

**Usulan perancangan sistem antrian dan jumlah kasir di swalayan
luwes dengan metode simulasi**

Skripsi



Anton Hardiyatmo

I.0302503

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2007**

LEMBAR VALIDASI

Judul Skripsi :

**USULAN PERANCANGAN SISTEM ANTRIAN DAN JUMLAH
KASIR DI SWALAYAN LUWES DENGAN METODE
SIMULASI**

Ditulis oleh:

Anton Hardiyatmo
I 0302503

Telah disidangkan pada hari Senin tanggal 21 Juli 2007

Di Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta,
dengan

Dosen Penguji

1. I Wayan Suletra, ST, MT
NIP 132 282 734

2. Azizah Aisyati, ST, MT
NIP 132 163 510

Dosen Pembimbing

1. Eko Liquiddanu, ST, MT
NIP 132 206 830

2. Ir Munifah MSIE, MT
NIP 132 653 974

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi :

**USULAN PERANCANGAN SISTEM ANTRIAN DAN JUMLAH
KASIR DI SWALAYAN LUWES DENGAN METODE
SIMULASI**

Ditulis oleh:

Anton Hardiyatmo

I 0302503

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Eko Liquiddanu, ST, MT
NIP 132 206 830

Ir Munifah MSIE, MT,
NIP 132 653 974

Pembantu Dekan I
Fakultas Teknik

Ketua Jurusan
Teknik Industri

Ir. Noegroho Djarwanti, MT
NIP 131 415 237

I Wayan Suletra, ST, MT
NIP 132 282 734

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji hanya bagi Allah SWT penulis ucapkan Karen berkat karunia, rahmat dan hidayah-Nya, studi dan penulisan Tugas Akhir berjudul "PERANCANGAN SISTEM ANTRIAN DAN JUMLAH KASIR SWALAYAN LUWES DENGAN METODE SIMULASI" dalam rangka memperoleh gelar sarjana (S-1) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Sebelas Maret Surakarta ini akhirnya dapat selesai dengan baik.

Walaupun Tugas Akhir ini tidak terlalu sempurna, setidaknya hal ini merupakan wujud keras dari penulis untuk memenuhi kewajibannya sebagai seorang mahasiswa. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi orang lain serta dicatat sebagai Ibadah. Amin Ya Robbal'alamin.

Penulisan Tugas Akhir ini dapat terlaksana tak lepas dari bantuan serta peran serta dari banyak pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Satu harapan penulis adalah semoga jasa dan itikad baik mereka menerima balasan yang sesuai dari Allah SWT sebagai amal ibadah. Atas berbagai bentuk bantuan yang tidak ternilai harganya tersebut, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibunda tercinta atas segala pengorbanan, kesabaran dan restu yang luar biasa serta ayahanda dengan segala do'a dan dukungan moral dan spiritual yang diberikan, hanya Allah yang mampu membalas.
2. Keluargaku di Sragen, mas Arif, mba Kom, mba Anik, Andri, Lisa lucu banget buat dukungan kalian.
3. I Wayan Suletra, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Industri atas kesempatan serta motivasi yang diberikan kepada penulis.
4. Eko Liquiddanu, ST, MT selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan banyak pengarahan dan bimbingan.
5. Ir Munifah MSIE, MT selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan baik moral dan spiritualnya.

6. I Wayan Suletra, ST, MT dan Azizah Aisyati, ST, MT selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan perbaikan dalam Tugas Akhir ini.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Industri atas segala dukungan, pengarahan dan bantuan yang diberikan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Pihak Toserba dan swalayan Luwes Palur-Kaanganyar yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melakukan penelitian .
9. Staf dan karyawan Jurusan Teknik Industri atas kemudahan dan bantuan yang diberikan selama penyusunan Tugas Akhir.
10. Seluruh pihak-pihak yang tidak dapat penulis cantumkan satu persatu, atas segala bantuan, kritik dan saran dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Surakarta, Agustus 2007

Penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Ingatlah sesungguhnya didalam tubuh ini ada segumpal darah. Apabila ia baik maka baik pula seluruh tubuh, apabila rusak maka rusaklah seluruh tubuh ketahuilah ia adalah hati...” (HR. Bukhari Muslim)

“Orang yang paling berbahagia tidak selalu memiliki hal-hal yang terbaik, mereka hanya berusaha menjadikan yang terbaik dari setiap hal-hal yang hadir dalam hidupnya...”

“Sahabat terbaik adalah dia yang dapat duduk berayun-ayun di beranda bersamamu, tanpa mengucapkan sepatah katapun, dan kemudian kamu meninggalkannya dengan perasaan telah bercakap lama dengannya...”

Dengan tulus dan ikhlas, tugas akhir ini kupersembahkan kepada:

- *Allah SWT, aku bersyukur atas segala nikmat yang kau berikan selama ini. Tunjukkan jalan lurus-Mu, untuk mencapai ridho-Mu aku bersujud dan menyembah hanya kepada-Mu.*
- *Ibunda dan ayahnda tercinta, terima kasih atas segala pengorbanan, kasih sayang, doa restu, dukungan moral dan spiritualnya, hanya Allah yang mampu membalasnya.*
- *Teman- teman dan sahabatku di manapun engkau berada. Semoga kita akan tetap bersahabat dan saling mengenang sampai akhir hayat.*

DAFTAR ISI

Abstrak

vi

Abstract

vii

Kata Pengantar

viii

Daftar Isi

xi

Daftar Tabel

xiv

Daftar Gambar

xv

BAB I Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

I-1

1.2 Perumusan Masalah

I-2

1.3 Tujuan Penelitian

I-2

1.4 Manfaat Penelitian

I-3

1.5 Batasan Masalah

I-3

1.6 Asumsi

I-3

1.7 Sistematika Penulisan

I-4

BAB II Tinjauan Pustaka

2.1 Karakteristik Antrian

II-1

2.1.1	Kedatangan Populasi yang akan Dilayani	
	II-1	
2.1.2	Antrian	
	II-2	
2.1.3	Fasilitas Pelayanan	
	II-2	
2.1.4	Disiplin Antrian	
	II-5	
2.2	Model Simulasi	
	II-6	
2.2.1	Definisi Simulasi	
	II-6	
2.2.2	Mekanisme Kenaikan Waktu	
	II-7	
2.2.3	Klasifikasi Model Simulasi	
	II-10	
2.2.4	Tujuan Simulasi	
	II-10	
2.2.5	Kelebihan dan Kelemahan Simulasi	
	II-11	
2.2.6	Langkah-Langkah Dalam Studi Simulasi	
	II-12	
2.2.7	Membangun Model	
	II-15	
2.2.8	Jumlah Replikasi yang Diperlukan	
	II-15	
2.2.9	Daftar Distribusi Frekuensi	
	II-16	
2.2.10	Membuat Daftar Distribusi Frekuensi	
	II-17	
2.2.11	Memilih Distribusi Probabilistik	
	II-18	

- 2.2.12 Pengujian Distribusi Probabilistik
II-24
- 2.3 Membandingkan Output model Simulasi dengan Sistem Nyata
II-33
- 2.4 Penelitian-penelitian Sebelumnya
II-31

BAB III Metodologi Penelitian

- 3.1 Pengumpulan Data
III-2
- 3.2 Pengolahan Data Awal
III-3
- 3.3 Memilih Distribusi Probabilistik
III-5
- 3.4 Pembuatan Model Simulasi
III-5
 - 3.4.1 Karakterisasi Sistem
III-5
 - 3.4.2 Tahapan Dalam Pembuatan Model
III-6
- 3.5 Validasi Model
III-8
- 3.6 *Runing* Program
III-9
- 3.7 Pembuatan Alternatif Jadwal
10
III-
- 3.8 Pemilihan Alternatif Jadwal
10
III-
- 3.9 Analisis dan Interpretasi Hasil
11
III-
- 3.10 Kesimpulan dan Saran
11
III-

BAB IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

4.1	Pengumpulan Data	IV-
1		
	4.1.1 Data Primer	IV-
1		
	4.1.2 Data Sekunder	IV-
1		
4.2	Pengolahan Data Awal	IV-
2		
4.3	Pengujian Distribusi	IV-
4		
4.4	Pembuatan Model Simulasi	IV-
5		
4.5	Validasi Model	IV-
6		
4.6	<i>Running</i> Program	IV-
6		
4.7	Pembuatan Alternatif Jadwal	IV-
7		
4.8	Pemilihan Alternatif Jadwal	IV-
7		

BAB V Analisis dan Intrepetasi Hasil

5.1	Analisis Hasil Pengolahan Data	V-1
5.2	Analisis Pola Ditribusi Frekuensi Data	V-3
5.3	Analisis Pembuatan Alternatif jumlah kasir	V-3

BAB VI Kesimpulan dan Saran

6.1	Kesimpulan	VI-
1		

6.2	Saran	VI-
1		

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

1.1	Sistim Nyata.	I-2
2.1	Desain Antrian	II-4
2.2	Cara Mempelajari Sistem	II-6
2.3	Ilustrasi Sistem Antrian	II-9
2.4	Langkah-langkah Studi Simulasi	II-
14		
2.5	Fungsi Densitas <i>Gamma</i>	II-
18		
2.6	Fungsi Densitas <i>Weibull</i>	II-
19		
2.7	Fungsi Densitas <i>Lognormal</i>	II-
20		
2.8	Fungsi Densitas <i>Beta</i>	II-
21		
2.9	Fungsi Densitas <i>Pearson 5</i>	II-
22		
2.10	Fungsi Densitas <i>Pearson 6</i>	II-
23		
3.1	Metodologi Penelitian	III-
1		
4.1	Listing Program	IV-
7		
5.1	Grafik Perbandingan S dan S Shift I	V-1
5.2	Grafik Perbandingan S dan S Shift II	V-2

5.3	Grafik Pola Frekuensi Distribusi A dan S	V-3
5.4	Grafik Perbandingan Biaya Antri dan Biaya Kasir	V-4
5.5	Grafik Perbandingan Biaya Antri dan Biaya Kasir	V-5

DAFTAR TABEL

4.1	Pengolahan Data Awal	IV-
3		
4.2	Nilai Rata-rata untuk Data Awal	IV-
3		
4.3	Nilai Standart Deviasi	IV-
4		
4.4	Hasil Uji Pola Distribusi dengan <i>Microsoft Excel</i>	IV-
4		
4.5	Perbandingan Model dengan Sistem Nyata	IV-
7		
4.6	Hasil Running Program	IV-
8		
4.7	Perhitungan Biaya Antri	IV-
9		
4.8	Hasil Pembuatan Alternatif	IV-
9		

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.

Antrian adalah suatu garis tunggu dari pelanggan (satuan) yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayanan (fasilitas layanan). Studi matematika dari kejadian atau gejala garis tunggu ini disebut teori antrian. Kejadian garis tunggu yang terjadi disebabkan oleh kebutuhan layanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga pelanggan yang tiba tidak bisa segera mendapat layanan disebabkan kesibukan pelayanan (J Liberman, 1994).

Pada antrian biasanya pelanggan tiba dengan laju tetap atau tidak tetap untuk memperoleh pelayanan pada fasilitas pelayanan. Bila pelanggan yang tiba dapat masuk ke dalam fasilitas pelayanan, maka hal tersebut akan segera ia lakukan. Tetapi jika ia harus menunggu, maka mereka akan membentuk suatu antrian hingga tiba waktunya untuk dilayani. Mereka akan dilayani dengan laju tetap atau tidak tetap. Setelah selesai, mereka meninggalkan sistem (J Liberman, 1994).

Penelitian ini dimaksudkan untuk mensimulasikan sistem antrian sehingga diperoleh jumlah kasir yang tepat di swalayan luwes palur-karanganyar. Pada penelitian ini digunakan metode simulasi untuk memberikan solusi bagi pihak swalayan dalam menentukan jumlah kasir. Model analitis terbatas kemampuannya, hanya dapat memecahkan permasalahan yang tidak terlalu kompleks. Model analitik hanya dapat digunakan untuk hubungan antar komponen yang sederhana.

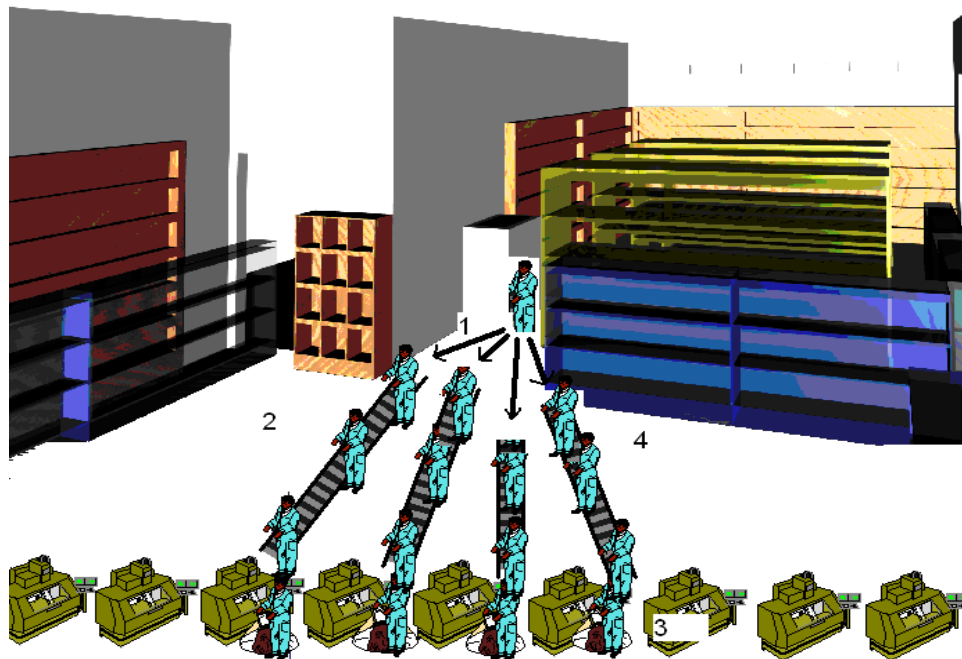
Bagi sebagian masyarakat, salah satu alasan mengapa berbelanja di pasar swalayan karena dapat menghemat waktu, sebab konsumen tidak perlu melakukan tawar-menawar harga, barang yang dijual relatif lengkap dan telah ditata secara rapi, teratur, dan menarik, sehingga barang yang diinginkan bisa didapat dengan cepat dan mudah. Oleh karena itu, maka pelayanan dalam transaksi pembayaran yang dilakukan oleh kasir harus benar-benar diperhatikan.

Pada bagian kasir swalayan luwes terdapat sembilan kasir yang tidak semuanya difungsikan. Loker kasir yang difungsikan rata-rata 4 loket kasir. Hal

ini berkaitan dengan berapa banyak panjang antrian yang ada. Jika swalayan sedang sepi pertama yang dibuka adalah 4 kasir terlebih dahulu selanjutnya kasir dibuka lagi tergantung dengan banyak sedikitnya panjang antrian yang ada. Untuk menambah dan mengurangi kasir kadang diatur oleh bagian supervisor tapi lebih banyak dilakukan sendiri(improvisasi) oleh petugas kasir karena merekalah yang tahu kondisi berapa kasir yang harus dibuka pada saat tertentu. Pengaturan jam kerja dibagi menjadi 2 *shift* kerja yaitu shift pertama dimulai pukul 09.00 sampai pukul 16.30 WIB, dan shift kedua dimulai dari pukul 16.30 sampai pukul 21.00 WIB.

Salah satu masalah yang muncul adalah menentukan berapa jumlah kasir yang harus dibuka mengingat tidak semua jam atau hari mempunyai panjang antrian yang sama. Kadang ada pelanggan yang mengantri terlalu lama tetapi pada saat tertentu terdapat kasir yang menganggur karena pelanggan sedang sepi misalnya untuk hari-hari biasa yaitu hari senin – sabtu rata rata lama kasir menganggur sebesar 9 menit 23 detik ini menunjukkan pelanggan yang datang lebih sedikit dibandingkan dengan pada hari minggu yang rata-rata lama kasir menganggur hanya 2 menit 56 detik.

Kondisi nyata sistem panjang antrian kasir dapat dilihat pada gambar 1.1. Pelanggan yang telah selesai berbelanja dan memilih barang datang pada sistem antrian untuk membayar barang belanjanya dan melihat pada semua kasir(1). Jika kasir dalam keadaan menganggur, maka pelanggan akan memilih kasir mana yang akan didatangi secara acak. Tetapi jika kasir sedang sibuk, maka pelanggan akan memilih kasir dengan antrian terpendek(2). Setelah mengantri dia akan dilayani oleh kasir hingga selesai dilayani dan keluar dari swalayan(3). Pelanggan selesai dilayani dan keluar dari swalayan luwes Palur-Karanganyar.



Gambar 1.1 Sistem antrian kasir

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka perumusan masalah pada penelitian yang akan dilakukan adalah bagaimana menentukan jumlah kasir yang tepat di swalayan Luwes sehingga biaya total yang dikeluarkan oleh Luwes menjadi minimal.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari berbagai alternatif pengaruh jumlah kasir terhadap panjang antrian dan memilih jumlah kasir yang tepat untuk tiap shift kerja.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang bisa diambil dari pemiliha kerja kasir di Swalayan Luwes ini adalah:

1. Mendapatkan usulan jumlah kasir yang tepat sehingga biaya opsional dapat ditekan.

2. Pelanggan tidak mengantri terlalu lama dan kasir tidak menggagur terlalu banyak.

1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini terarah, permasalahan perlu dibatasi. Adapun batasan masalah yang dipakai ialah :

1. Sistem yang digambarkan dalam model simulasi adalah sistem antrian dan pelayanan kasir.
2. Permasalahan yang diambil hanya pada sistim antrian kasir dan memilih kasir yang tepat pada saat terjadi antrian panjang.
3. Penelitian dilakukan pada hari minggu tgl 3, 10, 17 juni 2007 karena hari minggu dianggap sebagai hari yang paling ramai yaitu dan jam tersibuk.

1.6 Asumsi

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penulisan ini adalah :

1. Tingkat kepercayaan (*level of significance*) yang digunakan adalah 0.05.
2. Setiap kasir bekerja dalam performansi normal, karena kasir dalam keadaan siap kerja setiap harinya.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah, asumsi-asumsi dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan terhadap beberapa teori dan penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini. Adapun teori yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain mengenai penjadwalan pekerja, teori antrian, teori simulasi, teori statistika dan penelitian – penelitian lain tentang penjadwalan pekerja yang mendukung untuk penyelesaian masalah.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah penyelesaian masalah dalam penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

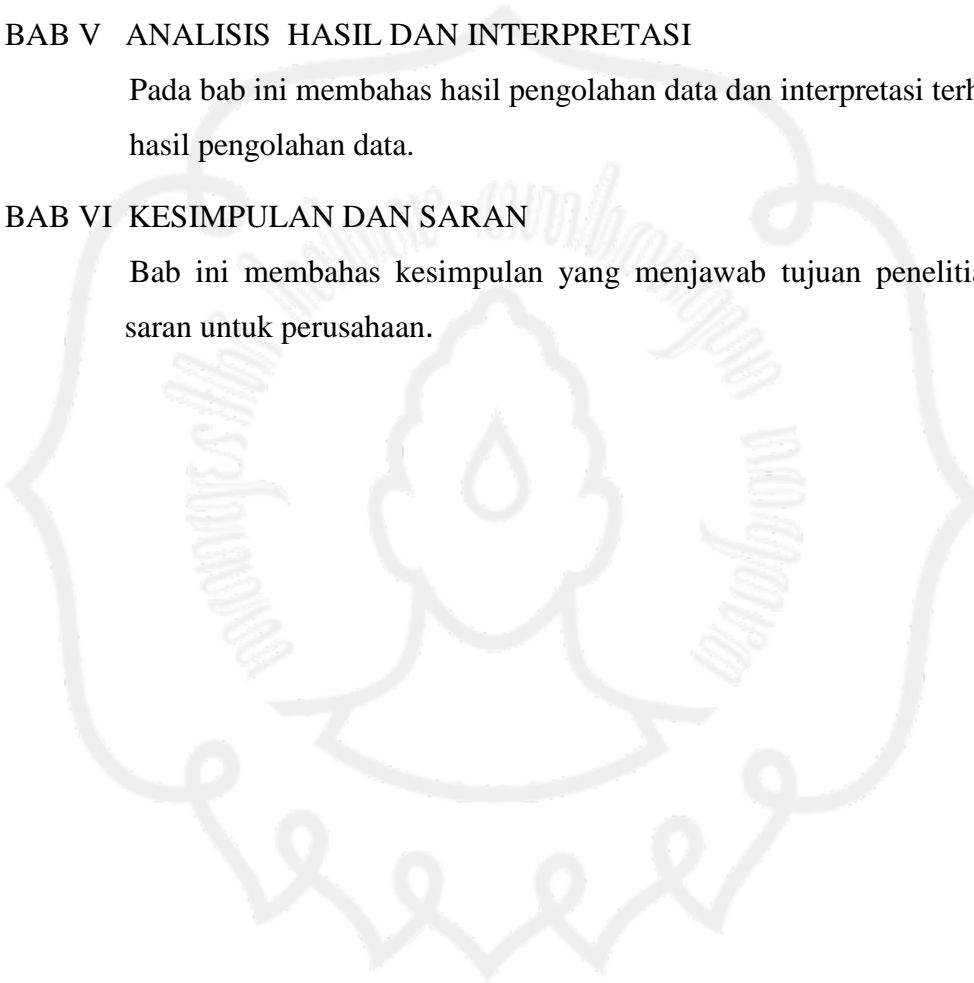
Bab ini menguraikan pengumpulan data serta pengolahan terhadap data yang diambil, yang meliputi pengolahan data awal dan pengolahan data pada program simulasi. Pada bab ini juga dilakukan pembuatan alternatif jadwal beserta pemilihanya.

BAB V ANALISIS HASIL DAN INTERPRETASI

Pada bab ini membahas hasil pengolahan data dan interpretasi terhadap hasil pengolahan data.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas kesimpulan yang menjawab tujuan penelitian dan saran untuk perusahaan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Sistem Antrian

Ada tiga komponen dalam sistem antrian yaitu :

1. Kedatangan, populasi yang akan dilayani (calling population)
2. Antrian
3. Fasilitas pelayanan

Masing-masing komponen dalam sistem antrian tersebut mempunyai karakteristik sendiri-sendiri. Karakteristik dari masing-masing komponen tersebut adalah :

2.1.1 Kedatangan Populasi yang akan Dilayani (calling population)

Karakteristik dari populasi yang akan dilayani (calling population) dapat dilihat menurut ukurannya, pola kedatangan, serta perilaku dari populasi yang akan dilayani. Menurut ukurannya, populasi yang akan dilayani bisa terbatas (finite) bisa juga tidak terbatas (infinite). Sebagai contoh jumlah mahasiswa yang antri untuk registrasi di sebuah perguruan tinggi sudah diketahui jumlahnya (finite), sedangkan jumlah nasabah bank yang antri untuk setor, menarik tabungan, maupun membuka rekening baru, bisa tak terbatas (infinte).

Pola kedatangan bisa teratur, bisa juga acak (random). Kedatangan yang teratur sering kita jumpai pada proses pembuatan/ pengemasan produk yang sudah distandardisasi. Pada proses semacam ini, kedatangan produk untuk diproses pada bagian selanjutnya biasanya sudah ditentukan waktunya, misalnya setiap 30 detik. Sedangkan pola kedatangan yang sifatnya acak (random) banyak kita jumpai misalnya kedatangan nasabah di bank. Pola kedatangan yang sifatnya acak dapat digambarkan dengan distribusi statistik dan dapat ditentukan dua cara yaitu kedatangan per satuan waktu dan distribusi waktu antar kedatangan.

Jika kedatangan diasumsikan terjadi dengan kecepatan rata-rata yang konstan dan bebas satu sama lain disebut distribusi probabilitas Poisson. Ahli matematika dan fisika, Simeon Poisson (1781 – 1842), menemukan sejumlah aplikasi manajerial, seperti kedatangan pasien di RS, sambungan telepon melalui central switching system, kedatangan kendaraan di pintu toll, dll. Semua kedatangan tersebut digambarkan dengan variabel acak yang terputus-putus dan nonnegative integer (0, 1, 2, 3, 4, 5, dst). Selama 10 menit mobil yang antri di pintu toll bisa 3, 5, 8, dst.

Perilaku kedatangan. Populasi yang akan dilayani mempunyai perilaku yang berbeda-beda dalam membentuk antrian. Ada tiga jenis perilaku: reneging, balking, dan jockeying. Reneging menggambarkan situasi dimana seseorang masuk dalam antrian, namun belum memperoleh pelayanan, kemudian meninggalkan antrian tersebut. Balking menggambarkan orang yang tidak masuk dalam antrian dan langsung meninggalkan tempat antrian. Jockeying menggambarkan orang yang pindah-pindah antrian.

2.1.2 Antrian

Batasan panjang antrian bisa terbatas (limited) bisa juga tidak terbatas (unlimited). Sebagai contoh antrian di jalan tol masuk dalam kategori panjang antrian yang tidak terbatas. Sementara antrian di rumah makan, masuk kategori panjang antrian yang terbatas karena keterbatasan tempat. Dalam kasus batasan panjang antrian yang tertentu (*definite line-length*) dapat menyebabkan penundaan kedatangan antrian bila batasan telah tercapai. Contoh : sejumlah tertentu pesawat pada landasan telah melebihi suatu kapasitas bandara, kedatangan pesawat yang baru dialihkan ke bandara yang lain.

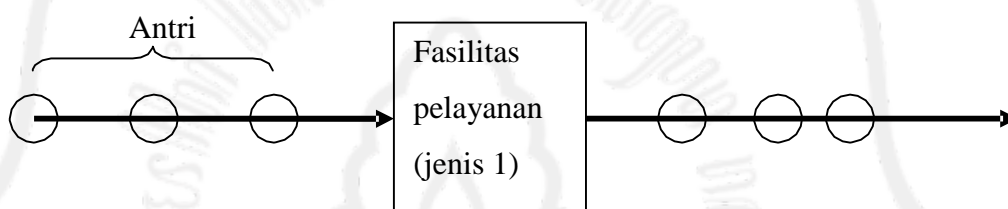
2.1.3 Fasilitas Pelayanan

Karakteristik fasilitas pelayanan dapat dilihat dari tiga hal, yaitu tata letak (lay out) secara fisik dari sistem antrian, disiplin antrian, waktu pelayanan. Tata letak fisik dari sistem antrian digambarkan dengan jumlah saluran, juga disebut sebagai jumlah pelayan. Sistem antrian jalur tunggal (single channel, single server) berarti bahwa dalam sistem antrian tersebut hanya terdapat satu pemberi layanan serta satu jenis layanan yang diberikan. Sementara sistem antrian jalur tunggal tahapan berganda (single channel multi server) berarti

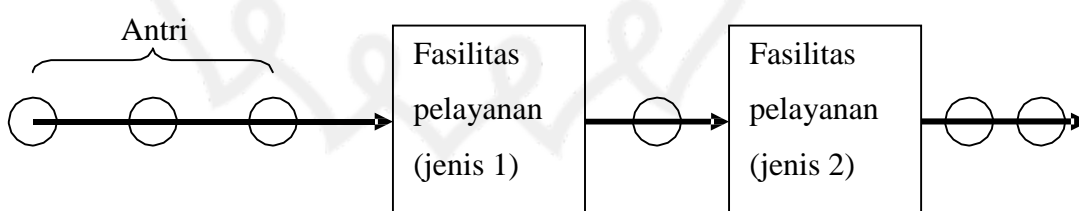
dalam sistem antrian tersebut terdapat lebih dari satu jenis layanan yang diberikan, tetapi dalam setiap jenis layanan hanya terdapat satu pemberi layanan.

Sistem antrian jalur berganda satu tahap (multi channel single server) adalah terdapat satu jenis layanan dalam sistem antrian tersebut, namun terdapat lebih dari satu pemberi layanan. Sedangkan sistem antrian jalur berganda dengan tahapan berganda (multi channel, multi server) adalah sistem antrian dimana terdapat lebih dari satu jenis layanan dan terdapat lebih dari satu pemberi layanan dalam setiap jenis layanan.

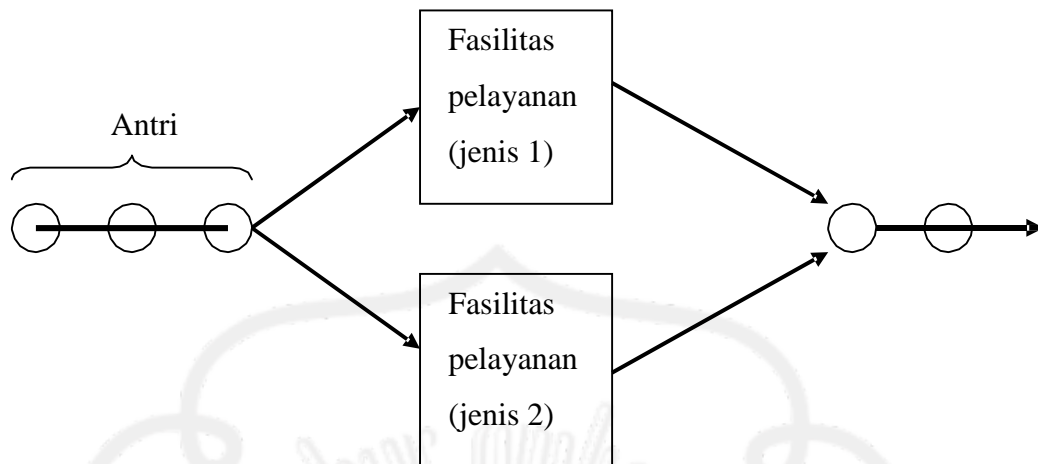
A. SINGLE CHANNEL, SINGLE SERVER



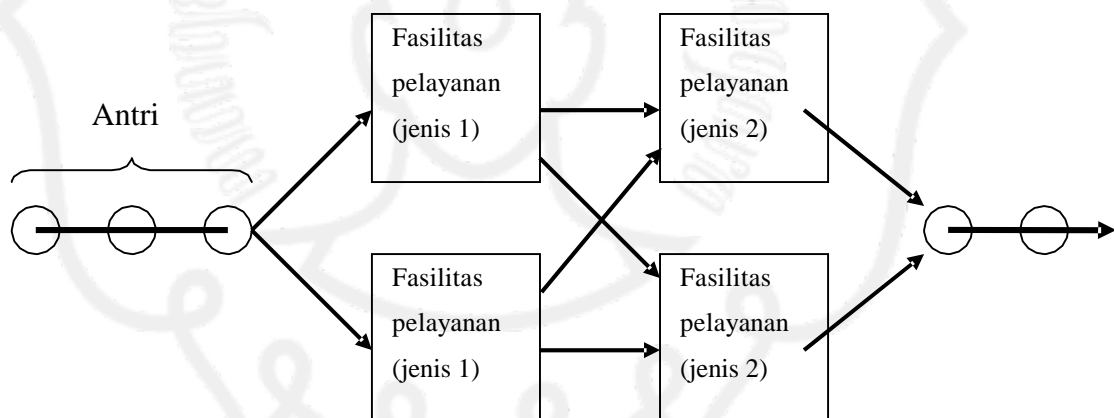
B. SINGLE CHANNEL, MULTISERVER



C. MULTICHANNEL, SINGLE SERVER



D. MULTICHANNEL, MULTISERVER

**Gambar 2.1.** Desain Sistem Antrian

2.1.4 Disiplin Antrian

Ada dua klasifikasi yaitu prioritas dan first come first serve. Disiplin prioritas dikelompokkan menjadi dua, yaitu preemptive dan non preemptive. Disiplin preemptive menggambarkan situasi dimana pelayan sedang melayani seseorang, kemudian beralih melayani orang yang diprioritaskan meskipun belum selesai melayani orang sebelumnya. Sementara disiplin non preemptive menggambarkan situasi dimana pelayan akan menyelesaikan pelayanan baru kemudian beralih melayani orang yang diprioritaskan. Sedangkan disiplin first come first serve menggambarkan bahwa orang yang lebih dulu datang akan dilayani terlebih dahulu.

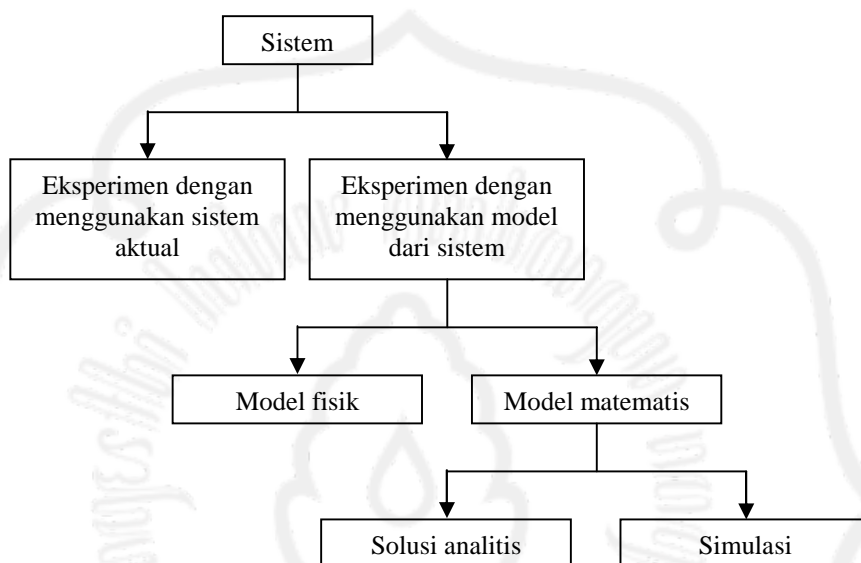
Dalam kenyataannya sering dijumpai kombinasi dari kedua jenis disiplin antrian tersebut, yaitu prioritas dan first come first serve. Sebagai contoh para pembeli yang melakukan pembayaran di kasir untuk pembelian kurang dari sepuluh jenis barang (dengan keranjang) di super market disediakan counter sendiri.

Karakteristik waktu pelayanan, waktu yang dibutuhkan untuk melayani bisa dikategorikan sebagai konstan dan acak. Waktu pelayanan konstan, jika waktu yang dibutuhkan untuk melayani sama untuk setiap pelanggan. Sedangkan waktu pelayanan acak, jika waktu yang dibutuhkan untuk melayani berbeda-beda untuk setiap pelanggan.

2.2 Model Simulasi

2.2.1 Definisi Simulasi

Simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses-proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah (Law and Kelton, 1991). Posisi simulasi dalam mempelajari sistem pada Gambar 2.1.



Gambar 2.2. Cara Mempelajari Sistem

(Sumber: Law and Kelton, 1991)

- Eksperimen dengan sistem aktual vs eksperimen dengan model sistem.

Jika suatu sistem secara fisik memungkinkan dan tidak memakan biaya yang besar untuk dioperasikan sesuai dengan kondisi (skenario) yang kita inginkan maka cara ini merupakan cara yang terbaik karena hasil dari eksperimen ini benar-benar sesuai dengan sistem yang dikaji. Namun sistem seperti itu jarang sekali ada dan penghentian operasi sistem untuk keperluan eksperimen akan memakan biaya yang sangat besar. Selain itu untuk sistem yang belum ada atau sistem yang masih dalam rancangan maka eksperimen dengan sistem aktual jelas tidak bisa dilakukan sehingga satu-satunya cara adalah dengan menggunakan model sebagai representasi dan sistem aktual.

- Model fisik vs Model Matematis.

Model fisik mengambil dari sebagian sifat fisik dan hal-hal yang diwakilinya, sehingga menyerupai sistem yang sebenarnya namun dalam skala yang berbeda. Walaupun jarang dipakai, model ini cukup berguna dalam rekayasa sistem. Dalam penelitian, model matematis lebih sering dipakai jika dibandingkan dengan model fisik. Pada model matematis, sistem direpresentasikan sebagai hubungan logika dan hubungan kuantitatif untuk kemudian dimanipulasi supaya dapat dilihat bagaimana sistem bereaksi.

- Solusi Analitis vs Simulasi.

Setelah model matematis berhasil dirumuskan, model tersebut dipelajari kembali apakah model yang telah dikembangkan dapat menjawab pertanyaan yang berkaitan dengan tujuan mempelajari sistem. Jika model yang dibentuk cukup sederhana maka relasi-relasi matematisnya dapat digunakan untuk mencari solusi analitis. Jika solusi analitis bisa diperoleh dengan cukup mudah dan efisien, maka sebaiknya diunggulkan solusi analitis karena metode ini mampu memberikan solusi yang optimal terhadap masalah yang dihadapi. Tetapi seringkali model terlalu kompleks sehingga sangat sulit untuk diselesaikan dengan metoda-metoda analitis, maka model tersebut dapat dipelajari dengan simulasi. Simulasi tidak menjamin memberikan hasil yang optimal melainkan dijamin bahwa hasilnya mendekati optimal.

2.2.2 Mekanisme kenaikan waktu

Dengan pendekatan next-event time-advance, waktu simulasi diinisialkan nol sehingga waktu kejadian masa depan dapat ditentukan. Waktu simulasi kemudian ditambahkan ke waktu kejadian yang akan terjadi (pertama), di mana titik status dari sistem dibaharui untuk mengetahui fakta bahwa suatu peristiwa telah terjadi, dan pengetahuan menyangkut waktu kejadian masa depan juga diperbaharui. Kemudian waktu simulasi dinaikan ke waktu (baru) peristiwa yang akan terjadi, sehingga peristiwa masa depan dapat ditentukan, proses ini mempercepat waktu simulasi dari satu peristiwa ke waktu peristiwa yang lain berlanjut sampai beberapa tempat dan berhenti hingga kondisi dicukupi. Karena semua perubahan status terjadi hanya pada kejadian waktu diskret model simulasi,

periode ketidakaktifan dilampaui dengan melompat dari waktu peristiwa ke waktu peristiwa yang lain. Harusnya di catat bahwa lompatan jam simulasi yang berurutan biasanya variabelnya dalam ukuran.

t_i = *time of arrival of i th customers ($t_0 = 0$).*

A_i = $t_i - t_{i-1}$ = *Interarrival time between $(i - 1)$ st and i th arrivals of costumers.*

S_i = *time that server actually spends serving i th costumers (exclusive of costumer's delay in queue.*

D_i = *delay in queue of i th costumers.*

c_i = $t_i + D_i + S_i$ = *time that i th costumers completes service and depart*

b_i = *Time the costumer begin to service.*

dimana:

t_i = Waktu kedatangan konsumen

A_i = Waktu antar kedatangan konsumen

S_i = Waktu dimana server melayani konsumen

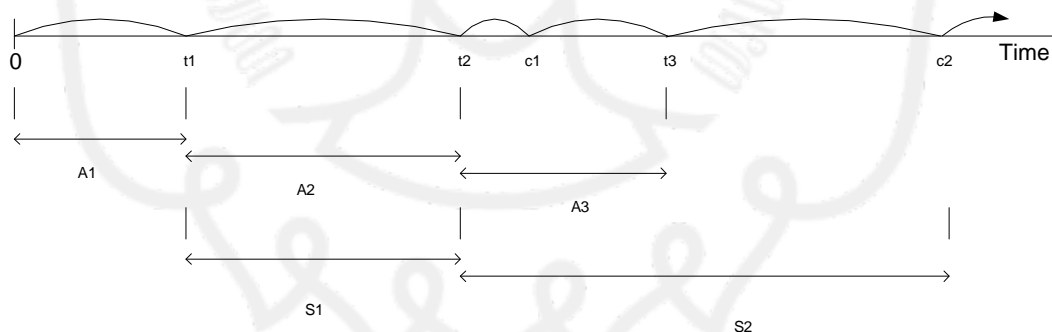
D_i = Lama mengantri bagi konsumen

c_i = Waktu dimana konsumen selesai dilayani

b_i = Waktu dimana pelanggan mulai dilayani

Masing-masing variabel biasanya ditandai dengan variabel acak. Asumsikanlah kemungkinan dari waktu antar kedatangan sebagai A_1, A_2, \dots dan waktu pelayanan adalah S_1, S_2, \dots yang sekarang mengenal dan mempunyai fungsi distribusi kumulatif yang ditandai oleh F_A dan F_S , berturut-turut. (secara umum, F_A dan F_S akan ditentukan dengan pengumpulan data dari sistem dan kemudian menetapkan distribusi yang konsisten dengan data ini menggunakan teknik seperti pada waktu $e_0 = 0$ status dari server kosong, dan waktu kedatangan pelanggan t_1 ditentukan dengan pembangkit A_1 dari F_A dan menambahkan dari 0. Waktu simulasi kemudian ditambahkan dari e_0 kepada waktu yang berikutnya, $e_1 = t_1$. (lihat gambar 1.2, jika tanda panah mewakili kenaikan waktu simulasi.) Saat pelanggan tiba di waktu t_1 menemukan server kosong, dia dengan seketika dilayani sehingga mempunyai waktu antrian $D_1 = 0$ dan status dari server diubah dari kosong ke sibuk. Waktu, c_1 , ketika pelanggan datang dan selesai dilayani

akan dihitung dengan pembangkit S_1 dari F_s dan menambahkannya ke t_1 . Dan waktunya kedatangan yang kedua, t_2 , dihitung dengan rumus $t_2 = t_1 + A_2$, di mana A_2 diturunkan dari F_A . Jika $t_2 < c_1$, seperti di gambar 1.2, waktu simulasi tambahkan dari e_1 kepada peristiwa yang berikutnya, $e_2 = t_2$. (Jika c_1 kurang dari t_2 , jam akan bertambah dari e_1 ke c_1 .) Saat pelanggan tiba di waktu t_2 dan menemukan server telah sibuk, banyaknya pelanggan di dalam antrian meningkat dari 0 ke 1 dan waktu kedatangan pelanggan ini dicatat; akan tetapi, waktu pelayanan S_2 tidaklah dihasilkan pada waktu ini. sehingga, waktunya kedatangan yang ketiga, t_3 , dihitung $t_3 = t_2 + A_3$. Jika $c_1 < t_3$, seperti pada gambar, waktu simulasi bertambah dari e_2 ke waktunya peristiwa yang berikutnya, $e_3 = c_1$, dimana pelanggan selesai di layani dan meninggalkan ruangan, pelanggan yang antri (orang yang datang pada waktu t_2) mulai dilayani dan masuk ke waktu antri dan waktu selesai dilayani dihitung $D_2 = c_1 - t_2$ dan $c_2 = c_1 + S_2$ (S_2 kini diturunkan dari F_s), dan banyaknya pelanggan di dalam antrian dikurangi dari 1 menjadi 0. Jika $t_3 < c_2$, waktu simulasi bertambah dari e_3 ke waktu peristiwa yang berikutnya, $e_4 = t_3$, dan seterusnya. Simulasi memungkinkan diakhiri ketika, banyaknya pelanggan yang terlambat diamati dan berapa nilai ditetapkan.



Gambar 2.3. Ilustrasi sistim antrian

(Sumber: Law and Kelton, 1991)

2.2.3 Klasifikasi Model Simulasi.

Pada dasarnya model simulasi dikelompokkan dalam tiga dimensi yaitu [Law and Kelton, 1991]

a. 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.

b. 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.

c. Model simulasi Kontinu dengan Model Simulasi Diskret.

Untuk mengelompokkan suatu model simulasi apakah diskret atau kontinyu, 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 kontinyu jika perubahan variabel sistem berlangsung secara berkelanjutan seiring dengan perubahan waktu.

2.2.4 Tujuan Simulasi.

Simulasi biasanya dilakukan dengan dua tujuan yaitu (Law and Kelton, 1991):

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.

2.2.5 Kelebihan dan Kelemahan Simulasi

Simulasi digunakan secara luas dan berkembang sebagai metode untuk mempelajari sistem yang kompleks. Beberapa keuntungan yang mungkin didapatkan dengan simulasi antara lain adalah sebagai berikut:

- Masalah yang dihadapi pada umumnya kompleks, sistem nyata dengan element stokastik tidak dapat secara tepat dijelaskan dengan model matematik tetapi dapat dievaluasi secara analitik. Sehingga, seringkali hanya simulasi yang mungkin dapat digunakan untuk menganalisanya.
- Simulasi memungkinkan kita dalam mengestimasi *performance* sistem yang ada kedalam sekumpulan rencana kondisi operasionalnya.
- Alternatif desain sistem baru (atau alternatif aturan operasional untuk sistem tunggal) yang dapat di bandingkan dengan simulasi untuk melihat permintaan spesifik yang paling tepat.
- Dalam simulasi kita dapat mengontrol secara lebih baik pada kondisi percobaan pada saat percobaan berlangsung pada sistem itu sendiri.
- Simulasi memungkinkan kita untuk mempelajari sistem dengan rentang waktu yang panjang, misalnya pada sistem ekonomi. Dalam batasan waktu, atau alternatif untuk mempelajari pekerjaan secara detail pada sistem dengan waktu yang diperpanjang.

Beberapa kelemahan simulasi yaitu:

- Setiap running pada model simulasi stochastik hanya menghasilkan estimasi karakteristik model yang sebenarnya untuk sekumpulan parameter input tertentu. Oleh karena itu, beberapa *running* dari model bebas mungkin diperlukan untuk setiap kumpulan parameter input untuk dipelajari. Dengan alasan inilah, model simulasi secara umum tidak seoptimal dibandingkan dengan alternatif desain sistem yang sudah pasti. Selain itu, dalam model analitik jika dimungkinkan, sering dapat secara mudah menghasilkan karakteristik model yang sebenarnya untuk beberapa parameter input. Oleh karena itu, jika sebuah model analitik valid, mungkin atau dapat dengan mudah dikembangkan, secara umum hal ini lebih baik dari model simulasi.
- Model simulasi seringkali lebih mahal dan membutuhkan lebih banyak waktu untuk dikembangkan.

Sebagian besar hasil studi dari simulasi atau dampak persuasif dari animasi realistis sering menimbulkan tendensi kepercayaan dalam hasil studinya daripada penyeimbangannya (M Law & Kelton, 1991).

2.2.6 Langkah-langkah dalam studi simulasi

Studi simulasi bukanlah suatu urutan proses yang sederhana. Adapun langkah-langkah dalam studi simulasi seperti pada Gambar 2.3. Dari Gambar tersebut dapat diketahui bahwa langkah-langkah dalam studi simulasi adalah sebagai berikut :

1. Memformulasikan masalah dan membuat rencana studi

Setiap studi harus dimulai dengan pernyataan yang jelas mengenai cakupan obyek yang akan dipelajari dan untuk siapa hasilnya, tanpa kejelasan pernyataan ini maka sedikit kemungkinan studi ini akan berhasil. Rancangan sistem alternatif yang dipelajari sebaiknya digambarkan (jika memungkinkan), dan kriteria untuk mengevaluasi kebaikan alternatif ini harus ditentukan. Cakupan studi harus direncanakan mengenai jumlah orang, biaya, dan waktu yang dibutuhkan dari setiap elemen studi.

2. Mengumpulkan data dan membuat model

Informasi dan data seharusnya dikumpulkan dari sistem nyata (jika ada) dan digunakan untuk menentukan prosedur operasi dan kemungkinan distribusi untuk variabel random yang digunakan pada model. Misalnya dalam model perbankan, seseorang seharusnya mengumpulkan waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan serta menggunakan data tersebut untuk menentukan distribusi waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan bagi model. Jika memungkinkan, data performansi sistem seperti, waktu antrian, waktu *server* menganggur, seharusnya dikumpulkan untuk alat validasi. Susunan model matematik dan model logika dari sistem nyata untuk tujuan tertentu masih merupakan sebuah seni dalam ilmu pengetahuan. Walaupun hanya sedikit peraturan tentang bagaimana bagaimana memodelkan proses, satu hal yang perlu diperhatikan bahwa selalu ada gagasan untuk memulai dengan model yang hanya mendetail secara bebas, yang selanjutnya dapat dibuat

dengan cerdas. Sebuah model seharusnya hanya berisi hal-hal yang detail dan penting dari sebuah sistem untuk mencapai tujuan untuk apa model itu dibuat, tidak begitu penting mengenai hubungan antar element dalam model dan elemen dalam sistem. Model dengan terlalu banyak detail bisa jadi akan terlalu mahal untuk diterjemahkan ke dalam program.

3. Validasi

Meskipun kita menyetujui bahwa validasi adalah sesuatu yang harus dikerjakan dalam sebuah studi simulasi, ada beberapa hal dalam studi dimana validasi hanya sebagian yang sesuai. Dalam membangun model, penting sekali melibatkan seseorang yang sudah terbiasa dengan operasi pada sistem nyata. Sangat dianjurkan pula untuk berinteraksi dengan pembuat keputusan. hal ini akan meningkatkan kebenaran dari validasi model, dan kredibilitas model dimata pembuat keputusan akan meningkat..

4. Menyusun program komputer.

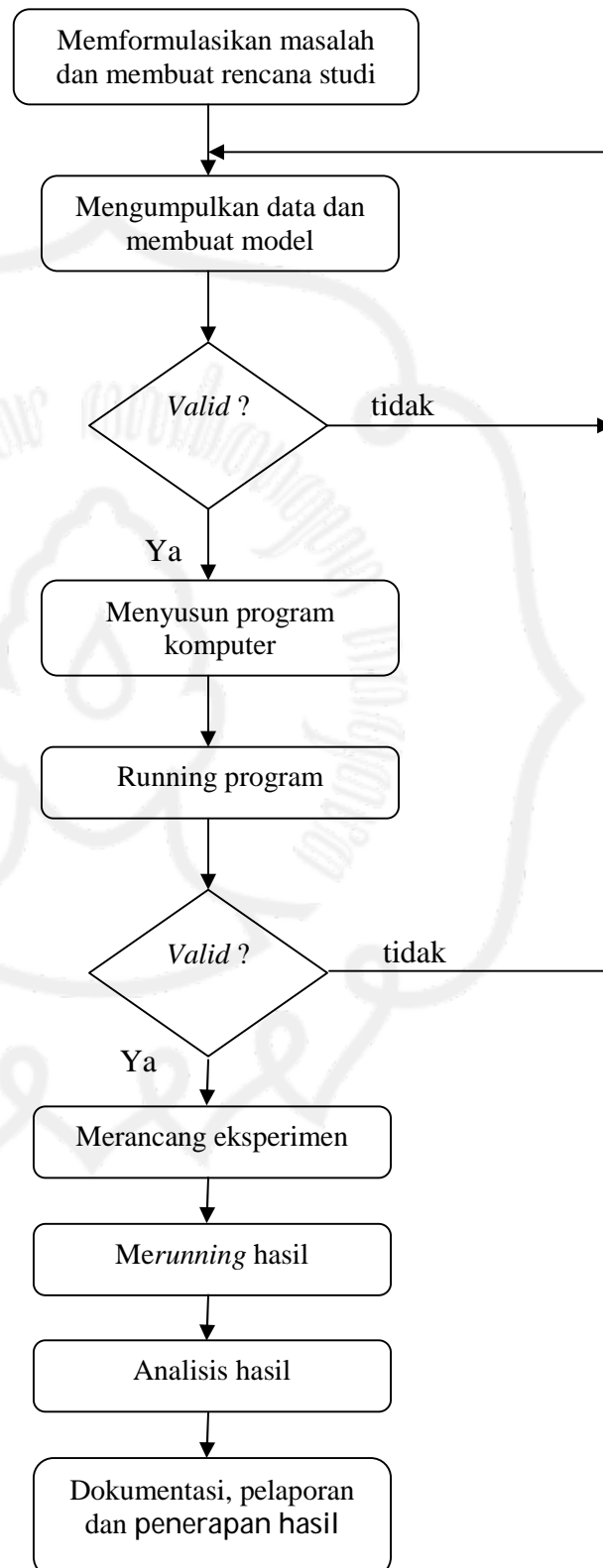
Pembuat model harus memutuskan program apa yang akan dipakai.

5. *Running* pertama program

Running ini dilakukan untuk kepentingan validasi.

6. Validasi.

Running pertama dapat digunakan untuk mengetes sensitivitas output model dari input yang diberikan. Jika output banyak berubah, estimasi parameter input harus ditentukan (Law & Kelton, 1991).



Gambar 2.4 langkah-langkah studi simulasi
(Law & Kelton, 1991)

2.2.7 Membangun Model

Dalam membangun model kita harus menentukan semua dasar elemen model dan sedikit element pilihan. Sedangkan elemen dasar dalam membangun model melalui langkah-langkah sebagai berikut :

1. Membangun *location* yaitu suatu tempat yang pernah dilalui oleh *entity*.
2. Membangun *entity* yaitu sesuatu yang mengalir dalam sistem melewati *location- location* yang ada.
3. Membangun *processing* dan routing. *Processing* adalah operasi yang dialami oleh *entity* pada setiap location yang dilaluinya. sedangkan routing ialah urutan lokasi yang harus dilalui oleh *entity*.
4. membangun *arrival* yaitu *event* kedatangan *entity* menuju sistem.
(user's guide, 1875)

2.2.8 Jumlah Replikasi yang Diperlukan

Jumlah replikasi yang diperlukan dapat ditentukan dengan langkah-langkah sebagai berikut (Law and Kelton, 1991) :

1. Tentukan nilai *error relative* \bar{X} terhadap μ yang diinginkan yaitu

$$\gamma = \left| \frac{\bar{X} - \mu}{\bar{X}} \right| \text{ dan hitung } \gamma' = \frac{\gamma}{\gamma + 1} \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Tentukan jumlah replikasi awal $n_0 \geq 2$
3. Lakukan simulasi dengan n_0 replikasi.

$$4. \text{ Hitung : } \bar{X}(n) = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\text{dan } \delta(n, \alpha) = t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{\frac{S^2(n)}{n}} \dots\dots\dots(2.3)$$

5. Jika : $\frac{\delta(n, \alpha)}{\bar{X}(n)} \leq \gamma'$ maka replikasi sudah mencukupi.

6. Jika $\frac{\delta(n, \alpha)}{\bar{X}(n)} > \gamma'$ tambah jumlah replikasi (n_0) dengan 1 kemudian ulangi

prosedur ini mulai dari langkah kedua (penambahan replikasi tidak harus satu kecuali jika ingin dicari jumlah replikasi minimal yang diperlukan karena semakin banyak replikasi akan semakin baik (*strong law of large number*)).

dimana :

S^2 = variansi sampel replikasi.

$t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}}$ = probabilitas distribusi t dengan derajat kebebasan n-1 dan tingkat kepercayaan $(1-\alpha)$ %.

X = nilai dari setiap hasil replikasi.

\bar{X} = rata-rata dari hasil replikasi.

μ = nilai mean harapan tingkat kepercayaan 95%.

$\delta(n, a)$ = fungsi kombinasi sebagai penentu penambahan replikasi.

γ = nilai error rata-rata hasil replikasi terhadap mean.

γ' = nilai error *relatif* rata-rata replikasi terhadap *mean*.

2.2.9 Daftar Distribusi Frekwensi

Dalam daftar distribusi frekwensi, banyak obyek dikumpulkan dalam kelompok-kelompok berbentuk *kelas interval*. Misalnya kedalam kelas interval a-b dimasukan semua data yang bernilai mulai dari a sampai b. urutan kelas interval disusun mulai data terkecil terus kebawah sampai nilai data terbesar. Berturut-turut, mulai dari atas, diberi nama kelas interval pertama, kelas interval kedua, ..., kelas interval terakhir. Bilangan-bilangan disebelah kiri kelas interval disebut ujung bawah dan bilangan-bilangan di sebelah kanannya disebut ujung atas.

Selain dari ujung kelas interval ada lagi yang dapat disebut batas kelas interval. Ini bergantung pada ketelitian data yang digunakan. Jika data dicatat teliti hingga satuan, maka batas bawah kelas sama dengan ujung bawah dikurangi 0.5. Batas atas didapat dari ujung atas ditambah dengan 0.5. untuk data dicatat hingga satu desimal, batas bawah sama dengan ujung bawah dikurangi 0.05 dan batas atas sama dengan ujung

atas ditambah 0.005 dan begitu seterusnya. Untuk untuk perhitungan nanti, dari tiap kelas interval biasa diambil sebuah nilai sebagai wakil kelas itu. Yang digunakan di sini ialah *tanda interval* yang didapat dengan aturan

$$\text{Tanda kelas} = \frac{1}{2} (\text{ujung bawah} + \text{ujung atas}).$$

2.2.10 Membuat Daftar Distribusi Frekwensi.

Untuk membuat daftar distribusi frekwensi dengan panjang kelas yang sama, kita lakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. tentukan rentang

Rentang ialah data terbesar dikurangi data terkecil.

2. tentukan banyak interval kelas yang diperlukan

Banyak interval kelas biasanya diambil paling sedikit 5 kelas dan paling banyak 15 kelas, dipilih menurut keperluan. Namun sebagai pedoman jumlah kelas untuk sekumpulan data tertentu dapat kita gunakan rumus yang ditemukan oleh Hebert A . Sturges yang terkenal dengan *sturges rule* yaitu:

$$K = 1 + 3.322 \log N$$

Dimana K adalah jumlah kelas

N adalah jumlah data

3. Tentukan panjang kelas interval p

Secara umum ditentukan oleh aturan $p = \text{rentang} / \text{banyak kelas}$. Harga p diambil sesuai dengan ketelitian satuan data yang digunakan. Jika data berbentuk satuan, ambil harga p teliti sampai satuan. Untuk data hingga satu desimal, p ini juga diambil hingga satu desimal, dan begitu seterusnya.

4. Pilih ujung bawah kelas interval pertama

Untuk ini bisa diambil sama dengan terkecil atau data yang lebih kecil dari data terkecil tetapi selisihnya harus kurang panjang kelas yang telah ditentukan. Selanjutnya daftar diselesaikan dengan menggunakan harga-harga yang dihitung.

5. dengan $p = 10$ dan memulai data yang lebih kecil dari data yang terkecil, diambil 31, maka kelas pertama berbentuk 31-40, kelas kedua 41-50, kelas ketiga 51-60 dan seterusnya.

Sebelum daftar sebenarnya dituliskan, ada baiknya dibuat daftar penolong yang berisikan kolom tabulasi. Kolom ini merupakan kumpulan deretan garis-garis miring pendek, yang banyaknya sesuai dengan banyak data yang terdapat dalam kelas interval yang bersangkutan (Sudjana,1975).

2.2.11 Memilih Distribusi Probabilistik.

Distribusi probabilistik yang digunakan dalam simulasi harus sesuai dengan populasi yang diwakilinya, berikut ini akan dijelaskan beberapa macam jenis distribusi kontinyu yang umum digunakan sebagai input model simulasi.

1) *Gamma* (α, β).

Aplikasi : waktu untuk menyelesaikan pekerjaan misalnya : pelayanan konsumen atau perbaikan mesin.

$$\text{Fungsi densitas} : f(x) = \begin{cases} \frac{\beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}}{\Gamma(\alpha)} & \text{if } x > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

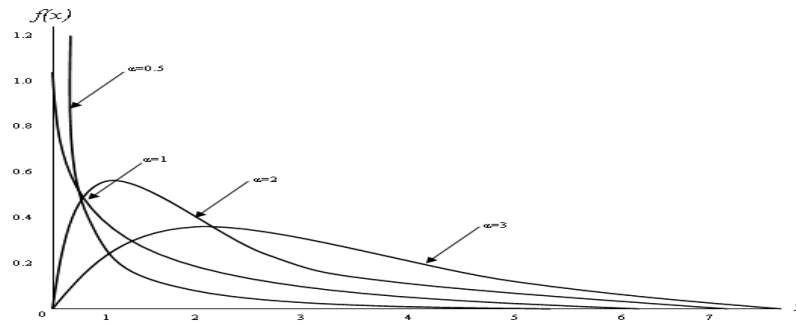
$$\text{Distribusi} : F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-x/\beta} \sum_{j=0}^{\alpha-1} \frac{(x/\beta)^j}{j!} & \text{if } x > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Parameter : shape parameter $\alpha > 0$, scale parameter $\beta > 0$

Range : $[0, \infty)$

Mean : $\alpha\beta$

Variansi : $\alpha\beta^2$



Gambar 2.5 Fungsi densitas *Gamma* ($\alpha, 1$)
(Sumber: Law and Kelton, 1991)

2) *Weibull* (α, β)

Aplikasi : waktu untuk melaksanakan pekerjaan, waktu antar kerusakan suatu peralatan.

Fungsi densitas : $f(x) = \begin{cases} \alpha\beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} e^{-(x/\beta)^\alpha} & \text{if } x > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

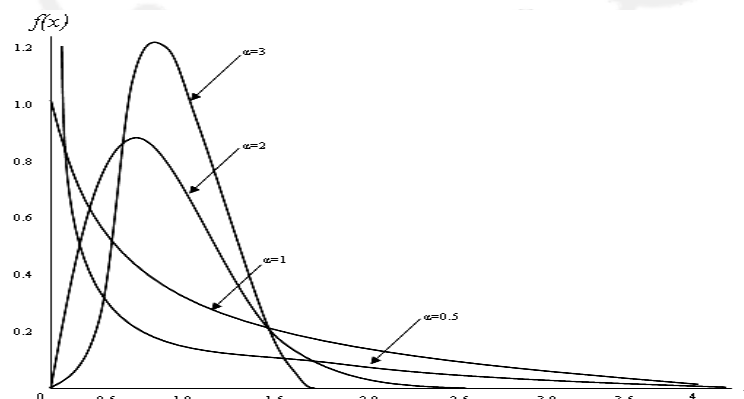
Distribusi : $F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-(x/\beta)^\alpha} & \text{if } x > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

Parameter : shape parameter $\alpha > 0$, scale parameter $\beta > 0$

Range : $[0, \infty)$

Mean : $\frac{\beta}{\alpha} \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right)$

Variansi : $\frac{\beta^2}{\alpha} \left\{ 2\Gamma\left(\frac{2}{\alpha}\right) - \frac{1}{\alpha} \left[\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right) \right]^2 \right\}$



Gambar 2.6 Fungsi densitas *Weibull* ($\alpha, 1$)
(Sumber: Law and Kelton, 1991)

3) *Lognormal LN* (μ, σ^2)

Aplikasi : Waktu untuk melaksanakan pekerjaan.

$$\text{Fungsi densitas} : f(x) = \begin{cases} \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) & \text{if } x > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

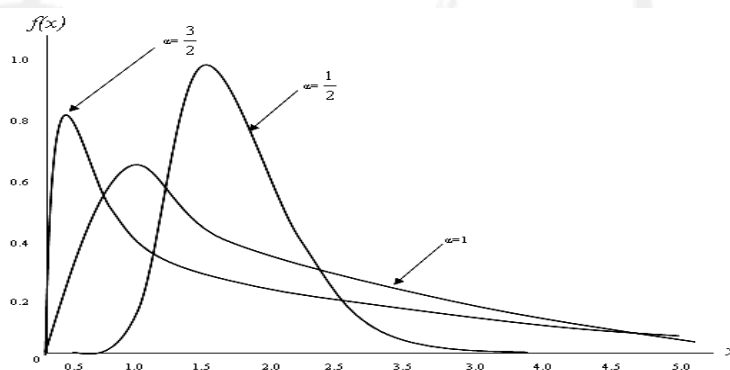
Distribusi : non closed form

Parameter : shape parameter $\sigma > 0$, scale parameter $\mu \in (-\infty, \infty)$

Range : $[0, \infty)$

Mean : $e^{\mu + \sigma^2/2}$

Variansi : $e^{2\mu + 2\sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1)$



Gambar 2.7 Fungsi densitas *Lognormal* ($0, \sigma^2$)
(Sumber: Law and Kelton, 1991)

4) *Beta* (α_1, α_2)

Aplikasi : distribusi proporsi random seperti proporsi kerusakan item dalam pengiriman, waktu untuk menyelesaikan pekerjaan.

$$\text{Fungsi densitas} : f(x) = \begin{cases} \frac{x^{\alpha_1-1} (1-x)^{\alpha_2-1}}{B(\alpha_1, \alpha_2)} & \text{if } 0 < x < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Dimana $B(\alpha_1, \alpha_2)$ adalah fungsi *Beta*, yang di definisikan :

$$B(z_1, z_2) = \int_0^1 t^{z_1-1} (1-t)^{z_2-1} dt$$

Untuk semua bilangan real $z_1 > 0$ dan $z_2 > 0$

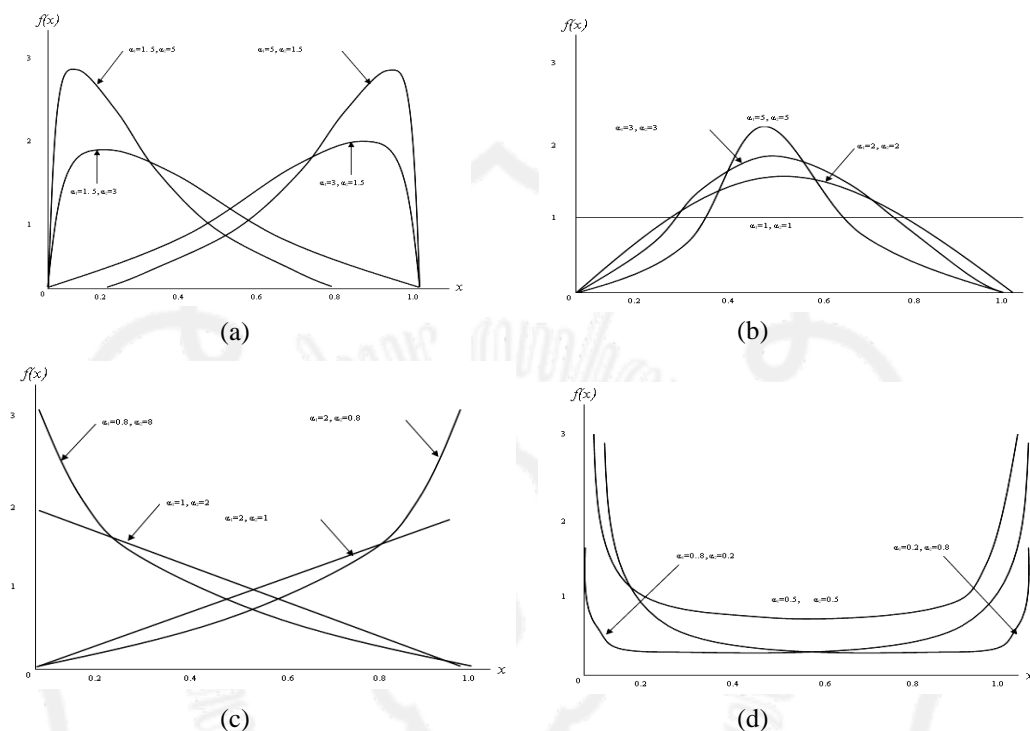
Distribusi : non closed form

Parameter : shape parameter $\alpha_1 > 0, \alpha_2 > 0$

Range : $[0, 1]$

Mean : $\frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2}$

Variansi : $\frac{\alpha_1 \alpha_2}{(\alpha_1 + \alpha_2)^2 (\alpha_1 + \alpha_2 + 1)}$



Gambar 2.8 Fungsi densitas *Beta* (α_1, α_2)
(Sumber: Law and Kelton, 1991)

5) *Pearson Type V* $PT5 (\alpha, \beta)$

Aplikasi : waktu untuk melaksanakan pekerjaan.

Fungsi densitas : $f(x) = \begin{cases} x^{-(\alpha+1)} e^{-\beta/x} & \text{if } x > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

Distribusi : $F(x) = \begin{cases} 1 - F_G\left(\frac{1}{x}\right) & \text{if } x > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

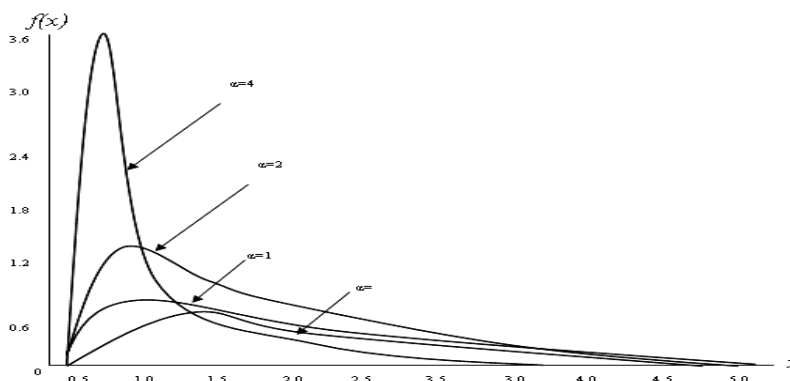
Dimana $F_G(x)$ adalah fungsi distribusi dari *Gamma* $(\alpha, 1/\beta)$ variabel random.

Parameter : shape parameter $\sigma > 0$, scale parameter $\mu \in (-\infty, \infty)$

Range : $[0, \infty)$

$$\text{Mean} : \frac{\beta}{\alpha - 1} \text{ untuk } \alpha > 1$$

$$\text{Variansi} : \frac{\beta^2}{(\alpha - 1)^2(\alpha - 2)} \text{ untuk } \alpha > 2$$



Gambar 2.9 Fungsi densitas *Pearson 5* ($\alpha, 1$)
(Sumber: Law and Kelton, 1991)

6) *Pearson Type VI* *PT6* ($\alpha_1, \alpha_2, \beta$)

Aplikasi : Waktu untuk menyelesaikan pekerjaan.

$$\text{Fungsi densitas} : f(x) = \begin{cases} \frac{(x/\beta)^{\alpha_1-1}}{\beta B(\alpha_1, \alpha_2) [1 + (x/\beta)]^{\alpha_1+\alpha_2}} & \text{if } x > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Distribusi} : F(x) = \begin{cases} F_B\left(\frac{x}{x+\beta}\right) & \text{if } x > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

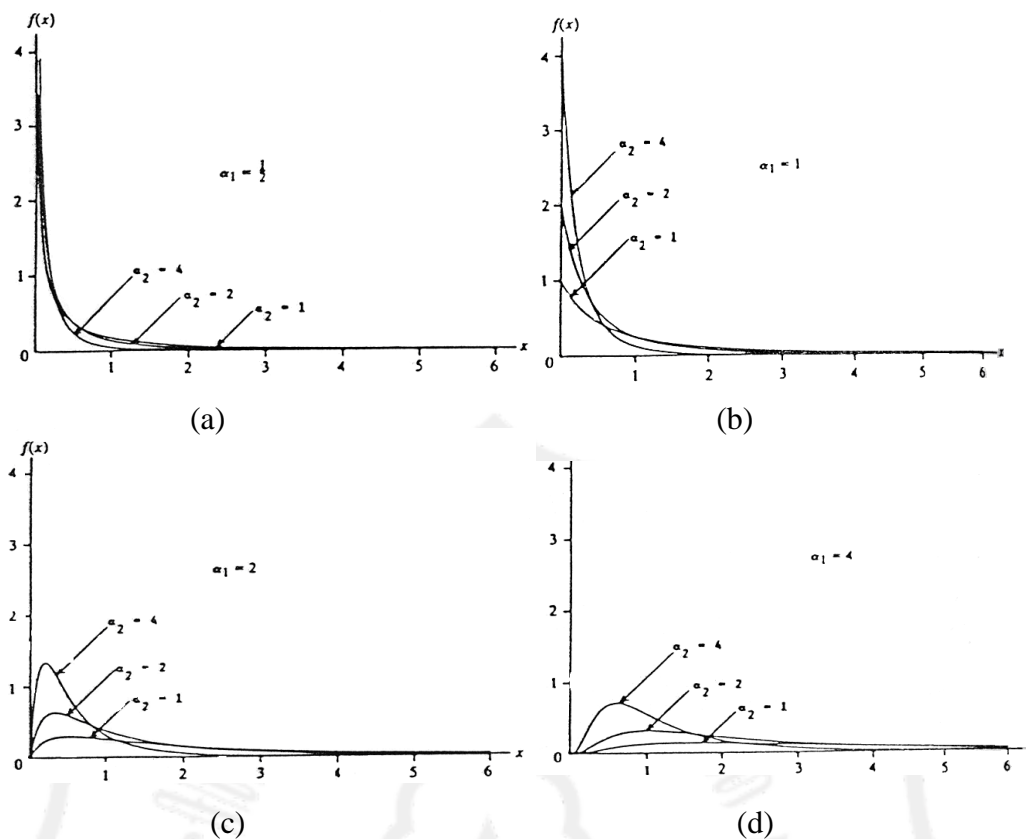
Dimana $F_B(x)$ adalah fungsi distribusi dari Beta (α_1, α_2) variabel random.

Parameter : shape parameter $\alpha_1 > 0$, scale parameter $\beta > 0$

Range : $[0, \infty)$

$$\text{Mean} : \frac{\beta \alpha_1}{\alpha_2 - 1} \text{ untuk } \alpha_2 > 1$$

$$\text{Variansi} : \frac{\beta^2 \alpha_1 (\alpha_1 + \alpha_2 - 1)}{(\alpha_2 - 1)^2 (\alpha_2 - 2)} \text{ untuk } \alpha_2 > 2$$



Gambar 2.10 Fungsi densitas *Pearson 6* ($\alpha_1, \alpha_2, 1$)
(Sumber: Law and Kelton, 1991)

Untuk memastikan kesesuaian distribusi maka distribusi teoritis yang dihipotesakan harus diuji terlebih dahulu dengan uji-uji statistik (Walpole, 1995). Salah satu uji kesesuaian distribusi adalah *Kolmogorov-Smirnov Goodness of Fit*. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan distribusi empiris data X_i dengan distribusi teoritis yang dihipotesakan. Uji hipotesa yang dilakukan adalah:
 H_0 : X_i merupakan variable random yang berdistribusi identik dan independen dengan fungsi distribusi teoritis tertentu $F(X_i)$.

Uji statistik yang digunakan adalah D_n yang merupakan selisih terbesar distribusi data empiris dengan distribusi teoritis yang dihipotesakan. D_n yang besar mengindikasikan kesesuaian yang buruk antara distribusi data empiris dengan distribusi teoritis yang dihipotesakan sehingga mengakibatkan penolakan H_0 . Langkah- langkah yang dilakukan dalam uji ini adalah sebagai berikut:

- 1) Tentukan fungsi distribusi empiris $F_n(X_i)$ data aktual $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ dimana :

$$F_n(x) = \frac{\sum x_i \leq x}{n} \text{ maka } F(x_i) = \frac{i}{n}$$

- 2) Hitung $D_n = \max\{F_n(x) - \bar{F}(x)\}$
- 3) H_0 ditolak apabila $D_n > D_{n,1-\alpha}$

2.1.12 Pengujian Distribusi Probabilistik pada program *Microsoft Excel*.

1. Distribusi Poisson

Percobaan yang menghasilkan nilai-nilai bagi suatu peubah acak X , yaitu banyaknya hasil percobaan yang terjadi selama suatu selang waktu tertentu atau di suatu daerah tertentu, disebut sebagai percobaan Poisson. Selang waktu tersebut dapat berapa saja panjangnya, misalnya semenit, sehari, seminggu, sebulan atau bahkan setahun. Daerah tertentu yang dimaksudkan di atas dapat saja berupa suatu ruang garis, suatu luasan, suatu volume atau mungkin sepotong bahan. Percobaan tersebut misalnya banyaknya penggunaan telepon per menit, banyaknya kesalahan ketik per halaman pada laporan tahunan, atau banyaknya jumlah pemesanan per minggu. Suatu percobaan Poisson mendapat namanya dari proses Poisson dan memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. banyaknya hasil percobaan yang terjadi dalam suatu selang waktu atau suatu daerah tertentu, tidak bergantung pada banyaknya hasil percobaan yang terjadi pada selang waktu atau daerah lain yang terpisah
2. Peluang terjadinya suatu hasil percobaan selama suatu selang waktu yang singkat sekali atau dalam suatu daerah yang kecil, sebanding dengan panjang selang waktu tersebut atau besarnya daerah tersebut, dan tidak bergantung pada banyaknya hasil percobaan yang terjadi di luar selang waktu atau daerah tersebut
3. Peluang bahwa lebih dari satu percobaan akan terjadi dalam selang waktu yang singkat tersebut atau dalam daerah yang kecil tersebut, dapat diabaikan

Bilangan X yang menyatakan banyaknya hasil percobaan dalam suatu percobaan Poisson disebut peubah acak Poisson dan sebaran peluangnya disebut sebaran Poisson. Karena nilai-nilai peluangnya hanya bergantung pada μ , yaitu rata-rata banyaknya hasil percobaan yang terjadi selama selang waktu atau daerah yang diberikan, maka kita akan melambangkannya dengan $p(x; \mu)$.

Sebaran peluang bagi peubah acak Poisson X , yang menyatakan banyaknya hasil percobaan yang terjadi selama suatu selang waktu atau daerah tertentu, adalah :

$$p(x; \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!}, \text{ untuk } x = 1, 2, \dots, x$$

sedangkan dalam hal ini μ adalah rata-rata banyaknya hasil percobaan yang terjadi selama selang waktu atau dalam daerah yang dinyatakan, dan $e = 2.71828\dots$.

Sebaran Poisson dan Binom memiliki histogram yang bentuknya hampir sama bila n besar dan p kecil (dekat dengan nol). Oleh karena itu, bila kedua kondisi itu dipenuhi, sebaran Poisson dengan $\mu = np$ dapat digunakan untuk menghampiri peluang binom. Bila p nilainya dekat dengan 1, kita dapat saling menukarkan apa yang telah kita definisikan sebagai keberhasilan dan kegagalan, dengan demikian mengubah p menjadi suatu nilai yang dekat dengan nol.

$$b(x; n, p) \rightarrow p(x; \mu)$$

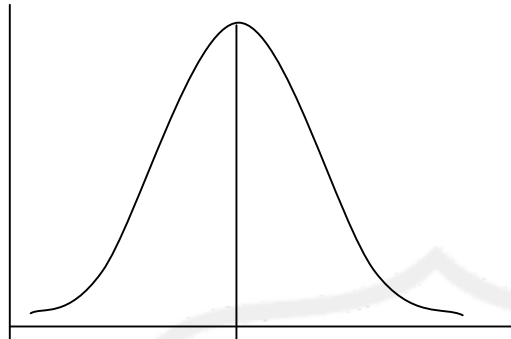
Seperti distribusi binomial, distribusi Poisson banyak digunakan dalam pengendalian mutu, pertanggung jawaban mutu, dan sample penerimaan. Disamping itu, beberapa distribusi kontinu yang penting yang digunakan dalam teori keterandalan (reliabilitas) dan teori antrian bergantung pada proses Poisson. Rataan dan variansi distribusi Poisson $p(x; \mu)$ keduanya sama dengan λt .

2. Distribusi Peluang Kontinu (Distribusi Normal)

Distribusi peluang kontinu yang paling penting dalam bidang statistika adalah distribusi normal. Grafiknya, yang disebut kurva normal,

adalah kurva yang berbentuk genta yang dapat digunakan dalam banyak gugusan data yang terjadi di alam, industri, dan penelitian.

Kurva Normal



$$\text{Modus} = X = \text{Median}$$

Suatu peubah acak kontinu X yang memiliki sebaran berbentuk genta seperti gambar di atas disebut peubah acak normal. Persamaan matematika distribusi peluang peubah normal kontinu bergantung pada dua parameter μ dan σ , yaitu rata-rata dan simpangan bakunya. Jadi fungsi padat X akan dinyatakan dengan $n(x; \mu, \sigma)$

Distribusi normal fungsi padat peubah acak normal dengan rata-rata μ dan variansi σ^2 adalah :

$$n(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(1/2) [(x - \mu) / \sigma]^2}, \quad -\infty < x < \infty$$

Karakteristik dari kurva normal adalah sebagai berikut :

1. *Modusnya*, yaitu titik pada sumbu mendatar yang membuat fungsi mencapai maksimum, terjadi pada $x = \mu$.
2. Kurvanya setangkup terhadap suatu garis tegak yang melalui nilai tengah μ .
3. Kurva ini semakin mendekati sumbu mendatar secara asimtotik dalam kedua arah bila kita semakin menjauhi nilai tengahnya.
4. Luas daerah yang terletak di bawah kurva tetapi di atas sumbu mendatar sama dengan 1.
5. Kurva mempunyai titik belok pada $x = \mu \pm \sigma$, cekung dari bawah bila $\mu - \sigma < x < \mu + \sigma$ dan cekung dari atas untuk nilai x lainnya

Kurva sembarang sebaran peluang kontinu atau fungsi kepadatan dibuat sedemikian rupa sehingga luas daerah di bawah kurva itu yang dibatasi oleh $x = x_1$ dan $x = x_2$ sama dengan peluang bahwa peubah acak X mengambil nilai antara $x = x_1$ dan $x = x_2$. Setiap pengamatan yang berasal dari sembarang peubah acak normal X dapat ditransformasikan menjadi suatu nilai peubah acak normal Z , yaitu angka yang menunjukkan penyimpangan suatu nilai variable (X) dari mean μ dihitung dalam satuan deviasi standar σ , dengan nilai tengah nol dan ragam 1. Ini dapat dilakukan melalui transformasi :

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Bila X berada diantara $x = x_1$ dan $x = x_2$, maka peubah acak Z akan berada diantara nilai-nilai padanannya :

$$Z_1 = \frac{X_1 - \mu}{\sigma} \quad \text{dan} \quad Z_2 = \frac{X_2 - \mu}{\sigma}$$

Distribusi normal sering merupakan hampiran yang baik terhadap distribusi diskret bila berbentuk lonceng setangkup. Distribusi normal merupakan distribusi hampiran yang memudahkan karena fungsi distribusi kumulatifnya mudah ditabelkan. Distribusi binomial dihampiri dengan baik oleh distribusi normal dalam praktek bila digunakan distribusi kumulatif. Teorema yang memungkinkan penggunaan luas di bawah kurva normal untuk menghampiri peluang binomial bila n cukup besar adalah :

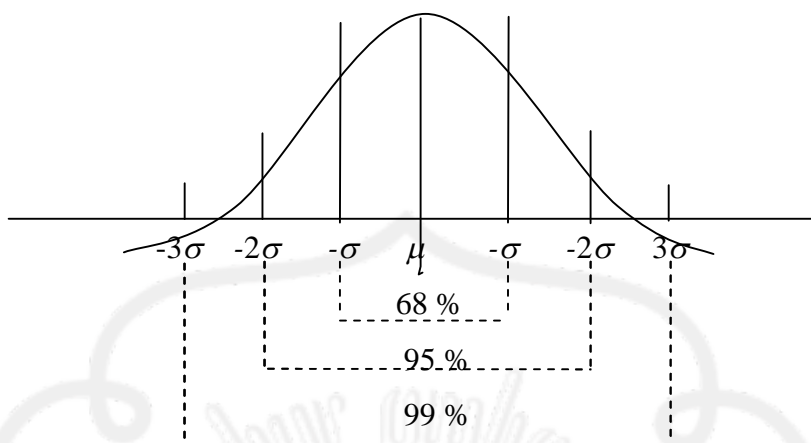
Bila X peubah acak binomial dengan rataan $\mu = np$ dan variansi $\sigma^2 = npq$ maka bentuk limit distribusi

$$Z = \frac{X - np}{\sqrt{npq}},$$

bila $n \rightarrow \infty$, ialah distribusi normal baku $N(z; 0, 1)$

Ternyata distribusi normal dengan $\mu = np$ dan $\sigma^2 = npq$ memberikan hampiran yang sangat baik terhadap distribusi binomial bila n

besar dan p dekat ke 0 atau 1. Malahan bila n kecil tapi p cukup dekat ke $\frac{1}{2}$, hampan masih cukup baik. Bila digambarkan dengan kurva adalah seperti berikut :



yang berarti :

- kira-kira 68 % dari data observasi akan berada dalam daerah $\mu - \sigma$ dan $\mu + \sigma$
- kira-kira 95 % dari data observasi akan berada dalam daerah $\mu - 2\sigma$ dan $\mu + 2\sigma$
- kira-kira 99 % dari data observasi akan berada dalam daerah $\mu - 3\sigma$ dan $\mu + 3\sigma$

3. Distribusi Ekspensial

Kendati distribusi normal dapat digunakan untuk memecahkan banyak persoalan dalam bidang rekayasa dan sains, masih banyak sekali persoalan yang memerlukan fungsi padat jenis lain, salah satunya yaitu distribusi eksponensial. Distribusi eksponensial mempunyai terapan yang luas dan memainkan peranan yang penting dalam teori antrian dan teori keandalan (reliabilitas). Misalnya jarak antara waktu tiba di fasilitas pelayanan dan lamanya waktu sampai rusaknya suku cadang dan alat listrik.

Peubah acak kontinu X berdistribusi eksponensial, dengan parameter β , bila fungsi padatnya berbentuk

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-x/\beta}, \quad x > 0$$

0, untuk x lainnya
dengan $\beta > 0$

Rataan dan variansi distribusi eksponensial adalah :

$$\mu = \beta \quad \text{dan} \quad \sigma^2 = \beta^2$$

Terapan distribusi eksponensial yang terpenting ialah bila proses Poisson berlaku. Hal ini mengingat bahwa distribusi Poisson digunakan untuk menghitung peluang jumlah khusus 'kejadian' selama jangka waktu atau selang tertentu. Dalam banyak hal, jangka waktu atau selang berbentuk peubah acak. Hubungan antara distribusi eksponensial dan proses Poisson cukup sederhana. Distribusi Poisson diturunkan sebagai distribusi berparameter tunggal dengan parameter λ , disini λ dapat ditafsirkan sebagai rata-rata banyaknya kejadian per satuan 'waktu'. Pandang sekarang *peubah acak* yang diberikan dengan waktu yang diperlukan agar kejadian pertama muncul. Dengan menggunakan distribusi Poisson, kita peroleh bahwa peluang tidak ada kejadian yang muncul dalam jangka waktu t yang diberikan oleh :

$$p(0; \lambda t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^0}{0!} = e^{-\lambda t}$$

Sekarang hasil diatas akan digunakan dan misalkan X waktu sampai kejadian Poisson yang pertama. Peluang bahwa jangka waktu sampai kejadian pertama melampaui x sama dengan peluang bahwa tidak ada kejadian Poisson yang muncul dalam waktu x . Yang terakhir ini, tentunya sama dengan $e^{-\lambda x}$. dengan demikian :

$$P(X \geq x) = e^{-\lambda x}$$

Jadi fungsi distribusi tumpukan (kumulatif) untuk X adalah

$$P(0 \leq X \leq x) = 1 - e^{-\lambda x}.$$

Jika fungsi distribusi kumulatif diatas diturunkan maka diperoleh fungsi padat

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x},$$

yang merupakan fungsi padat dari distribusi eksponensial dengan $\lambda = 1/\beta$

2.3 Membandingkan Output Model Simulasi dengan Sistem Nyata.

Program simulasi belum bisa digunakan jika belum divalidasi, untuk menentukan kesesuaian antara model simulasi dengan sistem nyatanya dilakukan pengujian hipotesis kesamaan rata-rata dua populasi yaitu sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_x = \mu_y$$

$$H_1 : \mu_x \neq \mu_y$$

Uji statistik yang digunakan adalah $t' = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{s_x^2}{n_x} + \frac{s_y^2}{n_y}}}$ (2.5)

H_0 ditolak jika $|t'| > t_{v, 1-\frac{\alpha}{2}}$ dengan $v = \frac{\left(\frac{s_x^2}{n_x} + \frac{s_y^2}{n_y}\right)}{\left(\frac{s_x^2}{n_x}\right) + \left(\frac{s_y^2}{n_y}\right)} - 2$ (2.6)

dengan:

\bar{X} = rata-rata data aktual

\bar{Y} = rata-rata data hasil simulasi.

s_x^2 = variansi sampel data aktual

s_y^2 = variansi sampel hasil simulasi

n_x = ukuran sampel data aktual

n_y = ukuran sampel data hasil simulasi

v = derajat kebebasan

2.4 PENELITIAN-PENELITIAN SEBELUMNYA

Penelitian yang berhubungan dengan masalah Simulasi, yang dapat dijadikan acuan adalah sebagai berikut :

Nama	Judul	Karakteristik
Bobby Gunawan, ST	Evaluasi Jumlah Tenaga Kasir Yang Optimal Dengan Menggunakan Model Antrian di Pasar Swalayan Super Indo Cabang Dago Bandung	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlah Kasir • Optimasi kasir • Model antrian
Tri Sulistyani	Penjadwalan Kerja Kasir di Swalayan Mitra Sukoharjo dengan Metode Simulasi.	<ul style="list-style-type: none"> • Penjadwalan kasir • Waktu istirahat • Pergantian shift • Simulasi
Sigit Prasetyo	Penentuan ulang alokasi <i>Buffer</i> untuk meningkatkan <i>throughput</i> lini produksi (studi kasus : pt. General electric lighting indonesia).	<ul style="list-style-type: none"> • Buffer • Troughput • Lini produksi • Simulasi

1. Evaluasi Jumlah Tenaga Kasir Yang Optimal Dengan Menggunakan Model Antrian di Pasar Swalayan Super Indo Cabang Dago Bandung

Penelitian ini dimaksudkan untuk menentukan jumlah kasir yang optimal di Pasar Swalayan Super Indo Cabang Dago Bandung dengan menggunakan teori antrian. Model keputusan yang digunakan adalah model tingkat aspirasi yang ditentukan oleh pengambil keputusan, dalam hal ini Store Manager, dimana diinginkan waktu menunggu rata-rata dalam sistem antrian (W_s) tidak lebih dari 4 menit untuk fasilitas pelayanan jalur biasa dan tidak lebih dari 100 detik untuk fasilitas

pelayanan jalur cepat, dengan persentase waktu mengganggu para kasir (X) tidak lebih dari 30 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah kasir optimal untuk dipekerjakan setiap harinya adalah sebanyak tujuh orang setiap shift (sehari terdiri dari dua shift). Dimana 1 orang untuk melayani fasilitas pelayanan jalur cepat, dan 6 orang untuk melayani fasilitas pelayanan jalur biasa.

2. Penjadwalan Kerja Kasir di Swalayan Mitra Sukoharjo dengan Metode Simulasi.

Penelitian dilakukan oleh Tri Sulistyani pada tahun 2004. Penelitian dilakukan untuk menjadwalkan ulang kerja kasir di swalayan mitra yang hampir setiap hari terdapat antrian cukup panjang pada saat pergantian shift kerja kasir atau pada jam istirahat kasir. Hal tersebut terjadi karena pengaturan jadwal kerja kasir belum optimal dan jumlah kasir yang bekerja belum sesuai dengan jumlah pelanggan yang datang. Pemecahan masalah penjadwalan yang terjadi pada swalayan mitra adalah dengan menggunakan metode simulasi.. Jumlah kasir diubah sesuai dengan kebutuhan dan dipilih yang paling optimal pada kemudian dikombinasikan dengan sistem nyata untuk mendapatkan jadwal baru. Namun, ada beberapa kelemahan dalam penelitian yang dilakukan seperti dalam menentukan pemilihan distribusi uji yang digunakan adalah *Goodnest of fit Chi Square* dimana uji ini memiliki beberapa kelemahan dalam penggunaannya.

3. Penentuan ulang alokasi *Buffer* untuk meningkatkan *throughput* lini produksi (studi kasus : PT. General electric lighting indonesia).

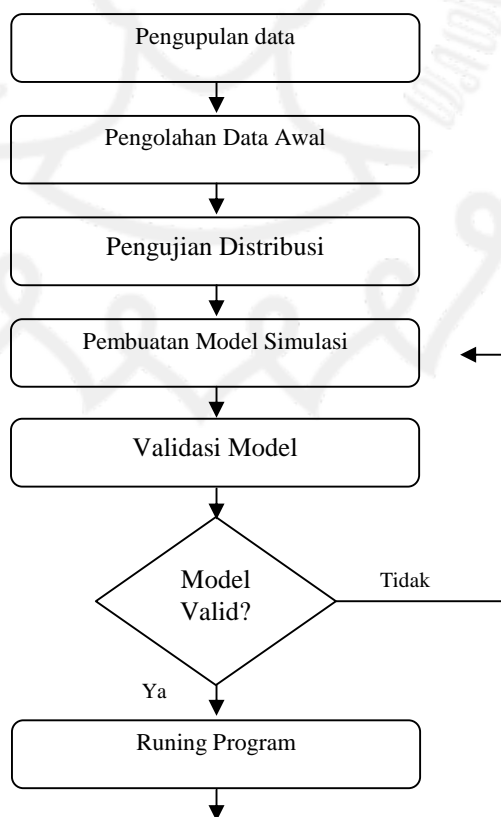
Pada penelitian ini akan mencoba menentukan ulang alokasi *buffer* yang ada di PT.GE Lighting Indonesia agar lebih memperlancar aliran proses produksi sehingga dapat meningkatkan *throughput* lini produksi. Metode yang digunakan untuk menentukan ulang alokasi *buffer* adalah melalui pendekatan simulasi dengan alasan tidak ditemukan model analitik yang representatif dan valid yang sesuai dengan sistem yang diamati.

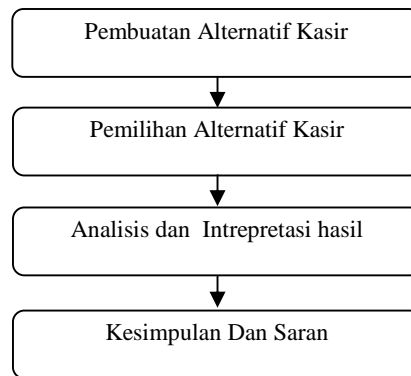
Pengalokasian *buffer* tersebut memang dilakukan dengan tujuan menempatkan output dari suatu mesin sebelum diproses ke mesin berikutnya. Perbedaan waktu proses tiap mesin membuat aliran proses produksi menjadi kurang lancar dan berdampak pada *throughput* yang kurang maksimal. Penyebab lain yang membuat *throughput* lini produksi kurang maksimal adalah factor kerusakan mesin. Meskipun kebijakan perawatan *preventif* telah diterapkan di PT. GE Lighting Indonesia tetap saja ada kerusakan-kerusakan mesin yang tidak dapat dihindarkan pada saat proses produksi berlangsung.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang jumlah kasir yang tepat di swalayan Luwes. Dalam bab ini akan diuraikan mengenai tahapan-tahapan yang dilalui dalam penelitian untuk mencapai tujuan tersebut.





Gambar 3.1 Metodologi penelitian

3.1 Pengumpulan data

Data diperoleh dengan cara melakukan pengamatan langsung kelokasi penelitian. data yang diambil secara langsung dari lokasi penelitian, yaitu meliputi:

1. Data Primer

Data primer didapatkan dengan melakukan pengamatan secara langsung di lokasi penelitian. Pengambilan data ini dilakuan pada hari yang paling ramai dan pada jam tersibuk untuk setiap *shift* kerja yaitu jam 9.00 sampai dengan 21.00. Pengumpulan data dilakukan pada 2 rentang waktu yaitu, antara jam 9.00 sampai dengan jam 16.30, dan jam 16.30 sampai dengan jam 21.00. Rentang waktu ini ditentukan berdasarkan *shift* kerja dan jam istirahat serta banyak dan sedikitnya pelanggan yang datang. Data yang diambil berupa:

- data waktu saat pelanggan $ke-i$ datang untuk selanjutnya dinotasikan dengan t_i ,
- waktu saat pelanggan $ke-i$ mulai dilayani untuk selanjutnya dinotasikan dengan b_i
- data waktu saat pelanggan $ke-i$ selesai dilayani untuk selanjutnya dinotasikan dengan c_i ,

untuk $i = 1,2,3\dots n$, $n =$ jumlah pelanggan yang datang. Data-data ini kemudian diolah pada pengolahan data awal.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data pendukung yang didapatkan dari wawancara. Data sekunder yang didapatkan adalah berupa:

- jumlah loket yang aktif,
- jadwal *shift* kerja kasir,
- biaya kasir dan
- pendapatan dari pelanggan ke mall luwes palur – karanganyar.

3.2 Pengolahan Data Awal

Data primer yang telah dikumpulkan kemudian diolah, sehingga dapat digunakan untuk pengolahan data selanjutnya dan sebagai input program simulasi. Adapun pengolahan data primer dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung waktu antrian setiap pelanggan yang datang. Lama pelanggan ke-*i* mengantri dinotasikan dengan D_i , didapatkan dari data waktu pelanggan ke-*i* mulai dilayani dikurangi dengan waktu pada saat pelanggan ke-*i* datang. Sehingga dapat dirumuskan menjadi:

$$D_i = c_i - t_{i+1} \dots \dots \dots (3.1)$$

2. Menghitung durasi waktu setiap pelanggan dilayani. Lama pelanggan ke-*i* dilayani dinotasikan dengan S_i , diperoleh dari data waktu saat pelanggan ke-*i* selesai dilayani dikurangi dengan waktu saat pelanggan ke-*i* mulai dilayani. Sehingga dapat dirumuskan menjadi:

$$S_i = c_i - b_i \dots \dots \dots (3.2)$$

3. Menghitung lamanya *server* mengganggu. Lama *server* mengganggu dinotasikan dengan T_{si} didapatkan dari waktu saat pelanggan ke-*i* mulai dilayani dikurangi dengan waktu pelanggan ke- $(i-1)$ selesai dilayani. Dapat dirumuskan menjadi:

$$T_{si} = b_i - c_{(i-1)} \dots \dots \dots (3.3)$$

4. Menghitung waktu kedatangan antar palanggan yang datang. Waktu antar kedatangan pelanggan dinotasikan dengan A , yang diperoleh dari jeda waktu

kedatangan antar pelanggan yaitu saat pelanggan ke- i datang dikurangi dengan waktu pelanggan ke- $(i-1)$. Sehingga apabila dirumuskan menjadi:

$$A = b_i - b_{(i-1)} \dots \dots \dots (3.4)$$

5. Menghitung Rata – rata (μ) dari lama pelanggan mengantri, lama pelanggan dilayani, lama server mengganggu dan waktu antar kedatangan. Penghitungan rata – rata ini menggunakan rumus :

$$\mu = \frac{\sum X_i}{N} \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana X_i = data waktu pelanggan ke- i

N = Jumlah pelanggan yang datang

6. Menghitung deviasi standart dari lama pelanggan mengantri, lama pelanggan dilayani, lama server mengganggu dan waktu antar kedatangan. Penghitungan deviasi standart dengan rumus :

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N} \dots \dots \dots (3.6)$$

7. Menentukan pola distribusi frekuensi data. Untuk menentukan pola distribusi frekuensi data langkah–langkah yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan rentang, yaitu data terbesar dikurangi data terkecil.
- b. Menentukan banyaknya kelas interval, dengan menggunakan aturan *Sturges*, yaitu :

$$\text{Banyak kelas} = 1 + (3.322)\log N \dots \dots \dots (3.7)$$

- c. Menentukan panjang kelas interval. Ditentukan dengan membagi rentang kelas dengan jumlah kelas.
- d. Menentukan frekuensi tiap-tiap kelas.
- e. Membuat grafik distribusi.
- f. Melakukan uji distribusi dengan menggunakan uji *kolmogrov smirnov*.

Adapun langkah-langkah dalam uji *kolmogrov smirnov* adalah :

- Menentukan hipotesis. Hipotesis yang dipakai

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan distribusi empiris data X_i dengan distribusi teoritis yang dihipotesakan. Uji hipotesa yang dilakukan adalah:

H_0 : X_i merupakan variable random yang berdistribusi identik dan independen dengan fungsi distribusi teoritis tertentu $F(X_i)$.

Uji statistik yang digunakan adalah D_n yang merupakan selisih terbesar distribusi data empiris dengan distribusi teoritis yang dihipotesakan. D_n yang besar mengindikasikan kesesuaian yang buruk antara distribusi data empiris dengan distribusi teoritis yang dihipotesakan sehingga mengakibatkan penolakan H_0 . Langkah- langkah yang dilakukan dalam uji ini adalah sebagai berikut:

- 4) Tentukan fungsi distribusi empiris $F_n(X_i)$ data aktual $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ dimana :

$$F_n(x) = \frac{\sum x_i \leq x}{n} \text{ maka } F(x_i) = \frac{i}{n}$$

- 5) Hitung $D_n = \max \left\{ F_n(x) - \bar{F}(x) \right\}$

- 6) H_0 ditolak apabila $D_n > D_{n',1-\alpha}$

- Menarik kesimpulan apakah H_0 diterima atau ditolak.

Untuk selanjutnya penghitungan pola distribusi data dilakukan dengan bantuan *software statfit* pada promodel 4.0

3.3 Memilih Distribusi Probabilistik.

Distribusi probabilistik yang digunakan dalam simulasi harus sesuai dengan populasi yang diwakilinya, berikut ini akan dijelaskan beberapa macam jenis distribusi kontinyu yang umum digunakan sebagai input model simulasi.

Langkah –langkah dalam membuat Distribusi Probabilistik

- a. menentukan rentang, yaitu data terbesar dikurangi data terkecil.

Rentang = data terbesar – data terkecil

- b. Menentukan banyaknya kelas interval, dengan aturan *Sturges* yaitu:

$$\text{Banyak kelas} = 1 + (3.3222) \log N$$

- c. Menentukan panjang kelas interval. Ditentukan dengan membagi rentang kelas dan jumlah kelas.

$$\text{Interval kelas} = \frac{\text{Range}}{\text{Jumlah kelas}}$$

- d. Menentukan frekwensi tiap-tiap kelas.

e. menghitung nilai peluang sebaran Eksponensial

$$P(x_1 < x < x_2) = P(x < x_2) - P(x < x_1)$$

$$\lambda = 1/\beta$$

f. Menghitung nilai frekuensi teoritis

$$F_t = P(x) \times \sum f$$

g. Membuat grafik distribusi.

h. Menghitung nilai parameter

$$\text{Mean} = \frac{\sum m_i \times f_i}{\sum f_i} \quad \text{St dev} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2 \cdot f_i}{\sum f_i - 1}}$$

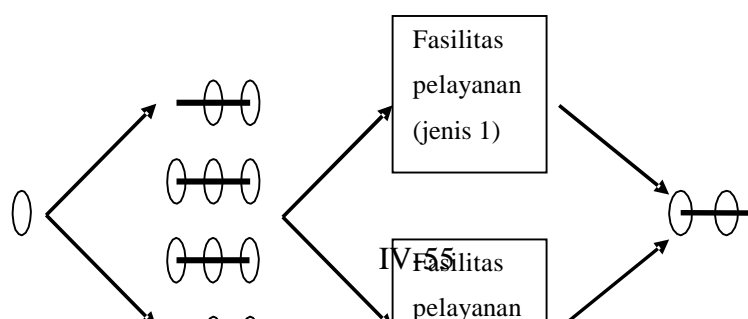
3.4 Pembuatan Model Simulasi

Tahap ini berisi tentang karakterisasi sistem nyata dan pembuatan model simulasi dari sistem kerja kasir pada tempat penelitian.

3.4.1 Karakterisasi Sistem

Pada Karakteristik sistem dijelaskan bahwa

- Alur yang dilalui oleh pelanggan di Swalayan ini adalah, pelanggan memasuki area swalayan kemudian menuju ke etalase berbelanja sesuai dengan kebutuhan pelanggan, setelah selesai berbelanja pelanggan menuju ke ruang antri.
- Waktu antrian dihitung mulai pada saat pelanggan selesai berbelanja hingga pada saat pelanggan selesai dilayani.
- Jika pelanggan datang pada sistem antrian dimana kasir sedang sibuk, maka pelanggan akan memilih kasir dengan antrian terpendek.
- Lama pelanggan dilayani berbeda-beda untuk setiap pelanggan, hal ini terjadi karena kecepatan pelayanan untuk setiap kasir berbeda-beda satu dengan yang lainnya. Perbedaan lama pelayanan ini mungkin juga karena jumlah barang



Gambar 3.1 Desain sistem antrian

3.4.2 Tahapan Dalam Pembuatan Model

Tahapan dalam pembuatan model simulasi yang dipakai dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Membangun *location* yaitu membuat gambaran lokasi yang pernah dilalui oleh *entity*, adapun lokasi pada sistem ini terdiri dari :
 - a. Ruang antri yaitu lokasi dimana pelanggan mengantri. Masing – masing lokasi mempunyai kapasitas yang tak terbatas. Dengan aturan *First In First Out* (FIFO), dimana *entity* yang datang terlebih dahulu diproses terlebih dahulu.
 - b. *Entrance* yaitu *start* pelanggan sebelum masuk ke antrian. *Entrance* hanyalah panggambaran dari pintu masuk ke ruang antri, yang merupakan pembangkit bilangan random pada program. Terdapat 2 *entrance*, *entrance* yang pertama berfungsi sebagai pembangkit bilangan random pada saat sebelum simulasi berlangsung, bilangan ini menunjukkan jumlah pelanggan yang sudah ada didalam sistem antrian sebelum simulasi yang sebenarnya berjalan. Sedangkan *entrance* yang kedua merupakan pembangkit bilangan random untuk waktu antar kedatangan pelanggan pada rentang waktu simulasi yang dijalankan. Kecuali pada durasi waktu antara jam 09.00 sampai dengan jam 11.30, sebelumnya belum terjadi antrian sehingga jumlah lokasi *entrance* hanya satu. Pada sistem nyata pintu ini tidak ada, *location entrance* ini hanya memudahkan dalam

menjalankan program. Lokasi ini mempunyai kapasitas tak terbatas dan dengan aturan proses random.

- c. *Server* yaitu lokasi dimana pelanggan dilayani yaitu loket kasir. *Location* ini memiliki kapasitas 1, dengan aturan FIFO.
2. Membangun *entity*. *Entity* adalah input pada sistem simulasi, yang mengalir melalui lokasi-lokasi yang telah dibuat. *Entity* dalam penelitian ini yaitu pelanggan yang telah selesai berbelanja. *Entities* dalam sistem ini bernama Customer.
3. Membangun *processing*. Tahap ini terdiri dari dua bagian yaitu:
 - a. Membangun *process* yaitu operasi yang dilakukan pada *entity* pada setiap lokasi yang dilaluinya. Dalam sistem ini, proses yang dialami *entity* hanya pada lokasi *server*. Pada lokasi ini *entity* mengalami proses dilayani selama waktu tertentu sesuai dengan pola distribusi Lama dilayani (*Ld*) yang terbentuk. Program proses melayani ini diterjemahkan dengan perintah *wait*, sedangkan aturan yang dipakai adalah *First* yaitu dilayani satu persatu. Setelah mengalami proses ini maka *entity* dengan sendirinya akan keluar dari sistem.
 - b. Membangun *Routing* yaitu urutan lokasi yang dilalui oleh setiap *entity*. Dengan melihat proses yang terjadi pada setiap lokasi maka *routing* yang terbentuk adalah :
$$\text{Entrance} \rightarrow \text{Ruang antri} \rightarrow \text{server} \rightarrow \text{exit}$$
4. Membangun *arrival* yaitu *event* kedatangan *entity* menuju sistem. Dalam penelitian ini *arrival* adalah pelanggan yang masuk ke *entrance*. Adapun aturan dalam *arrival* ini adalah pelanggan datang satu demi satu, dengan jumlah kedatangan pelanggan selama simulasi berlangsung tidak dibatasi, dan frekuensi kedatangan sesuai dengan pola distribusi waktu antar kedatangan (*WAK*). Pada *entrance* pertama hanya berfungsi sebagai pembantu pembangkit bilangan random, sehingga aturan diatas tidak dipakai. Sedangkan aturan yang dipakai adalah pelanggan hanya datang sekali yaitu pertama kali saat simulasi dimulai, dengan jumlah sesuai dengan jumlah antrian pada saat simulasi mulai dijalankan.

5. Membangun *shift*, yaitu memasukan *shift* kerja yang dibuat kedalam program simulasi, sesuai dengan *shift* kerja yang dipakai.

Adapun logika antrian yang terjadi pada sistem ini adalah sebagai berikut:

Event kedatangan

Pada saat pelanggan datang kesistem antrian *server* tersebut, pelanggan akan memilih *server* dengan antrian terpendek, kemudian akan ada pertanyaan apakah *server* yang dipilih sedang *idle* atau tidak? Jika Tidak maka pelanggan ditempatkan di antrian *server* tersebut pada baris paling belakang. Kemudian waktu kedatangan pelanggan ini dihitung. Untuk selanjutnya pelanggan ini akan menuju ke *event* kepergian. Jika jawabannya ya dengan arti bahwa *server* dalam keadaan *idle* maka waktu tunggu pelanggan tersebut dibuat nol, kemudian tambahkan 1 pada jumlah pelanggan selesai menunggu dan *server* dibuat sibuk untuk melayani. Selanjutnya pelanggan tersebut akan masuk ke *event* kepergian.

Event kepergian

Event kepergian dimulai dengan pertanyaan apakah antrian yang ia tempati kosong atau tidak. Jika jawabannya ya maka *server* dibuat sibuk. Jika *server* tidak dalam keadaan sibuk, maka hilangkan pelanggan pertama dari antrian tersebut, kemudian hitung waktu menunggu pelanggan yang mulai dilayani ini. Kemudian *event* kepergian dijadwalkan untuk pelanggan ini.

3.5 Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan cara membandingkan model dengan keadaan sistem yang sebenarnya. Model dikatakan sudah valid apabila sudah dapat menggambarkan keadaan sistem nyata, perbandingan yang digunakan sebagai parameter adalah rata-rata lama pelanggan mengantri pada setiap rentang waktu. Yaitu dengan

membandingkan rata-rata lama pelanggan mengantri hasil dari *running* model awal dengan hasil perhitungan rata-rata lama mengantri pada data riil yang didapatkan di lokasi penelitian. Pengukuran ini menggunakan peta kontrol dengan rata-rata lama mengantri hasil dari pembuatan model sebagai garis pusatnya, dan rata-rata lama pelanggan mengantri pada setiap rentang waktu pada setiap harinya sebagai datanya. Apabila sudah tidak ada data yang keluar dari batas kontrol atas dan batas kontrol bawah, maka model dapat dikatakan sudah valid. Adapun rumus peta kontrol yang digunakan adalah sebagai berikut:

Garis pusat =

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m} \dots\dots\dots(3.8)$$

Dalam penelitian ini, garis pusat didefinisikan sebagai angka rata-rata pelanggan mengantri dari hasil *running* model jadwal awal.

Batas Kontrol Atas = BKA =

$$\bar{X} + 3\sigma^2 \dots\dots\dots(3.9)$$

Batas Kontrol Bawah = BKB =

$$\bar{X} - 3\sigma^2 \dots\dots\dots(3.10)$$

Pemakaian tiga kali standart deviasi disini karena data yang dipakai hanya sedikit, sehingga mengakibatkan subgrupnya kecil.

3.6 Running Program

Setelah data yang dibutuhkan mencukupi dan model yang dibuat sudah valid kemudian dilakukan *Running* yaitu dengan menterjemahkan model dan data kedalam program komputer. Dalam pengolahan ini dilakukan perubahan jadwal *shift* kerja untuk mendapatkan hasil yang paling optimal. sehingga dapat dikatakan bahwa, *running* dilakukan pada alternatif yang dibuat. Dalam bab ini ditampilkan adanya biaya kasir. Namun biaya kasir tidak masuk kedalam model program simulasi karena biaya ini tidak dipengaruhi dari lamanya kasir bekerja, dengan kata lain meskipun kasir tersebut sedang menganggur biaya kasir ini tetap ada,

biaya kasir dipengaruhi oleh jumlah kasir yang bekerja dan jam kerjanya, sehingga untuk biaya kasir dihitung sendiri secara manual yaitu dengan persamaan :

$$B = \left\{ \left(\frac{G}{a} \right) cd \right\} \dots\dots\dots(3.11)$$

dimana B = Biaya kasir

G = gaji kasir perbulan perorang

a = jumlah jam kerja perbulan

c = durasi kerja kasir (sesuai rentang waktu yang diambil)

d = jumlah kasir yang bekerja

3.7 Pembuatan Alternatif Jadwal

Alternatif jadwal dibuat untuk mendapatkan jadwal yang paling optimal. Adapun alternatif yang dipakai adalah dengan mengubah jumlah kasir yang bekerja pada setiap rentang waktu tertentu untuk kemudian dikombinasikan dengan *shift* yang berlaku.

3.8 Pemilihan Alternatif Jadwal

Pemilihan dilakukan dengan membandingkan setiap alternatif yang dibuat. Kriteria yang dipakai untuk memilih alternatif adalah:

1. Peningkatan estimasi pendapatan bagi mall luwes palur – karanganyar dari pelanggan.
2. Peningkatan estimasi biaya kasir tidak melebihi peningkatan estimasi pendapatan dari pelanggan ke Swalayan mall luwes palur – karanganyar.
3. Lama mengantri dan lama kasir menganggur yang yang lebih sesuai.

3.9 Analisis dan Interpretasi Hasil

Analisis dan interpretasi dilakukan pada hasil pengolahan data dan pembuatan serta pemilihan alternatif.

3.10 Kesimpulan dan saran

Kesimpulan diambil dari hasil analisis dan saran diberikan kepada perusahaan dan kepada penelitian berikutnya.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Data Primer

Data primer didapatkan dengan melakukan pengamatan secara langsung di lokasi penelitian. Pengambilan data ini dilakukan pada hari yang paling ramai dan pada jam tersibuk untuk setiap *shift* kerja yaitu jam 9.00 sampai dengan 21.00. Pengumpulan data dilakukan pada 2 rentang waktu yaitu, antara jam 9.00 sampai dengan jam 16.30, dan jam 16.30 sampai dengan jam 21.00. Rentang waktu ini ditentukan berdasarkan *shift* kerja dan jam istirahat serta banyak dan sedikitnya pelanggan yang datang. Data yang diambil berupa:

- data waktu saat pelanggan *ke-i* datang untuk selanjutnya dinotasikan dengan t_i ,
- waktu saat pelanggan *ke-i* mulai dilayani untuk selanjutnya dinotasikan dengan b_i
- data waktu saat pelanggan *ke-i* selesai dilayani untuk selanjutnya dinotasikan dengan c_i ,

untuk $i = 1, 2, 3, \dots, n$, n = jumlah pelanggan yang datang. Data-data ini kemudian diolah pada pengolahan data awal.

4.1.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data pendukung yang didapatkan dari keterangan pihak Swalayan Luwes. Adapun data sekunder yang didapatkan adalah:

- i. Jumlah loket kasir, jumlah loket kasir keseluruhan yang ada di Swalayan Luwes Palur-Karanganyar adalah sembilan loket kasir.

Sedangkan jumlah loket kasir yang difungsikan per hari sebanyak empat loket.

- ii. Jadwal kerja kasir, jam kerja kasir meliputi dua *shift* kerja yaitu *Shift* pertama dimulai dari jam 9.00 pagi sampai dengan jam 16.30 malam *Shift* kedua dimulai dari jam 16.30 sampai dengan jam 21.00. Gaji kasir Rp. 500.000,- perorang perbulan.
- iii. Pendapatan bersih dari pelanggan rata-rata Rp. 2.000,- per satu kali pelanggan berbelanja.

4.2 Pengolahan Data Awal

Pengolahan data awal dilakukan pada data primer sebelum data tersebut dapat dijadikan input pada program simulasi, dan hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut :

1. Lama pelanggan mengantri (D). Untuk pelanggan kedua yang datang, waktu lama mengantrinya adalah:

$$\begin{aligned} D_2 &= c_1 - t_2 \\ &= 0,57 - 0,28 \\ &= 0,96 \end{aligned}$$

untuk data lama mengantri setiap pelanggan yang datang selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

2. Menghitung lama waktu pelanggan dilayani (S). Lama pelanggan kedua yang datang dilayani adalah :

$$\begin{aligned} S_2 &= c_2 - b_2 \\ &= 1,57 - 1,24 \\ &= 0,33 \end{aligned}$$

sedangkan lama dilayaninya setiap pelanggan yang datang selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

3. Menghitung lama *server* mengganggu (*Tsi*). Lama *server* mengganggu antara kedatangan pelanggan pertama dan kedua adalah :

$$\begin{aligned} Tsi &= b_2 - c_1 \\ &= 1,24 - 0,57 \\ &= 0,67 \end{aligned}$$

lama *server* mengganggu pada tiap jeda kedatangan pelanggan, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

4. Menghitung waktu antar kedatangan (*A*). Waktu antar kedatangan pelanggan pertama dan kedua adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_2 &= t_3 - t_2 \\ &= 0,52 - 0,28 \\ &= 0,17 \end{aligned}$$

Waktu antar kedatangan pelanggan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

5. Rata – rata lama pelanggan mengantri antara jam 9.00 sampai dengan jam 21.00 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{945,85}{200} \\ &= 4 \text{ menit } 73 \text{ detik} \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Pengolahan data awal

Data awal Minggu 09.00 – 11.30							
No	A	S	t	b	c	D	TSI
1	0	0.46	0.11	0.11	0.57	0	0.67
2	0.17	0.33	0.28	1.24	1.57	0.96	0
3	0.24	1.5	0.52	1.57	3.07	1.05	0
4	0.49	1.1	1.01	3.07	4.17	2.06	0
5	0.47	0.28	1.48	4.17	4.45	2.69	0

Hasil perhitungan rata-rata lama pelanggan mengantri (D), rata-rata lama pelanggan dilayani (S), rata-rata lama *server* mengganggu (T_{si}) dan rata-rata waktu antar kedatangan (A), selengkapnya pada hari minggu I dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan untuk data pada hari minggu II, III dapat dilihat pada lampiran pengolahan data awal.

Tabel 4.2 Nilai rata-rata untuk data awal pada hari minggu I.

Data waktu	Shift	
	I	II
D (Menit)	2.94	6.92
S (Menit)	1.39	1.15
T_{si} (Menit)	0.37	0
A (Menit)	1.59	1.09

6. Hasil perhitungan nilai standar deviasi untuk setiap data waktu lama mengantri (D), lama pelanggan dilayani (S), lama *server* mengganggu (T_{si}) dan waktu antar kedatangan (A) pelanggan, untuk data hari minggu dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan untuk data pada hari minggu II, III dapat dilihat pada lampiran pengolahan data awal.

Tabel 4.3 Nilai Standar deviasi data awal pada hari minggu I.

Data waktu	Shift	
	I	II
D (Menit)	1.71	0.9
S (Menit)	1.07	0.45
T_{si} (Menit)	1.1	0
A (Menit)	1.42	0.57

7. Menentukan pola distribusi frekwensi data lama pelanggan dilayani (S) dan waktu antar kedatangan (A).

Penentuan bentuk pola distribusi dilakukan dengan bantuan *Microsoft excel* pada *promodel 4.0.* Sedangkan hasil akhir dari bentuk pola distribusi frekwensi yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 4.4

4.3 Pengujian Distribusi

Sebelum membuat model simulasi dilakukan uji distribusi untuk data terlebih dahulu untuk mengetahui jenis distribusi yang akan dipergunakan dalam pembuatan model simulasi dengan cara pendugaan data. Adapun Hipotesis yang dipakai adalah;

- H_0 = Distribusi frekuensi hasil observasi sesuai dengan distribusi tertentu.
- H_1 = Distribusi frekuensi hasil observasi tidak sesuai dengan distribusi tertentu.

Tabel 4.4 Hasil uji pola distribusi dengan *Microsoft Excel*

Lama Pelayanan

Normdist	expected	Kolmogrof
0.038356333	8.323324	1.624104
0.080769316	17.52694	7.580922
0.134214396	29.12452	1.185297
0.176001287	38.19228	28.18231
0.182141044	39.52461	0.758513
0.148756674	32.2802	11.51561
0.095876767	20.80526	1.10984
0.048764145	10.58182	10.58182
0.01957091	4.246887	51.25032
0.006197392	1.344834	1.344834
0.001548286	0.335978	0.335978
0.000305132	0.066214	0.066214
	error	115.5358
	xbar	10.74876
	Tabel	12.592

Waktu Antar Kedatangan

Weibull	expected	Kolmogrof
0.076337	16.56509	1.783165
0.011992	2.602181	1.264662
0.006903	1.498034	3.215463
0.004851	1.052569	0.564213
0.003735	0.810602	63.76423
0.003035	0.658524	43.32622
0.002553	0.554106	10.79648
0.002203	0.478001	0.478001
0.001942	0.421333	15.78213
0.001726	0.374547	0.374547
0.001557	0.337811	0.337811
0.001417	0.307556	0.307556
	error	141.9945
	xbar	11.91614
	Tabel	12.592

Dari uji distribusi diatas diperoleh jenis distribusi yang berbeda yaitu menggunakan normal distribusi untuk lama pelayanan dan weibull untuk waktu antar kedatangan.

4.4 Pembuatan Model Simulasi

Setelah memilih distribusi yang tepat kemudian digunakan dalam pembuatan model simulasi yang dilakukan dengan menggunakan *software promodel 4.0.* Model dibuat berdasarkan rentang waktu yang ada. Model simulasi untuk rentang waktu antara jam 9.00 sampai dengan 21.00 adalah sebagai berikut:

6. *location*

a. Ruang antri terdiri dari empat unit lokasi. Masing – masing lokasi mempunyai kapasitas yang tak terbatas, dengan perhitungan statistik yang ditampilkan dalam bentuk *time series*. Dengan aturan *First In First Out* (FIFO), dimana *entity* yang datang terlebih dahulu diproses terlebih dahulu.

b. *Entrance*, Lokasi ini mempunyai kapasitas tak terbatas, jumlah unit dua, dengan aturan proses random.

7. *Server* yaitu lokasi dimana pelanggan dilayani yaitu loket kasir. *Location* ini memiliki kapasitas satu, dengan jumlah lokasi pada program awal sebanyak tiga unit.

8. *Entity* dalam rentang waktu ini yaitu pelanggan yang telah selesai berbelanja. *Entity* dalam sistem ini bernama *customer*.

9. Membangun *processing*. Tahap ini terdiri dari dua bagian yaitu:

a. *Processing*

Proses yang dialami *entity* pada lokasi *server*. Pada lokasi ini *entity* mengalami proses *wait* selama distribusi waktu sesuai dengan bentuk distribusi pada tiap hari dan rentang waktunya, sedangkan aturan yang dipakai adalah *Fisrt* yaitu dilayani satu persatu. Setelah mengalami proses ini maka *entity* dengan sendirinya keluar dari sistem.

b. *routing*

routing yang terbentuk adalah : *Entrance* → Ruang antri → *server* → *exit*

10. Dalam rentang waktu ini *arrival* adalah pelanggan yang masuk ke *entrance*. Adapun aturan dalam *arrival* ini adalah pelanggan datang satu demi satu, dengan jumlah kedatangan pelanggan selama simulasi *berlangsung* tidak dibatasi, dan frekwensi kedatangan sesuai dengan bentuk pola distribusi pada setiap rentang waktu dan harinya.

4.6 *Running Program*

Running program yang dilakukan dengan sepuluh kali replikasi. Hasil dari masing-masing replikasi secara detail dapat dilihat pada lampiran II. Secara umum, hasil yang didapatkan dari *running* program dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil *running* program

	Lama Mengantri (Menit)
Rep 1	36,34
Rep 2	38,30
Rep 3	37,48
Rep 4	31,83
Rep 5	22,76
Rep 6	36,21
Rep 7	45,18
Rep 8	32,53
Rep 9	32,10
Rep 10	40,58
Rata -rata	35,33
Stdev	6.04

4.7 *Pembuatan Jumlah Kasir Alternatif*

Alternatif dibuat dengan membuat beberapa skenario untuk masing-masing rentang waktu. Skenario dilakukan dengan mengubah jumlah *server*, Biaya kasir didapatkan dari gaji karyawan untuk tiap shift kerjanya, sedangkan biaya antri dihitung dari rata-rata gaji pengunjung tiap bulannya yang kemudian di rata-rata menjadi per shift terus dikurangkan dengan biaya per kasir

$$\begin{aligned} \text{Biaya Server/jam} &= 2500 \\ \text{Biaya Server/menit} &= 33.33 \end{aligned}$$

Perhitungan biaya kasir per menit

jml kasir	Biaya kasir
1 kasir =	33.33
2 kasir =	66.66
3 kasir =	99.99
4 kasir =	133.32
5 kasir =	166.65
6 kasir =	199.98
7 kasir =	233.31

8 kasir = 266.64

9 kasir = 299.97

Tabel 4.7 Perhitungan biaya antri

Biaya antri	1 Kasir	2 Kasir	3 Kasir	4 Kasir	5 Kasir	6 Kasir	7 Kasir	8 Kasir	9 Kasir
271.04	237.71	204.38	171.05	137.72	104.39	71.06	37.73	4.4	0
323.4	290.07	256.74	223.41	190.08	156.75	123.42	90.09	56.76	23.43
321.86	288.53	255.20	221.87	188.54	155.21	121.88	88.55	55.22	21.89
425.81	392.48	359.15	325.82	292.49	259.16	225.83	192.5	159.17	125.84
434.28	400.95	367.62	334.29	300.96	267.63	234.3	200.97	167.64	134.31

Dari perhitungan data diatas maka dapat dilihat hasil pembuatan alternative jumlah kasir adalah sebagai berikut :

Tabel 4.8 Hasil pembuatan alternative

Kriteria				Kriteria			
Rentang waktu	alternatif kasir	Biaya Kasir(Rp)	Lama Mengantri(Rp)	Rentang waktu	alternatif kasir	Biaya Kasir(Rp)	Lama Mengantri(Rp)
09.00-16.30	1 kasir	14998.5	87026.4	16.30 – 21.00	1 kasir	14998.5	224717.9
	2 kasir	29997	72859.05		2 kasir	29997	209719.4
	3 kasir	44995.5	60176.25		3 kasir	44995.5	194720.9
	4 kasir	59994	48738.15		4 kasir	59994	179722.4
	5 kasir	74992.5	38795.85		5 kasir	74992.5	164723.9
	6 kasir	89991	30375		6 kasir	89991	149725.4
	7 kasir	104990	23076.9		7 kasir	104990	134726.9
	8 kasir	119988	16853.4		8 kasir	119988	119728.4
	9 kasir	134987	11876.4		9 kasir	134987	104874.55

4.8 Pemilihan Alternatif jumlah Kasir

Dari hasil pemilihan alternatif ini maka didapatkan jadwal baru yaitu:

1. Antara jam 9.00 sampai jam 16.30 loket kasir yang dibuka 3 loket.
2. Antara jam 16.30 sampai jam 21.00 loket kasir yang dibuka 9 loket.

BAB V

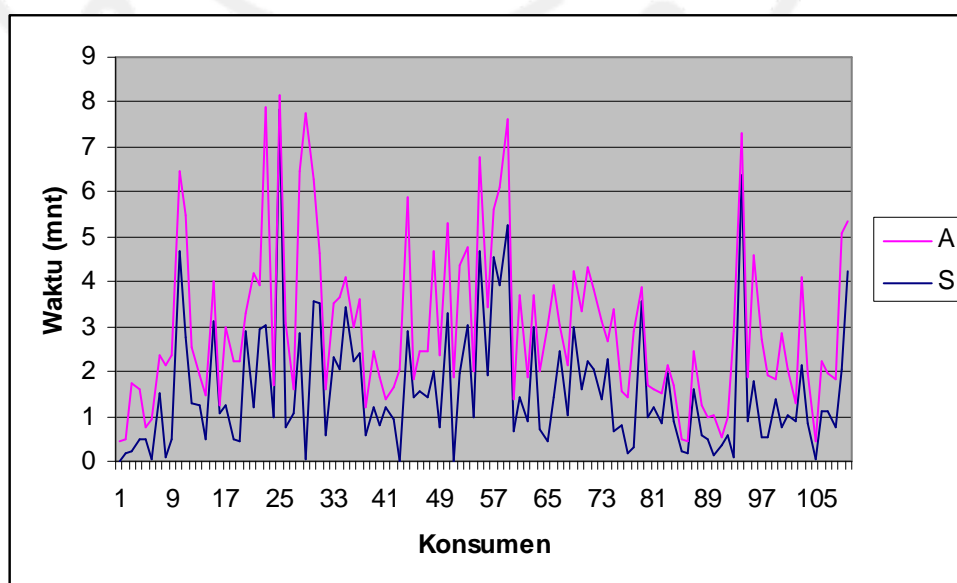
ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Bab ini berisi mengenai analisis hasil dari penelitian yang diharapkan dapat memenuhi tujuan penelitian.

5.1 Analisis Hasil Pengolahan Data Awal

Dari hasil pengolahan data awal didapatkan bahwa rata-rata lama mengantri yang terjadi pada shift 1 yaitu pukul 09.00 sampai dengan jam 16.30. adalah sebesar 1 menit 28 detik. Pada shift ini terjadi fluktuasi waktu antar kedatangan yang tidak terlalu besar yaitu rata-rata 1 menit 59 detik per kedatangan sedangkan rata-rata lama pelayanan adalah 1 menit 39 detik per pelayanan. Pada rentang waktu ini tidak terjadi antrian panjang sehingga waktu mengganggu server kemungkinan adalah cukup tinggi.

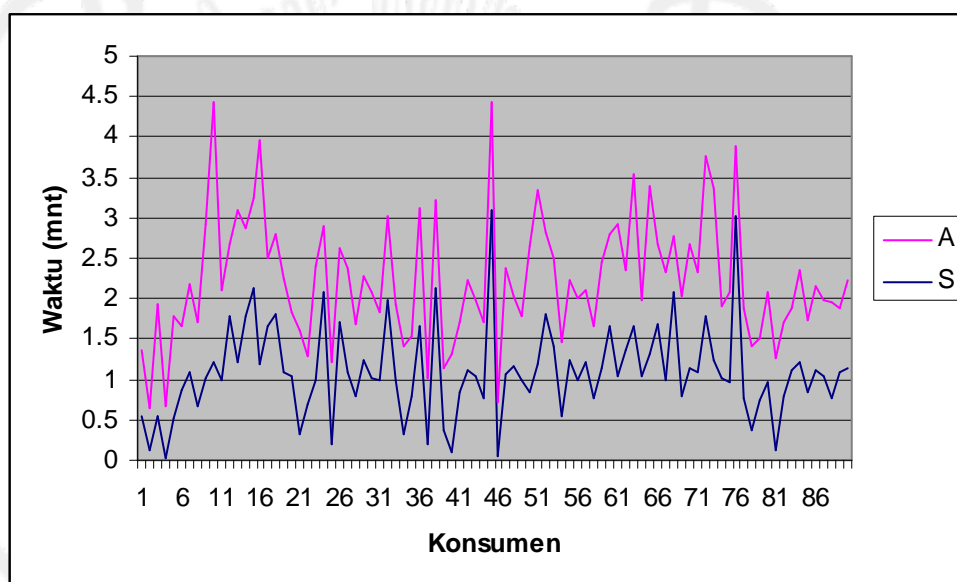
Rata-rata lama *server idle* yang adalah 37 detik. Angka-angka diatas mungkin terlihat kecil tetapi, apabila dilihat dari keseluruhan rentang waktu ini, lama *server idle* bisa mencapai 9 menit 23 detik. Hal ini terjadi karena pada jam-jam tersebut pelanggan yang datang masih sedikit, tetapi jumlah *server* yang dipakai sama dengan jam-jam lain



Gambar 5.1 Grafik perbandingan A dan S Shift 1

Pada *shift 2* diperoleh bahwa rata-rata lama mengantri adalah 6 menit 92 detik. Pada rentang ini terjadi antrian yang cukup banyak hal ini terjadi kerana terjadi fluktuasi waktu antar kedatangan yang signifikan yaitu rata-rata 1 menit 09 detik per kedatangan sedangkan lama pelayanan 1 menit 15 detik per pelayanan.

Tidak terjadi *idle server* pada shift ini karena pada rentang waktu ini terjadi antrian yang panjang. Hal ini di sebabkan karena waktu antar kedatangan pelanggan yang relative cepat sehingga pelayanan yang dilakukan pun harus cepat.



Gambar 5.2 Grafik perbandingan A dan S Shift 2

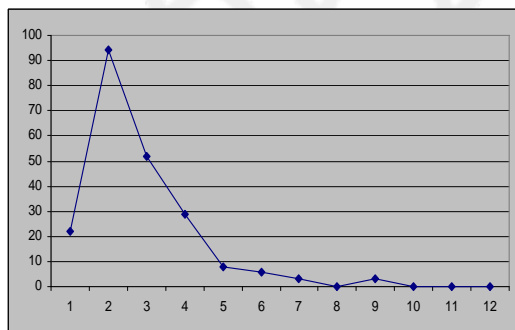
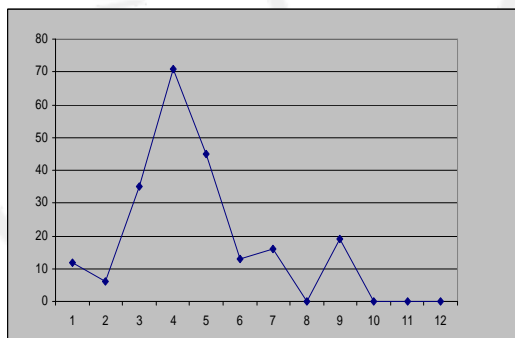
Rata-rata lama pelanggan mengantri dan lama *server idle* pada sistem antrian ini adalah keadaan yang sangat berbeda tetapi pemilihan kasir dilakukan secara spontan dan dianggap sama, oleh karena itu perlu adanya peninjauan kembali mengenai pemilihan jumlah kasir yang tepat.

Bentuk pola distribusi data pada data waktu antar kedatangan pelanggan ataupun data lama pelanggan dilayani pada setiap rentang waktu mempunyai bentuk pola distribusi yang berbeda dari hari kehari, meskipun rata-rata waktu antar kedatangan ataupun lama pelanggan

dilayani relatif sama pada setiap rentang waktu pada hari yang berbeda. Hal ini menunjukkan suatu ketidakpastian yang terjadi pada sistem antrian tersebut. Suatu sistem yang di dalamnya terdapat suatu ketidakpastian maka perilaku sistem sulit untuk diketahui polanya, sehingga permasalahan yang terjadi perlu menggunakan metode simulasi, karena melalui metode ini perilaku suatu sistem dapat digambarkan secara jelas.

5.2 Analisis Pola Distribusi frekuensi data

Data-data yang akan diuji pola distribusinya adalah waktu pelayanan dan waktu antar kedatangan. Pengujian distribusi tersebut dilakukan menggunakan *Microsoft excel*. Untuk data waktu pelayanan, mempunyai rata-rata 87,04 detik dan standart deviasi sebesar 42,767 sedangkan untuk waktu antar kedatangan mempunyai rata-rata 92,94 detik dengan standart deviasi 64,32. Dari pengujian distribusi diperoleh frekuensi observasi yang berbeda untuk tiap pengujian. Perbedaan ini dapat dilihat dalam Gambar 5.3



Gambar 5.3 Grafik pola frekuensi Distribusi A dan S

Untuk waktu pelayanan dari uji yang dilakukan maka diperoleh distribusi normal sedangkan untuk waktu antar kedatangan diperoleh distribusi weibull.

5.2 Analisis Pembuatan Alternatif jumlah Kasir

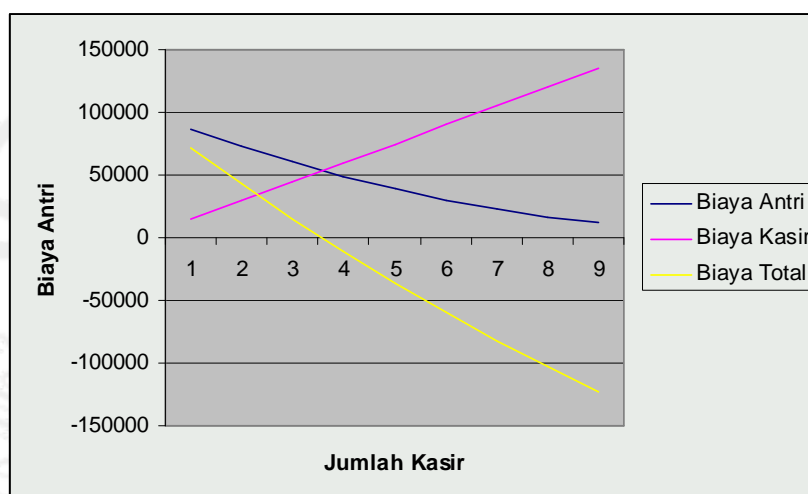
Sebelum dilakukan pembuatan alternatif jadwal, terlebih dahulu dilakukan pembagian durasi waktu menjadi dua rentang waktu yaitu antara jam 09.00 sampai jam 16.30 dilanjutkan jam 16.30 hingga pukul 21.00. Pembagian ini dilakukan berdasarkan pembagian shift yang ada, yang didapati bahwa pada rentang-rentang waktu tersebut terjadi perilaku yang hampir sama pada setiap harinya, yaitu berdasarkan rata-rata lama pelanggan mengantri.

Pembuatan alternatif jadwal dilakukan dengan mengubah jumlah *server* yang bekerja pada setiap *shift*nya. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa antrian dan *idle* yang panjang pada masing-masing rentang waktu dikarenakan jumlah *server* yang bekerja pada setiap *shift*nya belum sesuai dengan kebutuhan. Hal ini terlihat dari hasil pengamatan bahwa pada saat rentang waktu dimana pelanggan yang datang hanya sedikit jumlah *server* yang bekerja disamakan dengan jumlah *server* pada saat pelanggan yang datang banyak. Penambahan dan pengurangan jumlah kasir ini dilakukan hanya sebagai jalan untuk mengetahui kebutuhan yang tepat akan jumlah *server* pada setiap rentang waktunya. Untuk kemudian hasil pemilihan jumlah *server* yang tepat akan memudahkan dalam menentukan jadwal kerja yang baru.

Dari hasil pembuatan alternatif pemilihan kasir pada setiap rentang waktu dilihat berdasarkan beberapa poin yaitu biaya kasir, rata-rata biaya lama mengantri, dan prosentase lama *server idle*.

Pada rentang waktu antara jam 09.00 - 16.30 dibuat grafik perbandingan antara biaya kasir dengan biaya antri. Biaya kasir didapatkan dari gaji karyawan untuk tiap shift kerjanya, sedangkan biaya antri dihitung dari rata-rata gaji pengunjung tiap bulannya yang kemudian

di rata-rata menjadi per shift terus dikurangkan dengan biaya per kasir. Seperti terlihat dalam grafik bahwa alternative kasir yang paling tepat adalah menggunakan 3 kasir. Karena pada rentang waktu ini diketahui bahwa banyak terjadi *server idle*. Sebenarnya pembuatan alternatif dengan jumlah *server* lebih dari empat bisa dilakukan tetapi, hal ini tidak dilakukan karena dengan penambahan lima kasir akan meningkatkan biaya gaji kasir yang lebih tinggi.

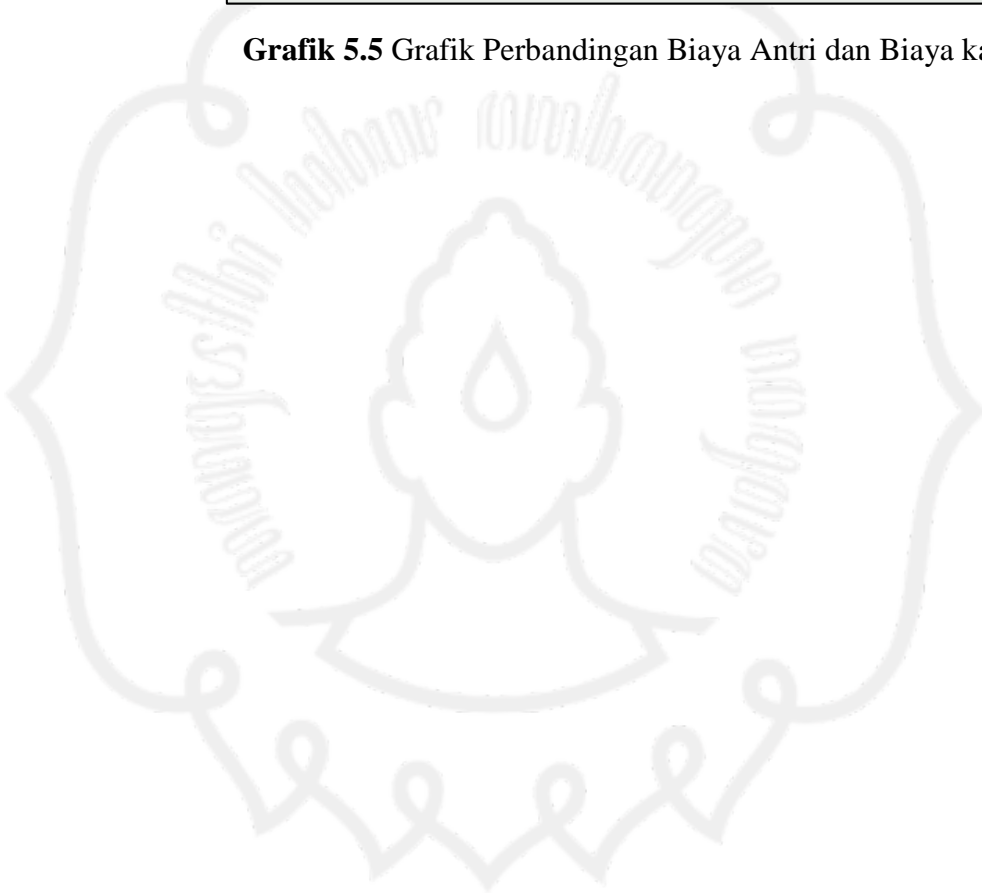


Grafik 5.4 Grafik Perbandingan Biaya Antri dan Biaya kasir

Untuk rentang waktu jam 16.30 sampai jam 21.00 juga dibuat grafik perbandingan antara biaya kasir dengan biaya antri. Kemudian dari grafik dapat dilihat bahwa alternatif pemilihan kasir yang tepat adalah dengan memfungsikan 9 kasir. Pilihan tersebut diambil dengan karena pada rentang waktu inilah biasanya paling ramai dikunjungi konsumen. Tidak terjadi *server idle* pada rentang waktu ini yang menunjukkan bahwa aktifitas dari kasir sangat banyak. Sehingga seperti rentang sebelumnya pada rentang ini untuk alternatif minimal 7,6 *server* dan seterusnya diambil hanya untuk mengetahui bagaimana jika jumlah *server* dikurangi. Alternatif sembilan *server* difungsikan cenderung dipilih karena pada rentang waktu ini pelanggan yang datang relatif ramai. Jika jumlah *server* dikurangi maka akan terjadi antrian yang panjang sehingga walaupun menghemat biaya kasir akan tetapi konsekwensinya adalah pelanggan akan lari karena tidak mau antri panjang.



Grafik 5.5 Grafik Perbandingan Biaya Antri dan Biaya kasir



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian mengenai penjadwalan kerja kasir pada Swalayan Luwes Palur-Karanganyar, adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil pengolahan data diperoleh bahwa pola distribusi yang tepat untuk waktu pelayanan adalah normal distribusi dengan rata-rata 87,04 detik dan standar deviasi sebesar 42,76. Sedangkan untuk waktu pelayanan uji distribusi yang tepat adalah weibull dengan rata-rata 94,92 detik dan standart deviasi sebesar 64,32
2. Dari hasil simulasi didapatkan jumlah kasir yang ideal untuk *shift* I sebanyak 3 kasir dengan biaya kasir sebesar Rp 44.995,- dan biaya antri hingga Rp 60.176,-. Sedangkan untuk *shift* II di dapatkan jumlah kasir yang ideal sebanyak 9 kasir dengan biaya kasir per shift adalah Rp 134.987,-, dan biaya antri konsumen adalah Rp 104.874,-

6.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan hingga akhirnya diperoleh kesimpulan, maka saran dimaksudkan sebagai masukan untuk kebijakan perusahaan demi tercapainya suatu kerja dengan tingkat produktivitas terus meningkat antara lain:

1. Mengurangi jumlah kasir pada swalayan dan untuk dipindahkan ke bagian kerja yang lain.
2. Membuat kasir khusus untuk belanjaan yang banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Bedworth, David. D; Baley, James E. 1986, *Integrated Production Control Systems*, John Wiley & Sons, New York.
- Djuari, Bobby Gunawan, 1998, *Evaluasi Jumlah Tenaga Kasir Yang Optimal Dengan Menggunakan Model Antrian di Pasar Swalayan Super Indo Cabang Dago Bandung*, Petra Christian University.
- Ghosh, K.B; Harrell, C; Bowden, R. 1996. *Simulation Using ProModel*. Promodel Corporation. California.
- Liberman, Gerald J. 1994. Pengantar Riset Operasi, Edisi kelima. Dra Ellen Gunawan, M.A, Jakarta.
- Law, M.A; Kelton, D.W. 1991. *Simulation Modeling And Analysis, Second Edition*. McGraw Hill, Inc., New York.
- Prasetyo, Sigit, 2006. *Penentuan Ulang Alokasi Buffer Untuk Meningkatkan Troughput Lini produksi (Studi Kasus : PT. General electreic Lighting Indonesia, Teknik Industri UNS, Surakarta*.
- Suletra, I.W. 2006. *Modul "Latihan Simulasi dengan ProModel"*. Teknik Industri UNS. Surakarta.
- Sulistiyani, T, 2004. *Penjadwalan Kerja Kasir di Swalayan Mitra Sukoharjo dengan Metode Simulasi*, Teknik Industri UNS. Surakarta.
- User 's Guide. 1975, *ProModel*, South State Suite 3400 Orem,Utah.
- Walpole, E.R. 1995. *Pengantar Statistika Edisi ke-3*. PT. Garamedia Pustaka Utama., Jakarta.