat. Senyum Media *Stationary* merupakan salah satu toko alat tulis kantor/sekolah dan peralatan rumah tangga terbesar di Jember. Senyum Media *Stationary* beralamat di Jl. Kalimantan No.7, Sumbersari, Jember.

Senyum Media *Stationary* menyediakan berbagai barang mulai dari perlengkapan sekolah, kantor, furnitur kantor, furnitur rumah, elektronik dan berbagai kebutuhan rumah tangga. Segala kelengkapan produk yang ditawarkan dan harga yang terjangkau menarik banyak konsumen. Terutama mahasiswa dan pelajar karena letak Senyum Media *Stationary* yang strategis berada di kawasan pendidikan. Senyum Media *Stationary* yang dibuka sejak pukul 7.30-21.00 pada hari Senin-Sabtu dan pukul 09.00-21.00 pada hari Minggu.

Pada saat kenaikan kedatangan pelanggan, seringkali terjadi antrian pada loket kasir di Senyum Media *Stationary*. Hal tersebut dapat mengganggu kenyamanan pelanggan. Masalah tersebut dapat diatasi dengan penerapan teori antrian dalam pelayanan kasir Senyum Media *Stationary*. Mengatasi fenomena tersebut, penggunaan model antrian dapat membantu pihak Senyum Media *Stationary* dalam merancang sistem buka tutup kasir yang optimal dan efisien sesuai dengan jumlah tingkat keramaian pelanggan. Hal tersebut dilakukan supaya masalah antrian terutama pada saat ramai pelanggan dapat dikurangi dan mengurangi adanya petugas kasir yang menganggur pada saat sepi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang metode antrian pada kasir Senyum Media *Stationary*, maka rumusan masalah yang dikemukakan antara lain:

- a. Berapa jumlah kasir yang optimal untuk mengurangi antrian di Senyum Media *Stationary*.
- b. Apa saja *cost and benefit* dari penerapan sistem antrian yang optimal di Senyum Media *Stationary*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada simulasi antrian kasir Senyum Media *Stationary* antara lain:

- a. Dapat menentukan jumlah kasir yang optimal untuk mengurangi antrian di Senyum Media *Stationary*.
- b. Dapat mengetahui *cost and benefit* dari diterapkannya sistem antrian yang optimal di Senyum Media *Stationary*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi semua pihak antara lain:

- a. Bagi Akademisi

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan wacana dan tambahan wawasan bagi akademisi untuk melakukan pengembangan tentang ilmu pengetahuan mengenai teori antrian.

- b. Bagi Perusahaan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi sehingga dapat memberikan kontribusi dalam penentuan kebijakan di masa mendatang, sehingga dapat mengoptimalkan kinerja perusahaan dalam meminimalkan jumlah antrian.

c. Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi tambahan wawasan untuk menyempurnakan penelitian berikutnya tentang masalah antrian terhadap penerapan teori antrian pada suatu perusahaan.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Pengertian Teori Antrian

Teori antrian atau *Queuing theory* dapat digunakan untuk mengevaluasi fenomena antrian dari sudut pelanggan maupun penyedia jasa, untuk mendapatkan hasil yang optimal (Iswiyanti dan Siringoringo., 2004). *Queuing theory* atau teori antrian sendiri merupakan *body knowledge* dari *waiting line* atau antrian yang merupakan bagian penting dari operasi dan merupakan alat yang berguna untuk operasional manager (Heizer dan Render, 2011).

Teori antrian merupakan sebuah bagian penting operasi dan juga bermanfaat di dalam dunia usaha karena masalah dunia usaha yang berkaitan dengan kedatangan dan kemacetan akan terbantu dengan adanya teori antrian ini. Tujuan utama teori antrian ini adalah mencapai keseimbangan antara ongkos pelayanan dengan ongkos yang disebabkan oleh waktu menunggu. Tambahan fasilitas pelayanan dapat diberikan untuk mengurangi antrian atau untuk mencegah timbulnya antrian. Namun, hal ini menyebabkan timbulnya biaya. Sebaliknya, sering timbulnya antrian yang panjang akan mengakibatkan hilangnya langganan (Margaret, dkk ., 2012).

2.1.2 Karakteristik Sistem Antrian

Dalam sistem antrian terdapat tiga komponen karakteristik menurut Heizer dan Render (2006) yaitu: (a) karakteristik kedatangan atau masukan sistem; (b) karakteristik antrian; (c) karakteristik pelayanan. Berikut ini adalah penjabaran dari ketiga karakteristik sistem antrian. Karakteristik yang pertama adalah karakteristik kedatangan atau masukan sistem, yaitu sumber input yang mendatangkan pelanggan bagi sebuah sistem pelayanan memiliki karakteristik utama sebagai berikut.

a. Ukuran Populasi

Sumber pelanggan yang dilihat sebagai populasi tidak terbatas dan terbatas. Populasi tidak terbatas adalah jika jumlah kedatangan atau pelanggan pada sebuah

waktu tertentu hanyalah sebagian kecil dari semua kedatangan yang potensial. Sedangkan populasi terbatas adalah sebuah antrian ketika hanya ada pengguna pelayanan yang potensial dengan jumlah terbatas.

b. Perilaku Kedatangan

Perilaku setiap pelanggan berbeda-beda dalam memperoleh pelayanan, ada tiga karakteristik perilaku kedatangan yaitu: pelanggan yang sabar, pelanggan yang menolak bergabung dalam antrian dan pelanggan yang membelot.

c. Pola Kedatangan

Menggambarkan bagaimana distribusi pelanggan memasuki sistem. Distribusi kedatangan terdiri dari: kedatangan konstan dan acak. Kedatangan konstan adalah pelanggan yang datang setiap periode tertentu sedangkan kedatangan acak adalah pelanggan yang datang secara acak.

Karakteristik yang kedua adalah karakteristik antrian, yaitu merupakan aturan antrian yang mengacu pada peraturan pelanggan yang ada dalam barisan untuk menerima pelayanan yang terdiri dari:

1. *First Come First Served* (FCFS) atau *First In First Out* (FIFO) yaitu pelanggan yang pertama datang, pertama dilayani.

Misalnya: sistem antrian pada bioskop, *supermarket*, pintu tol, dan lain lain.

2. *Last Come First Served* (LCFS) atau *Last In First Out* (LIFO) yaitu sistem antrian pelanggan yang datang terakhir, pertama dilayani.

Misalnya: sistem antrian pada elevator lift untuk lantai yang sama.

3. *Service in Random Order* (SIRO) yaitu panggilan berdasarkan pada peluang acak, tidak peduli siapa yang datang terlebih dahulu.
4. *Shortest Operation Times* (SOT) yaitu sistem pelayanan yang membutuhkan waktu pelayanan tersingkat mendapat pelayanan pertama.

Karakteristik yang ketiga yaitu karakteristik pelayanan. Karakteristik pelayanan terdapat dua hal penting yaitu, desain sistem pelayanan dan distribusi waktu pelayanan.

a. Desain Sistem Pelayanan

Pelayanan pada umumnya digolongkan menurut jumlah saluran yang ada dan jumlah tahapan.

1. Menurut jumlah saluran yang ada adalah sistem antrian jalur tunggal dan sistem antrian jalur berganda.
 2. Menurut jumlah tahapan adalah sistem satu tahap dan sistem tahapan berganda.
- b. Distribusi Waktu Pelayanan

Pola pelayanan serupa dengan pola kedatangan dimana pola ini bisa konstan ataupun acak. Jika waktu pelayanan konstan, maka waktu yang diperlukan untuk melayani setiap pelanggan sama. Sedangkan waktu pelayanan acak merupakan waktu untuk melayani setiap pelanggan adalah acak atau tidak sama.

2.1.3 Struktur Antrian

Ada empat model struktur antrian dasar yang umum terjadi dalam seluruh sistem antrian (Heizer dan Render, 2011).

a. *Single Channel – Single Phase*

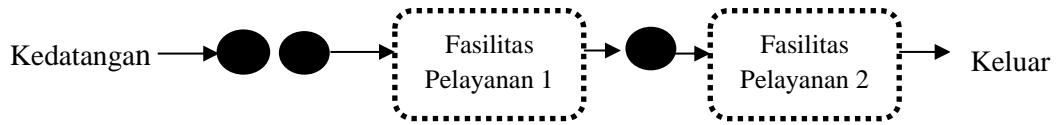
Single Channel berarti bahwa hanya ada satu jalur untuk memasuki sistem pelayanan atau ada satu pelayanan. *Single Phase* menunjukkan bahwa hanya ada satu stasiun pelayanan sehingga yang telah menerima pelayanan dapat langsung keluar dari sistem antrian. Contoh: kantor praktik dokter gigi. Perhatikan Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 *Single Channel – Single Phase*

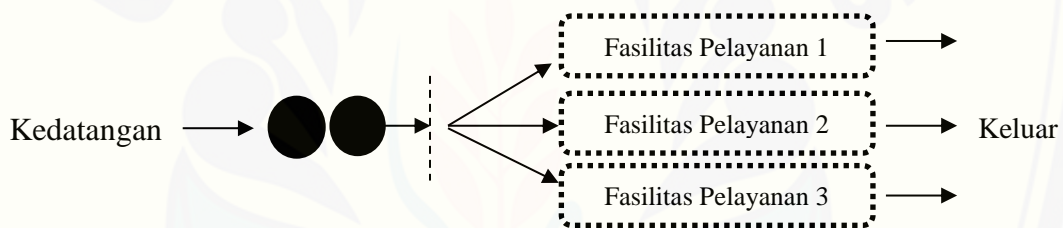
b. *Single Channel Multi Phase*

Struktur ini memiliki satu jalur pelayanan sehingga disebut *Single Channel*. Istilah *Multi Phase* menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan. Setelah menerima pelayanan karena masih ada pelayanan lain yang harus dilakukan agar sempurna. Setelah pelayanan yang diberikan sempurna baru dapat meninggalkan area pelayanan. Contoh: pencucian mobil otomatis. Perhatikan Gambar 2.2 berikut:

Gambar 2.2 *Single Channel Multi Phase*

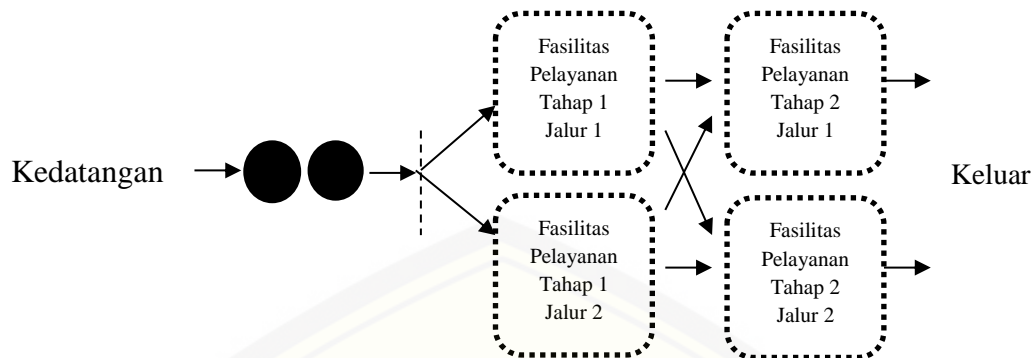
c. *Multi Channel Single Phase*

Sistem *Multi Channel Single Phase* terjadi ketika dua atau lebih fasilitas dialiri oleh antrian tunggal. Sistem ini memiliki lebih dari satu jalur pelayanan atau fasilitas pelayanan sedangkan sistem pelayanannya hanya ada satu fase. Contoh: pelayanan di suatu bank yang dilayani oleh beberapa teller.

Gambar 2.3 *Multi Channel Single Phase*

d. *Multi Channel Multi Phase*

Setiap sistem ini mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahap, sehingga lebih dari satu individu dapat dilayani pada suatu waktu. Pada umumnya jaringan ini terlalu kompleks untuk dianalisis dengan teori antrian. Contoh: pelayanan kepada pasien di rumah sakit, beberapa perawat akan mendatangi pasien secara teratur dan memberikan pelayanan dengan *continue*, mulai dari pendaftaran, *diagnose*, penyembuhan sampai pada pembayaran.

Gambar 2.4 *Multi Channel Multi Phase*

2.1.4 Model Antrian

Beragam model antrian dapat digunakan di bidang Manajemen Operasi. Empat model yang paling sering digunakan oleh perusahaan dengan menyesuaikan situasi dan kondisi masing-masing. Dengan mengoptimalkan sistem pelayanan, dapat ditentukan waktu pelayanan, jumlah saluran antrian, dan jumlah pelayanan yang tepat dengan menggunakan model-model antrian. Empat model antrian tersebut adalah sebagai berikut (Heizer dan Render (2011)).

- a. Model A: M/M/1 (*Single Channel Query System* atau model antrian jalur tunggal).

Dalam situasi ini, kedatangan membentuk satu jalur tunggal untuk dilayani oleh stasiun tunggal. Rumus antrian untuk model A adalah:

1. Jumlah rata-rata pelanggan yang dilayani oleh sistem persatuan waktu

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

2. Jumlah waktu rata-rata yang dihabiskan dalam sistem (waktu menunggu ditambah waktu pelayanan)

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

3. Jumlah unit rata-rata yang menunggu dalam antrian

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu - (\mu - \lambda)}$$

4. Waktu rata-rata antrian dalam sistem

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

5. Faktor utilisasi sistem (populasi fasilitas pelayanan sibuk)

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

6. Probabilitas terdapat 0 unit dalam sistem (yaitu unit pelayanan kosong)

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

7. Probabilitas terdapat lebih dari sejumlah k unit dalam sistem, dimana n adalah jumlah unit dalam sistem

$$P_{n>k} = \left[\frac{\lambda}{\mu} \right]^{k+1}$$

Notasi:

M = Jumlah jalur yang terbuka.

λ = Jumlah kedatangan rata-rata persatuan waktu.

μ = Jumlah orang dilayani persatuan waktu pada setiap jalur.

n = Jumlah pelanggan.

P_0 = Probabilitas terdapat 0 orang dalam sistem.

L_s = Jumlah pelanggan rata-rata dalam system.

L_q = Jumlah unit rata-rata yang menunggu dalam antrian.

W_s = Waktu yang dihabiskan dalam sistem.

W_q = Waktu tunggu dalam antrian.

b. Model B: M/M/S (*Multiple Channel Query System* atau model antrian jalur berganda).

Sistem antrian jalur berganda terdapat dua atau lebih jalur atau stasiun pelayanan yang tersedia untuk menangani pelanggan yang akan datang. Asumsi bahwa pelanggan yang menunggu pelayanan membentuk satu jalur yang akan dilayani pada stasiun pelayanan yang tersedia pertama kali pada saat itu. Pelayanan dilakukan secara *first-come, first-served*, dan semua stasiun pelayanan yang sama. Rumus antrian untuk model B adalah sebagai berikut:

1. Probabilitas terdapat 0 orang dalam sistem (tidak adanya pelanggan dalam sistem)

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{M-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{M!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^M \frac{M\mu}{M\lambda - \mu}}$$

untuk $M\mu > \lambda$

2. Jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem

$$L_s = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^M}{(M-1)! (M\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$$

3. Waktu rata-rata yang dihabiskan seorang pelanggan dalam antrian atau sedang dilayani (dalam sistem)

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda}$$

4. Jumlah orang atau unit rata-rata yang menunggu dalam antrian

$$L_q = L_s \frac{\lambda}{\mu}$$

5. Waktu rata-rata yang dihabiskan oleh seorang pelanggan atau unit untuk menunggu dalam antrian

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

Notasi:

M = Jumlah jalur yang terbuka.

λ = Jumlah kedatangan rata-rata persatuan waktu.

μ = Jumlah orang dilayani persatuan waktu pada setiap jalur.

n = Jumlah pelanggan.

P_0 = Probabilitas terdapat 0 orang dalam sistem.

L_s = Jumlah pelanggan rata-rata dalam system.

L_q = Jumlah unit rata-rata yang menunggu dalam antrian.

W_s = Waktu yang dihabiskan dalam sistem.

W_q = Waktu tunggu dalam antrian.

c. Model C: M/D/1 (*Constant Service* atau waktu pelayanan konstan)

Beberapa sistem memiliki waktu pelayanan yang tetap, dan bukan berdistribusi eksponensial seperti biasanya. Rumus antrian untuk model C adalah sebagai berikut:

1. Panjang antrian rata-rata

$$L_q = \frac{x^2}{2\mu(\mu - \lambda)}$$

2. Waktu menunggu dalam antrian rata-rata

$$W_q = \frac{\lambda}{2\mu(\mu - \lambda)}$$

3. Jumlah pelanggan dalam sistem rata-rata

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

4. Waktu tunggu rata-rata dalam sistem

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$$

Notasi:

M = Jumlah jalur yang terbuka.

λ = Jumlah kedatangan rata-rata persatuan waktu.

μ = Jumlah orang dilayani persatuan waktu pada setiap jalur.

L_s = Jumlah pelanggan rata-rata dalam system.

L_q = Jumlah unit rata-rata yang menunggu dalam antrian.

W_s = Waktu yang dihabiskan dalam sistem.

W_q = Waktu tunggu dalam antrian.

d. Model D: *Limited Population* atau populasi terbatas.

Model ini berbeda dengan ketiga model yang lain, karena saat ini terdapat hubungan saling ketergantungan antara panjang antrian dan tingkat kedatangan. Ketika terdapat sebuah populasi pelanggan potensial yang terbatas bagi sebuah fasilitas pelayanan, maka model antrian berbeda harus dipertimbangkan.

1. Faktor pelayanan

$$X = + \frac{T}{TU}$$

2. Jumlah antrian rata-rata

$$L = N(1 - F)$$

3. Waktu tunggu rata-rata

$$W = \frac{L(T + U)}{N - L} = \frac{T(1 - F)}{XF}$$

4. Jumlah pelayanan rata-rata

$$J = NF(1 - X)$$

5. Jumlah dalam pelayanan rata-rata

$$H = FNX$$

6. Jumlah populasi

$$N = J + L + H$$

Notasi:

D = Probabilitas sebuah unit harus menunggu didalam antrian.

F = Faktor efisiensi.

H = Rata-rata jumlah unit yang sedang dilayani.

J = Rata-rata jumlah unit yang tidak berada dalam antrian.

L = Rata-rata jumlah unit yang menunggu untuk dilayani.

M = Jumlah jalur pelayanan.

N = Jumlah pelanggan potensial.

T = Waktu pelayanan rata-rata.

U = Waktu rata-rata antara unit yang membutuhkan pelayanan.

W = Waktu rata-rata sebuah unit menunggu dalam antrian.

X = Faktor pelayanan.

2.1.5 Simulasi

Menurut Render dan Heyzer (2011) simulasi adalah suatu percobaan untuk menduplikasi fitur, tampilan dan karakteristik dari sistem yang asli. Sedangkan menurut Levin dkk. (1997) simulasi adalah “sebuah prosedur kuantitatif yang menggambarkan suatu proses dengan mengembangkan modelnya dan menerapkan serangkaian uji coba terencana untuk memprediksi tingkah laku proses sepanjang waktu.”

a. Tujuan Simulasi

Menurut Law dan Kelton (dalam Hardiyatmo, 2007) Simulasi biasanya dilakukan dengan dua tujuan yaitu:

1. Menentukan karakteristik (rata-rata, nilai minimal, nilai maksimal, variansi dan lain-lain) variabel berdasarkan kondisi input, nilai parameter dan konfigurasi model yang berbeda-beda sehingga dapat dilakukan analisis terhadap sistem dan diketahui perilakunya.
2. Membandingkan karakteristik (rata-rata, nilai minimal, nilai maksimal, variansi dan lain-lain) variabel berdasarkan kondisi input, nilai parameter dan konfigurasi model yang berbeda-beda sehingga dapat diketahui performansi masing-masing skenario dan memilih alternatif yang mempunyai performansi terbaik.

b. Kelebihan Simulasi

Beberapa kelebihan simulasi adalah sebagai berikut:

1. Simulasi relatif sederhana dan fleksibel.
2. Simulasi dapat digunakan untuk menganalisis situasi dunia nyata yang besar dan kompleks yang tidak bisa dipecahkan oleh model manajemen operasi konvensional.
3. Kerumitan dunia nyata dapat dimasukkan, dimana kerumitan tersebut tidak dapat diatasi oleh sebagian besar model MO lain.
4. Memungkinkan adanya faktor pemadatan waktu. Efek kebijakan MO selama bertahun-tahun atau berbulan-bulan dapat diperoleh dengan simulasi komputer dalam waktu singkat.
5. Simulasi memungkinkan pertanyaan “bagaimana akibatnya jika”.
6. Simulasi tidak bertentangan dengan sistem dunia nyata.
7. Simulasi dapat meneliti efek interaksi antara komponen individu atau variabel untuk menentukan komponen atau variabel yang penting.

c. Kelemahan Simulasi

Sedangkan kelemahan simulasi adalah sebagai berikut:

1. Model simulasi yang baik bisa jadi sangat mahal, karena untuk mengembangkannya dibutuhkan waktu berbulan-bulan.

2. Simulasi merupakan tindakan *trial and error* yang dapat menghasilkan solusi berbeda jika diulangi.
 3. Para manajer harus menetapkan semua kondisi dan kendala untuk solusi yang ingin mereka uji. Model simulasi tidak menghasilkan jawaban tanpa adanya input yang cukup dan realistis.
 4. Setiap model simulasi bersifat unik. Solusi sebuah model dan kesimpulan umumnya tidak dapat diterapkan pada persoalan lain.
- d. Klasifikasi Model Simulasi.

Menurut Law dan Kelton (dalam Hardiyatmo, 2007) pada dasarnya model simulasi dikelompokkan dalam tiga dimensi yaitu :

1. Model Simulasi Statis dengan Model Simulasi Dinamis.

Model simulasi statis digunakan untuk mempresentasikan sistem pada saat tertentu atau sistem yang tidak terpengaruh oleh perubahan waktu. Sedangkan model simulasi dinamis digunakan jika sistem yang dikaji dipengaruhi oleh perubahan waktu.

2. Model Simulasi Deterministik dengan Model Simulasi Stokastik.

Jika model simulasi yang akan dibentuk tidak mengandung variabel yang bersifat random, maka model simulasi tersebut dikatakan sebagai simulasi deterministik. Pada umumnya sistem yang dimodelkan dalam simulasi mengandung beberapa input yang bersifat random, maka pada sistem seperti ini model simulasi yang dibangun disebut model simulasi stokastik.

3. Model Simulasi Kontinu dengan Model Simulasi Diskret.

Untuk mengelompokkan suatu model simulasi apakah diskret atau kontinu, sangat ditentukan oleh sistem yang dikaji. Suatu sistem dikatakan diskret jika variabel sistem yang mencerminkan status sistem berubah pada titik waktu tertentu, sedangkan sistem dikatakan kontinu jika perubahan variabel sistem berlangsung secara berkelanjutan seiring dengan perubahan waktu.

- e. Langkah-Langkah Proses Simulasi

Langkah-langkah dalam proses simulasi menurut (Levin dkk, 1997) ialah:

1. Menentukan persoalan atau sistem yang hendak disimulasikan.
2. Formulasikan model yang akan digunakan.

3. Uji model, bandingkan tingkah lakunya dengan tingkah laku lingkungan persoalan yang sesungguhnya.
4. Lakukan simulasi.
5. Analisis hasil simulasi, dan apabila diinginkan, ubah pemecahan yang di evaluasi.
6. Lakukan kembali simulasi untuk menguji pemecahan baru.
7. Validasikan simulasi.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai penerapan teori antrian pernah dilakukan oleh Agus Sri Iswiyanti dan Hotniar Siringoringo (2004) dengan judul “Analisis Antrian Locket Karcis Taman Margasatwa Ragunan DKI Jakarta”. Penelitian tersebut bertujuan untuk menganalisis antrian yang terjadi dan menentukan jumlah loket optimal pada hari libur dan hari biasa baik secara teknis maupun secara ekonomis. Metode analisis data yang dilakukan adalah yang pertama dengan mengumpulkan data berupa jumlah kedatangan pengunjung, rata-rata pengunjung yang dilayani persatuan waktu dan jumlah loket karcis yang dibuka. Kemudian yang kedua melakukan perhitungan parameter sistem antrian loket berdasarkan rumus M/M/S. Jika dibuka sistem pelayanan (M) sebesar 10 loket dan 11 loket. Hasil perhitungan tersebut kemudian dibandingkan untuk menentukan jumlah loket yang optimal berdasarkan parameter sistem antrian. Kemudian membandingkan biaya total dengan menghitung biaya pelayanan ditambah biaya menunggu jika membuka 10 loket dengan 11 loket serta menghitung jumlah keuntungan jika membuka 10 loket dan 11 loket.

“Usulan Rancangan Sistem Antrian yang Optimal dan Ekonomis dengan Menggunakan Simulasi ProModel (Studi Kasus di *Fiesta Steak Restaurant*)” oleh Charissa Margaret, dkk (2012). Penelitian tersebut untuk mengetahui bagaimana sistem antrian yang optimal pada *Fiesta Steak Restaurant* dengan menggunakan simulasi ProModel, dan tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa jumlah loket pembayaran kasir dan *crew counter* agar pelayanan optimal. Metode analisis data yang digunakan ialah dengan mengolah data hari dan jam

kerja, rata-rata kedatangan pelanggan persatuan waktu, dan kecepatan pelayanan dengan *software* ProModel. Kemudian melakukan analisis hasil pengolahan data dan usulan. Selanjutnya, menganalisis kelayakan penambahan alat pada sistem pelayanan sesuai dengan model usulan yang dirasa optimal.

Penelitian yang lainnya yakni “Evaluasi Panjang Antrian Kendaraan pada Pelayanan Pintu Keluar Parkir di Hartono *Lifestyle Mall* Solo Baru” oleh Alfi Rizqi Mazidah, dkk (2015). Dalam penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui solusi alternatif dalam meminimalisir antrian yang berkaitan dengan tingkat pelayanan dan jumlah kedatangan kendaraan. Penelitian tersebut menggunakan disiplin antrian FIFO (*First In First Out*). Metode analisis data yang dilakukan yang pertama ialah mengumpulkan data dengan metode observasi. Data yang dikumpulkan meliputi dua jenis kendaraan yaitu motor dan mobil yang akan keluar pintu parkir, waktu pelayanan, tingkat pelayanan dan jumlah pintu yang dibuka. Kemudian melakukan perhitungan parameter sistem antrian pintu keluar parkir dengan rumus M/M/I.

Secara ringkas, penelitian tersebut digambarkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 2.1 rangkuman penelitian sebelumnya

No.	Nama Peneliti (Tahun)	Variabel Penelitian	Metode Analisis	Metode
1	Agus Sri Iswiyanti dan Hotniar Siringoringo (2004)	Kedatangan pengunjung, waktu pelayan tiket.	Model antrian jalur berganda (M/M/S)	Melakukan perhitungan parameter sistem antrian loket berdasarkan rumus M/M/S. Jika dibuka sistem pelayanan sebesar 10 dan 11 loket. Hasil perhitungan tersebut dibandingkan dan kemudian melakukan perbandingan jumlah biaya dan keuntungan jika membuka 10 dan 11 loket.
2	Charissa Margaret, Kartika Suhada, dan Victor Suhadi (2012)	Jumlah kedatangan pengunjung, kecepatan waktu pelayanan.	ProModel	Melakukan simulasi dengan Promodel berdasarkan data hari dan jam kerja, rata-rata tingkat kedatangan pelanggan, dan kecepatan pelayanan. Kemudian menganalisis hasil pengolahan data dan usulan. Yang terakhir, menganalisis kelayakan penambahan alat pada sistem pelayanan sesuai

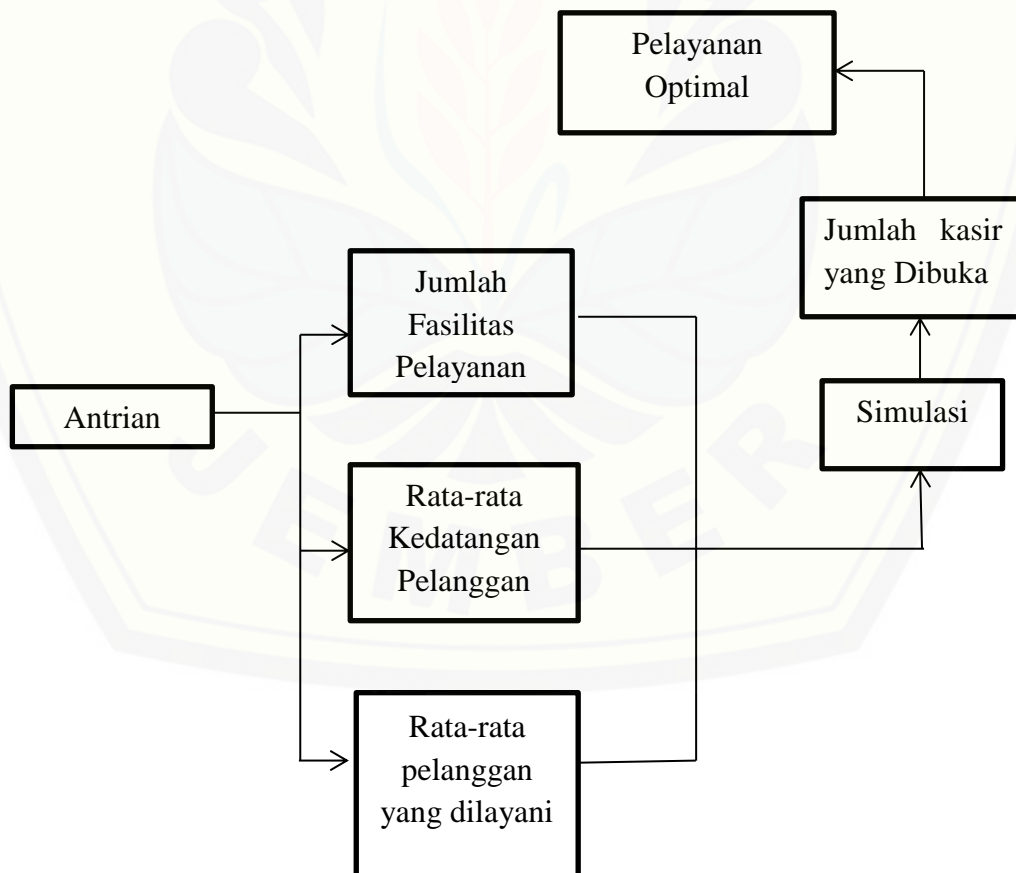
				dengan usulan model antrian yang dirasa optimal.
3	Alfi Rizki Mazidah, Agus Sumarsono, dan Djumari (2015)	Tingkat kedatangan, jumlah pintu dan tingkat pelayanan.	Model antrian jalur Tunggal (M/M/I)	Melakukan pengumpulan data dengan metode observasi (<i>time motion</i>) yang meliputi data 2 jenis kendaraan yaitu motor dan mobil yang akan keluar parkir, lama waktu pelayanan, tingkat pelayanan dan jumlah pintu yang dibuka. Selanjutnya melakukan perhitungan parameter sistem antrian pintu keluar parkir berdasarkan rumus M/M/C.
4	Ashok Sarkar, Arup Ranjan Mukhopadhyay, dan Sadhan Kumar Ghosh (2014)	Tingkat kedatangan, tingkat pelayanan, jumlah fasilitas pelayanan, jumlah maksimum unit yang diizinkan, dan sumber daya yang digunakan.	Model antrian jalur tunggal (M/M/I):(GD/N/N) dan Lean Six Sigma (LSS)	Mengidentifikasi proses operasional, <i>idle time</i> dan mengetahui jumlah mesin yang digunakan pada saat <i>idle time</i> dengan metode LSS. Selanjutnya, hasil perhitungan dimasukkan kedalam rumus M/M/I:(GD/N/N) untuk mengetahui alokasi 'drums'

				yang optimal.
5	M. A. A. Boon, R. D. Van der mei dan E. M. M. Winands (2012)	Tingkat kedatangan, distribusi waktu tunggu.	Model antrian <i>single shared service (M/G/I)</i>	Metode yang digunakan untuk tingkat kedatangan yang tidak berdistribusi <i>poisson</i> dan bukan pula kedatangan baru.

Sumber: Agus (2004), Charissa (2004), Alfi (2015), Ashok(2014), Boon(2012).

2.3 Kerangka Konseptual

Berdasarkan dengan landasan teori dan penelitian terdahulu yang telah dipaparkan, penelitian ini akan meneliti simulasi antrian yang optimal pada kasir di Senyum Media *Stationary*. Kerangka konseptual sebagai berikut:



Gambar 2.5 Kerangka konseptual

Kerangka konseptual di atas menjelaskan tentang bagaimana sistem antrian pada sistem pelayanan pembayaran di *Senyum Media Stationary*. Dimulai dari kedatangan pelanggan pada fasilitas pelayanan kasir untuk dilayani. Pada saat-saat tertentu jumlah kedatangan pelanggan tidak sebanding dengan jumlah fasilitas pelayanan yang disediakan, sehingga menimbulkan antrian. Antrian yang panjang bergantung pada rata-rata kedatangan pelanggan, rata-rata waktu pelayanan dan jumlah fasilitas pelayanan yang dibuka.

Analisis terhadap jumlah fasilitas pelayanan, rata-rata kedatangan pelanggan, dan rata-rata pelanggan yang dilayani perlu dilakukan untuk menjadi dasar dilakukannya simulasi buka tutup sistem pelayanan kasir di *Senyum Media Stationary*. Simulasi tersebut akan memberikan gambaran berapa jumlah kasir yang dibuka sehingga kinerja dapat dikatakan efektif dan efisien. Hasil dari simulasi tersebut diharapkan dapat digunakan *Senyum Media Stationary* untuk menentukan jumlah jalur fasilitas pelayanan yang optimal.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang menjelaskan bagaimana penerapan teori antrian pada kasir dengan metode simulasi. Penelitian ini, dimaksudkan untuk mencari gambaran suatu sistem dengan mengembangkan modelnya dan menerapkan serangkaian uji coba yang serupa dengan pengamatan atas proses yang sesungguhnya.

3.2 Jenis Data dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer yaitu data jumlah jalur fasilitas, rata-rata kedatangan pelanggan persatuan waktu, dan rata-rata jumlah pelanggan yang dilayani persatuan waktu pada kasir di Senyum Media *Stationary*. Penelitian ini menggunakan data dari sumber primer dan sumber sekunder.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan metode observasi yaitu pengumpulan data dengan mengamati secara langsung terhadap objek penelitian yang bersangkutan dan metode wawancara.

a. Observasi

Observasi dilakukan untuk mengetahui jumlah kedatangan pelanggan (λ), tingkat pelayanan (μ) dan jumlah fasilitas pelayanan yang dibuka (M). Jumlah kedatangan pelanggan dihitung ketika pelanggan memasuki sistem pelayanan atau berada dalam jalur antrian untuk menunggu dilayani oleh sistem pelayanan. Sedangkan tingkat pelayanan pelanggan diketahui dari jumlah pelanggan yang mendapat pelayanan oleh sistem pelayanan, sedang atau sesudah dilayani. Jumlah fasilitas pelayanan yang dibuka merupakan jumlah kasir yang beroperasi untuk melayani pembayaran yang dilakukan oleh pelanggan. Observasi dilakukan selama 1 bulan 7 hari dengan waktu 3 hari dalam seminggu yang meliputi hari Minggu, Selasa dan Kamis. Waktu 3

hari dalam seminggu, yakni hari Minggu, Selasa dan Kamis dianggap telah mewakili kondisi dalam satu pekan. Waktu observasi dari pukul 18.30 – 21.00, pemilihan waktu tersebut karena berdasarkan penelitian pendahulu dan hasil wawancara dengan karyawan menunjukkan pada jam-jam tersebut memiliki kedatangan pelanggan tertinggi.

b. Wawancara

Wawancara dilakukan untuk mengetahui gambaran umum Senyum Media *Stationary*. Gambaran umum berupa profil, visi dan misi, serta struktur organisasi Senyum Media *Stationary*.

Kedatangan pelanggan dihitung dengan satuan waktu per 30 menit. Penggunaan satuan waktu 30 menit untuk mempermudah dalam melakukan observasi dan perhitungan lebih akurat. Data dikumpulkan setiap pekan untuk mengetahui jumlah kedatangan pelanggan pada waktu-waktu tertentu (periode libur semester, awal semester dan masa aktif sekolah).

3.4 Metode Analisis Data

Dalam proses pelayanan pelanggan, Senyum Media *Stationary* menggunakan Model Antrian Jalur Berganda artinya terdapat lebih dari satu jalur fasilitas dan hanya ada satu tahapan pelayanan yang harus dilalui oleh pelanggan untuk menyelesaikan pelayanan. Waktu yang dibutuhkan oleh pelanggan bersifat acak (random) karena jumlah kebutuhan setiap pelanggan berbeda-beda. Senyum Media *Stationary* menerapkan pelayanan *first-come, first-served* (FCFS) dimana pelanggan yang datang pertama akan dilayani terlebih dahulu. Untuk mengoptimalkan proses pelayanan dapat digunakan rumus antrian untuk Model B: M/M/S (Heizer dan Render, 2011) sebagai berikut:

- a. Probabilitas terdapat 0 orang dalam sistem (tidak adanya pelanggan dalam sistem)

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{M-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{M!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^M \frac{M\mu}{M\lambda - \mu}}$$

untuk $M\mu > \lambda$

b. Jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem

$$L_s = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^M}{(M-1)!(M\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$$

c. Waktu rata-rata dalam sistem

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda}$$

d. Jumlah orang atau unit rata-rata yang menunggu dalam antrian

$$L_q = L_s \frac{\lambda}{\mu}$$

e. Waktu rata-rata yang dihabiskan oleh seorang pelanggan atau unit untuk menunggu dalam antrian

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

Simulasi untuk menentukan nilai P_0 pada setiap fasilitas pelayanan (M) sebanyak 2, 3, 4, 5, dan 6 pada *Ms.excel* dengan cara menurunkan rumus umum P_0 M/M/C untuk masing-masing M . Penurunan rumus P_0 dilakukan untuk memudahkan mencari nilai P_0 untuk masing-masing M yang diolah dengan *Ms. Excel*. Berikut merupakan rumus P_0 pada masing-masing jumlah M yang dibuka.

a. Rumus P_0 untuk $M=2$

$$P_0 = \frac{1}{\frac{\mu + \lambda}{\mu} + \left(\frac{\mu\lambda^2}{2\mu^3 - \mu^2\lambda}\right)}$$

b. Rumus P_0 untuk $M=3$

$$P_0 = \frac{1}{\frac{2\mu^2 + 2\mu\lambda + \lambda^2}{2\mu^2} + \left(\frac{\mu\lambda^3}{9\mu^4 - 3\mu^3\lambda}\right)}$$

c. Rumus P_0 untuk $M=4$

$$P_0 = \frac{1}{\frac{6\mu^3 + 6\mu^2\lambda + 3\mu\lambda^2 + \lambda^3}{6\mu^3} + \left(\frac{\mu\lambda^4}{24\mu^5 - 6\mu^4\lambda}\right)}$$

d. Rumus P_0 untuk $M=5$

$$P_0 = \frac{1}{\frac{24\mu^4 + 24\mu^3\lambda + 12\mu^2\lambda^2 + 4\mu\lambda^3 + \lambda^4}{24\mu^4} + \left(\frac{\mu\lambda^5}{120\mu^6 - 24\mu^5\lambda}\right)}$$

e. Rumus P_0 untuk $M=6$

$$P_0 = \frac{1}{\frac{720\mu^5 + 720\mu^4\lambda + 360\mu^3\lambda^2 + 120\mu^2\lambda^3 + 30\mu\lambda^4 + \lambda^5}{720\mu^5} + \left(\frac{\mu\lambda^6}{720\mu^7 - 120\mu^6\lambda}\right)}$$

Simulasi pada fasilitas pelayanan (M) sebanyak 1 menggunakan rumus M/M/I karena dianggap sebagai model antrian jalur tunggal dengan fase tunggal. M/M/I (Heizer dan Render, 2011) sebagai berikut:

a. Jumlah rata-rata pelanggan yang dilayani oleh sistem persatuan waktu

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

b. Jumlah waktu rata-rata yang dihabiskan dalam sistem (waktu menunggu ditambah waktu pelayanan)

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

c. Jumlah unit rata-rata yang menunggu dalam antrian

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu - (\mu - \lambda)}$$

d. Waktu rata-rata antrian dalam sistem

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

e. Probabilitas terdapat 0 unit dalam sistem (yaitu unit pelayanan kosong)

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

Keterangan :

M = Jumlah jalur yang terbuka.

λ = Jumlah kedatangan rata-rata per satuan waktu.

μ = Jumlah rata-rata yang dilayani per satuan waktu pada setiap jalur.

n = Jumlah pelanggan.

P_0 = Probabilitas terdapat 0 orang dalam sistem.

L_s = Jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem.

L_q = Jumlah orang atau unit dalam sistem.

W_q = Waktu rata-rata yang dihabiskan untuk menunggu dalam antrian.

W_s = Jumlah waktu rata-rata yang dihabiskan dalam sistem.

3.4.1 Tahap Generasi Data

Pertama melakukan pengumpulan data berdasarkan data yang tersedia di perusahaan. Namun, apabila perusahaan tidak memiliki data yang terdokumentasikan, maka perlu melakukan observasi untuk mengetahui kondisi nyata yang ada di Senyum Media *Stationary* dengan menggunakan *time motion (stopwatch)*. Menghitung jumlah pelanggan yang datang pada fasilitas pelayan persatuan waktu (λ), kemudian menghitung pelanggan yang dilayani pada fasilitas pelayan persatuan waktu (μ) dan jumlah kasir (M). Ukuran pelayanan dihitung sejak pelanggan meletakkan barang di kasir sampai pelayan kasir memberikan struk belanja.

Langkah kedua, mengelompokkan data kedatangan pelanggan dan data tingkat pelayanan persatuan waktu. Data kedatangan pelanggan dikelompokkan dalam 1 hari penelitian, kemudian menghitung rata-rata tingkat kedatangan pelanggan dalam 1 hari penelitian. Selanjutnya, mengelompokkan data tingkat pelayanan pelanggan persatuan waktu dalam 1 hari penelitian kemudian, menghitung rata-rata tingkat pelayanan pelanggan dalam 1 hari penelitian. Rata-rata tingkat pelayanan pelanggan selanjutnya dikelompokkan berdasarkan jumlah dibukanya fasilitas pelayanan.

3.4.2 Tahap Simulasi

Pada tahap ini langkah yang dilakukan adalah mengukur *random number* dengan menurunkan bilangan random tersebut gunakan fungsi yang ada pada *software Microsoft Excel*. Bilangan random dibangkitkan dengan perintah **=RANDBETWEEN** (nilai terendah; nilai tertinggi) sesuai nilai alokasi *random number* pada data jumlah kedatangan pelanggan. Hasil dari fungsi RANDBETWEEN menunjukkan kemungkinan terjadinya kedatangan pelanggan dengan jumlah secara acak. Jumlah rata-rata pelanggan yang dilayani (μ) ada beberapa berdasarkan banyaknya jumlah fasilitas pelayanan yang digunakan.

Melakukan simulasi dengan parameter jumlah kedatangan pelanggan persatuan waktu (λ) acak (gunakan *random number* hasil dari fungsi RANDBETWEEN) sehingga parameter lain (P_0) probabilitas terdapat 0 orang dalam sistem, (L_s) jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem, (L_q) jumlah orang atau unit dalam sistem, (W_s) jumlah waktu rata-rata yang dihabiskan dalam sistem juga akan acak. Untuk (M) jumlah jalur yang terbuka, (μ) jumlah rata-rata pelanggan yang dilayani persatuan waktu diasumsikan tetap. Simulasi dilakukan dengan *Software Microsoft Excel*.

Dari hasil perhitungan parameter-parameter tersebut menghasilkan W_q sejumlah dengan banyaknya percobaan. Nilai W_q pada setiap percobaan belum menjadi waktu tunggu rata-rata, melainkan hanya waktu tunggu dalam antrian per orang. Waktu tunggu rata-rata dalam antrian per orang didapat dari merata-ratakan nilai W_q dari semua percobaan. Nilai W_q dikalikan dengan satuan waktu untuk mengetahui nilai W_q per menit.

Melakukan tahap simulasi yang sama untuk jumlah pintu yang berbeda. Hasil dari simulasi tiap pintu akan berbeda-beda. Dengan melihat angka W_q optimal pada masing-masing simulasi, akan menghasilkan informasi bahwa dengan kedatangan rata-rata pelanggan sebesar xx, tingkat pelayanan sebesar xx, dan fasilitas pelayanan sebesar xx akan menghasilkan W_q sebesar xx.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2	Percobaan Ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)					
3	1	94	37	4											
4	2	88	37	4											
5	3	70	37	4											
6	4	56	37	4											
7	5	102	37	4											
8	6	69	37	4											
9	7	90	37	4											
10	8	96	37	4											
11	9	86	37	4											
12	10	68	37	4											
13	11	62	37	4											
14	12	68	37	4											
15	13	98	37	4											
16	14	76	37	4											
17	15	77	37	4											
18	16	92	37	4											
19	17	96	37	4											
20	18	56	37	4											

Gambar 3.1 Tampilan Tabel Simulasi Antrian

3.4.3 Analisis Hasil Simulasi

Hasil simulasi tersebut, menjawab rumusan masalah mengenai jumlah fasilitas pelayanan optimal pada kondisi tertentu berdasarkan banyaknya pelanggan dan apakah dengan jumlah fasilitas pelayanan yang dibuka menyebabkan waktu rata-rata menunggu antrian (W_q) bertambah lama atau bertambah cepat. Untuk mengetahui jumlah jalur fasilitas yang optimal yaitu dengan cara membandingkan antara jumlah jalur fasilitas pelayanan yang dibuka dengan jumlah waktu rata-rata menunggu dalam antrian. Dari perbandingan tersebut dipilih jumlah fasilitas pelayanan yang optimal berdasarkan jumlah waktu rata-rata menunggu antrian yang paling kecil.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil analisis yang telah dilakukan dengan menerapkan simulasi antrian dengan *random number* pada Senyum Media *Stationary* adalah sebagai berikut:

- a. Jumlah fasilitas pelayanan yang optimal pada Senyum Media *Stationary* dengan berbagai kondisi yakni tiga periode (libur semester, awal semester, dan hari aktif sekolah), dan tiga tingkat pelayanan pelanggan (61,4; 75,36 dan 52) serta mempertimbangkan biaya operasional yang paling sedikit dan waktu tunggu yang paling singkat. Berikut merupakan hasil analisis tersebut:
 - 1) Jumlah fasilitas pelayanan yang optimal di Senyum Media *Stationary* pada saat periode libur semester dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 61,4 yakni 5 unit kasir, sedangkan pada tingkat pelayanan (μ) sebesar 75,36 yakni 4 unit kasir dan pada tingkat pelayanan (μ) 52 sebanyak 6 unit.
 - 2) Jumlah fasilitas pelayanan yang optimal pada Senyum Media *Stationary* pada saat periode awal semester untuk semua tingkat pelayanan (μ) yakni 6 unit. Hal ini dikarenakan pada periode tersebut merupakan periode dengan kedatangan pelanggan tertinggi.
 - 3) Periode hari aktif sekolah memiliki pola M optimal yang sama dengan libur semester, yakni dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 61,4 jumlah fasilitas pelayanan yang optimal pada Senyum Media *Stationary* yakni 5 unit kasir. Tingkat pelayanan (μ) sebesar 75,2 jumlah fasilitas pelayanan optimal sebanyak 4 unit dan, untuk tingkat pelayanan (μ) terkecil yakni 52, fasilitas pelayanan optimal sebanyak 6 unit.
- b. Hasil dari simulasi tersebut apabila diterapkan akan memberikan konsekuensi *cost and benefit* bagi Senyum Media *Stationary*. Pada kondisi jumlah fasilitas pelayanan yang dioperasikan kurang dari jumlah fasilitas pelayanan yang disediakan memberikan keuntungan berkurangnya biaya operasional yakni biaya listrik. Kekurangan dari kondisi tersebut yakni pihak Senyum Media *Stationary* tidak dapat mengoptimalkan jumlah tenaga kerja dan peralatan

fasilitas pelayanan yang telah tersedia. Sedangkan keuntungan saat seluruh fasilitas yang tersedia digunakan seluruhnya yakni fasilitas pelayanan dan tenaga kerja yang ada dapat dimaksimalkan. Namun, kondisi tersebut memberikan kekurangan berupa naiknya biaya operasional fasilitas pelayanan yakni biaya listrik.

5.2 Saran

Pelayanan optimal sangatlah penting guna menghindari kehilangan pelanggan di Senyum Media *Stationary* akibat ketidakpuasan pelayanan maupun karena keengganan untuk masuk kedalam antrian. Saran yang dapat disampaikan adalah membuka 4 unit fasilitas pelayanan dengan kondisi tingkat pelayanan pelanggan (μ) = 75,36; 5 unit dengan kondisi tingkat pelayanan pelanggan (μ) = 61,4 dan 6 unit untuk tingkat pelayanan pelanggan (μ) = 52 pada saat periode libur semester maupun periode hari aktif sekolah. Membuka seluruh fasilitas pelayanan yang tersedia pada periode awal semester untuk menghindari munculnya antrian yang panjang. Apabila *opportunity cost* dari biaya operasional lebih kecil dari *opportunity cost* penambahan biaya tenaga kerja, akan lebih baik jika Senyum Media *Stationary* mengoperasikan seluruh fasilitas pelayanan yang ada.

Bagi peneliti selanjutnya waktu penelitian dalam mengumpulkan data lebih menyeluruh. Hal ini dilakukan untuk mewakili seluruh kegiatan transaksi yang terjadi di perusahaan. Analisis biaya dapat dilakukan untuk mengetahui biaya optimal dalam antrian. Hal tersebut untuk meminimumkan biaya yang ditanggung kepada perusahaan dan biaya yang ditanggung kepada pelanggan.

DAFTAR PUSTAKA

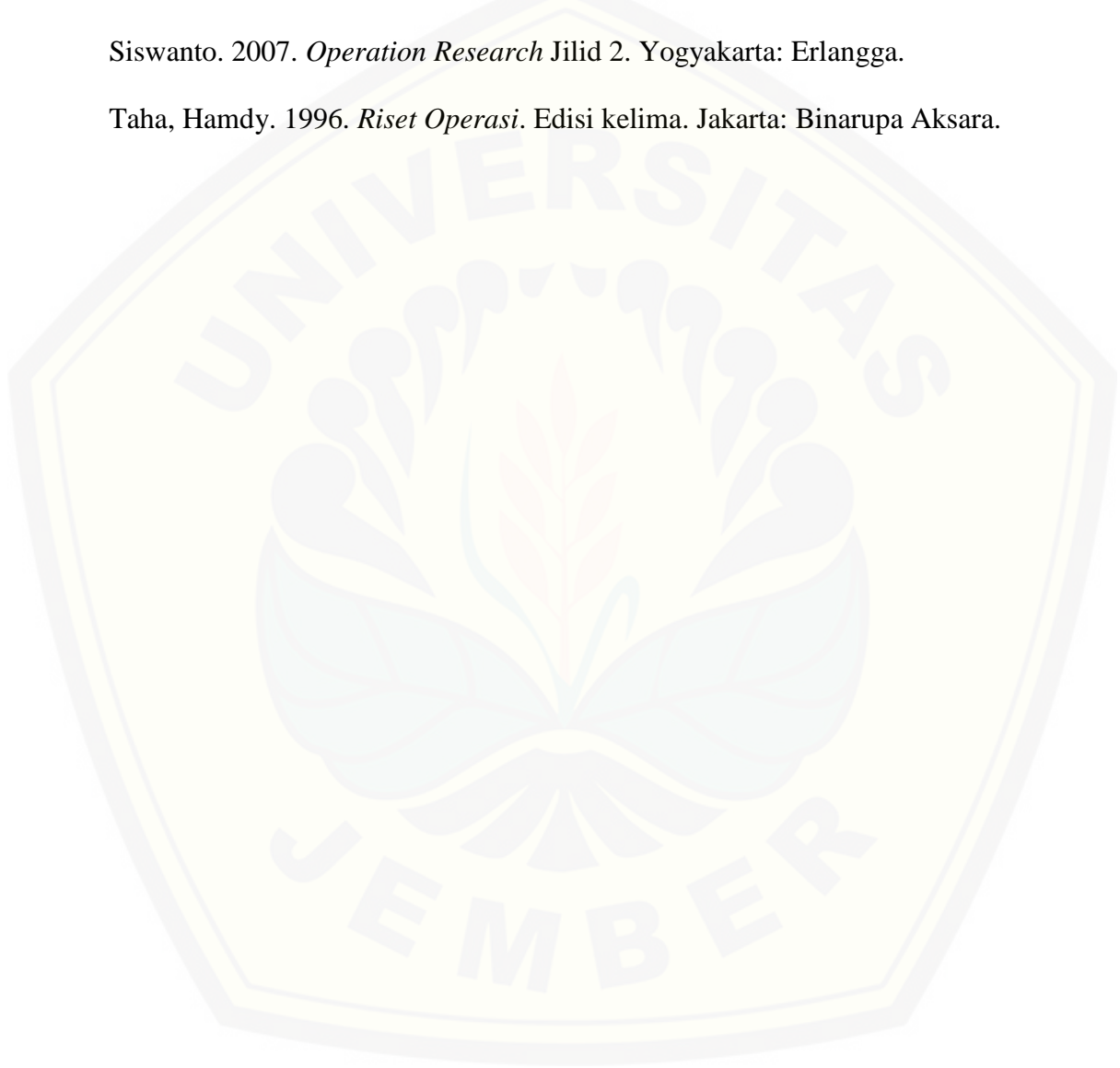
- Boon, M. A. A., R. D. Van Der Mei, dan E. M. M. Winands. 2012. Waiting Times in Queueing Networks with A Single Shared Server.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11134-012-9334-6>.
[Diakses pada 6 Maret 2017]
- Hardiyatmo, Anton. 2007. Usulan Perancangan Sistem Antrian dan Jumlah Kasir di Swalayan Luwes Dengan Metode Simulasi. Tidak dipublikasikan. Skripsi. Surakarta:Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
[Diakses pada 27 Oktober 2017]
- Heizer, Jay dan Barry Render. 2006. Operation Management. Terjemahan oleh Dwianoeprawati Setyoningsih dan Indra Almahdy. Edisi 7. Buku I. Jakarta: Salemba Empat.
- Heizer, J., & Render, B. 2011. Operations Management, 10th ed. New Jersey: Prentice-Hall, In.c.
- Iswiyanti, A., H. Siringoringo. 2004. Analisis Antrian Loker Karcis Taman Margasatwa Ragunan Dki Jakarta.
<http://sutanto.staff.uns.ac.id/files/2009/03/agus-sri-iswiyanti-ok.pdf>.
[Diakses pada 5 Maret 2017]
- Levin, dkk. 2012. *Pengambilan Keputusan Secara Kuantitatif*. Edisi 7. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Mazidah, A. R., A. Sumarsono, dan Djumari. 2015. Evaluasi Panjang Antrian Kendaraan Pada Pelayanan Pintu Keluar Parkir di Hartono Lifestyle Mall Solo Baru.
<http://sipil.ft.uns.ac.id/ojsin/index.php/MaTekSi/article/view/342>.
[Diakses pada 6 Maret 2017]
- Margaret, C., K. Suhada, dan V. Suhandi. 2012. Usulan Rancangan Sistem Antrian yang Optimal dan Ekonomis dengan Menggunakan Simulasi ProModel (Studi Kasus di Fiesta Steak Restaurant).
<http://majour.maranatha.edu/index.php/Integra/article/view/1102>
[Diakses pada 5 Maret 2017]
- Rachman, T. 2016. Simulasi Model Antrian Optimal Loker Pembayaran Parkir.
<http://digilib.esaunggul.ac.id/simulasi-model-antrian-soptimalloket-pembayaran-parkir-7303.html>.
[Diakses pada 5 Maret 2017]

Sari, S. Novela. 2013. Analisis Teori Antrian pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Gajah Mada Jember. Tidak dipublikasikan. Skripsi. Jember: Fakultas Ekonomi Universitas Jember.

Sarkar, A., A. R. Mukhopadhyay, dan S. K. Ghosh. 2014. Productivity Improvement by Reduction of Idle Time Through Application of Queuing Theory. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12597-014-0177-2>.

Siswanto. 2007. *Operation Research* Jilid 2. Yogyakarta: Erlangga.

Taha, Hamdy. 1996. *Riset Operasi*. Edisi kelima. Jakarta: Binarupa Aksara.



Lampiran 4.1

Rumus P0 M/M/C pada Masing-Masing Jumlah M yang Dibuka.

a. Rumus P0 untuk M=2

$$\begin{aligned} \left[\sum_0^{M-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] &= \frac{1}{0!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^0 + \frac{1}{1!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^1 \\ &= 1 + \frac{\lambda}{\mu} \end{aligned} \text{ sehingga persamaan dapat ditulis}$$

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\mu} + \left(\frac{1}{2!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 \frac{2\mu}{2\mu - \lambda}\right)} \\ &= \frac{1}{\frac{\mu + \lambda}{\mu} + \left(\frac{1}{2} \left(\frac{\lambda^2}{\mu^2}\right) \frac{2\mu}{2\mu - \lambda}\right)} \\ &= \frac{1}{\frac{\mu + \lambda}{\mu} + \left(\frac{\mu\lambda^2}{2\mu^3 - \mu^2\lambda}\right)} \end{aligned}$$

b. Rumus P0 untuk M=3

$$\begin{aligned} \left[\sum_0^{M-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] &= \frac{1}{0!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^0 + \frac{1}{1!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^1 + \frac{1}{2!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 \\ &= 1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{2\mu^2} \end{aligned}$$

Sehingga menghasilkan persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{2\mu^2}} = \left(\frac{1}{3!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^3 \frac{3\mu}{3\mu - \lambda}\right) \\ &= \frac{1}{\frac{2\mu^2 + 2\mu\lambda + \lambda^2}{2\mu^2} + \left(\frac{1}{6} \left(\frac{\lambda^3}{\mu^3}\right) \frac{3\mu}{3\mu - \lambda}\right)} \\ &= \frac{1}{\frac{2\mu^2 + 2\mu\lambda + \lambda^2}{2\mu^2} + \left(\frac{\mu\lambda^3}{9\mu^4 - 3\mu^3\lambda}\right)} \end{aligned}$$

c. Rumus P0 untuk M=4

$$\begin{aligned} \left[\sum_0^{M-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] &= \frac{1}{0!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^0 + \frac{1}{1!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^1 + \frac{1}{2!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 \\ &= 1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{2\mu^2} \\ P_0 &= \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{2\mu^2} + \frac{\lambda^3}{6\mu^3} + \left(\frac{1}{4!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^4 \frac{4\mu}{4\mu - \lambda}\right)} \\ &= \frac{1}{\frac{6\mu^3 + 6\mu^2\lambda + 3\mu\lambda^2 + \lambda^3}{6\mu^3} + \left(\frac{1}{24} \left(\frac{\lambda^4}{\mu^4}\right) \frac{4\mu}{4\mu - \lambda}\right)} \\ &= \frac{1}{\frac{6\mu^3 + 6\mu^2\lambda + 3\mu\lambda^2 + \lambda^3}{6\mu^3} + \left(\frac{\mu\lambda^4}{24\mu^5 - 6\mu^4\lambda}\right)} \end{aligned}$$

d. Rumus P0 untuk M=5

$$\begin{aligned} \left[\sum_0^{M-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] &= \frac{1}{0!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^0 + \frac{1}{1!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^1 + \frac{1}{2!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 \\ &= 1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{2\mu^2} + \frac{\lambda^3}{6\mu^3} + \frac{\lambda^4}{24\mu^4} \\ P_0 &= \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{2\mu^2} + \frac{\lambda^3}{6\mu^3} + \frac{\lambda^4}{24\mu^4} + \left(\frac{1}{5!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^5 \frac{5\mu}{5\mu - \lambda}\right)} \\ &= \frac{1}{\frac{24\mu^4 + 24\mu^3\lambda + 12\mu^2\lambda^2 + 4\mu\lambda^3 + \lambda^4}{24\mu^4} + \left(\frac{1}{120} \left(\frac{\lambda^5}{\mu^5}\right) \frac{5\mu}{5\mu - \lambda}\right)} \\ &= \frac{1}{\frac{24\mu^4 + 24\mu^3\lambda + 12\mu^2\lambda^2 + 4\mu\lambda^3 + \lambda^4}{24\mu^4} + \left(\frac{\mu\lambda^5}{120\mu^6 - 24\mu^5\lambda}\right)} \end{aligned}$$

e. Rumus P_0 untuk $M=6$

$$\begin{aligned} \left[\sum_0^{M-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] &= \frac{1}{0!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^0 + \frac{1}{1!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^1 + \frac{1}{2!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^2 + \frac{1}{3!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^3 + \frac{1}{4!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^4 + \frac{1}{5!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^5 \\ &= 1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{2\mu^2} + \frac{\lambda^3}{6\mu^3} + \frac{\lambda^4}{24\mu^4} + \frac{\lambda^5}{720\mu^5} \end{aligned}$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{2\mu^2} + \frac{\lambda^3}{6\mu^3} + \frac{\lambda^4}{24\mu^4} + \frac{\lambda^5}{720\mu^5} + \left(\frac{1}{6!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^6 \frac{6\mu}{6\mu - \lambda} \right)}$$



Lampiran 4.2

a. Simulasi Antrian dengan *Random Number* menggunakan Ms. Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
2	1																
3	2																
4	3																
5	4																
6	5																
7	6																
8	7																
9	8																
10	9																
11	10																
12	Rate-rata																

Gambar Tabel Simulasi Antrian pada MS. Excel

Gambar di atas merupakan contoh tabel simulasi antrian menggunakan program Ms. Excel. Banyaknya tabel maupun kolom tergantung banyaknya percobaan dan banyaknya simulasi yang ingin dilakukan oleh peneliti.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
2	1	=RANDBETWEEN(32;96)	61,4	1	=1-(B2/C2)	=B2/(C2-B2)	=1/(C2-B2)	=(B2^2)/(C2*(C2-B2))	=H2/B2	=I2*30
3	2									
4	3									
5	4									
6	5									
7	6									
8	7									
9	8									
10	9									
11	10									

Gambar Rumus Simulasi Antrian pada M=1 (Rumus M/M/1)

Gambar di atas merupakan langkah-langkah simulasi antrian pada M=1. Kolom kedatangan berisi angka *random number* dari tingkat kedatangan. Kolom μ berisi nilai tingkat pelayanan pelanggan (μ) yang telah ditentukan sebelumnya. Kolom M berisi jumlah fasilitas pelayanan yang digunakan. Pada kolom P0, Ls, Ws, Lq, menentukan nilai parameter-parameter tersebut dengan rumus yang tertera pada

masing-masing kolom. Kolom W_q' ($W_q \times 30$ menit) untuk menentukan nilai W_q dalam satuan menit, dengan mengalikan nilai pada kolom W_q dengan satuan waktu.

	K	L	M	N	O	P	Q
1	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
2	2	=1/(((C2+B2)/C2)+((C2*B2*B2)/((K2*C2*C2-C2*C2*B2))))	=((B2*C2*(B2/C2)^K2)/(1*((K2-C2-B2)^2)*L2+(B2/C2)))	=M2/B2	=M2*(B2/C2)	=O2/B2	=P2*30
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

Gambar rumus simulasi antrian pada M=2 (M/M/C)

Simulasi pada M=2 dan seterusnya sama dengan M=1 namun menggunakan rumus yang berbeda untuk P_0 , L_s , W_s , dan L_q seperti yang tampak pada gambar. Untuk M berikutnya menggunakan rumus yang sama, namun khusus untuk P_0 memiliki rumus M_s . Excel yang berbeda-beda untuk setiap M-nya.

1. Untuk P_0 pada M=3, rumus excel sebagai berikut:

$$=1/((((2*(C2^2))+2*C2*B2)+(B2^2))/(2*(C2^2))+((C2*(B2^3))/(9*(C2^4))-(3*(C2^3)*B2))))$$

2. P_0 pada M=4, rumus excel sebagai berikut:

$$=1/(((6*(C2^3))+6*(C2^2)*B2)+(3*C2*(B2^2)+(B2^3))/((6*(C2^3))+((C2*(B2^4))/(24*(C2^5))-(6*(C2^4)*B2))))$$

3. P_0 pada M=5, rumus excel sebagai berikut:

$$=1/((((24*(C2^4))+24*(C2^3)*B2)+(12*(C2^2)*(B2^2)+(4*C2*(B2^3)+(B2^4)))/(24*(C2^4))+((C2*(B2^5))/(120*(C2^6))-(24*(C2^5)*B2))))$$

4. P_0 pada M=6, rumus excel sebagai berikut:

$$=1/((((720*(C2^5))+720*(C2^4)*B2)+(360*(C2^3)*(B2^2)+(120*(C2^2)*(C2^3))+30*C2*(B2^4)+(B2^5))/(720*(C2^5))+((C2*(B2^6))/(720*(C2^7))-(120*(C2^6)*B2))))$$

b. Hasil Simulasi Antrian Periode Libur Semester

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	61,4	1	0,381	1,624	0,043	1,005	0,026	0,793
2	59	61,4	1	0,039	24,583	0,417	23,622	0,400	12,011
3	83	61,4	1	-0,352	-3,843	-0,046	-5,194	-0,063	-1,877
98	58	61,4	1	0,055	17,059	0,294	16,114	0,278	8,335
99	86	61,4	1	-0,401	-3,496	-0,041	-4,897	-0,057	-1,708
100	76	61,4	1	-0,238	-5,205	-0,068	-6,443	-0,085	-2,543
Rata-rata	64,18								6,708

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=61,4$; M=1

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	61,4	2	0,5274	0,6844	0,0180	0,4236	0,0111	0,3344
2	59	61,4	2	0,3509	1,2493	0,0116	1,2005	0,0203	0,6104
3	83	61,4	2	0,1934	2,4887	0,0151	3,3642	0,0405	1,2160
98	58	61,4	2	0,3584	1,2159	0,0308	1,1485	0,0198	0,5941
99	86	61,4	2	0,1762	2,7488	0,0141	3,8502	0,0448	1,3431
100	76	61,4	2	0,2354	2,0062	0,0362	2,4833	0,0327	0,9802
Rata-rata	64,18								0,7952

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=61,4$; M=2

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	61,4	3	0,5424	0,6259	0,0165	0,3874	0,0102	0,3058
2	59	61,4	3	0,3895	1,0008	0,0170	0,9617	0,0163	0,4890
3	83	61,4	3	0,2656	1,5150	0,0183	2,0480	0,0247	0,7402
98	58	61,4	3	0,3957	0,9819	0,0169	0,9275	0,0160	0,4798
99	86	61,4	3	0,2529	1,5909	0,0185	2,2283	0,0259	0,7773
100	76	61,4	3	0,2974	1,3502	0,0178	1,6712	0,0220	0,6597
Rata-rata	64,18								0,5505

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=61,4$; M=3

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	61,4	4	0,5385	0,6196	0,0163	0,3835	0,0101	0,3027
2	59	61,4	4	0,3821	0,9666	0,0164	0,9288	0,0157	0,4723
3	83	61,4	4	0,2572	1,3794	0,0166	1,8646	0,0225	0,6740
98	58	61,4	4	0,3884	0,9498	0,0164	0,8972	0,0155	0,4641
99	86	61,4	4	0,2447	1,4332	0,0167	2,0074	0,0233	0,7003
100	76	61,4	4	0,2889	1,2561	0,0165	1,5548	0,0205	0,6137
Rata-rata	64,18								0,5172

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=61,4$; M=4

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	61,4	5	0,5385	0,6190	0,0163	0,3831	0,0101	0,3024
2	59	61,4	5	0,3825	0,9617	0,0163	0,9241	0,0157	0,4699
3	83	61,4	5	0,2585	1,3567	0,0163	1,8340	0,0221	0,6629
98	58	61,4	5	0,3888	0,9453	0,0163	0,8930	0,0154	0,4619
99	86	61,4	5	0,2462	1,4066	0,0164	1,9702	0,0229	0,6873
100	76	61,4	5	0,2899	1,2409	0,0163	1,5359	0,0202	0,6063
Rata-rata	64,18								0,5118

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=61,4$; M=5

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	6	0,5042	0,6189	0,0163	0,3830	0,0101	0,3024
2	59	6	0,3806	0,9609	0,0163	0,9234	0,0157	0,4695
3	83	6	0,2787	1,3507	0,0163	1,8258	0,0220	0,6599
98	58	6	0,3857	0,9446	0,0163	0,8923	0,0154	0,4615
99	86	6	0,2681	1,3990	0,0163	1,9595	0,0228	0,6835
100	76	6	0,3050	1,2374	0,0163	1,5316	0,0202	0,6046
Rata-rata	64,18							0,5105

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=61,4$; M=6

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	75,36	1	0,4958	1,0171	0,0268	0,5129	0,0135	0,4049
2	59	75,36	1	0,2171	3,6064	0,0611	2,8234	0,0479	1,4357
3	83	75,36	1	-0,1014	-10,8639	-0,1309	-11,9653	-0,1442	-4,3248
98	58	75,36	1	0,2304	3,3410	0,0576	2,5714	0,0443	1,3300
99	86	75,36	1	-0,1412	-8,0827	-0,0940	-9,2239	-0,1073	-3,2176
100	76	75,36	1	-0,0085	-118,7500	-1,5625	-119,7585	-1,5758	-47,2731
Rata-rata	64,18								10,3518

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=75,36$; M=1

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	75,36	2	0,5973	0,5385	0,0142	0,2715	0,0071	0,2144
2	59	75,36	2	0,4373	0,9246	0,0157	0,7239	0,0123	0,3681
3	83	75,36	2	0,2897	1,5808	0,0190	1,7410	0,0210	0,6293
98	58	75,36	2	0,4442	0,9034	0,0156	0,6953	0,0120	0,3596
99	86	75,36	2	0,2734	1,6921	0,0197	1,9310	0,0225	0,6736
100	76	75,36	2	0,3296	1,3523	0,0178	1,3638	0,0179	0,5384
Rata-rata	64,18								0,4394

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=75,36$; M=2

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	75,36	3	0,6066	0,5074	0,0134	0,2559	0,0067	0,2020
2	59	75,36	3	0,4626	0,8006	0,0136	0,6268	0,0106	0,3187
3	83	75,36	3	0,3399	1,1707	0,0141	1,2894	0,0155	0,4661
98	58	75,36	3	0,4686	0,7862	0,0136	0,6051	0,0104	0,3130
99	86	75,36	3	0,3269	1,2214	0,0142	1,3939	0,0162	0,4862
100	76	75,36	3	0,3719	1,0570	0,0139	1,0660	0,0140	0,4208
Rata-rata	64,18								0,3529

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=75,36$; M=3

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	75,36	4	0,6039	0,5045	0,0133	0,2544	0,0067	0,2008
2	59	75,36	4	0,4569	0,7851	0,0133	0,6146	0,0104	0,3125
3	83	75,36	4	0,3317	1,1120	0,0134	1,2248	0,0148	0,4427
98	58	75,36	4	0,4630	0,7716	0,0133	0,5939	0,0102	0,3072
99	86	75,36	4	0,3186	1,1538	0,0134	1,3167	0,0153	0,4593
100	76	75,36	4	0,3642	1,0156	0,0134	1,0242	0,0135	0,4043
Rata-rata	64,18								0,3411

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=75,36$; M=4

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	75,36	5	0,60396	0,50427	0,01327	0,25427	0,00669	0,20074
2	59	75,36	5	0,45705	0,78316	0,01327	0,61314	0,01039	0,31177
3	83	75,36	5	0,33231	1,10301	0,01329	1,21483	0,01464	0,43909
98	58	75,36	5	0,46316	0,76986	0,01327	0,59252	0,01022	0,30647
99	86	75,36	5	0,31932	1,14316	0,01329	1,30456	0,01517	0,45508
100	76	75,36	5	0,36470	1,00950	0,01328	1,01807	0,01340	0,40187
Rata-rata	64,18								0,33933

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=75,36$; M=5

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	75,36	6	0,5553	0,5042	0,0133	0,2543	0,0067	0,2007
2	59	75,36	6	0,4400	0,7829	0,0133	0,6130	0,0104	0,3117
3	83	75,36	6	0,3400	1,1013	0,0133	1,2130	0,0146	0,4384
98	58	75,36	6	0,4449	0,7697	0,0133	0,5924	0,0102	0,3064
99	86	75,36	6	0,3294	1,1411	0,0133	1,3022	0,0151	0,4542
100	76	75,36	6	0,3663	1,0085	0,0133	1,0171	0,0134	0,4015
Rata-rata	64,18								0,3390

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=75,36$; M=6

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	PO	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	52	1	0,2692	2,7143	0,0714	1,9835	0,0522	1,5659
2	59	52	1	-0,1346	-8,4286	-0,1429	-9,5632	-0,1621	-4,8626
3	83	52	1	-0,5962	-2,6774	-0,0323	-4,2736	-0,0515	-1,5447
98	58	52	1	-0,1154	-9,6667	-0,1667	-10,7821	-0,1859	-5,5769
99	86	52	1	-0,6538	-2,5294	-0,0294	-4,1833	-0,0486	-1,4593
100	76	52	1	-0,4615	-3,1667	-0,0417	-4,6282	-0,0609	-1,8269
Rata-rata	64,18								4,9466

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=52$, M=1

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	PO	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	52	2	0,4648	0,8434	0,0222	0,6163	0,0162	0,4866
2	59	52	2	0,2761	1,6731	0,0284	1,8983	0,0322	0,9652
3	83	52	2	0,1123	4,3962	0,0530	7,0171	0,0845	2,5363
98	58	52	2	0,2840	1,6189	0,0279	1,8057	0,0311	0,9340
99	86	52	2	0,0947	5,2304	0,0608	8,6503	0,1006	3,0175
100	76	52	2	0,1556	3,1365	0,0413	4,5841	0,0603	1,8095
Rata-rata	64,18								1,5589

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=52$, M=2

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	PO	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	52	3	0,4866	0,7442	0,0196	0,5439	0,0143	0,4294
2	59	52	3	0,3290	1,2130	0,0206	1,3763	0,0233	0,6998
3	83	52	3	0,2068	1,9367	0,0233	3,0913	0,0372	1,1173
98	58	52	3	0,3352	1,1884	0,0205	1,3256	0,0229	0,6856
99	86	52	3	0,1945	2,0553	0,0239	3,3992	0,0395	1,1858
100	76	52	3	0,2378	1,6907	0,0222	2,4710	0,0325	0,9754
Rata-rata	64,18								0,8090

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=52$, M=3

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	PO	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	52	4	0,4814	0,7323	0,0193	0,5352	0,0141	0,4225
2	59	52	4	0,3207	1,1469	0,0194	1,3012	0,0221	0,6616
3	83	52	4	0,2001	1,6559	0,0200	2,6431	0,0318	0,9554
98	58	52	4	0,3270	1,1267	0,0194	1,2567	0,0217	0,6500
99	86	52	4	0,1884	1,7244	0,0201	2,8520	0,0332	0,9949
100	76	52	4	0,2299	1,5012	0,0198	2,1941	0,0289	0,8661
Rata-rata	64,18								0,7286

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=52$, M=4

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	PO	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	52	5	0,4815	0,7309	0,0192	0,5341	0,0141	0,4217
2	59	52	5	0,3214	1,1365	0,0193	1,2895	0,0219	0,6557
3	83	52	5	0,2022	1,6082	0,0194	2,5669	0,0309	0,9278
98	58	52	5	0,3277	1,1171	0,0193	1,2460	0,0215	0,6445
99	86	52	5	0,1908	1,6684	0,0194	2,7592	0,0321	0,9625
100	76	52	5	0,2316	1,4690	0,0193	2,1471	0,0283	0,8475
Rata-rata	64,18								0,7152

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=52$, $M=5$

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	PO	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	38	52	6	0,4594	0,7308	0,0192	0,5340	0,0141	0,4216
2	59	52	6	0,3311	1,1345	0,0192	1,2872	0,0218	0,6545
3	83	52	6	0,2297	1,5894	0,0191	2,5369	0,0306	0,9170
98	58	52	6	0,3362	1,1153	0,0192	1,2440	0,0214	0,6434
99	86	52	6	0,2195	1,6441	0,0191	2,7191	0,0316	0,9485
100	76	52	6	0,2555	1,4589	0,0192	2,1322	0,0281	0,8417
Rata-rata	64,18								0,7103

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Libur Semester dengan $\mu=52$, $M=6$

c. Hasil Simulasi Periode Awal Semester

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	PO	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	61,4	1	-0,3029	-4,3011	-0,0538	-5,6040	-0,0701	-2,1015
2	91	61,4	1	-0,4821	-3,0743	-0,0338	-4,5564	-0,0501	-1,5021
3	68	61,4	1	-0,1075	-10,3030	-0,1515	-11,4105	-0,1678	-5,0341
98	114	61,4	1	-0,8567	-2,1673	-0,0190	-4,0240	-0,0353	-1,0589
99	109	61,4	1	-0,7752	-2,2899	-0,0210	-4,0652	-0,0373	-1,1189
100	97	61,4	1	-0,5798	-2,7247	-0,0281	-4,3045	-0,0444	-1,3313
Rata-rata	102,71								16,4757

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=61,4$; $M=1$

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	PO	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	61,4	2	0,2110	2,2636	0,0283	2,9494	0,0369	1,1060
2	91	61,4	2	0,1487	3,2873	0,0249	4,8720	0,0535	1,6062
3	68	61,4	2	0,2872	1,5973	0,0483	1,7690	0,0260	0,7804
98	114	61,4	2	0,0372	13,4360	0,0278	24,9463	0,2188	6,5648
99	109	61,4	2	0,0595	8,3688	0,1233	14,8566	0,1363	4,0890
100	97	61,4	2	0,1174	4,2010	0,0863	6,6368	0,0684	2,0526
Rata-rata	102,71								5,6437

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=61,4$; $M=2$

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	61,4	3	0,2788	1,4424	0,0180	1,8794	0,0235	0,7048
2	91	61,4	3	0,2328	1,7259	0,0190	2,5579	0,0281	0,8433
3	68	61,4	3	0,3378	1,1784	0,0173	1,3051	0,0192	0,5758
98	114	61,4	3	0,1551	2,5618	0,0225	4,7564	0,0417	1,2517
99	109	61,4	3	0,1703	2,3389	0,0215	4,1521	0,0381	1,1428
100	97	61,4	3	0,2104	1,9047	0,0196	3,0090	0,0310	0,9306
Rata-rata	102,71								1,1171

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=61,4$; M=3

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	61,4	4	0,2704	1,3262	0,0166	1,7279	0,0216	0,6480
2	91	61,4	4	0,2251	1,5244	0,0168	2,2593	0,0248	0,7448
3	68	61,4	4	0,3296	1,1184	0,0164	1,2387	0,0182	0,5465
98	114	61,4	4	0,1522	1,9785	0,0174	3,6734	0,0322	0,9667
99	109	61,4	4	0,1659	1,8737	0,0172	3,3264	0,0305	0,9155
100	97	61,4	4	0,2035	1,6368	0,0169	2,5858	0,0267	0,7997
Rata-rata	102,71								0,8670

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=61,4$; M=4

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	61,4	5	0,2715	1,3070	0,0163	1,7029	0,0213	0,6386
2	91	61,4	5	0,2268	1,4902	0,0164	2,2086	0,0243	0,7281
3	68	61,4	5	0,3303	1,1092	0,0163	1,2284	0,0181	0,5419
98	114	61,4	5	0,1554	1,8835	0,0165	3,4971	0,0307	0,9203
99	109	61,4	5	0,1688	1,7964	0,0165	3,1891	0,0293	0,8777
100	97	61,4	5	0,2056	1,5912	0,0164	2,5138	0,0259	0,7775
Rata-rata	102,71								0,8284

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=61,4$; M=5

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	61,4	6	0,2897	1,3022	0,0163	1,6967	0,0212	0,6363
2	91	61,4	6	0,2514	1,4790	0,0163	2,1920	0,0241	0,7226
3	68	61,4	6	0,3383	1,1074	0,0163	1,2265	0,0180	0,5411
98	114	61,4	6	0,1867	1,8250	0,0160	3,3885	0,0297	0,8917
99	109	61,4	6	0,1993	1,7551	0,0161	3,1158	0,0286	0,8576
100	97	61,4	6	0,2327	1,5737	0,0162	2,4862	0,0256	0,7689
Rata-rata	102,71								0,7998

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=61,4$; M=6

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	75,36	1	-0,062	-17,241	-0,216	-18,303	-0,229	-6,864
2	91	75,36	1	-0,208	-5,818	-0,064	-7,026	-0,077	-2,316
3	68	75,36	1	0,098	9,239	0,136	8,337	0,123	3,678
98	114	75,36	1	-0,513	-2,950	-0,026	-4,463	-0,039	-1,174
99	109	75,36	1	-0,446	-3,240	-0,030	-4,687	-0,043	-1,290
100	97	75,36	1	-0,287	-4,482	-0,046	-5,770	-0,059	-1,784
Rata-rata	102,71								4,981

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=75,36$; M=1

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	75,36	2	0,3065	1,4780	0,0185	1,5690	0,0196	0,5884
2	91	75,36	2	0,2471	1,9002	0,0209	2,2946	0,0252	0,7565
3	68	75,36	2	0,3782	1,1330	0,0167	1,0223	0,0150	0,4510
98	114	75,36	2	0,1387	3,5352	0,0310	5,3479	0,0469	1,4073
99	109	75,36	2	0,1606	3,0323	0,0278	4,3859	0,0402	1,2071
100	97	75,36	2	0,2169	2,1972	0,0227	2,8282	0,0292	0,8747
Rata-rata	102,71								1,3178

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=75,36$; M=2

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	75,36	3	0,3533	1,1213	0,0140	1,1903	0,0149	0,4464
2	91	75,36	3	0,3064	1,3089	0,0144	1,5806	0,0174	0,5211
3	68	75,36	3	0,4122	0,9334	0,0137	0,8422	0,0124	0,3716
98	114	75,36	3	0,2256	1,7798	0,0156	2,6923	0,0236	0,7085
99	109	75,36	3	0,2415	1,6653	0,0153	2,4087	0,0221	0,6629
100	97	75,36	3	0,2832	1,4197	0,0146	1,8273	0,0188	0,5651
Rata-rata	102,71								0,6318

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=75,36$; M=3

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	75,36	4	0,3452	1,0706	0,0134	1,1365	0,0142	0,4262
2	91	75,36	4	0,2979	1,2239	0,0134	1,4779	0,0162	0,4872
3	68	75,36	4	0,4053	0,9065	0,0133	0,8180	0,0120	0,3609
98	114	75,36	4	0,2181	1,5593	0,0137	2,3588	0,0207	0,6207
99	109	75,36	4	0,2335	1,4842	0,0136	2,1467	0,0197	0,5908
100	97	75,36	4	0,2748	1,3091	0,0135	1,6851	0,0174	0,5212
Rata-rata	102,71								0,5579

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=75,36$; M=4

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	75,36	5	0,3458	1,0629	0,0133	1,1283	0,0141	0,4231
2	91	75,36	5	0,2988	1,2102	0,0133	1,4614	0,0161	0,4818
3	68	75,36	5	0,4056	0,9029	0,0133	0,8147	0,0120	0,3594
98	114	75,36	5	0,2199	1,5218	0,0133	2,3020	0,0202	0,6058
99	109	75,36	5	0,2351	1,4535	0,0133	2,1023	0,0193	0,5786
100	97	75,36	5	0,2759	1,2909	0,0133	1,6616	0,0171	0,5139
Rata-rata	102,71								0,5456

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=75,36$; M=5

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	75,36	6	0,3510	1,0615	0,0133	1,1269	0,0141	0,4226
2	91	75,36	6	0,3124	1,2073	0,0133	1,4578	0,0160	0,4806
3	68	75,36	6	0,3991	0,9024	0,0133	0,8142	0,0120	0,3592
98	114	75,36	6	0,2454	1,5089	0,0132	2,2826	0,0200	0,6007
99	109	75,36	6	0,2586	1,4440	0,0132	2,0886	0,0192	0,5748
100	97	75,36	6	0,2933	1,2865	0,0133	1,6560	0,0171	0,5122
Rata-rata	102,71								0,5408

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=75,36$; M=6

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	52	1	-0,538	-2,857	-0,036	-4,396	-0,055	-1,648
2	91	52	1	-0,750	-2,333	-0,026	-4,083	-0,045	-1,346
3	68	52	1	-0,308	-4,250	-0,063	-5,558	-0,082	-2,452
98	114	52	1	-1,192	-1,839	-0,016	-4,031	-0,035	-1,061
99	109	52	1	-1,096	-1,912	-0,018	-4,008	-0,037	-1,103
100	97	52	1	-0,865	-2,156	-0,022	-4,021	-0,041	-1,244
Rata-rata	102,71								-1,386

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=52$, M=1

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	52	2	0,1304	3,7681	0,0471	5,7971	0,0725	2,1739
2	91	52	2	0,0667	7,4667	0,0821	13,0667	0,1436	4,3077
3	68	52	2	0,2093	2,2842	0,0336	2,9871	0,0439	1,3178
98	114	52	2	-0,0459	-10,8771	-0,0954	-23,8459	-0,2092	-6,2752
99	109	52	2	-0,0235	-21,2883	-0,1953	-44,6235	-0,4094	-12,2817
100	97	52	2	0,0348	14,3397	0,1478	26,7491	0,2758	8,2729
Rata-rata	102,71								5,6988

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=52$, M=2

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	52	3	0,2197	1,8265	0,0228	2,8100	0,0351	1,0538
2	91	52	3	0,1751	2,2756	0,0250	3,9823	0,0438	1,3128
3	68	52	3	0,2775	1,4494	0,0213	1,8953	0,0279	0,8362
98	114	52	3	0,1006	3,9727	0,0348	8,7095	0,0764	2,2920
99	109	52	3	0,1151	3,4559	0,0317	7,2442	0,0665	1,9938
100	97	52	3	0,1536	2,5875	0,0267	4,8267	0,0498	1,4928
Rata-rata	102,71								2,1285

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=52$, M=3

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	52	4	0,2124	1,5888	0,0199	2,4443	0,0306	0,9166
2	91	52	4	0,1704	1,8421	0,0202	3,2236	0,0354	1,0627
3	68	52	4	0,2691	1,3314	0,0196	1,7410	0,0256	0,7681
98	114	52	4	0,1055	2,4647	0,0216	5,4034	0,0474	1,4220
99	109	52	4	0,1174	2,3146	0,0212	4,8518	0,0445	1,3353
100	97	52	4	0,1508	1,9899	0,0205	3,7120	0,0383	1,1480
Rata-rata	102,71								1,2726

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=52$, M=4

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	52	5	0,2143	1,5483	0,0194	2,3821	0,0298	0,8933
2	91	52	5	0,1731	1,7696	0,0194	3,0968	0,0340	1,0209
3	68	52	5	0,2702	1,3118	0,0193	1,7155	0,0252	0,7568
98	114	52	5	0,1103	2,2570	0,0198	4,9481	0,0434	1,3021
99	109	52	5	0,1218	2,1472	0,0197	4,5008	0,0413	1,2388
100	97	52	5	0,1540	1,8929	0,0195	3,5310	0,0364	1,0921
Rata-rata	102,71								1,1711

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=52$, M=5

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	80	52	6	0,2405	1,5339	0,0192	2,3598	0,0295	0,8849
2	91	52	6	0,2033	1,7326	0,0190	3,0321	0,0333	0,9996
3	68	52	6	0,2886	1,3069	0,0192	1,7091	0,0251	0,7540
98	114	52	6	0,1421	2,0255	0,0178	4,4405	0,0390	1,1686
99	109	52	6	0,1538	1,9896	0,0183	4,1705	0,0383	1,1478
100	97	52	6	0,1854	1,8322	0,0189	3,4178	0,0352	1,0571
Rata-rata	102,71								1,0302

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Awal Semester dengan $\mu=52$, M=6

d. Hasil Simulasi Periode Hari Aktif Sekolah

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	61,4	1	-0,4984	-3,0065	-0,0327	-4,5049	-0,0490	-1,4690
2	61	61,4	1	0,0065	152,5000	2,5000	151,5065	2,4837	74,5114
3	56	61,4	1	0,0879	10,3704	0,1852	9,4583	0,1689	5,0670
98	46	61,4	1	0,2508	2,9870	0,0649	2,2378	0,0486	1,4595
99	65	61,4	1	-0,0586	-18,0556	-0,2778	-19,1142	-0,2941	-8,8219
100	61	61,4	1	0,0065	152,5000	2,5000	151,5065	2,4837	74,5114
Rata-rata	69,31								8,2993

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=61,4$; M=1

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	61,4	2	0,1434	3,4153	0,0371	5,1174	0,0556	1,6687
2	61	61,4	2	0,3362	1,3189	0,0560	1,3103	0,0215	0,6444
3	56	61,4	2	0,3736	1,1515	0,0236	1,0502	0,0188	0,5626
98	46	61,4	2	0,4550	0,8715	0,0541	0,6529	0,0142	0,4258
99	65	61,4	2	0,3078	1,4707	0,0134	1,5569	0,0240	0,7186
100	61	61,4	2	0,3362	1,3189	0,0241	1,3103	0,0215	0,6444
Rata-rata	69,31								0,9749

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=61,4$; M=2

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	61,4	3	0,2290	1,7543	0,0191	2,6286	0,0286	0,8571
2	61	61,4	3	0,3774	1,0391	0,0170	1,0324	0,0169	0,5077
3	56	61,4	3	0,4083	0,9445	0,0169	0,8614	0,0154	0,4615
98	46	61,4	3	0,4780	0,7640	0,0166	0,5724	0,0124	0,3733
99	65	61,4	3	0,3543	1,1177	0,0172	1,1832	0,0182	0,5461
100	61	61,4	3	0,3774	1,0391	0,0170	1,0324	0,0169	0,5077
Rata-rata	69,31								0,6082

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=61,4$; M=3

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	61,4	4	0,2214	1,5429	0,0168	2,3118	0,0251	0,7539
2	61	61,4	4	0,3698	1,0001	0,0164	0,9936	0,0163	0,4886
3	56	61,4	4	0,4013	0,9165	0,0164	0,8359	0,0149	0,4478
98	46	61,4	4	0,4726	0,7509	0,0163	0,5626	0,0122	0,3669
99	65	61,4	4	0,3463	1,0675	0,0164	1,1301	0,0174	0,5216
100	61	61,4	4	0,3698	1,0001	0,0164	0,9936	0,0163	0,4886
Rata-rata	69,31								0,5610

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=61,4$; M=4

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	61,4	5	0,2231	1,5070	0,0164	2,2580	0,0245	0,7363
2	61	61,4	5	0,3702	0,9944	0,0163	0,9879	0,0162	0,4859
3	56	61,4	5	0,4017	0,9126	0,0163	0,8324	0,0149	0,4459
98	46	61,4	5	0,4727	0,7494	0,0163	0,5614	0,0122	0,3661
99	65	61,4	5	0,3468	1,0599	0,0163	1,1221	0,0173	0,5179
100	61	61,4	5	0,3702	0,9944	0,0163	0,9879	0,0162	0,4859
Rata-rata	69,31								0,5533

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=61,4$; M=5

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	61,4	6	0,248	1,495	0,016	2,240	0,024	0,730
2	61	61,4	6	0,371	0,993	0,016	0,987	0,016	0,485
3	56	61,4	6	0,396	0,912	0,016	0,832	0,015	0,446
98	46	61,4	6	0,452	0,749	0,016	0,561	0,012	0,366
99	65	61,4	6	0,352	1,059	0,016	1,121	0,017	0,517
100	61	61,4	6	0,371	0,993	0,016	0,987	0,016	0,485
Rata-rata	69,31								0,551

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=61,4$; M=6

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	75,36	1	-0,2208	-5,5288	-0,0601	-6,7497	-0,0734	-2,2010
2	61	75,36	1	0,1906	4,2479	0,0696	3,4385	0,0564	1,6910
3	56	75,36	1	0,2569	2,8926	0,0517	2,1495	0,0384	1,1515
98	46	75,36	1	0,3896	1,5668	0,0341	0,9564	0,0208	0,6237
99	65	75,36	1	0,1375	6,2741	0,0965	5,4116	0,0833	2,4977
100	61	75,36	1	0,1906	4,2479	0,0696	3,4385	0,0564	1,6910
Rata-rata	69,31								3,1670

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=75,36$; M=1

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	75,36	2	0,2419	1,9458	0,0211	2,3754	0,0258	0,7746
2	61	75,36	2	0,4238	0,9680	0,0159	0,7836	0,0128	0,3854
3	56	75,36	2	0,4582	0,8621	0,0154	0,6406	0,0114	0,3432
98	46	75,36	2	0,5323	0,6731	0,0146	0,4109	0,0089	0,2680
99	65	75,36	2	0,3974	1,0596	0,0163	0,9139	0,0141	0,4218
100	61	75,36	2	0,4238	0,9680	0,0159	0,7836	0,0128	0,3854
Rata-rata	69,31								0,5038

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=75,36$; M=2

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	75,36	3	0,302	1,327	0,014	1,620	0,018	0,528
2	61	75,36	3	0,451	0,830	0,014	0,672	0,011	0,330
3	56	75,36	3	0,481	0,757	0,014	0,563	0,010	0,302
98	46	75,36	3	0,547	0,617	0,013	0,377	0,008	0,246
99	65	75,36	3	0,428	0,888	0,014	0,766	0,012	0,354
100	61	75,36	3	0,451	0,830	0,014	0,672	0,011	0,330
Rata-rata	69,31								0,386

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=75,36$; M=3

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	75,36	4	0,2939	1,2380	0,0135	1,5114	0,0164	0,4928
2	61	75,36	4	0,4449	0,8120	0,0133	0,6573	0,0108	0,3232
3	56	75,36	4	0,4755	0,7448	0,0133	0,5535	0,0099	0,2965
98	46	75,36	4	0,5431	0,6111	0,0133	0,3730	0,0081	0,2433
99	65	75,36	4	0,4218	0,8659	0,0133	0,7469	0,0115	0,3447
100	61	75,36	4	0,4449	0,8120	0,0133	0,6573	0,0108	0,3232
Rata-rata	69,31								0,3691

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=75,36$; M=4

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	75,36	5	0,2948	1,2237	0,0133	1,4938	0,0162	0,4871
2	61	75,36	5	0,4451	0,8097	0,0133	0,6554	0,0107	0,3224
3	56	75,36	5	0,4756	0,7433	0,0133	0,5523	0,0099	0,2959
98	46	75,36	5	0,5431	0,6105	0,0133	0,3726	0,0081	0,2430
99	65	75,36	5	0,4221	0,8629	0,0133	0,7443	0,0115	0,3435
100	61	75,36	5	0,4451	0,8097	0,0133	0,6554	0,0107	0,3224
Rata-rata	69,31								0,3666

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=75,36$; M=5

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	75,36	6	0,3091	1,2205	0,0133	1,4900	0,0162	0,4859
2	61	75,36	6	0,4306	0,8095	0,0133	0,6552	0,0107	0,3222
3	56	75,36	6	0,4547	0,7431	0,0133	0,5522	0,0099	0,2958
98	46	75,36	6	0,5078	0,6104	0,0133	0,3726	0,0081	0,2430
99	65	75,36	6	0,4123	0,8625	0,0133	0,7440	0,0114	0,3434
100	61	75,36	6	0,4306	0,8095	0,0133	0,6552	0,0107	0,3222
Rata-rata	69,31								0,3661

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=75,36$; M=6

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	52	1	-0,7692	-2,3000	-0,0250	-4,0692	-0,0442	-1,3269
2	61	52	1	-0,1731	-6,7778	-0,1111	-7,9509	-0,1303	-3,9103
3	56	52	1	-0,0769	-14,0000	-0,2500	-15,0769	-0,2692	-8,0769
98	46	52	1	0,1154	7,6667	0,1667	6,7821	0,1474	4,4231
99	65	52	1	-0,2500	-5,0000	-0,0769	-6,2500	-0,0962	-2,8846
100	61	52	1	-0,1731	-6,7778	-0,1111	-7,9509	-0,1303	-3,9103
Rata-rata	69,31								6,9602

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=52$, M=1

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	52	2	0,0612	8,1361	0,0884	14,3946	0,1565	4,6939
2	61	52	2	0,2606	1,7883	0,0293	2,0978	0,0344	1,0317
3	56	52	2	0,3000	1,5167	0,0271	1,6333	0,0292	0,8750
98	46	52	2	0,3867	1,0998	0,0239	0,9729	0,0211	0,6345
99	65	52	2	0,2308	2,0513	0,0316	2,5641	0,0394	1,1834
100	61	52	2	0,2606	1,7883	0,0293	2,0978	0,0344	1,0317
Rata-rata	69,31								2,4420

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=52$, M=2

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	52	3	0,1714	2,3236	0,0253	4,1109	0,0447	1,3405
2	61	52	3	0,3169	1,2630	0,0207	1,4816	0,0243	0,7286
3	56	52	3	0,3480	1,1402	0,0204	1,2279	0,0219	0,6578
98	46	52	3	0,4193	0,9133	0,0199	0,8079	0,0176	0,5269
99	65	52	3	0,2938	1,3671	0,0210	1,7089	0,0263	0,7887
100	61	52	3	0,3169	1,2630	0,0207	1,4816	0,0243	0,7286
Rata-rata	69,31								0,9112

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=52$, M=3

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	52	4	0,1670	1,8662	0,0203	3,3017	0,0359	1,0766
2	61	52	4	0,3085	1,1874	0,0195	1,3929	0,0228	0,6850
3	56	52	4	0,3399	1,0865	0,0194	1,1701	0,0209	0,6268
98	46	52	4	0,4125	0,8885	0,0193	0,7859	0,0171	0,5126
99	65	52	4	0,2853	1,2692	0,0195	1,5865	0,0244	0,7322
100	61	52	4	0,3085	1,1874	0,0195	1,3929	0,0228	0,6850
Rata-rata	69,31								0,7933

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=52$, M=4

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	52	5	0,1698	1,7900	0,0195	3,1670	0,0344	1,0327
2	61	52	5	0,3093	1,1754	0,0193	1,3788	0,0226	0,6781
3	56	52	5	0,3406	1,0784	0,0193	1,1613	0,0207	0,6221
98	46	52	5	0,4128	0,8851	0,0192	0,7830	0,0170	0,5106
99	65	52	5	0,2863	1,2532	0,0193	1,5665	0,0241	0,7230
100	61	52	5	0,3093	1,1754	0,0193	1,3788	0,0226	0,6781
Rata-rata	69,31								0,7739

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=52$, $M=5$

Percobaan ke	Kedatangan (λ)	μ	M	P0	Ls	Ws	Lq	Wq	Wq' (Wq x 30 menit)
1	92	52	6	0,2003	1,7498	0,0190	3,0958	0,0336	1,0095
2	61	52	6	0,3211	1,1729	0,0192	1,3759	0,0226	0,6767
3	56	52	6	0,3467	1,0769	0,0192	1,1597	0,0207	0,6213
98	46	52	6	0,4049	0,8846	0,0192	0,7826	0,0170	0,5104
99	65	52	6	0,3021	1,2496	0,0192	1,5619	0,0240	0,7209
100	61	52	6	0,3211	1,1729	0,0192	1,3759	0,0226	0,6767
Rata-rata	69,31								0,7649

Gambar Hasil Simulasi Antrian pada Periode Hari Aktif Sekolah dengan $\mu=52$, $M=6$

Hasil simulasi di atas merupakan ringkasan dari hasil simulasi pada Ms. Excel. Hasil simulasi di ringkas untuk efisiensi tampilan pada lampiran karena banyaknya percobaan yang dilakukan.