APLIKASI TEORI ANTRIAN DAN SIMULASI PADA PELAYANAN TELLER BANK

Skripsi

disajikan sebagai salah satu syarat

untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Matematika

Oleh

Feri Farkhan

4150408028

JURUSAN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2013

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa dalam isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 5 Januari 2013

Feri Farkhan
4150408028

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Aplikasi Teori Antrian dan Simulasi pada Pelayanan Teller Bank.

disusun oleh:

Feri Farkhan

4150408028

telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 11 Februari 2013

Panitia:

Ketua	Sekretaris
Prof. Dr Wiyanto, M.Si	Drs. Arief Agoestanto, M. Si.
19631012198803 1 001	19680722199303 1 005

Ketua Penguji

Dr. Dwijanto, M.S.
19580430198403 1 006

Anggota Penguji/ Penguji/Pembimbing Utama	Anggota Pembimbing Pendamping
Putriaji Hendikawati, S.Si., M.Pd., M.Sc.	Riza Arifudin, S.Pd, M.Cs.
19820818200604 2 001	1980525 200501 1 001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

Perjuangan adalah sebagian dari hidupku.

Jangan pernah berhenti berjuang, karna kita hanya bisa berjuang.

Walaupun fisik kita hancur tetapi masih ada semangat dalam jiwa kami.

(The MATe)

Persembahan:

Untuk Ayah yang selalu mengasihi aku Marsudi, S.H.

Untuk Ibu yang merawat aku sejak masih dalam kandungan Ninik Sri Sumami.

Untuk kakak aku yang selalu melindungi aku Andri Rian Mahendra, S.T.

Untuk kakak aku tercinta Sri Wahyuni purniyawati.

Untuk Siswati yang selalu menemani aku dalam senang maupun susah.

Untuk Alief, Ardian, Yanuar, Arif Sahabat-sahabat yang selalu memberi dorongan bagi aku.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi dengan judul “Aplikasi Teori Antrian dan Simulasi pada Pelayanan Teller Bank”.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segenap ketulusan hati disampaikan rasa terima kasih penulis kepada:

1. Prof. Dr. H. Sudijono Sastroatmodjo, M.Si., Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Wiyanto, M.Si., Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
3. Drs. Arief Agoestanto, M. Si., Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
4. Putriaji Hendikawati, S.Si., M.Pd., M.Sc., Dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan dan saran kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
5. Riza Arifudin, S.Pd., M.Cs. Dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan dan saran kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
6. Prof. Dr. St Budi Waluya, M. Si., Dosen Wali sekaligus inspirator dalam memberikan pencerahan untuk terus melangkah menyusun skripsi.
7. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan semangat dan dorongan materi dan spiritual (do’a).

8. Bapak backri yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian di Bank.
9. Seluruh Dosen Matematika yang telah membimbing dan memberikan ilmunya kepada penulis.
10. Teman-teman The MATe (The matematic Adventure Team) yang telah memberikan semangat dan dorongan.
11. Temen-temen matematika angkatan 2008 yang memberikan dorongan untuk selalu semangat dalam bimbingan.
12. Semua pihak yang telah ikut membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari, bahwa dengan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang penulis miliki, dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kelemahan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, 5 Januari 2013

Penulis

ABSTRAK

Feri Farkhan. 2013. *Aplikasi Teori Antrian dan Simulasi pada Pelayanan Teller Bank*. Skripsi, Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Putriaji Hendikawati, S.Si., M.Pd., M.Sc., dan Pembimbing Pendamping Riza Arifudin, S.Pd., M.Cs.

Kata kunci : Distribusi General (G/G/c), Sistem Antrian, Simulasi.

Antrian adalah sesuatu hal yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua pelayanan akan membentuk antrian. Proses antrian dimulai pada saat pelanggan yang memerlukan pelayanan mulai datang, mereka berasal dari suatu populasi yang disebut sebagai sumber masukan. Proses antrian sendiri merupakan suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, menunggu dalam baris antrian jika belum dapat dilayani, dilayani dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut setelah dilayani. Pada tahun akademik baru 2012 ini Unnes mengeluarkan beasiswa Bidik Misi, yaitu beasiswa untuk mahasiswa-mahasiswa berprestasi yang kurang mampu dan mahasiswa baru yang mendapatkan beasiswa ini sekitar 1000 orang. Pengambilan beasiswa Bidik Misi untuk mahasiswa baru hanya dapat diambil langsung melalui bank yang ditunjuk Unnes untuk melakukan pelayanan kepada mahasiswa baru, dikarenakan semua mahasiswa baru ini belum memiliki ATM. Jadi mahasiswa baru ini harus datang langsung pada bank yang bersangkutan untuk mengambil beasiswa Bidik Misi tersebut. Dalam rentang waktu tertentu sejumlah mahasiswa baru yang dapat beasiswa Bidik Misi ini mengantri di bank, maka akan terjadi sebuah antrian mahasiwa yang mengambil beasiswa Bidik Misi dengan para pelanggan umum.

Penelitian dilakukan pada bank yang diberikan wewenang oleh Unnes untuk pengambilan beasiswa Bidik Misi, pengambilan beasiswa ini berlangsung dari senin 3 September 2012 sampai jumat 7 September 2012, penelitian dilakukan selama 3 hari yang dipilih secara random pada periode sibuk. Penelitian dilaksanakan pada: Rabu 5 September 2012 pada pukul 08.00-11.00 WIB, Kamis 6 September 2012 pada pukul 08.00-11.00 WIB, Jumat 7 September 2012 pada pukul 08.00-11.00 WIB. Data yang diambil pada penelitian ini berupa: waktu kedatangan, waktu mulai pelayanan, dan waktu selesai pelayanan. Dalam penelitian ini dipilih program visual basic untuk membuat simulasi perhitungan pada sistem antrian. Program visual basic dipilih karena bahasa pemrogramannya lebih sederhana dan mudah dipahami dan lebih terstruktur dengan fasilitas yang sangat membantu dalam perakitan program.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan: model sistem antrian pada hari Rabu 5 September 2012, Kamis 6 Spetember 2012, dan Jumat 7 September 2012 mengikuti model antrian (G/G/c/~/~), Efektifitas proses pelayanan pelanggan dapat ditentukan dengan menghitung jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem dan antrian, menghitung waktu rata-rata yang dihabiskan seorang pelanggan dalam sistem dan antrian, serta menghitung peluang pelayan tidak sedang melayani pelanggan. Hal ini dapat dilihat pada saat pelayanan tersibuk yaitu pada hari Kamis 6 September 2012 jumlah pelanggan dalam antrian 14 pelanggan tiap menitnya dan dalam sistem 17 pelanggan tiap menitnya, untuk rata-rata waktu yang dihabiskan pelanggan dalam antrian sekitar 14,99 menit untuk setiap pelanggan dan untuk rata-rata waktu yang dihabiskan pelanggan dalam sistem sekitar 18,07 menit untuk setiap pelanggan. dan peluang pelayanan yang tidak sedang melayani pelanggan sebesar 1,4%. Hal ini dapat dikatakan pelayanan pada saat pengambilan beasiswa Bidik Misi sudah efektif.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menunggu dalam suatu antrian adalah hal yang sering terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Banyak sekali antrian yang dapat dijumpai dalam keseharian, menunggu bagi sebagian besar orang adalah hal yang membosankan. Apalagi harus mengantri dalam antrian yang panjang. Dalam kasus ini dapat di ambil contoh pada antrian teller pada bank. Pada umumnya di bank, dapat melakukan transaksi-transaksi yang memudahkan nasabah dalam melakukan pembayaran. Tidak hanya pembayaran yang dapat nasabah lakukan di bank, di bank juga dapat melakukan transaksi-transaksi lainnya. Pada masa sekarang bank adalah tempat tujuan banyak orang untuk melakukan Transaksi, dan jika banyak orang melakukan transaksi di bank, dan bila pelanggan lebih besar dari pada pelayanan maka akan menimbulkan suatu antrian. Apabila ketidaksesuaian antara pelanggan dan pelayanan semakin besar maka terjadilah antrian yang panjang pada bank tersebut. Bisa-bisa nasabah pun pergi karena panjangnya antrian yang terjadi. Untuk menanggulangi itu semua bank harus meningkatkan pelayanannya, dengan bertambahnya pelayanan maka dapat mengurangi sebuah antrian. Dan apabila pelayanan bertambah maka bank pun mengeluarkan biaya tambahan, disisi lain bila tidak ada antrian hingga tenaga kerja bagian fasilitas pelayanan (Teller) banyak yang menganggur maka akan menyebabkan kerugian secara implist bagi perusahaan.

Teori Antrian, merupakan studi matematika dari antrian atau garis tunggu. Garis tunggu merupakan fenomena alam yang terjadi bilamana permintaan terhadap suatu pelayanan pada waktu-waktu tertentu melebihi kapasitas pelayanan. Secara umum Periode sibuk dapat digambarkan dengan proses dari sistem antrian dimulai ketika pelanggan tiba, kemudian menunggu, dan akan berakhir ketika pelanggan meninggalkan sistem. Sepanjang periode sibuk selalu ada setidaknya satu pelanggan dalam sistem (Ferreira dkk, 2011:190-195), maka akan terjadi antrian, dan perilaku manusia menjadi hal yang tidak terlepas dari masalah antrian ini. Faktor ketidakpastian (*randomize*) juga sangat berpengaruh dalam sistem pelayanan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengamati sistem yang mengandung faktor ketidakpastian yaitu menggunakan model simulasi. Dan simulasi berusaha mempresentasikan sistem nyata, dengan simulasi memungkinkan untuk dapat mengamati bagaimana sistem model ini berperilaku. Semakin mampu sistem simulasi menirukan sistem nyatanya maka semakin baik model tersebut.

Pada tahun akademik baru 2012 ini Unnes mengeluarkan beasiswa Bidik Misi, yaitu beasiswa untuk mahasiswa-mahasiswa berprestasi yang kurang mampu dan mahasiswa baru yang mendapatkan beasiswa ini sekitar 1000 orang. Pengambilan beasiswa Bidik Misi untuk mahasiswa baru hanya dapat diambil langsung melalui bank yang di tunjuk Unnes untuk melakukan pelayanan kepada mahasiswa baru, dikarenakan semua mahasiswa baru ini belum memiliki ATM. Jadi mahasiswa baru ini harus datang langsung pada bank yang bersangkutan untuk mengambil beasiswa Bidik Misi tersebut. Dalam rentang waktu tertentu sejumlah mahasiswa baru yang dapat beasiswa Bidik Misi ini mengantri di bank, maka akan terjadi sebuah antrian mahasiwa yang mengambil beasiswa Bidik Misi yang bergabung dengan para pelanggan umum.

Dalam kesempatan ini aplikasi masalah antrian secara khusus akan dibahas oleh penulis pada bank karena pada saat pengambilan beasiswa Bidik Misi banyak mahasiswa yang memadati bank, sehingga terjadi kesibukan pelayanan dan menyebabkan timbulnya antrian yang panjang. Karena adanya permasalahan antrian pada bank tersebut maka akan diadakan penelitian secara sistematis untuk menganalisis masalah antrian, sehingga dapat mengurangi sistem antrian atau bahkan dapat menanggulangi masalah antrian pada bank sehingga pelayanan yang diberikan bank dapat memberikan pelayanan yang maksimal pada pelanggan.

Berdasarkan uraian di atas, penulis menyadari betapa pentingnya pelayanan yang lebih baik kepada pelanggan maka perlu adanya perbaikan dalam proses pelayanan kepada pelanggan. Dan simulasi sangat cocok untuk mengamati sistem yang dimodelkan pada sistem yang nyata, maka penulis mengangkat permasalahan ini sebagai judul skripsi, “Aplikasi Teori Antrian dan Simulasi pada Pelayanan Teller Bank”.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Dari beberapa masalah yang teridentifikasi, akan dirumuskan secara lebih spesifik masalah-masalah yang diangkat untuk penelitian ini, antara lain.

a. Bagaimana model antrian pada bank yang diberikan wewenang untuk pengambilan beasiswa Bidik Misi mahasiswa Unnes tahun ajaran 2012/2013 ?
b. Bagaimana efektifitas jumlah teller pada model antrian untuk proses pelayanan pelanggan pada bank yang diberikan wewenang untuk pengambilan beasiswa Bidik Misi?
c. Bagaimana simulasi program dari sistem antrian pada bank yang di berikan wewenang untuk pengambilan beasiswa Bidik Misi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan ini adalah:

a. Penelitian dilakukan pada bank yang diberikan wewenang untuk pengambilan beasiswa Bidik Misi, pengambilan beasiswa ini berlangsung dari senin 3 September 2012 sampai jumat 7 September 2012, penelitian dilakukan selama 3 hari yang dipilih secara random pada periode sibuk.

   Penelitian dilaksanakan pada:

   1. Rabu 5 September 2012 pada pukul 08.00-11.00 WIB.
   2. Kamis 6 September 2012 pada pukul 08.00-11.00 WIB.
   3. Jumat 7 September 2012 pada pukul 08.00-11.00 WIB.

b. Tidak terjadi penolakan dan pembatalan terhadap kedatangan para pelanggan (Penolakan diabaikan).
c. Sistem antrian dimulai dari masuknya pelanggan ke dalam antrian pembayaran sampai dengan pelanggan tersebut meninggalkan teller setelah selesai dilayani oleh teller

1.4 Tujuan

Tujuan Penulisan skripsi ini adalah.

1. Untuk mengetahui model antrian pada bank yang diberikan wewenang untuk pengambilan beasiswa Bidik Misi mahasiswa Unnes tahun ajaran 2012/2013.
2. Untuk memgetahui keefektifitas jumlah teller pada model antrian untuk proses pelayanan pelanggan pada bank yang diberikan wewenang untuk pengambilan beasiswa Bidik Misi.
3. Membuat simulasi program dari sistem antrian pada bank yang di berikan wewenang untuk pengambilan beasiswa Bidik Misi.

1.5 Manfaat

Manfaat penulisan skripsi ini adalah.

a. Menambahkan referensi bagi program studi matematika UNNES mengenai aplikasi Teori Antrian Pada Bank.
b. Memberikan tambahan pengetahuan tentang sistem antrian kepada bank yang di berikan wewenang untuk pengambilan beasiswa Bidik Misi, agar dapat meningkatkan pelayanan kepada masyarakat umum atau mahasiswa.
c. Memberikan pengetahuan pada pembaca tentang teori antrian, model antrian, efektifan teller dan simulasi dari antrian.

1.6 Penegasan Istilah

1. Sistem antrian

   Sistem antrian adalah suatu himpunan pelanggan, pelayan, dan suatu aturan yang mengatur pelayanan kepada pelanggan (Kakiay, 2004:10).

2. Simulasi

   Simulasi adalah metode pelatihan yang memperagakan sesuatu dalam bentuk tiruan yang mirip dengan keadaan yang sesungguhnya serta merupakan penggambaran suatu sistem atau proses dengan peragaan berupa model statistik atau pemeranan (KBBI, 2001:1068).

3. Efektifitas

   Ketepatan cara dan kemampuan menjalankan tugas dengan baik dan tepat dengan tidak membuang waktu, tenaga, dan biaya (KBBI, 2001:284).

4. Visual Basic

   Microsoft Visual Basic 6.0 merupakan bahasa pemrograman yang cukup populer dan mudah untuk dipelajari dan dapat membuat program dengan aplikasi GUI (*Graphical User Interface*) atau program yang memungkinkan pemakai komputer berkomunikasi dengan komputer tersebut dengan menggunakan modus grafik atau gambar (Madcoms, 2001: 3).

1.7 Sistematika Skripsi

Secara garis besar penulisan skripsi ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian awal skripsi, bagian isi skripsi dan bagian akhir skripsi. Berikut ini penjelasan masing-masing bagian skripsi :

a. Bagian awal skripsi

Bagian awal skripsi meliputi halaman judul, abstrak, halaman pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel, daftar lampiran.

b. Bagian isi tentang

Bagian ini berisi tentang :

1. Bab I : Pendahuluan

Mengemukakan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah penelitian, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika skripsi

2. Bab II : Landasan Teori

Berisi uraian teoritis atau teori-teori yang mendasari pemecahan tentang masalah-masalah yang berhubungan dengan judul skripsi

3. Bab III: Metode penelitian

Berisi tentang metode-metode yang digunakan dalam penelitian yang meliputi menemukan masalah, merumuskan masalah, studi literatur dan studi kasus, metode pengumpulan data, pengolahan data dan penarikan kesimpulan.

4. Bab IV: Hasil penelitian dan pembahasan

Berisi semua hasil penelitian dan pembahasan mengenai sistem antrian dan model simulasi.

5. Bab V : Penutup

Bab ini berisi tentang simpulan dan saran-saran yang diberikan peneliti berdasarkan simpulan yang diambil

c. Bagian akhir

Bagian akhir skripsi berisi tentang daftar pustaka dan lampiran-lampiran yang mendukung skripsi.

BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Teori Antrian

Antrian terjadi pada kondisi apabila obyek-obyek menuju suatu area untuk dilayani, namun kemudian menghadapi keterlambatan disebabkan oleh karena mekanisme pelayanan mengalami kesibukan. Menurut Bronson (1993:308), proses antrian (*queueing process*) adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan seorang pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, kemudian menunggu dalam suatu baris (antrian) jika semua pelayanannya sibuk, dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut.

Antrian timbul karena adanya ketidakseimbangan antara yang dilayani dengan pelayanannya. Antrian timbul disebabkan oleh kebutuhan akan layanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas pelayanan yang disebabkan kesibukan layanan.

2.2 Sistem Antrian

Menurut Gross dan Haris (2001:1-3) mengatakan bahwa sistem antrian adalah kedatangan pelanggan untuk mendapatkan pelayanan, menunggu untuk dilayani jika fasilitas pelayanan (*server*) masih sibuk, mendapatkan pelayanan dan kemudian meninggalkan sistem setelah dilayani. Pelanggan tiba dengan laju tetap atau tidak tetap untuk memperoleh pelayanan pada fasilitas pelayanan. Bila pelanggan yang tiba dapat masuk kedalam fasilitas pelayanan, maka itu akan segera di lakukan. Tetapi kalau harus menunggu, maka mereka akan membentuk suatu antrian hingga tiba waktunya untuk dilayani. Mereka akan dilayani dengan laju tetap atau tidak tetap. Dan setelah selesai, mereka pun meninggalkan antrian.

Berdasarkan uraian diatas, maka sistem antrian dapat dibagi menjadi 2 (dua) komponen yaitu :

a. Antrian yang memuat pelanggan atau satuan-satuan yang memerlukan pelayanan (pembeli, orang sakit, mahasiswa, kapal dan lain-lain).
b. Fasilitas pelayanan yang memuat pelayanan dan saluran pelayanan (Pompa minyak dan pelayanannya, loket bioskop, petugas penjual karcis, teller, dan lain-lain).

Pada umumnya, sistem antrian dapat diklasifikasikan menjadi sistem yang berbeda-beda dimana teori antrian dan simulasi sering diterapkan secara luas. Klafisikasi menurut Hillier dan Lieberman dalam Subagyo,dkk (2000:207) adalah sebagai berikut :

a. Sistem pelayanan komersial.

   Sistem pelayanan komersial merupakan aplikasi yang sangat luas dari model-model antrian, seperti restauran, kafetaria, toko-toko, salon, butik, supermarket, dan lain-lain.
b. Sistem pelayanan bisnis-industri.

   Sistem pelayanan bisnis-industri mencakup sistem produksi, sistem material, *handling*, sistem pergudangan,dan sistem informasi komputer.
c. Sistem pelayanan transportasi.

d. Sistem pelayanan sosial.

Sistem pelayanan sosial merupakan sistem-sistem pelayanan yang dikelola oleh kantor-kantor dan perusahaan-perusahaan lokal maupun nasional, seperti kantor registrasi SIM dan STNK, kantor pos, rumah sakit, puskesmas, dan lain-lain (Subagyo dkk, 2000:270).

Dalam sistem antrian terdapat beberapa komponen dasar proses antrian antara lain adalah :

a. Kedatangan.

Setiap masalah antrian melibatkan kedatangan, misalkan orang, mobil, panggilan telepon untuk dilayani, dan lain-lain. Unsur ini sering dinamakan proses input. Proses input meliputi sumber kedatangan atau bisa dinamakan (*calling population*), dan cara terjadinya kedatangan yang umumnya merupakan variabel acak. Karakteristik dari populasi yang akan dilayani dapat dilihat menurut ukurannya, pola kedatangan, serta perilaku populasi yang akan dilayani. Menurut ukurannya, populasi yang akan dilayani bisa terbatas (*finite*) dan tidak terbatas (*infinite*). Pola kedatangan bisa teratur, dapat pula bersifat acak atau random. Variabel-variabel acak adalah suatu variabel yang nilainya bisa berapa saja sebagai hasil dari percobaan acak. Variabel acak dapat berupa diskrit atau kontinu. Bila variabel acak hanya dimungkinkan memiliki beberapa nilai saja, maka ia merupakan variabel acak diskrit. Sebaliknya bila nilainya dimungkinkan bervariasi pada rentang tertentu, dikenal sebagai variabel acak kontinu.

b. Pelayanan.

Pelayanan atau mekanisme pelayanan dapat terdiri satu atau lebih pelayanan. Contohnya, jalan tol dapat memiliki beberapa pintu tol. Mekanisme pelayanan dapat hanya terdiri dari satu pelayanan dalam satu fasilitas pelayanan yang ditemui pada loket seperti pada penjualan tiket di gedung bioskop. Dalam mekanisme pelayanan ini ada 3 aspek yang harus diperhatikan yaitu :

1. Terjadinya pelayanan.

   Mekanisme pelayanan tidak selalu tersedia untuk setiap saat. Misalnya dalam pertunjukan bioskop, loket penjualan karcis hanya dibuka pada waktu tertentu antara satu pertunjukan dan pertunjukan berikutnya, sehingga pada saat loket ditutup mekanisme pelayanan berhenti dan petugas beristirahat.

2. Kapasitas pelayanan.

   Kapasitas dari mekanisme pelayanan diukur berdasarkan jumlah pelanggan yang tidak dapat dilayani secara bersama-sama. Kapasitas pelayanan yang tidak selalu sama untuk setiap saat, ada yang tetap, tapi ada juga yang berubah-ubah. Karena itu, fasilitas pelayanan memiliki satu atau lebih saluran. Fasilitas yang memiliki satu saluran disebut saluran tunggal atau sistem pelayanan tunggal dan fasilitas yang memiliki lebih dari satu saluran disebut saluran ganda atau pelayanan ganda.

3. Lama pelayanan.

   Lama pelayanan adalah waktu yang dibutuhkan untuk melayani seseorang pelanggan atau satu satuan. Ini harus dinyatakan secara pasti. Oleh karena itu, waktu untuk semua pelanggan atau boleh juga berupa variabel acak. Umumnya dan untuk keperluan analisis, waktu pelayanan dianggap sebagai variabel acak yang terpancar secara bebas dan sama tidak tergantung pada waktu kedatangan.

c. Antrian.

Timbulnya antrian terutama tergantung dari sifat kedatangan dan proses pelayanan. Jika tak ada antrian berarti terdapat pelayanan yang mengangur atau kelebihan fasilitas pelayanan (Mulyono, 1991).

2.3 Disiplin Antrian

Menurut Kakiay (2004 : 12) disiplin antrian adalah aturan dimana para pelanggan dilayani, atau disiplin pelayanan (*service discipline*) yang memuat urutan (*order*) para pelanggan menerima layanan. Disiplin antrian adalah konsep membahas mengenai kebijakan dimana para pelanggan dipilih dari antrian untuk dilayani, berdasarkan urutan kedatangan pelanggan. Ada 4 bentuk disiplin pelayanan yang biasa digunakan dalam praktek yaitu:

a. *First Come Served* (FCFS) atau *First In First out* (FIFO) yaitu pelanggan yang datang lebih dulu akan dilayani, misalnya sistem antrian pada Bank, SPBU, Pembelian karcis bioskop, dan lain-lain.

b. *Last come First Served* (LCFS) atau *Last In First out* (LIFO) yaitu sistem antrian pelanggan yang datang terakhir akan dilayani lebih dulu. Misalnya sistem antrian dalam elevator lift untuk lantai yang sama.

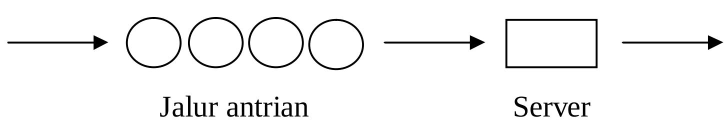
c. *Service In Random Order* (SIRO) yaitu panggilan didasarkan pada peluang secara acak, tidak soal siapa yang lebih dulu tiba, biasanya timbul dalam keadaan praktis.

d. *Priority Service* (PS) yaitu pelayanan diberikan kepada mereka yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan mereka yang mempunyai prioritas yang lebih rendah, meskipun sudah lebih dulu tiba dalam garis tunggu. Kejadian seperti ini bisa disebabkan oleh beberapa hal, misalnya seseorang yang karena kedudukannya atau jabatannya lebih tinggi menyebabkan dia dipanggil lebih dulu atau diberi prioritas lebih tinggi, atau seseorang yang keadaan penyakitnya lebih berat dibanding dengan orang lain dalam suatu tempat praktek dokter.

2.4 Struktur Antrian

Ada 4 model struktur antrian dasar yang umum terjadi dalam seluruh sistem antrian (Kakiay, 2004:13-16)

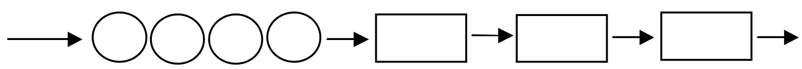
a. Single Channel-Single Phase.



Gambar 2.1. Single Channel-Single Phase.

Single Channel berarti hanya ada satu jalur yang memasuki sistem pelayanan atau ada satu fasilitas pelayanan. Single Phase berarti hanya ada satu fasilitas pelayanan. Model Single Channel dapat di lihat pada Gambar 2.1. Contoh model ini adalah sebuah kantor pos yang hanya menpunyai satu loket pelayanan dengan jalur antrian, supermarket yang hanya memiliki satu kasir sebagai tempat pembayaran. dan lain-lain.

b. *Single Channel-Multi Phase.*

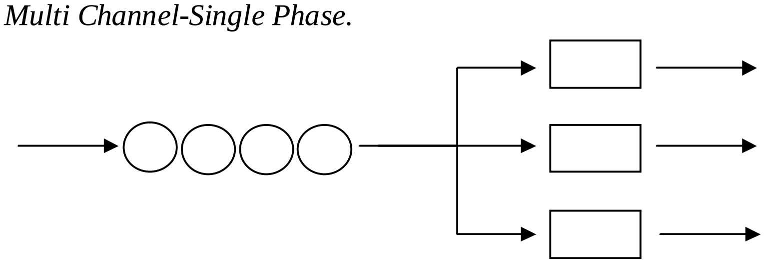


Jalur antrian Server Server Server

Gambar 2.2. *Single Chanel-Multi Phase.*

Sistem antrian jalur tunggal dengan tahapan berganda ini atau menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan. Model *Single Chanel-Multi Phase* dapat dilihat pada Gambar 2.2. Contoh model ini adalah : pencucian mobil, tukang cat, dan sebagainya.

c. *Multi Channel-Single Phase.*

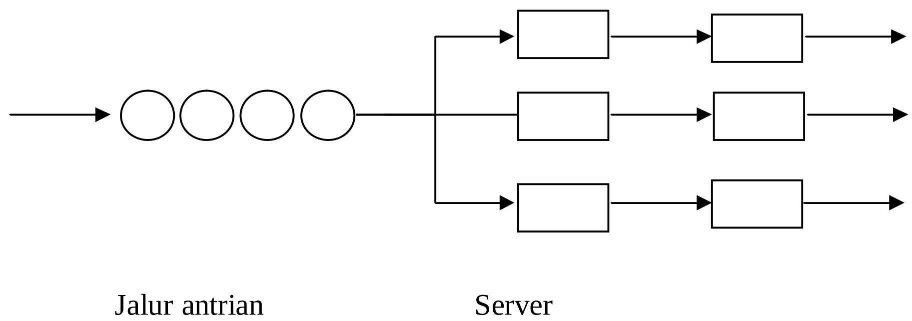


Jalur antrian Server

Gambar 2.3. *Multi Channel-Single Phase.*

Sistem Multy Channel-Single Phase terjadi di mana ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal. Model *Multi Channel-Single Phase* dapat dilihat pada Gambar 2.3. Contoh model ini adalah antrian pada sebuah bank dengan beberapa teller, pembelian tiket atau karcis yang dilayani oleh beberapa loket, pembayaran dengan beberapa kasir, dan lain-lain.

d. *Multi Channel-Multi Phase.*



Gambar 2.4. *Multi Channel-Multi Phase*.

Sistem multi Channel- Multi Phase ini menunjukan bahwa setiap sistem mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahap sehingga terdapat lebih dari satu pelanggan yang dapat dilayani pada waktu bersamaan. Model *Multi Channel-Multi Phase* dapat dilihat pada Gambar 2.4. Contoh model ini adalah pada pelayanan yang diberikan kepada pasien di rumah sakit dimulai dari pendaftaran, diagnosa, tindakan medis, sampai pembayaran, dan lain-lain.

2.5 Model Antrian

Karakteristik dan asumsi dari model antrian dirangkum dalam bentuk notasi. Menurut Kakiay (2004:17-18) bentuk kombinasi proses kedatangan dan pelayanan pada umumnya dikenal sebagai standar universal, yaitu:

$$(a/b/c):(/d/e/f)$$

Dimana simbol a,b,c,d,e dan f merupakan unsur-unsur dasar dari model baris antrian :

a = Distribusi kedatangan (*Arrival Distribution*).

b = Distribusi waktu pelayanan atau keberangkatan (*Servis Time Dearture*).

c = Jumlah pelayan dalam pararel (dimana c = 1,2,3, . . . ,∞).

d = Disiplin pelayanan, seperti FCFS, LCFS, SIRO.

e = Jumlah maksimum yang diizinkan dalam sistem (*Queue* dan *System*).

f = Jumlah pelanggan yang ingin memasuki sistem dalam sumber.

Notasi standar untuk simbol a dan b sebagai distribusi kedatangan dan distribusi waktu pelayanan mempunyai kode sebagai berikut :

M = poisson (*Markovian*) untuk distribusi kedatangan atau waktu pelayanan.

D = interval atau service time konstan (*deterministic*).

E_k = interval atau service time distribusi Erlang atau Gamma.

Contohnya adalah (M/D/5/N/∞) artinya kedatangan berdistribusi poisson, waktu pelayanan konstan, dan terdapat 5 buah fasilitas pelayanan. Jumlah konsumen dibatasi sebanyak N dan sumber populasi tidak terbatas. Model-model antrian secara umum antara lain adalah sebagai berikut :

1. Model (M/M/1/∞/∞).

   Syarat-syarat dari model ini antara lain :

   a. Jumlah kedatangan setiap satuan waktu mengikuti distribusi poisson.
   b. Waktu pelayanan berdistribusi ekponensial.

c. Disiplin antrian yang digunakan adalah FCFS.

d. Sumber populasi tidak terbatas.

e. Jalur antriannya tunggal.

f. Tingkat kedatangan rata-rata lebih kecil dari pada rata-rata pelayanan.

g. Panjang antrian tidak terbatas.

2. Model (M/M/S/∞/∞).

   Pada model ini fasilitas pelayanan (server) bersifat ganda, rata-rata tingkat kedatangan lebih kecil dari pada penjumlahan seluruh rata-rata tingkat pelayanan di semua jalur.syarat yang lain sama dengan model server tunggal.

3. Model (M/M/1/N/ ∞).

   Model ini merupakan variasi dari model yang pertama, dimana panjang antrian atau kapasitas tunggu dibatasi maksimum N individu. Jumlah maksimum ini meliputi individu yang menunggu dan yang sedang dilayani.

4. Model (M/M/1/∞/N).

   Model ini hampir sama dengan model yang pertama hanya saja sumber populasi dibatasi sebanyak N.

2.6 Distribusi Poisson dan Eksponensial

2.6.1 Model Distribusi Poisson

Model distribusi Poisson digunakan untuk menggambarkan distribusi peubah acak pada eksperimen Poisson.

Eksperimen Poisson adalah eksperimen yang bersifat (Djauhari, 1997: 163):

1) Peluang terjadinya 1 kali sukses dalam setiap selang yang sempit, sebanding dengan lebar selang.
2) Peluangnya sangat kecil (dapat diabaikan) untuk terjadi lebih dari 1 kali sukses dalam setiap selang yang sempit.
3) Jika A dan B dua buah selang dimana A∩B = Ø maka banyaknya sukses dalam A independent dengan banyaknya sukses dalam B.

Peubah acak pada suatu eksperimen Poisson adalah X yang menyatakan banyaknya sukses dalam eksperimen tersebut.

Definisi

Peubah acak X dikatakan berdistribusi Poisson dengan parameter λ, ditulis X~POI(λ) jika X memiliki f.k.p sebagai berikut (Djauhari, 1997: 163) :

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}; x > 0, \mu > 0 \\ 0; x \quad yang \quad lain \end{cases}$$

dengan λ menyatakan rata-rata banyaknya sukses dalam suatu selang satuan.

2.6.2 Model Distribusi Eksponensial

Definisi

Jika X~EXP(μ) maka X dikatakan berdistribusi eksponensial dengan parameter μ. Fkp dari X adalah (Djauhari, 1997:175):

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{\mu} e^{-\frac{t}{\mu}}; t > 0, \mu > 0 \\ 0; x \quad yang \quad lain \end{cases}$$

X dapat menyatakan waktu yang dibutuhkan sampai terjadi satu kali sukses dengan λ = rata-rata banyaknya sukses dalam selang waktu satuan.

2.6.3 Peran Distribusi Poisson dan Eksponensial

Pada situasi antrian kedatangan dan keberangkatan (peristiwa) yang timbul selama satu interval waktu dikendalikan dengan kondisi berikut :

Kondisi 1 : Peluang dari sebuah peristiwa (kedatangan atau keberangkatan) yang timbul antara t dan t + s bergantung hanya pada panjangnya s, yang berarti bahwa peluang tidak tergantung pada t atau jumlah peristiwa yang timbul selama periode waktu (0,t).

Kondisi 2 : Peluang peristiwa yang timbul selama interval waktu yang sangat kecil h adalah positif tetapi kurang dari satu.

Kondisi 3 : Paling banyak satu peristiwa yang dapat timbul selama interval waktu yang sangat kecil h.

Ketiga kondisi di atas menjabarkan sebuah proses dimana jumlah peristiwa selama satu interval waktu yang diberikan adalah Poisson dan karena itu interval waktu antara beberapa peristiwa yang berturut-turut adalah Eksponensial (Taha, 1997: 179).

Didefinisikan

$P_n(t)$ = peluang terjadi n peristiwa n yang timbul selama waktu t

Berdasarkan kondisi 1, peluang tidak adanya peristiwa yang timbul selama t + h adalah :

$$P_0(t+h) = P_0(t)P_0(h)$$

Untuk h > 0 dan cukup kecil, maka kondisi 2 menunjukkan bahwa $0 < P_0(h) < 1$.

Berdasarkan kondisi ini, persamaan diatas memiliki pemecahan

$$P_0(t) = e^{-\alpha t}, t \geq 0$$

dengan α adalah konstanta posistif.

Selanjutnya akan ditunjukkan bahwa untuk proses yang dijabarkan dengan $P_n(t)$, interval waktu antara beberapa peristiwa yang berturut-turut adalah eksponensial. Dengan menggunakan hubungan yang diketahui antara Eksponensial dan Poisson, disimpulkan bahwa $P_n(t)$ berdistribusi Poisson.

Dipunyai $f(t)$ adalah fungsi kepadatan peluang dari interval waktu t antar pemunculan peristiwa yang berturut-turut, t ≥ 0. Misalkan bahwa T adalah interval waktu sejak pemunculan peristiwa terakhir, maka pernyataan tentang peluang berikut ini berlaku :

P{waktu antar peristiwa melebihi T} = P{tidak ada kejadian sebelum T}.

Pernyataan ini dapat diterjemahkan menjadi

$$\int_T^{\infty} f(t)dt = P_0(T)$$

Dengan mensubtitusikan $P_0(t)$ pada persamaan diatas diperoleh :

$$\int_T^{\infty} f(t)dt = e^{-\alpha T}, T > 0 \text{ atau } \int_0^{T} f(t)dt = 1 - e^{-\alpha T}, T > 0$$

Dengan mengambil derivatif dari kedua sisi dalam kaitanya dengan T, diperoleh

$$f(t) = \alpha e^{-\alpha t}, t \geq 0$$

yang merupakan fungsi kepadatan peluang distribusi eksponensial dengan mean $E(t) = \frac{1}{\alpha}$ unit waktu. Dengan diketahui bahwa $f(t)$ merupakan sebuah distribusi eksponensial, teori peluang menjelaskan bahwa $P_n(t)$ berdistribusi Poisson, yaitu:

$$P_n(t) = \frac{(\alpha t)^n e^{-\alpha t}}{n!}, n = 0,1,2,....$$

Nilai mean dari n selama periode waktu tertentu t adalah E[n|t] = αt. Ini berarti bahwa α mewakili laju timbulnya peristiwa.

Kesimpulan dari hasil diatas adalah bahwa interval waktu antara beberapa peristiwa yang berturut-turut adalah eksponensial dengan mean $\frac{1}{\alpha}$ unit waktu, maka jumlah peristiwa dalam satu periode tertentu adalah Poisson dengan laju pemunculan rata-rata (peristiwa perunit waktu) α, dan sebaliknya.

Distribusi Poisson merupakan proses yang sepenuhnya acak (*completely random process*) karena memiliki sifat bahwa interval waktu yang tersisa sampai pemunculan peristiwa berikutnya sepenuhnya tidak bergantung pada interval waktu yang telah berlalu dari pemunculan peristiwa terakhir. Sifat tersebut setara dengan pembuktian pernyataan probabilitas (Taha, 1997: 180)

$$P\{t > T + S \mid t > S\} = P\{t > T\}$$

dengan S adalah interval waktu antara pemunculan kejadian terakhir. Karena t bersifat eksponensial, maka

$$P\{t > T + S \mid t > S\} = \frac{P\{t > T + S \mid t > S\}}{P\{t > S\}}$$

$$= \frac{P\{t > T + S\}}{P\{t > S\}}$$

$$= \frac{e^{-\alpha(T+S)}}{e^{-\alpha S}}$$

$$= e^{-\alpha T}$$

$$= P\{t > T\}$$

Sifat tersebut dinamakan keadaan lupa (*forgetfulness*) atau kurang ingatan (*lack of memory*) dari distribusi ekponensial, yang menjadi dasar untuk menunjukkan bahwa distribusi Poisson sepenuhnya bersifat acak.

Ciri unik yang lain dari distribusi Poisson yaitu distribusi Poisson merupakan satu-satunya distribusi dengan mean yang sama dengan varians. Sifat ini kadang-kadang digunakan sebagai indikator awal dari apakah sebuah sampel data ditarik dari sebuah distribusi Poisson.

2.7 Terminologi dan Notasi Antrian

Terminologi yang biasa digunakan dalam sistem antrian adalah :

a. Keadaan sistem yaitu jumlah aktivtas pelayanan yang terjadi dalam melayani pelanggan dalam sistem.
b. Panjang antrian yaitu banyaknya satuan yang berada dalam sistem dikurangi dengan jumlah yang sedang dilayani.

Notasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

n = Jumlah nasabah yang mengantri pada waktu t.

k = Jumlah satuan pelayanan.

λ = Tingkat kedatangan.

μ = Tingkat pelayanan.

ρ = Tingkat kesibukan sistem.

P_O = Peluang semua teller menganggur atau tidak ada nasabah dalam sistem.

$P_{n(n-k)}$= Peluang nasabah yang datang harus menunggu.

L_S = Ekspektasi panjang sistem.

L = Ekspektasi panjang antrian.

W_S = Ekspektasi waktu menunggu dalam sistem.

W = Ekspektasi waktu menunggu dalam antrian.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sistem antrian dan pelayanan adalah sebagai berikut (Kakiay, 2004:4-6) :

a. Distribusi kedatangan, kedatangan individu atau kelompok.
b. Distribusi waktu pelayanan, pelayanan individu atau kelompok.
c. Fasilitas pelayanan, berbentuk *series, pararel*, atau *network station*.
d. Disiplin pelayanan, berbentuk FCFS, LCFS, SIRO,atau PS.
e. Ukuran dalam antrian, kedatangan bersifat tidak terbatas atau terbatas.

f. Sumber pemanggil, bersifat terbatas atau tidak terbatas.

2.8 Pola Kedatangan dan Waktu Pelayanan

2.8.1 Pola Kedatangan

Pola kedatangan suatu sistem antrian dapat dipresentasikan oleh waktu antar kedatangan yang merupakan suatu periode waktu antara dua kedatangan yang berturut-turut. Kedatangan dapat dipisahkan oleh interval kedatangan yang sama atau tidak sama probabilitasnya disebut kedatangan acak. Tingkat kedatangan yaitu jumlah pelanggan yang datang per satuan unit waktu. Jika kedatangan bersifat acak, harus diketahui dahulu distribusi probabilitas kedatangannya.

Suatu proses kedatangan dalam suatu sistem antrian artinya menentukan distribusi probabilitas untuk jumlah kedatangan untuk suatu periode waktu (Winston). Pada umumnya, suatu proses kedatangan terjadi secara acak dan independent terhadap proses kedatangan lainnya dan tidak dapat diprediksikan kapan pelanggan akan datang. Dalam proses ini, distribusi probabilitas poisson menyediakan deskripsi yang cukup baik untuk suatu pola kedatangan. Suatu fungsi probabilitas poisson untuk suatu kedatangan x pada suatu periode waktu adalah sebagai berikut:

$$p_{(x)} = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

Dimana :

x = Jumlah kedatangan per periode waktu.

λ = Rata-rata jumlah kedatangan per periode waktu.

e = 2,71828.

2.8.2 Uji Kesesuaian Poisson

Uji kesesuaian poisson dilakukan dengan uji Chi Square (χ^2) yang didefinisikan sebagai berikut :

H_0 = Data yang diuji mengikuti distribusi.

H_1 = Data yang diuji tidak mengikuti distribusi.

Statistik tes didefinisikan sebagai berikut :

$$\chi^2{}_{hitung} = \sum \frac{(o_i - E_i)}{E_i}$$

Dimana :

O_i = Frekuensi observasi ke-i.

E_i = frekuensi harapan ke-i.

Dalam uji Chi Square, data observasi mengikuti saat $\chi^2{}_{hitung} \leq \chi^2{}_{tabel}$

2.8.3 Pola Pelayanan

Pola pelayanan ditentukan oleh waktu pelayanan yaitu waktu yang dibutuhkan untuk melayani pelanggan pada fasilitas pelayanan. Waktu pelayanan dapat berupa waktu pelayanan konstan ataupun variabel acak yang telah diketahui probabilitasnya. Tingkat pelayanan adalah jumlah pelanggan yang dilayani per satuan waktu. Dengan asumsi *channel* selalu dalam keadaan sibuk sehingga tidak ada waktu *idle* yang dialami oleh *channel*. Periode sibuk dapat digambarkan dengan proses dari sistem antrian dimulai ketika pelanggan tiba, kemudian menunggu, dan akan berakhir ketika pelanggan meninggalkan sistem. Sepanjang periode sibuk selalu ada setidaknya satu pelanggan dalam sistem (Ferreira dkk, 2011:190-195).

Waktu pelayanan antara fasilitas pelayanan dengan fasilitas pelayanan yang lain biasanya tidak konstan. Distribusi probabilitas untuk waktu layanan biasanya mengikuti distribusi probabilitas eksponensial yang formulanya dapat memberikan informasi yang berguna mengenai operasi yang terjadi pada suatu antrian. Persamaan distribusi eksponensialnya adalah sebagai berikut :

$$F(x_i) = 1 - e^{-x/\beta}$$

Dimana :

x = x_i (nilai tengah).

β = rata-rata yang didekati dengan.

e = 2,71828.

2.8.4 Uji Kesesuaian Eksponensial

Uji kesesuaian eksponensial dilakukan dengan uji Kolmogorov-smirnov dengan cara sebagai berikut :

H_0 = data yang diuji mengikuti distribusi.

H1 = data yang diuji tidak mengikuti distribusi.

Statistik test didefinisikan sebagai berikut :

$$s(x) = \sum \frac{F_i}{n}$$

$$D = \max \sum_{i=1}^{n} | F(x_i) - s(x_i) |$$

Dalam uji Kolmogorov-Smirnov suatu data dikatakan mengikuti distribusi jika $T_{hitung} \leq W_{(1-a)}$

2.9 Model-model Antrian

2.9.1 Model (M/M/c):(GD/~/~)

Para pelanggan tiba dengan laju konstan λ dan maksimum *c* pelanggan dapat dilayani secara bersamaan dan laju pelayanan per pelayan adalah μ. Pengaruh penggunaan *c* pelayan yang paralel adalah mempercepat laju pelayanan dengan memungkinkan dilakukanya beberapa pelayanan secara bersamaan. Jika jumlah pelanggan dalam sistem adalah *n*, dan $n \geq c$, maka laju keberangkatan gabungan dari sarana tersebut sama dengan μ. Sedangkan jika $n < c$, maka laju pelayanan adalah $n\mu$. Jadi dalam bentuk model yang digeneralisasikan, diperoleh:

$$\lambda_n = \lambda, \qquad n \geq 0$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & n \leq c \\ c\mu & n \geq c \end{cases}$$

P_n untuk $n < c$ sebagai

$$\begin{aligned} P_n &= \rho \,.\, P_0 \\ &= \frac{\lambda^n}{\mu(2\mu)(3\mu)\ldots(n\mu)} P_0 \\ &= \frac{\lambda^n}{n!\,\mu^n} P_0 \end{aligned}$$

P_n untuk $n \geq c$,

$$P_n = \rho \,.\, P_0$$
$$= \frac{\lambda^n}{\mu(2\mu)\ldots(c-1)\mu(c\mu)(c\mu)} P_0$$
$$= \frac{\lambda^n}{c!\,c^{n-1}\mu^n} P_0$$

karena $\rho = \dfrac{\lambda}{\mu}$ maka nilai P_0 ditentukan dari $\sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1$

yang memberikan

$$P_0 \left\{ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!} \sum_{n=c}^{\infty} \frac{\rho^{n-c}}{c^{n-c}} \right\} = 1$$

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!} \sum_{n=c}^{\infty} \frac{\rho^{n-c}}{c^{n-c}} \right\}^{-1}$$

Jika dimisalkan $j = n - c$ maka diperoleh

$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{c-1} \dfrac{\rho^n}{n!} + \dfrac{\rho^c}{c!} \sum_{j=0}^{\infty} \left(\dfrac{\rho}{c}\right)^j \right\}^{-1}$ karena $\sum_{j=0}^{\infty} \left(\dfrac{\rho}{c}\right)^j$ merupakan deret geometri tak hingga, maka

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!} \left(\frac{1}{1 - \frac{\rho}{c}} \right) \right\}^{-1} \quad \text{dengan} \quad \frac{\rho}{c} < 1$$

Selanjutnya kita mencari ukuran kinerjanya yaitu Lq, Ls, Wq, Ws.

Jika diketahui

$$\frac{\rho}{c} < 1 \quad atau \quad \frac{\lambda}{\mu c} < 1$$

maka

$L_q = \sum_{n=c}^{\infty} (n-c) P_n$ dengan $k = n - c$,

maka diperoleh

$$L_q = \sum_{k=0}^{\infty} k P_{k+c} = \sum_{k=0}^{\infty} k \frac{\rho^{k+c}}{c^k c!} P_0 = P_0 \frac{\rho^c}{c!} \frac{\rho}{c} \sum_{k=0}^{\infty} k \left(\frac{\rho}{c}\right)^{k-1} \quad dan$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} k \left(\frac{\rho}{c}\right)^{k-1} = \frac{d}{d\left(\frac{\rho}{c}\right)} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{\rho}{c}\right)^{k} = \frac{d}{d\left(\frac{\rho}{c}\right)} \left[\frac{1}{1-\frac{\rho}{c}}\right] = \frac{1}{\left(1-\frac{\rho}{c}\right)^2}$$

maka

$$L_q = P_0 \frac{\rho^c}{c!} \frac{\rho}{c} \left[\frac{1}{\left(1-\frac{\rho}{c}\right)^2}\right]$$

$$= P_0 \frac{\rho^c}{c!} \frac{\rho}{c} \left[\frac{c^2}{(c-\rho)^2}\right]$$

$$= P_0 \frac{\rho^c}{c(c-1)!} \frac{\rho}{c} \left[\frac{c^2}{(c-\rho)^2}\right]$$

$$= P_0 \frac{\rho^c}{(c-1)!} \rho \left[\frac{1}{(c-\rho)^2}\right]$$

$$= p_0 \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)!} \frac{1}{(c-\rho)^2}$$

sehingga diperoleh:

$$L_q = \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)!(c-\rho)^2} P_0$$

$$L_s = L_q + \rho$$

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

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

(Taha, 1997:200)

2.9.2 Model (M/G/1):(GD/~/~)

Model (M/G/1):(GD/~/~) atau disebut juga dengan formula *Pollazck – Khintchine* sering disingkat dengan (P-K) adalah suatu formula dimana akan diperoleh pada situasi pelayanan tunggal yang memenuhi tiga asumsi berikut (Kakiay, 2004:139):

1. Kedatangan Poisson dengan rata-rata kedatangan λ.
2. Distribusi waktu pelayanan umum atau general dengan ekspektasi rata-rata pelayanan $E[t] = \frac{1}{\mu}$ dan varian var [*t*].
3. Keadaan *steady state* dimana $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$.

Rata-rata sistem untuk dilayani berhubungan dengan rata-rata jumlah atau ukuran satuan yaitu dengan menggunakan rumus *Little.*

Rumus *Little* diperoleh dari :

Misal P_n adalah probabilitas dari n kedatangan selama waktu tunggu T.

$$P_n = \int_0^\infty P_r \left\{ 6n \text{ kedatangan selama waktu tunggu } T \middle| T = t \right\} \, dW_s(t)$$

Dimana W(*t*) adalah fungsi distribusi kumulatif dari waktu tunggu.

T_q adalah waktu pelanggan menunggu dalam antrian dan T adalah waktu total pelanggan menunggu dalam sistem (T = T_q+ *t*, dimana *t* adalah waktu pelayanan, dengan T, T_q, dan *t* adalah variabel random) dan W_q=E[T_q] serta W_s=E[T].

Maka,

$$P_n = \frac{1}{n!} \int_0^\infty (\lambda t)^n e^{-\lambda t} dW_s(t), n \geq 0 \; dan \; L_s = E[n] = \sum_{n=0}^{\infty} nP_n$$

Dimana n adalah variabel random dari jumlah pelanggan dalam sistem pada saat keadaan *steady state* dan L_s adalah nilai ekspektasinya. Sehingga di peroleh :

$$\begin{aligned}
L_s &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{n}{n!} \int_0^{\infty} (\lambda t)^n e^{-\lambda t} dW_s(t) \\
&= \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{n(n-1)!} (\lambda t)^n dW_s(t) \\
&= \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(\lambda t)^n}{(n-1)!} dW_s(t) \\
&= \int_0^{\infty} \lambda t e^{-\lambda t} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(\lambda t)^{n-1}}{(n-1)!} dW_s(t) \\
&= \int_0^{\infty} \lambda t e^{-\lambda t} e^{\lambda t} dW_s(t) \\
&= \lambda \int_0^{\infty} t dW_s(t) \\
&= \lambda E[t]
\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh

$$L_s = \lambda W_s$$

Rumus *Little* :

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

(Gross and Harris, 1998:11)

2.9.3 Model (M/G/c):(GD/~/~)

Model antrian (M/G/c):(GD/~/~) model ini adalah model antrian dengan pelayanan ganda, distribusi kedatangan Poisson dan distribusi pelayannan general/umum. Probabilitas dari waktu tunggu dalam antrian model (M/G/c) di dapat dari persamaan :

$$\pi_n^q = P_r\{n\ dalam\ antrian\ setelah\ keberangka\tan\}$$
$$= \frac{1}{n!}\int_0^\infty (\lambda t)^n e^{-\lambda t} dW_q(t)$$

Dengan panjang antrian rata-rata pada titik awal kedatangan, yaitu *Lq* adalah

$$L_q = \sum_{n=1}^{\infty} n\pi_n^q = \int_0^\infty \lambda t dW_q(t) = \lambda W_q$$

Menurut Ross (1997), sebagaimana dikutip oleh Sugito dan Marissa (2009: 113) *Wq* dapat dicari dengan

$$W_q = \frac{\lambda^c\ E[t^2]\ (E[t])^{c-1}}{2\,(c-1)!\,(c-\lambda\ E[t])^2\left[\sum_{n=0}^{c-1}\frac{(\lambda\ E[t])^c}{(c-1)!\,(\lambda\ E[t])}\right]}$$

Dengan

W_q = ekspektasi waktu tunggu dalam antrian

2.9.4 Model (G/G/c):(GD/~/~)

Model antrian (G/G/c):(GD/~/~) adalah model antrian dengan pola kedatangan berdistribusi umum (General) dan pola pelayanan berdistribusi umum (General) dengan jumlah fasilitas pelayanan sebanyak c pelayanan. Disiplin antrian yang digunakan pada model ini adalah umum yaitu FCFS *(First Come First Served)*, kapasitas maksimum dalam sistem adalah tak terbatas yang memiliki sumber pemanggilan juga tak terbatas.

Ukuran kinerja sistem pada model General ini mengikuti ukuran kinerja pada model M/M/c, terkecuali untuk perhitungan jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrian (L_q) adalah sebagai berikut :

$$L_q = L_{qM/M/c}\,\frac{\mu^2 v(t) + v(t')\lambda^2}{2}$$

(Sugito dan Marissa, 2009:113)

dengan

$$v(t) = \left(\frac{1}{\mu^2}\right)^2$$

$$v(t') = \left(\frac{1}{\lambda^2}\right)^2$$

Untuk ukuran kinerja sistem yang lain yaitu :

Jumlah rata-rata kedatangan yang diperkirakan dalam sistem (L_s)

$$L_s = L_q + \rho$$

Waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrian (W_q)

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

Waktu yang diperkirakan dalam sistem

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

2.10 Simulasi

Simulasi adalah (1) metode pelatihan yang meragakan sesuatu dalam bentuk tiruan yang mirip dengan keadaan yang sesungguhnya (2) penggambaran suatu sistem atau proses dengan peragaan berupa model statistik atau pemeranan (KBBI, 2001:1353). Keterbatasan metode analitis dalam mengatasi sistem dinamis yang kompleks membuat simulasi sebagai alternatif yang baik.

Model analitik sangat berguna bagi kehidupan sehari-hari, akan tetapi terdapat beberapa keterbatasan antara lain, yaitu :

a. Model analitik tidak mampu menggambarkan suatu sistem pada masa lalu dan masa mendatang melalui pembagian waktu. Model analitik hanya memberikan penyelesaian secara menyeluruh, suatu jawaban yang mungkin tunggal dan optimal tetapi tidak menggambarkan suatu prosedur operasional untuk masa lebih singkat masa perencanaan. Misalnya, penyelesaian persoalan program linier dengan masa perencanaan satu tahun, tidak menggambarkan prosedur operasional untuk masa bulan demi bulan, minggu demi minggu, atau hari demi hari.
b. Model matematika yang konvensional sering tidak mampu menyajikan sistem nyata yang lebih besar dan rumit (*kompleks*). Sehingga sukar untuk membangun model analitik untuk sistem nyata yang demikian.
c. Model analitik terbatas pemakaiannya dalam hal–hal yang tidak pasti dan aspek dinamis (faktor waktu) dari persoalan manajemen.

Berdasarkan hal di atas, maka konsep simulasi dan penggunaan model simulasi merupakan solusi terhadap ketidakmampuan dari model analitik. Beberapa kelebihan simulasi adalah sebagai berikut :

a) Simulasi dapat memberi solusi bila model analitik gagal melakukannya.
b) Model simulasi lebih realistis terhadap sistem nyata karena memerlukan asumsi yang lebih sedikit. Misalnya, tenggang waktu dalam model persediaan tidak perlu harus deterministik.

c) Perubahan konfigurasi dan struktur dapat dilaksanakan lebih mudah untuk menjawab pertanyaan : *what happen if…* Misalnya, banyak aturan dapat dicoba untuk mengubah jumlah langganan dalam sistem antrian.

d) Dalam banyak hal, simulasi lebih murah dari percobaannya sendiri.

e) Simulasi dapat digunakan untuk maksud pendidikan.

f) Untuk sejumlah proses dimensi, simulasi memberikan penyelidikan yang langsung dan terperinci dalam periode waktu khusus.

Model simulasi juga memiliki beberapa kekurangan antara lain yaitu :

1) Simulasi bukanlah presisi dan juga bukan suatu proses optimisasi. Simulasi tidak menghasilkan solusi, tetapi ia menghasilkan cara untuk menilai solusi termasuk solusi optimal.

2) Model simulasi yang baik dan efektif sangat mahal dan membutuhkan waktu yang lama dibandingkan dengan model analitik.

3) Tidak semua situasi dapat dinilai melalui simulasi kecuali situasi yang memuat ketidakpastian.

2.11 Model-Model Simulasi

Model-model simulasi dapat diklasifikasikan dengan beberapa cara. Salah satu pengelompokannya adalah :

a. Model simulasi statis adalah representasi sistem pada waktu-waktu tertentu atau model yang digunakan untuk mempresentasikan sistem dimana waktu tidak mempunyai peranan. Contohnya simulasi Monte Carlo (simulasi perilaku sistem fisika dan matematika).

Model simulasi dinamis adalah representasi sistem sepanjang pergantian waktu ke waktu. Contohnya sistem conveyor di pabrik .

b. Model simulasi deterministik adalah model simulasi yang tidak mengandung komponen yang sifatnya probabilistik (*random*) dan output telah dapat ditentukan ketika sejumlah input dalam hubungan tertentu dimasukkan.

   Model simulasi stokastik adalah model simulasi yang mengandung input-input probabilistik (*random*) dan output yang dihasilkan pun sifatnya random.

c. Model simulasi kontinu adalah model simulasi dimana status (*state*) dari sistem berubah secara kontinu karena berubahnya waktu (*change state variable*). Contohnya simulasi polpulasi penduduk.

   Model simulasi diskrit adalah model suatu sistem dimana perubahan state terjadi pada satuan-satuan waktu yang diskrit sebagai hasil suatu kejadian (*event*) tertentu (*discrete change state variables*). Contohnya simulasi antrian.

2.12 Visual Basic

Microsoft Visual Basic 6.0 merupakan bahasa pemrograman yang cukup populer dan mudah untuk dipelajari serta dapat membuat program dengan aplikasi GUI (*Graphical User Interface*) atau program yang memungkinkan pemakai komputer berkomunikasi dengan komputer tersebut dengan menggunakan modus grafik atau gambar (Madcoms, 2001:3).

2.12.1 Pengertian Visual Basic

Visual Basic adalah salah satu bahasa pemrograman komputer. Bahasa pemrograman adalah perintah-perintah yang dimengerti oleh komputer untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Bahasa pemrograman. Visual Basic, yang dikembangkan oleh Microsoft sejak tahun 1991(Akbar, 2005:32), merupakan pengembangan dari pendahulunya yaitu bahasa pemrograman BASIC (*Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code*) yang dikembangkan pada era 1950-an. Visual Basic merupakan salah satu *Development Tool* yaitu alat bantu untuk membuat berbagai macam program komputer, khususnya yang menggunakan sistem operasi. Windows. Bahasa Basic pada dasarnya adalah bahasa yang mudah dimengerti sehingga pemrograman di dalam bahasa Basic dapat dengan mudah dilakukan meskipun oleh orang yang baru belajar membuat program. Hal ini lebih mudah lagi setelah hadirnya Microsoft Visual Basic, yang dibangun dari ide untuk membuat bahasa yang sederhana dan mudah dalam pembuatan *scriptnya* (*simple scripting language*) untuk graphic user interface yang dikembangkan dalam sistem operasi Microsoft Windows.

Visual Basic merupakan bahasa pemrograman yang sangat mudah dipelajari, dengan teknik pemrograman visual yang memungkinkan penggunanya untuk berkreasi lebih baik dalam menghasilkan suatu program aplikasi. Ini terlihat dari dasar pembuatan dalam visual basic adalah *FORM*, dimana pengguna dapat mengatur tampilan form kemudian dijalankan dalam *script* yang sangat mudah.

Ledakan pemakaian Visual Basic ditandai dengan kemampuan Visual Basic untuk dapat berinteraksi dengan aplikasi lain di dalam sistem operasi

Windows dengan komponen *ActiveX Control*. Dengan komponen ini memungkinkan penguna untuk memanggil dan menggunakan semua model data yang ada di dalam sistem operasi windows. Hal ini juga ditunjang dengan teknik pemrograman di dalam Visual Basic yang mengadopsi dua macam jenis pemrograman yaitu Pemrograman Visual dan *Object Oriented Programming* (OOP).

2.12.2 Interface Antar Muka Visual Basic

Interface antar muka Visual Basic, berisi *menu*, *toolbar*, *toolbox*, *form*, *project explorer* dan *property*. Pembuatan program aplikasi menggunakan Visual Basic dilakukan dengan membuat tampilan aplikasi pada *form*, kemudian diberi *script* program di dalam komponen-komponen yang diperlukan. *Form* disusun oleh komponen-komponen yang berada di [*Toolbox*], dan setiap komponen yang dipakai harus diatur propertinya lewat jendela [*Property*]. Menu pada dasarnya adalah operasional standar di dalam sistem operasi windows, seperti membuat *form* baru, membuat *project* baru, membuka *project* dan menyimpan *project*. Di samping itu terdapat fasilitas-fasilitas pemakaian visual basic pada menu. Untuk lebih jelasnya Visual Basic menyediakan bantuan yang sangat lengkap dan detail dalam MSDN.

Toolbox berisi komponen-komponen yang bisa digunakan oleh suatu *project* aktif, artinya isi komponen dalam *toolbox* sangat tergantung pada jenis *project* yang dibangun.

2.12.3 Konsep Dasar Pemrograman Dalam Visual Basic

Konsep dasar pemrograman Visual Basic, adalah pembuatan *form* dengan mengikuti aturan pemrograman *Property*, *Metode* dan *Event*. Hal ini berarti:

(1) ***Property***: Setiap komponen di dalam pemrograman Visual Basic dapat diatur propertinya sesuai dengan kebutuhan aplikasi. *Property* yang tidak boleh dilupakan pada setiap komponen adalah "Name", yang berarti nama variabel (*komponen*) yang akan digunakan dalam *scripting*. Properti "Name" ini hanya bisa diatur melalui jendela *Property*, sedangkan nilai *Property* yang lain bisa diatur melalui *script* seperti:

Command1.Caption="Play"

Text1.Text="Visual Basic"

Label1.Visible=False

Timer1.Enable=True

(2) ***Metode***: Bahwa jalannya program dapat diatur sesuai aplikasi dengan menggunakan metode pemrograman yang diatur sebagai aksi dari setiap komponen. Metode inilah tempat untuk mengekpresikan logika pemrograman dari pembuatan suatu prgram aplikasi.

(3) ***Event***: Setiap komponen dapat beraksi melalui *event*, seperti *event* click pada command button yang tertulis dalam layar script *Command1_Click*, atau *event Mouse Down* pada *picture* yang tertulis dengan *Picture1_MouseDown*. Pengaturan *event* dalam setiap komponen yang akan menjalankan semua metode yang dibuat.

BAB III
METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini langkah-langkah yang digunakan adalah sebagai berikut.

3.1 Menentukan Masalah

Dalam tahap ini penulis mengambil permasalahan antrian pada bank, pada saat pengambilan beasiswa Bidik Misi. Permasalahan ini dipilih karena pada saat pengambilan beasiswa Bidik Misi terjadi antrian yang panjang pada bank yang telah ditunjuk Unnes sebagai tempat pengambilan beasiswa. Permasalahan diatas dikaji sebagai suatu masalah.

3.2 Merumuskan Masalah

Merumuskan masalah diperlukan agar permasalahan yang dikaji dalam penelitian jelas sehingga mempermudah pemecahan masalah. Berdasarkan ide yang diperoleh, dirumuskan masalah Antrian yang timbul pada bank pada saat pengambilan beasiswa Bidik Misi yang dilaksanakan pada bank yang telah ditunjuk oleh Unnes. Kemudian akan dilihat waktu kedatangan, waktu mulai pelayanan, waktu selesai pelayanan, waktu lama pelayanan. Dengan menggunakan sistem antrian dan model simulasi.

3.3 Studi Literatur dan Studi Kasus

Studi literatur dilakukan peneliti dengan mempelajari teori-teori yang berkaitan dengan teori antrian dan model simulasi kemudian menerapkannya pada data hasil penelitian. Studi kasus dilakukan penulis dengan mengambil data sekunder pada bank pada saat pengambilan beasiswa Bidik Misi, dan aplikasi model simulasi berdasarkan langkah-langkah pemodelan sistem.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode observasi. Data diambil secara langsung pada sistem antrian yang ada pada teller di bank. Waktu penelitian dilaksanakan pada saat pengambilan beasiswa Bidik Misi. Penelitian dilaksanakan pada:

a. Rabu 5 September 2012 pada pukul 08.00-11.00 WIB.
b. Kamis 6 September 2012 pada pukul 08.00-11.00 WIB.
c. Jumat 7 September 2012 pada pukul 08.00-11.00 WIB.

3.5 Analisis Data

Langkah-langkah yang digunakan dalam menganalisis data adalah sebagai berikut:

1. Organisasi data.

   Merekap data hasil penelitian yaitu :

   a. Waktu pelanggan datang.

b. Waktu pelanggan terlayani.

c. Waktu pelanggan selesai terlayani.

d. Lama pelayanan.

2. Menentukan distribusi probabilitas data.

   Data primer diambil selama 3 hari yang dipilih secara random, berupa data rata-rata waktu antar kedatangan *Arivval Interval Time* (AIT) dan waktu pelayanan *Service Time* (ST). Pengambilan data AIT dilakukan dengan mengelompokan banyaknya pelanggan yang datang dalam interval waktu dengan lebar kelas 10 menit. Untuk pengambilan data ST digunakan alat bantu digital.

   Pada tahap analisis data yang digunakan yaitu dengan uji chi-square.

3. Menentukan model dan sistem antrian berdasarkan distribusi probabilitas dan uji chi-square.

4. Menentukan ukuran *steady state*, peluang pelanggan tidak sedang melayani pelanggan, rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian, rata-rata pelanggan dalam sistem, rata-rata waktu pelanggan dalam antrian, rata-rata waktu pelanggan dalam sistem.

5. Simulasi program dari sistem antrian.

   Simulasi program menggunakan Visual Basic.

3.6 Penarikan Kesimpulan

Penarikan simpulan merupakan jawaban dari permasalahan dan tujuan, yang disimpulkan berdasarkan hasil output yang diperoleh, dan mencocokkan hasil perhitungan manual dengan perhitungan dengan simulasi.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat disajikan hasil penelitian dan pembahasan sebagai berikut.

4.1 Analisis Hasil Penelitian

4.1.1 Analisis Kedatangan Pelanggan

Pola kedatangan pelanggan pada Bank diasumsikan berdistribusi Poisson. Untuk menguji bahwa kedatangan nasabah berdistribusi Poisson atau tidak dilakukan uji kebaikan Suai *Chi Square.*

1. Rabu, 5 September 2012 Pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB

Hasil penelitian terhadap kedatangan nasabah bank pada Rabu, 5 September 2012 pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1, hasil ini digunakan untuk menyusun rekapitulasi kedatangan pelanggan per interval waktu 10 menit yang terdapat pada Lampiran 4.

Hasil uji kebaikan suai *Chi Square* terhadap kedatangan nasabah untuk tanggal 5 September pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB diperoleh:

rata-rata kedatangan (λ) = 8,8889 orang per 10 menit = 0,88889 orang per menit $\backsimeq$ (1 orang per 1 menit). χ^2_{hitung} = 127.9685226 dan χ^2_{tabel} dengan taraf signifikan 0,05 serta dk 19 maka di peroleh χ^2_{tabel} = 30,35141.

Dengan demikian $\chi^2{}_{\text{hitung}}$ > $\chi^2{}_{\text{tabel}}$. Jadi, kedatangan pelanggan untuk tanggal 5 September pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB tidak berdistribusi Poisson.

2. Kamis, 6 September 2012 Pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB

Hasil penelitian terhadap kedatangan nasabah bank pada Kamis, 6 September 2012 pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2, hasil ini digunakan untuk menyusun rekapitulasi kedatangan pelanggan per interval waktu 10 menit yang terdapat pada Lampiran 4.

Hasil uji kebaikan suai *Chi Square* terhadap kedatangan nasabah untuk tanggal 6 September pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB diperoleh:

rata-rata kedatangan (λ) = 9.166667 orang per 10 menit = 0,9166667 orang per menit ≌ (1 orang per 1 menit). $\chi^2{}_{\text{hitung}}$ = 90.01774 dan $\chi^2{}_{\text{tabel}}$ dengan taraf signifikan 0,05 serta dk 19 maka di peroleh $\chi^2{}_{\text{tabel}}$ = 30,35141.

Dengan demikian $\chi^2{}_{\text{hitung}}$ > $\chi^2{}_{\text{tabel}}$. Jadi kedatangan pelanggan untuk tanggal 6 September pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB tidak berdistribusi Poisson.

3. Jumat, 7 September 2012 Pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB

Hasil penelitian terhadap kedatangan nasabah bank pada Jumat, 7 September 2012 pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3, hasil ini digunakan untuk menyusun rekapitulasi kedatangan pelanggan per interval waktu 10 menit yang terdapat pada Lampiran 4.

Hasil uji kebaikan suai *Chi Square* terhadap kedatangan nasabah untuk tanggal 7 September pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB diperoleh: rata-rata kedatangan (λ) = 8.5 orang per 10 menit = 0,85 orang per menit ≐ (1 orang per 1 menit). $\chi^2{}_{\text{hitung}}$ = 51.63225 dan $\chi^2{}_{\text{tabel}}$ dengan taraf signifikan 0,05 serta dk 13 maka di peroleh $\chi^2{}_{\text{tabel}}$ = 24.99580.

Dengan demikian $\chi^2{}_{\text{hitung}} > \chi^2{}_{\text{tabel}}$. Jadi, kedatangan pelanggan untuk tanggal 7 September pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB tidak berdistribusi Poisson.

4.1.2 Analisis Waktu Pelayanan

Dari hasil pengamatan sistem antrian pada bank diperoleh waktu pelayanan *t*, yaitu waktu yang diperlukan untuk melayani satu orang pelanggan. Untuk menentukan rata-rata waktu pelayanan dapat dihitung dengan $\bar{t} = \sum_{i=1}^{m} x_i f_i$, dengan i adalah batas-batas interval $[I_{i-1}, I_i]$ dan X_i adalah nilai tengah dari interval ke-i serta f_i adalah frekuensi relatif yaitu frekuensi observasi (f_0) pada interval i dibagi dengan jumlah frekuensi keseluruhan (n). Laju pelayanan pelanggan (μ) adalah rata-rata jumlah pelanggan yang dapat dilayani per satuan waktu. Dengan demikian harga $\mu = \frac{1}{t}$.

Dari data penelitian diperoleh data waktu pelayanan yang akan diuji kebaikan Suai *(Goodness of fit test) - chi square.*

1. Rabu, 5 September 2012 Pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB

Rata-rata waktu pelayanan sebesar 3,1 menit untuk setiap pelanggan, sehingga laju pelayanan rata-rata (μ) adalah 0,3225 pelanggan per menit, perhitungan terlihat pada Lampiran 8. Sedangkan untuk nilai χ^2_{hitung} adalah 91.79520428. Dari tabel *Chi Square* yang terdapat pada Lampiran 15 dengan dk = 6 dan taraf kesalahan α = 5% diperoleh nilai χ^2_{tabel} adalah 12,6. Dengan demikian $\chi^2_{\text{hitung}} > \chi^2_{\text{tabel}}$. Jadi waktu pelayanan tidak berdistribusi Eksponensial.

2. Kamis, 6 September 2012 Pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB

Rata-rata waktu pelayanan sebesar 3,072 menit untuk setiap pelanggan, sehingga laju pelayanan rata-rata (μ) adalah 0,325 pelanggan per menit, perhitungan terlihat pada Lampiran 9. Sedangkan untuk nilai χ^2_{hitung} adalah 109.287932. Dari tabel *Chi Square* yang terdapat pada Lampiran 15 dengan dk = 5 dan taraf kesalahan α = 5% diperoleh nilai χ^2_{tabel} adalah 11,1. Dengan demikian $\chi^2_{\text{hitung}} > \chi^2_{\text{tabel}}$. Jadi waktu pelayanan tidak berdistribusi Eksponensial.

3. Jumat, 7 September 2012 Pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB

Rata-rata waktu pelayanan sebesar 3,287 menit untuk setiap pelanggan, sehingga laju pelayanan rata-rata (μ) adalah 0,304 pelanggan per menit, perhitungan terlihat pada Lampiran 10. Sedangkan untuk nilai χ^2 $_{hitung}$ adalah 162.93210. Dari tabel *Chi Square* yang terdapat pada Lampiran 15 dengan dk = 3 dan taraf kesalahan α = 5% diperoleh nilai χ^2_{tabel} adalah 7,81. Dengan demikian $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{tabel}$. Jadi waktu pelayanan tidak berdistribusi Eksponensial.

4.1.3 Menentukan Model Antrian

1. Rabu, 5 September 2012 Pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB

Dari hasil pengujian pada data penelitian yang dilakukan pada teller bank pada Rabu, 5 September 2012 pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB diperoleh kedatangan pelanggan tidak berdistribusi Poisson dan waktu pelayanan tidak berdistribusi Eksponensial, pelanggan dilayani oleh 3 orang teller dengan peraturan pelanggan yang pertama datang dilayani terlebih dahulu, serta kapasitas sistem dan sumber yang tak terbatas. Berdasarkan notasi Kendall, maka sistem antrian pada teller bank pada hari Rabu, 5 September 2012 mengikuti model G/G/c.

2. Kamis, 6 September 2012 Pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB

Dari hasil pengujian pada data penelitian yang dilakukan pada teller bank pada Kamis, 6 September 2012 pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB diperoleh kedatangan pelanggan tidak berdistribusi Poisson dan waktu pelayanan tidak berdistribusi Eksponensial, pelanggan dilayani oleh 3 orang teller dengan peraturan pelanggan yang pertama datang dilayani terlebih dahulu, serta kapasitas sistem dan sumber yang tak terbatas. Berdasarkan notasi Kendall, maka sistem antrian pada teller bank pada hari Kamis, 6 September 2012 mengikuti model G/G/c.

3. Jumat, 7 September 2012 Pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB

Dari hasil pengujian pada data penelitian yang dilakukan pada teller bank pada Jumat, 7 September 2012 pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB diperoleh kedatangan pelanggan tidak berdistribusi Poisson dan waktu pelayanan tidak berdistribusi Eksponensial, pelanggan dilayani oleh 3 orang teller dengan peraturan pelanggan yang pertama datang dilayani terlebih dahulu, serta kapasitas sistem dan sumber yang tak terbatas. Berdasarkan notasi Kendall, maka sistem antrian pada teller bank pada hari Jumat, 7 September 2012 mengikuti model G/G/c.

4.1.4 Menentukan Efektifitas Proses Pelayanan Pelanggan

Efektifitas proses pelayanan ditentukan dengan menghitung jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem dan antrian, menghitung waktu rata-rata yang dihabiskan seseorang pelanggan dalam sistem dan antrian, serta menghitung peluang pelayan tidak sedang melayani pelanggan.

1. Rabu, 5 September 2012 Pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh :

λ = 0,88889 pelanggan per menit

μ = 0,32258 pelanggan per menit

c = 3

Dapat dihitung $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0,88889}{0,32258} = 2,75556$ dan $\frac{\rho}{c} = 0,91852$

karena $0,91852 < 1$, maka dalam keadaan *steady state*.

1. Peluang pelayan tidak sedang melayani pelanggan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!\left(1 - \frac{\rho}{c}\right)} \right)^{-1}$$

$$= \left(\left(\frac{(2,75556)^0}{0!} + \frac{(2,75556)^1}{1!} + \frac{(2,75556)^2}{2!} \right) + \frac{(2,75556)^3}{3!\left(1 - \frac{2,75556}{3}\right)} \right)^{-1}$$

$$= \left((1 + 2,75556 + 3,79655) + \frac{20,92327}{3!(0,08148)} \right)^{-1}$$

$$= (7,55211 + 42,79838)^{-1}$$

$$= (50,35049)^{-1}$$

$$= 0,01986$$

Jadi peluang pelayan tidak sedang melayani pelanggan adalah sebesar 0,01986 atau 1,9 % dari waktunya.

2. Rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian di hitung dengan menggunakan rumus :

$$L_{qM/M/c} = \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)!(c-\rho)^2} P_0$$

$$= \frac{(2{,}75556)^4}{(3-1)!(3-2{,}75556)^2} \cdot 0{,}01986$$
$$= \frac{57{,}65533}{2!(0{,}24444)^2} \cdot 0{,}01986$$
$$= \frac{57{,}65533}{0{,}11950} \cdot 0{,}01986$$
$$= 482{,}46403 \cdot 0{,}01986$$
$$= 9{,}58173$$

$$L_q = L_{qM/M/c} \cdot \frac{\mu^2 v(t) + v(t')\lambda^2}{2}$$

$$= 9{,}58173. \frac{(0{,}32248)^2 \left(\frac{1}{(0{,}32248)^2}\right)^2 + \left(\frac{1}{(0{,}88889)^2}\right)^2 (0{,}88889)^2}{2}$$
$$= 9{,}58173. \frac{(0{,}32248)^2 (9{,}61599)^2 + (1{,}26566)^2 (0{,}88889)^2}{2}$$
$$= 9{,}58173. \frac{0{,}01081 + 2{,}56576}{2}$$
$$= 9{,}58173. \frac{2{,}57657}{2}$$
$$= 9{,}58173.1{,}28828$$
$$= 12{,}34401$$

Jadi rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian adalah 13 pelanggan.

3. Rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem dihitung dengan menggunakan rumus

   :

$$L_s = L_q + \rho$$
$$= 12{,}34401 + 2{,}75556$$
$$= 15{,}09957$$

Jadi rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem adalah 16 pelanggan

4. Rata-rata waktu yang dihabiskan seorang pelanggan dalam antrian dihitung dengan menggunakan rumus :

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

$$= \frac{12{,}34401}{0{,}88889}$$
$$= 13{,}88699$$

Jadi rata-rata waktu yang dihabiskan seorang pelanggan dalam antrian adalah 13,88699 menit.

5. Rata-rata waktu yang dihabiskan seorang pelanggan dalam sistem dihitung dengan menggunakan rumus :

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

$$= 13{,}88699 + \frac{1}{0{,}32248}$$
$$= 13{,}88699 + 3{,}10097$$
$$= 16{,}98796$$

Jadi rata-rata waktu yang dihabiskan seorang pelanggan dalam sistem adalah 16,98796 menit.

2. Kamis, 6 September 2012 Pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh :

λ = 0,91667 pelanggan per menit

μ = 0,32544 pelanggan per menit

c = 3

Dapat dihitung $\rho = \dfrac{\lambda}{\mu} = \dfrac{0{,}91667}{0{,}32544} = 2{,}81671$ dan $\dfrac{\rho}{c} = 0{,}93890$

karena $0{,}93890 < 1$, maka dalam keadaan *steady state.*

1. Peluang pelayan tidak sedang melayani pelanggan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!\left(1 - \frac{\rho}{c}\right)} \right)^{-1}$$

$$= \left(\left(\frac{(2{,}81671)^0}{0!} + \frac{(2{,}81671)^1}{1!} + \frac{(2{,}81671)^2}{2!} \right) + \frac{(2{,}81671)^3}{3!\left(1 - \frac{2{,}81671}{3}\right)} \right)^{-1}$$

$$= \left((1 + 2{,}81671 + 3{,}96693) + \frac{22{,}34737}{3!(0{,}06109)} \right)^{-1}$$

$$= (7{,}78363 + 60{,}96178)^{-1}$$

$$= (68{,}74542)^{-1}$$

$$= 0{,}01455$$

Jadi peluang pelayan tidak sedang melayani pelanggan adalah sebesar 0,01455 atau 1,4 % dari waktunya.

2. Rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian di hitung dengan menggunakan rumus :

$$L_{qM/M/c} = \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)!(c-\rho)^2} P_0$$

$$= \frac{(2{,}81671)^4}{(3-1)!\,(3-2{,}81671)^2}\cdot 0{,}01455$$
$$= \frac{62{,}94606}{2!\,(0{,}03359)}\cdot 0{,}01455$$
$$= \frac{62{,}94606}{0{,}06719}\cdot 0{,}01455$$
$$= 936{,}83046\cdot 0{,}01455$$
$$= 13{,}63088$$

$$L_q = L_{qM/M/c}\cdot\frac{\mu^2 v(t) + v(t')\lambda^2}{2}$$

$$= 13{,}63088.\frac{(0{,}32544)^2\left(\frac{1}{(0{,}32544)^2}\right)^2 + \left(\frac{1}{(0{,}91667)^2}\right)^2 (0{,}91667)^2}{2}$$
$$= 13{,}63088.\frac{(0{,}32544)^2(9{,}44187)^2 + (1{,}19007)^2(0{,}91667)^2}{2}$$
$$= 13{,}63088.\frac{0{,}01122 + 2{,}00584}{2}$$
$$= 13{,}63088.\frac{2{,}01705}{2}$$
$$= 13{,}63088.1{,}00852$$
$$= 13{,}74712$$

Jadi rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian adalah 14 pelanggan.

3. Rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem dihitung dengan menggunakan rumus:

$$L_s = L_q + \rho$$
$$= 13{,}74712 + 2{,}81671$$
$$= 16{,}56383$$

Jadi rata-rata jumalah pelanggan dalam sistem adalah 17 pelanggan

4. Rata-rata waktu yang dihabiskan seorang pelanggan dalam antrian dihitung dengan menggunakan rumus :

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

$$= \frac{13{,}74712}{0{,}91667}$$
$$= 14{,}99680$$

Jadi rata-rata waktu yang dihabiskan seorang pelanggan dalam antrian adalah 14,99680menit.

5. Rata-rata waktu yang dihabiskan seorang pelanggan dalam sistem dihitung dengan menggunakan rumus :

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

$$= 14{,}99680 + \frac{1}{0{,}32544}$$
$$= 14{,}99680 + 3{,}07276$$
$$= 18{,}06956$$

Jadi rata-rata waktu yang dihabiskan seorang pelanggan dalam sistem adalah 18,06956menit.

3. Jumat, 8 september 2012 Pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh :

λ = 0,85 pelanggan per menit

μ = 0,30417 pelanggan per menit

c = 3

Dapat dihitung $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0,85}{0,304} = 2,79449$ dan $\frac{\rho}{c} = 0,93149$

karena $0,93149 < 1$, maka dalam keadaan *steady state*.

1. Peluang pelayan tidak sedang melayani pelanggan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!\left(1 - \frac{\rho}{c}\right)} \right)^{-1}$$

$$= \left(\left(\frac{(2,79449)^0}{0!} + \frac{(2,79449)^1}{1!} + \frac{(2,79449)^2}{2!} \right) + \frac{(2,79449)^3}{3!\left(1 - \frac{2,79449}{3}\right)} \right)^{-1}$$

$$= \left((1 + 2.79449 + 3,90459) + \frac{21,82265}{3!(0,06850)} \right)^{-1}$$

$$= (7,69908 + 53,09391)^{-1}$$

$$= (60,79299)^{-1}$$

$$= 0,01645$$

Jadi peluang pelayan tidak sedang melayani pelanggan adalah sebesar $0,01645$ atau 1,6 % dari waktunya.

2. Rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian di hitung dengan menggunakan rumus :

$$L_{qM/M/c} = \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)!(c-\rho)^2} P_0$$

$$= \frac{(2.79449)^4}{(3-1)!(3-2.79449)^2} \cdot 0,01645$$
$$= \frac{60,98320}{2!(0,04223)} \cdot 0,01645$$
$$= \frac{60,94606}{0,08447} \cdot 0,01645$$
$$= 721,96198 \cdot 0,01645$$
$$= 11,87627$$

$$L_q = L_{qM/M/c} . \frac{\mu^2 v(t) + v(t')\lambda^2}{2}$$

$$= 11,87627 . \frac{(0,30417)^2 \left(\frac{1}{(0,30417)^2}\right)^2 + \left(\frac{1}{(0,85)^2}\right)^2 (0,85)^2}{2}$$
$$= 11,87627 . \frac{(0,30417)^2 (10,80854)^2 + (1,38408)^2 (0,85)^2}{2}$$
$$= 11,87627 . \frac{0,00856 + 1,38408}{2}$$
$$= 11,87627 . \frac{1,39264}{2}$$
$$= 11,87627 . 0,69632$$
$$= 8,26916$$

Jadi rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian adalah 9 pelanggan.

3. Rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem dihitung dengan menggunakan rumus:

$$L_s = L_q + \rho$$
$$= 8,26916 + 2,79449$$
$$= 11,06416$$

Jadi rata-rata jumalah pelanggan dalam sistem adalah 12 pelanggan

4. Rata-rata waktu yang dihabiskan seorang pelanggan dalam antrian dihitung dengan menggunakan rumus :

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

$$= \frac{8,26916}{0,85}$$
$$= 9,72902$$

Jadi rata-rata waktu yang dihabiskan seorang pelanggan dalam antrian adalah $9,72902$ menit.

5. Rata-rata waktu yang dihabiskan seorang pelanggan dalam sistem dihitung dengan menggunakan rumus :

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

$$= 9,72902 + \frac{1}{0,30417}$$
$$= 9,72902 + 3,28763$$
$$= 13,01665$$

Jadi rata-rata waktu yang dihabiskan seorang pelanggan dalam sistem adalah $13,01665$ menit.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Sistem Antrian pada Teller Bank.

Sistem antrian yang terdapat pada Teller bank pada hari Rabu, 5 September 2012 pukul 08.00 WIB -11.00 WIB, Kamis 6 September 2012 pukul 08.00 WIB – 11.00 WIB, dan 7 September 2012 pukul 08.00 WIB - 11.00 WIB mengikuti model G/G/c, yaitu pola kedatangan tidak berdistribusi Poisson dan pola pelayanan tidak distribusi Eksponensial dengan kapasitas pelayanan yang tak terbatas dan dengan aturan pelanggan yang pertama datang maka pelanggan tersebut yang pertama dilayani dan untuk hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Efektifitas Proses Pelayanan

	Rabu 5 September 2012	Kamis 6 September 2012	Jumat 7 September 2012
Λ	8,889	9,167	8,5
μ	0,322	0,325	0,304
P_0	1,9 %	1,4%	1,6%
L_q	12 pelanggan	14 pelanggan	9 pelanggan
L_s	15 pelanggan	17 pelanggan	12 pelanggan
W_q	13,88 menit	14,99 menit	9,73 menit
W_s	16,98 menit	18,07 menit	13,02 menit

Pada umumnya situasi antrian memiliki masa sibuk atau periode sibuk, pada penelitian di bank yang diberikan wewenang Unnes untuk pengambilan beasiswa, pada saat pembagian beasiswa Bidik Misi, dalam hal ini terlihat bahwa masa sibuk terjadi pada hari Kamis 6 September 2012. Peristiwa ini terlihat pada Tabel 4.1 bahwa pada hari Kamis 6 September 2012 jumlah pelanggan dalam antrian 14 pelanggan tiap menitnya dan dalam sistem 17 pelanggan tiap menitnya, untuk rata-rata waktu yang dihabiskan pelanggan dalam antrian sekitar 14,99 menit untuk setiap pelanggan dan untuk rata-rata waktu yang dihabiskan pelanggan dalam sistem sekitar 18,07 menit untuk setiap pelanggan. Sedangkan untuk hari biasa seperti Rabu, Kamis masih dapat dikatakan bahwa pelanggan datang dengan jumlah yang tidak terlalu besar, peritiwa tersebut dapat dilihat dari rata-rata banyaknya pelanggan yang ada pada hari Rabu 5 September 2012 yaitu hanya sekitar 12 pelanggan dalam antrian dan sekitar 15 pelanggan dalam sistem, untuk rata-rata waktu yang dihabiskan pelanggan dalam antrian sekitar 13,88 menit untuk setiap pelanggan dan untuk rata-rata waktu yang dihabiskan pelanggan dalam sistem sekitar 16,98 menit untuk setiap pelanggan. Peristiwa serupa juga terjadi pada hari Jumat 7 September 2012 jumlah pelanggan dalam antrian 9 pelanggan tiap menitnya dan dalam sistem 12 pelanggan tiap menitnya, untuk rata-rata waktu yang dihabiskan pelanggan dalam antrian sekitar 9,72 menit untuk setiap pelanggan dan untuk rata-rata waktu yang dihabiskan pelanggan dalam sistem sekitar 13,02 menit untuk setiap pelanggan.

4.2.2 Menentukan Jumlah Pelayan yang Ideal

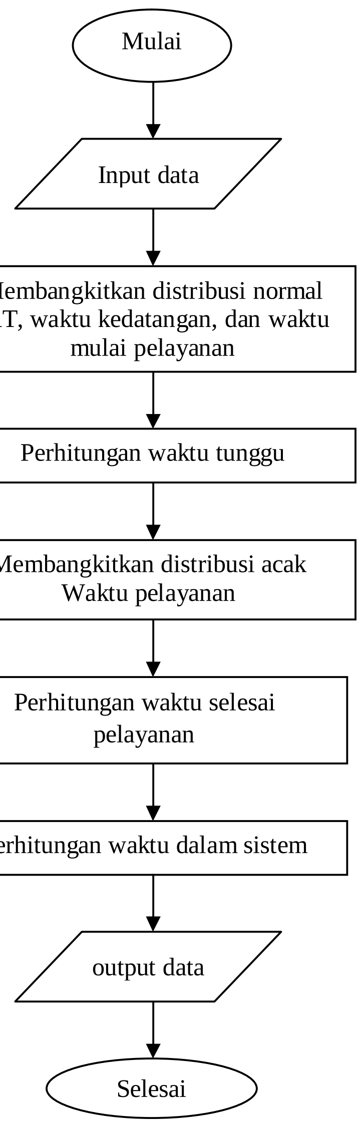
Jumlah pelayanan yang terlalu banyak dapat mengurangi penumpukan pelanggan dalam antrian pada sistem tetapi dapat pula mengakibatkan waktu menganggur lebih dari yang diperkirakan sehingga akan banyak teller yang tidak melakukan pekerjaan atau tidak melakukan apapun.

Dari hasil analisis di atas diperoleh peluang Teller menganggur dan rata-rata waktu dalam sistem memiliki persentase angka yang kecil, terlihat pada hari Rabu persentase kasir menganggur dan rata-rata waktu dalam sistem sangat kecil dan juga pada hari Kamis dan Jumat, hal ini juga dipengaruhi oleh jumlah kedatangan pelanggan pada hari Kamis memang lebih besar di bandingkan dengan hari Rabu dan Jumat. Hal ini berarti sebagaian besar waktu dari Teller yang ada digunakan untuk melayani para pelanggan. Dalam hal ini pelanggan tidak akan menemui antrian yang cukup panjang dan waktu tunggu yang relatif lama untuk mendapatkan pelayanan, dan rata-rata waktu pelanggan yang memasuki sistem pun tidak membutuhkan waktu yang relatif lama.

Dari keadaan diatas dapat dikatakan bahwa untuk pelayanan terhadap pelanggan pada hari Rabu, Kamis, dan Jumat sudah cukup efektif, yaitu dengan membuka 3 pelayanan Teller, sehingga pelanggan menunggu untuk dilayani di teller tidak terlalu lama.

4.3 Simulasi Program

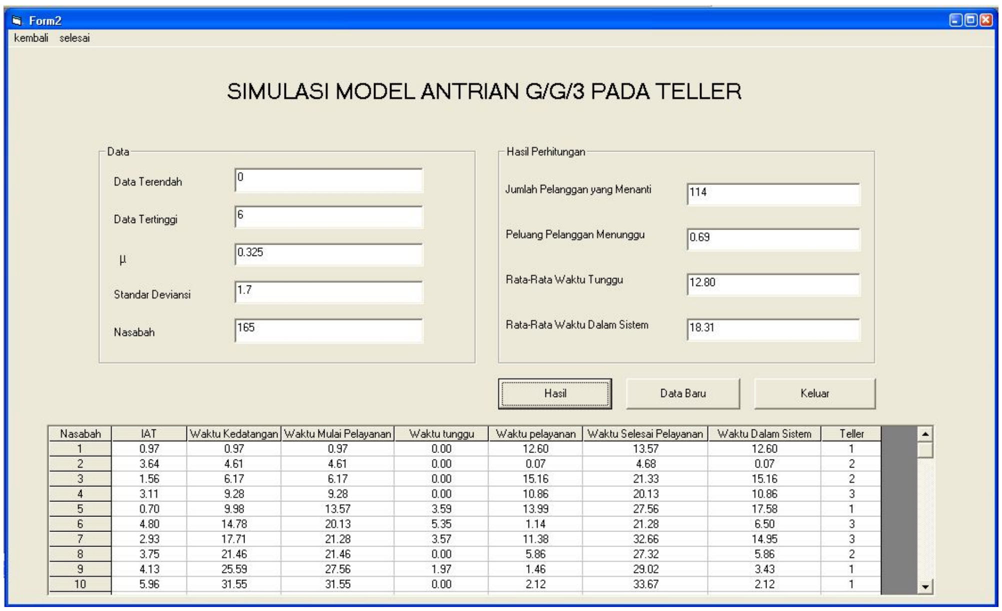
Metode simulasi merupakan salah satu metode yang lebih efektif untuk memecahkan masalah antrian jenis ini. Untuk menyimulasikan waktu kedatangan dan waktu pelayanan yang bersifat random, maka akan digunakan angka-angka random. Bilangan random digunakan untuk menentukan berapa lama waktu yang digunakan sesuai jenis distribusinya. Untuk membangkitkan bilangan random ini digunakan alat bantu berupa perangkat lunak, yaitu Visual Basic. Prosedur pengolahan data pada simulasi dapat di gambarkan dengan flowchart seperti yang terdapat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Flowchart Simulasi.

Model antrian yang digunakan dalam skripsi ini adalah model antrian G/G/c. Model ini adalah model antrian dengan waktu kedatangan dan waktu pelayanan berdistribusi General. Contoh simulasi model G/G/c:

Dalam sebuah antrian terdapat 3 teller, dan sanggup melayani transaksi 0,325 pelanggan/menit dengan waktu pelayanan tidak berdistribusi Eksponensial dengan AIT 6 menit dan 0 menit, standar deviasi sebesar 1,7 serta jumlah pelanggan adalah 165, Hasil simulasi teori antrian model G/G/3 dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Hasil Simulasi G/G/3.

Setelah proses di atas dijalankan sesuai dengan algoritma maka diperoleh hasil seperti pada Gambar 4.2. AIT, waktu kedatangan, dan waktu mulai pelayanan kita peroleh dari hasil membangkitkan distribusi Normal. Untuk *source code* yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 14. Nilai waktu tunggu kita peroleh dari hasil pengurangan waktu kedatangan, dan waktu mulai pelayanan.

Langkah selanjutnya yaitu membangkitkan distribusi acak (random) sesuai dengan algoritma yang diberikan di atas untuk menentukan nilai dari waktu pelayanan, *source code* tertera pada Lampiran 14. Untuk nilai waktu selesai pelayanan di peroleh dari hasil penjumlahan waktu mulai pelayanan dan waktu pelayanan, nilai waktu dalam sistem diperoleh dari penjumlahan waktu tunggu dan waktu pelayanan.

Jumlah pelanggan yang menanti di peroleh dari hasil nilai waktu tunggu yang lebih besar dari 0, Peluang pelanggan menunggu merupakan hasil pembagian dari jumlah pelanggan yang menanti dibagi dengan jumlah nasabah. Nilai rata-rata waktu tunggu diperoleh dari jumlah dari nilai waktu tunggu dibagi dengan jumlah nasabah, sedangkan rata-rata waktu dalam sistem merupakan waktu tertinggi yang dihasilkan pada waktu tunggu.

Data yang disimulasikan mengambil data asli pada hari Kamis 6 September 2012, berupa $\mu = 0,325$ pelanggan/menit, dengan data AIT tertinggi 6 menit dan data AIT terendah 0 menit, standar deviasi sebesar 1,7 serta jumlah pelanggan adalah 165. Menghasilkan jumlah pelanggan yang menanti = 114 pelanggan, peluang teller menganggur sebesar 0,69% , rata-rata waktu tunggu sebesar 12,80 menit, dan rata-rata waktu dalam sistem sebesar 18,31 menit. Dalam perhitungan simulasi ini hasilnya berbeda dengan hasil perhitungan secara manual, hal ini dikarenakan pemanggilan data menggunakan data acak (*random*).

BAB 5
PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan uraian dari hasil penelitian, diproleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem antrian pada pelayanan teller bank pada Rabu 5 September 2012 mengikuti model antrian (G/G/3/~/~). Pada hari Kamis 6 September 2012 mengikuti model antrian (G/G/3/~/~). Dan pada hari Jumat 7 September 2012 mengikuti model antrian (G/G/3/~/~). Jadi pada ketiga hari tersebut memiliki model antrian yang sama yaitu model antrian (G/G/3/~/~) yaitu sistem antrian yang memiliki pola pelayanan yang tidak berdistribusi eksponensial dan pola kedatangan tidak berdistribusi poisson.
2. Keefektifitasan pelayanan pada hari Rabu 5 September 2012, Kamis 6 September 2012 dan Jumat 7 September 2012, dapat dikatakan sudah efektif dengan melihat persentase teller menganggur rata-rata waktu dalam sistem. Hal tersebut dapat dilihat pada hari Rabu 5 September 2012 peluang pelayanan tidak sedang melayani pelanggan sebesar 1,9% dan rata-rata waktu dalam sistem 16,98 menit, Kamis 6 September 2012 sebesar 1,4% dan rata-rata waktu dalam sistem 18,07 menit, dan Jumat 7 September 2012 sebesar 1,6% dan rata-rata waktu dalam sistem 13,02 menit. Jadi pelayanan bank pada saat penelitian dilaksanakan dapat dikatakan sudah efektif.
3. Simulasi dalam skripsi ini menggunakan pemrograman visual basic. Hasil akhir dalam simulasi ini menghitung besarnya jumlah pelanggan yang menanti, peluang pelanggan menunggu, rata-rata waktu tunggu, dan rata-rata

waktu dalam sistem. Pada pelayanan bank yang menggunakan distribusi general.

5.2 Saran

1. Sebaiknya dalam pengambilan data agar lebih akurat menggunakan satuan detik.
2. Penerapan tentang simulasi program ini menentukan solusi dari masalah sistem antrian (G/G/c) saja, masih dapat dikembangkan lagi untuk pokok bahasan model sistem antrian yang lain.
3. Sebelum melakukan uji dengan simulasi sebaiknya memperjelas distribusi model antrian.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, A. 2005. *Visual Basic. Net (Belajar praktis melalui berbagai tutorial dan tips).* Bandung: informatika.

Bronson, R. 1993. *Teori dan soal soal OPERATION RESEARCH*. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.

Djauhari, & Maman A. 1990. *Statistik Matematik*. Bandung: Institud Teknologi Bandung

Ferreira, A.M.M., Marina A.,Jose A.F, & Manuel P.C. *Statisical Queuing Theory with Some Aplication*. *International Journal of Latest Trends In Finance & Economic Sciences,* Tersedia di http:// ojs.excelingtech.co.uk [diakses 30-01-2013].

Gross, D. Harris, C.M. 1998. *Fundamental of Queuing Theory,* Third Edition, Canada : John Wiley.

Hiller, F.S. & G.J. Lieberman. 2001. *Introduction to operations research*, Third edition. USA: McGraw-Hill

Kakiay, T.J. 2004. *Dasar Teori Antrian untuk Kehidupan Nyata*. Yogyakarta: Andi.

Kamus Besar Bahasa Indonesia. 2001. Jakarta: Balai Pustaka.

Madcoms. 2001. *Panduan Pemrograman Microsoft Visual Basic*. Yogyakarta: Andi

Mulyono, Sri. 2002. *Riset Operasi*. Jakarta : Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.

Subagyo P. Asri M. & Handoko H. 2000. *Dasar-dasar Operation Research.* Edisi 2. Yogyakarta: BPTE.

Sugito & Fauziah M. 2009. *Analisis Sistem Antrian Kereta Api di stasiun Besar Cirebon dan Stasiun Cirebon Prujakan*. Media Statistika Vol 2 No 2 :111-120. Desember 2009.

Taha H.A. 1997. *Riset Operasi: Suatu Pengantar*. Jakarta: Binapura Aksara.

Lampiran 1

Data Waktu Kedatangan Pelanggan

Rabu, 5 September 2012

No	Datang	Terlayani			Selesai	Lama Pelayanan (menit)
		Teller 1	Teller 2	Teller 3		
1	8.00	8.08			8.10	2
2	8.00		8.09		8.10	1
3	8.00			8.09	8.13	4
4	8.00		8.10		8.11	1
5	8.00	8.10			8.12	2
6	8.00		8.11		8.15	4
7	8.00	8.12			8.13	1
8	8.00			8.13	8.15	2
9	8.00	8.13			8.16	3
10	8.00		8.15		8.16	1
11	8.00	8.16			8.18	2
12	8.01		8.16		8.17	1
13	8.02		8.17		8.18	1
14	8.02		8.18		8.21	3
15	8.02	8.18			8.20	2
16	8.03	8.20			8.22	2
17	8.05		8.21		8.27	6
18	8.07		8.21		8.23	2
19	8.07	8.22			8.24	2
20	8.09	8.24			8.26	2
21	8.11	8.26			8.31	5
22	8.12		8.27		8.28	1
23	8.13		8.28		8.29	1
24	8.13			8.29	8.32	3
25	8.14		8.30		8.32	2
26	8.16	8.31			8.32	1
27	8.18	8.32			8.35	3
28	8.19			8.35	8.37	2
29	8.20	8.35			8.37	2
30	8.23	8.37			8.48	11
31	8.26			8.38	8.39	1
32	8.27			8.39	8.40	1
33	8.28		8.40		8.41	1

34	8.29	8.40			8.41	1
35	8.30		8.41		8.43	2
36	8.30	8.41			8.43	2
37	8.30			8.42	8.47	5
38	8.30		8.43		8.44	1
39	8.31		8.44		8.45	1
40	8.32		8.45		8.47	2
41	8.33	8.46			8.48	2
42	8.33		8.47		8.48	1
43	8.33		8.48		8.49	1
44	8.33	8.48			8.49	1
45	8.35		8.49		9.01	12
46	8.39	8.50			8.51	1
47	8.40	8.51			8.52	1
48	8.42	8.52			8.53	1
49	8.42	8.53			8.59	6
50	8.43	8.59			9.01	2
51	8.43		9.01		9.03	2
52	8.46	9.01			9.06	5
53	8.48		9.03		9.05	2
54	8.49			9.04	9.06	2
55	8.50		9.05		9.07	2
56	8.50			9.06	9.09	3
57	8.50	9.06			9.17	11
58	8.52		9.07		9.08	1
59	8.52		9.08		9.10	2
60	8.53		9.10		9.14	4
61	8.53			9.12	9.15	3
62	8.53		9.14		9.15	1
63	8.53			9.15	9.18	3
64	8.55		9.15		9.17	2
65	8.55	9.17			9.18	1
66	8.58		9.17		9.20	3
67	8.58			9.18	9.20	2
68	8.59	9.18			9.21	3
69	8.59		9.20		9.21	1
70	8.59			9.20	9.23	3
71	9.01	9.21			9.22	1
72	9.01	9.23			9.25	2
73	9.02			9.23	9.26	3
74	9.02		9.24		9.29	5

75	9.02	9.27			9.29	2
76	9.02		9.29		9.30	1
77	9.03	9.29			9.43	14
78	9.07		9.30		9.32	2
79	9.08			9.31	9.32	1
80	9.08		9.32		9.34	2
81	9.08		9.34		9.35	1
82	9.08	9.35			9.37	2
83	9.08		9.35		9.40	5
84	9.11		9.40		9.41	1
85	9.12	9.41			9.50	9
86	9.14		9.42		9.43	1
87	9.16		9.43		9.44	1
88	9.19		9.44		9.46	2
89	9.20		9.46		9.47	1
90	9.20		9.47		9.48	1
91	9.20		9.48		9.49	1
92	9.23		9.49		9.50	1
93	9.23		9.50		9.53	3
94	9.31		9.53		9.55	2
95	9.32	9.53			9.55	2
96	9.33	9.55			9.56	1
97	9.33		9.55		9.58	3
98	9.33	9.56			9.58	2
99	9.33		9.58		10.01	3
100	9.33	9.59			10.01	2
101	9.36	10.01			10.03	2
102	9.37		10.02		10.08	6
103	9.38	10.03			10.06	3
104	9.38	10.06			10.07	1
105	9.38	10.07			10.09	2
106	9.39		10.08		10.10	2
107	9.41	10.09			10.10	1
108	9.42	10.10			10.21	11
109	9.42		10.10		10.13	3
110	9.42		10.13		10.15	2
111	9.44		10.15		10.19	4
112	9.45			10.16	10.18	2
113	9.46	10.20			10.23	3
114	9.47			10.23	10.25	2
115	9.47			10.25	10.26	1

116	9.51			10.26	10.28	2
117	9.56			10.28	10.30	2
118	9.57	10.28			10.34	6
119	9.58			10.30	10.32	2
120	9.59			10.32	10.35	3
121	10.01	10.34			10.36	2
122	10.01			10.35	10.37	2
123	10.01	10.36			10.38	2
124	10.03			10.37	10.39	2
125	10.03	10.38			10.40	2
126	10.05			10.39	10.42	3
127	10.10	10.40			10.48	8
128	10.16			10.42	10.46	4
129	10.17	10.48			10.51	3
130	10.20			10.48	10.50	2
131	10.22	10.51			10.53	2
132	10.22			10.51	10.53	2
133	10.25	10.53			10.58	5
134	10.25			10.53	10.57	4
135	10.25		10.54		10.58	4
136	10.26			10.57	11.00	3
137	10.29	10.58			11.00	2
138	10.31		10.58		11.00	2
139	10.33		11.00		11.01	1
140	10.35	11.01			11.02	1
141	10.35		11.01		11.04	3
142	10.36	11.02			11.05	3
143	10.37		11.04		11.07	3
144	10.38	11.05			11.06	1
145	10.38	11.06			11.08	2
146	10.39	11.09			11.12	3
147	10.40		11.10		11.13	3
148	10.41	11.12			11.15	3
149	10.42	11.15			11.18	3
150	10.42			11.16	11.19	3
151	10.43		11.18		11.20	2
152	10.43	11.18			11.20	2
153	10.44	11.20			11.22	2
154	10.46			11.21	11.23	2
155	10.47	11.22			11.24	2
156	10.48			11.23	11.25	2

157	10.48	11.24			11.27	3
158	10.49		11.24		11.26	2
159	10.50		11.26		11.29	3
160	10.50	11.27			11.31	4

Lampiran 2

Data Waktu Kedatangan Pelanggan

Kamis, 6 September 2012

No	Datang	Terlayani			Selesai	Lama Pelayanan (menit)
		Teller 1	Teller 2	Teller 3		
1	8.00	8.03			8.05	2
2	8.00	8.05			8.07	2
3	8.04	8.07			8.09	2
4	8.06	8.11			8.12	1
5	8.07	8.12			8.14	2
6	8.07			8.16	8.18	2
7	8.09			8.18	8.20	2
8	8.10	8.18			8.24	6
9	8.11			8.21	8.25	4
10	8.13	8.24			8.27	3
11	8.19	8.27			8.30	3
12	8.22			8.30	8.32	2
13	8.24	8.36			8.38	2
14	8.25	8.38			8.43	5
15	8.27		8.40		8.43	3
16	8.27	8.43			8.45	2
17	8.29		8.43		8.44	1
18	8.31		8.44		8.48	4
19	8.31		8.48		8.51	3
20	8.33	8.48			8.50	2
21	8.37	8.50			8.52	2
22	8.37		8.51		8.55	4
23	8.38	8.52			8.53	1
24	8.38	8.53			8.56	3
25	8.38		8.55		8.56	1
26	8.38			8.55	8.57	2
27	8.38	8.56			8.59	3
28	8.41		8.57		8.58	1
29	8.42			8.57	8.58	1
30	8.43			8.58	9.01	3
31	8.43		8.58		9.01	3
32	8.43	8.59			9.03	4
33	8.45			9.01	9.02	1
34	8.45		9.01		9.02	1

35	8.46		9.02		9.03	1
36	8.46	9.03			9.04	1
37	8.47			9.03	9.12	9
38	8.47		9.04		9.06	2
39	8.48	9.04			9.07	3
40	8.48		9.06		9.11	5
41	8.49	9.07			9.09	2
42	8.51	9.09			9.12	3
43	8.52	9.12			9.14	2
44	8.52			9.13	9.14	1
45	8.52	9.14			9.16	2
46	8.53			9.14	9.15	1
47	8.54			9.15	9.17	2
48	8.55		9.16		9.21	5
49	8.55			9.17	9.19	2
50	8.55	9.17			9.20	3
51	8.58	9.20			9.22	2
52	8.58		9.21		9.24	3
53	8.58	9.22			9.25	3
54	8.59			9.24	9.25	1
55	8.59	9.25			9.27	2
56	8.59		9.25		9.26	1
57	9.00			9.25	9.26	1
58	9.02			9.27	9.31	4
59	9.03	9.27			9.29	2
60	9.03		9.27		9.29	2
61	9.03	9.29			9.31	2
62	9.04		9.29		9.31	2
63	9.05		9.31		9.32	1
64	9.06	9.31			9.33	2
65	9.07			9.31	9.33	2
66	9.07		9.32		9.33	1
67	9.07		9.33		9.35	2
68	9.09			9.33	9.36	3
69	9.10	9.34			9.39	5
70	9.11		9.36		9.37	1
71	9.11			9.36	9.38	2
72	9.11		9.37		9.39	2
73	9.13			9.38	9.42	4
74	9.14	9.39			9.43	4
75	9.17		9.40		9.42	2

76	9.21		9.42		9.44	2
77	9.21	9.43			9.44	1
78	9.21		9.44		9.49	5
79	9.23			9.44	9.49	5
80	9.26	9.45			9.49	4
81	9.27	9.49			9.50	1
82	9.27		9.49		9.51	2
83	9.30			9.49	9.51	2
84	9.30	9.50			9.52	2
85	9.31		9.51		9.52	1
86	9.31			9.51	9.52	1
87	9.32		9.52		9.53	1
88	9.33	9.52			9.54	2
89	9.34		9.53		9.55	2
90	9.36	9.54			9.56	2
91	9.37		9.55		9.56	1
92	9.37			9.55	9.59	4
93	9.38		9.56		9.59	3
94	9.38	9.56			9.58	2
95	9.38	9.59			10.00	1
96	9.39		9.59		10.01	2
97	9.40			10.00	10.03	3
98	9.44	10.01			10.03	2
99	9.45		10.01		10.02	1
100	9.45		10.02		10.04	2
101	9.46	10.03			10.04	1
102	9.46	10.04			10.06	2
103	9.47		10.04		10.06	2
104	9.50			10.05	10.10	5
105	9.52		10.06		10.11	5
106	9.52	10.07			10.10	3
107	9.53			10.10	10.12	2
108	9.53	10.11			10.12	1
109	9.54		10.11		10.16	5
110	9.58	10.12			10.14	2
111	10.02	10.14			10.16	2
112	10.03		10.16		10.18	2
113	10.03	10.16			10.18	2
114	10.06	10.18			10.22	4
115	10.06			10.19	10.26	7
116	10.07		10.20		10.22	2

117	10.08	10.22			10.28	6
118	10.08		10.23		10.27	4
119	10.09			10.26	10.30	4
120	10.10		10.27		10.28	1
121	10.10			10.30	10.32	2
122	10.11		10.33		10.35	2
123	10.12		10.35		10.36	1
124	10.12	10.36			10.37	1
125	10.14		10.36		10.38	2
126	10.15		10.38		10.40	2
127	10.16		10.40		10.41	1
128	10.16	10.40			10.42	2
129	10.16		10.41		10.43	2
130	10.16	10.42			10.45	3
131	10.18		10.43		10.44	1
132	10.18		10.44		10.45	1
133	10.18	10.45			10.49	4
134	10.18		10.47		10.51	4
135	10.18			10.47	10.49	2
136	10.19		10.51		10.52	1
137	10.19	10.51			10.52	1
138	10.19		10.52		10.54	2
139	10.19			10.53	10.56	3
140	10.20	10.54			10.57	3
141	10.20		10.54		10.56	2
142	10.21			10.56	11.00	4
143	10.23	10.57			10.59	2
144	10.27	10.59			11.03	4
145	10.27		11.00		11.03	3
146	10.30	11.03			11.06	3
147	10.32		11.05		11.07	2
148	10.32	11.06			11.09	3
149	10.35		11.07		11.11	4
150	10.36	11.09			11.12	3
151	10.36		11.11		11.25	14
152	10.37	11.12			11.13	1
153	10.37	11.13			11.15	2
154	10.40			11.15	11.17	2
155	10.42	11.16			11.18	2
156	10.43			11.17	11.19	2
157	10.45	11.18			11.21	3

158	10.46			11.19	11.22	3
159	10.47	11.21			11.26	5
160	10.48			11.22	11.26	4
161	10.49		11.25		11.28	3
162	10.50			11.26	11.28	2
163	10.50	11.27			11.3	3
164	10.50		11.28		11.3	2
165	10.50			11.28	11.31	3

Lampiran 3

Data Waktu Kedatangan Pelanggan

Jumat, 7 September 2012

No	Datang	Terlayani			Selesai	Lama Pelayanan (menit)
		Teller 1	Teller 2	Teller 3		
1	8.00	8.04			8.06	2
2	8.00			8.05	8.07	2
3	8.00	8.06			8.08	2
4	8.01			8.07	8.08	1
5	8.01	8.09			8.12	3
6	8.01			8.07	8.12	5
7	8.01			8.12	8.14	2
8	8.02	8.14			8.16	2
9	8.03	8.16			8.19	3
10	8.03	8.19			8.22	3
11	8.04	8.22			8.25	3
12	8.05			8.22	8.25	3
13	8.06			8.25	8.29	4
14	8.07	8.26			8.29	3
15	8.11			8.29	8.31	2
16	8.12	8.29			8.32	3
17	8.12			8.31	8.34	3
18	8.13	8.32			8.34	2
19	8.13			8.34	8.35	1
20	8.14	8.34			8.36	2
21	8.15			8.36	8.38	2
22	8.15	8.36			8.38	2
23	8.15		8.36		8.38	2
24	8.17		8.38		8.39	1
25	8.17	8.38			8.40	2
26	8.19		8.39		8.41	2
27	8.19	8.40			8.43	3
28	8.20		8.41		8.43	2
29	8.20		8.43		8.45	2
30	8.20	8.43			8.45	2
31	8.21			8.44	8.46	2
32	8.21	8.45			8.47	2
33	8.21		8.45		8.47	2
34	8.22	8.47			8.49	2

35	8.24		8.48		8.49	1
36	8.25		8.49		8.51	2
37	8.27	8.51			8.58	7
38	8.30		8.51		8.58	7
39	8.30		8.53		8.55	2
40	8.30		8.55		8.57	2
41	8.30		8.57		9.01	4
42	8.31			8.59	9.02	3
43	8.33		9.01		9.04	3
44	8.33	9.02			9.04	2
45	8.34			9.02	9.05	3
46	8.35	9.04			9.07	3
47	8.35		9.04		9.06	2
48	8.35		9.06		9.09	3
49	8.36			9.08	9.10	2
50	8.36	9.08			9.10	2
51	8.39		9.09		9.10	1
52	8.40		9.10		9.18	8
53	8.42			9.10	9.12	2
54	8.42	9.10			9.12	2
55	8.42			9.12	9.13	1
56	8.42	9.13			9.15	2
57	8.42			9.13	9.15	2
58	8.43	9.15			9.18	3
59	8.44			9.15	9.18	3
60	8.45		9.18		9.20	2
61	8.45	9.18			9.21	3
62	8.45			9.18	9.20	2
63	8.46			9.20	9.25	5
64	8.47		9.20		9.23	3
65	8.48	9.21			9.24	3
66	8.49		9.23		9.27	4
67	8.50	9.24			9.25	1
68	8.50			9.25	9.26	1
69	8.51	9.25			9.27	2
70	8.51			9.26	9.27	1
71	8.51			9.27	9.29	2
72	8.52	9.27			9.28	1
73	8.53	9.28			9.30	2
74	8.55			9.25	9.30	5
75	8.56	9.30			9.31	1

76	8.56			9.30	9.31	1
77	8.57		9.31		9.33	2
78	8.57		9.33		9.36	3
79	9.01	9.37			9.39	2
80	9.03			9.40	9.45	5
81	9.04			9.45	9.47	2
82	9.05			9.47	9.50	3
83	9.05	9.47			9.52	5
84	9.10	9.52			9.54	2
85	9.10		9.53		9.55	2
86	9.10	9.54			9.57	3
87	9.12		9.55		9.58	3
88	9.13			9.55	9.57	2
89	9.13			9.57	9.59	2
90	9.16	9.58			10.02	4
91	9.17	10.02			10.05	3
92	9.17		10.02		10.04	2
93	9.18			10.03	10.06	3
94	9.20	10.06			10.09	3
95	9.20			10.06	10.10	4
96	9.20	10.09			10.12	3
97	9.22			10.10	10.15	5
98	9.24	10.12			10.15	3
99	9.25			10.15	10.17	2
100	9.25	10.15			10.18	3
101	9.28		10.16		10.19	3
102	9.28	10.18			10.21	3
103	9.29		10.19		10.24	5
104	9.30	10.21			10.24	3
105	9.33		10.24		10.27	3
106	9.33	10.24			10.30	6
107	9.35		10.27		10.29	2
108	9.36		10.29		10.33	4
109	9.36		10.33		10.37	4
110	9.37	10.33			10.36	3
111	9.37	10.36			10.41	5
112	9.38		10.37		10.40	3
113	9.38			10.38	10.42	4
114	9.38		10.40		10.44	4
115	9.40	10.40			10.43	3
116	9.40			10.42	10.46	4

117	9.41	10.43			10.47	4
118	9.44		10.44		10.50	6
119	9.45			10.46	10.50	4
120	9.45	10.47			10.51	4
121	9.47		10.50		10.55	5
122	9.47			10.50	10.54	4
123	9.50	10.51			10.54	3
124	9.50			10.54	10.57	3
125	9.50		10.55		10.59	4
126	9.51	10.59			11.01	2
127	9.52			10.59	11.01	1
128	9.53			11.01	11.03	2
129	9.54	11.01			11.03	2
130	9.56	11.03			11.04	1
131	9.58			11.03	11.04	1
132	10.02		11.04		11.06	2
133	10.03			11.04	11.07	3
134	10.03	11.04			11.06	2
135	10.05	11.06			11.09	3
136	10.06		11.06		11.08	2
137	10.07			11.07	11.08	1
138	10.09		11.08		11.10	2
139	10.15			11.09	11.11	2
140	10.16		11.10		11.14	4
141	10.25			11.11	11.16	5
142	10.25		11.14		11.17	3
143	10.26			11.16	11.19	3
144	10.27		11.17		11.20	3
145	10.29	11.17			11.21	4
146	10.31			11.19	11.21	2
147	10.34			11.21	11.24	3
148	10.35			11.24	11.25	1
149	10.36	11.25			11.27	2
150	10.39			11.25	11.27	2
151	10.40	11.27			11.30	3
152	10.43			11.27	11.31	4
153	10.45	11.30			11.32	2

Lampiran 4

Waktu Kedatangan per Interval Waktu 10 Menit

No	Interval Waktu	Banyak Kedatangan			Jumlah
		Rabu	Kamis	Jum'at	
1	08.00 - 08.09	20	7	14	41
2	08.10 - 08.19	8	4	13	25
3	08.20 - 08.29	6	6	10	22
4	08.30 - 08.39	12	10	14	36
5	08.40 - 08.49	8	14	15	37
6	08.50 - 08.59	16	15	12	43
7	09:00 - 09:09	13	12	5	30
8	09:10 - 09:19	5	7	9	21
9	09:20 - 09:29	5	7	10	22
10	09:30 - 09:39	13	14	11	38
11	09:40 - 09:49	9	7	8	24
12	09:50 - 09:59	5	7	9	21
13	10:00 - 10:09	6	9	7	22
14	10:10 - 10:19	3	20	2	25
15	10:20 - 10:29	8	6	5	19
16	10:30 - 10:39	9	8	5	22
17	10:40 - 10:49	12	8	3	23
18	10:50 - 10:59	2	4	1	7
	Jumlah	160	165	153	
	Jumlah Seluruhnya	478			
	Rata-rata Kedatangan per Hari	159.3333333			
	Rata-rata Kedatangan per 10 Menit	8.851851852			

Lampiran 5

Hasil *Chi Square Goodness of Fit Test* Kedatangan Pelanggan

Rabu, 5 September 2012

Jumlah Kedatangan (x)	Frekuensi Observasi (fo)	x.f0	frekuensi Harapan (fe)	(fo-fe)^2	X^2
0	0	0	0.002482431	6.16246E-06	0.002482431
1	0	0	0.022066049	0.000486911	0.022066049
2	1	2	0.098071331	0.813475324	8.294731139
3	1	3	0.290581722	0.503274294	1.731954407
4	0	0	0.645737159	0.416976479	0.645737159
5	3	15	1.147977172	3.429988554	2.987854321
6	2	12	1.700706922	0.089576347	0.052670066
7	0	0	2.159627837	4.663992396	2.159627837
8	3	24	2.399586486	0.360496388	0.150232713
9	2	18	2.369961961	0.136871853	0.057752764
10	0	0	2.106632855	4.437901984	2.106632855
11	0	0	1.702329579	2.897925997	1.702329579
12	2	24	1.260984874	0.546143357	0.433108571
13	2	26	0.862211879	1.294561807	1.501442787
14	0	0	0.547436114	0.299686299	0.547436114
15	0	0	0.324406586	0.105239633	0.324406586
16	1	16	0.180225881	0.672029606	3.728818535
17	0	0	0.094235755	0.008880377	0.094235755
18	0	0	0.046536175	0.002165616	0.046536175
19	0	0	0.02177131	0.00047399	0.02177131
20	1	20	0.009676138	0.980741352	101.3566954
	18	160			127.9685226

λ = 8,88888889

dk = 19

α = 0,05

χ^2_{tabel} = 30,14351

H_0: kedatangan berdistribusi Poisson

H_a: kedatangan tidak berdistibusi Poisson

Karena χ^2_{hitung} = 127.9685226 > 30.14351 = χ^2_{tabel} maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Jadi kedatangan tidak berdistribusi Poisson.

Lampiran 6

Hasil *Chi Square Goodness of Fit Test* Kedatangan Pelanggan

Kamis, 6 September 2012

Jumlah Kedatangan (x)	Frekuensi Observasi (fo)	x.f0	frekuensi Harapan (fe)	(fo-fe)^2	X^2
0	0	0	0.001880355	3.53573E-06	0.00188
1	0	0	0.017236584	0.0002971	0.017237
2	0	0	0.079001009	0.006241159	0.079001
3	0	0	0.241391971	0.058270084	0.241392
4	2	8	0.553189934	2.093259367	3.783979
5	0	0	1.014181546	1.028564208	1.014182
6	2	12	1.549444028	0.203000684	0.131015
7	5	35	2.029033847	8.826639884	4.350169
8	2	16	2.324934616	0.105582505	0.045413
9	1	9	2.367988961	1.871393797	0.790288
10	1	10	2.170656547	1.370436752	0.631347
11	0	0	1.808880456	3.272048505	1.80888
12	1	12	1.381783682	0.14575878	0.105486
13	0	0	0.974334647	0.949328005	0.974335
14	2	28	0.63795721	1.855160563	2.90797
15	1	15	0.389862739	0.372267477	0.954868
16	0	0	0.223358861	0.049889181	0.223359
17	0	0	0.120438602	0.014505457	0.120439
18	0	0	0.061334473	0.003761918	0.061334
19	0	0	0.029591193	0.000875639	0.029591
20	1	20	0.01356263	0.973058685	71.74557
	18	165			90.01774

λ = 9.166667

dk = 19

α = 0,05

χ^2_{tabel} = 30,14351

H_0: kedatangan berdistribusi Poisson

H_a: kedatangan tidak berdistibusi Poisson

Karena χ^2_{hitung} = 90.01774 > 30.14351 = χ^2_{tabel} maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Jadi kedatangan tidak berdistribusi Poisson.

Lampiran 7

Hasil *Chi Square Goodness of Fit Test* Kedatangan Pelanggan

Jumat, 7 September 2012

Jumlah Kedatangan (x)	Frekuensi Observasi (fo)	x.f0	frekuensi Harapan (fe)	(fo-fe)^2	X^2
0	0	0	0.003662431	1.34134E-05	0.003662
1	1	1	0.03113066	0.938707797	30.1538
2	1	2	0.132305307	0.75289408	5.690581
3	1	3	0.374865036	0.390793723	1.042492
4	0	0	0.796588202	0.634552764	0.796588
5	3	15	1.354199944	2.708657825	2.00019
6	0	0	1.91844992	3.680450097	1.91845
7	1	7	2.329546332	1.767693449	0.758814
8	1	8	2.475142978	2.176046805	0.87916
9	2	18	2.337635034	0.113997417	0.048766
10	2	20	1.986989779	0.000169266	8.52E-05
11	1	11	1.535401193	0.286654438	0.186697
12	1	12	1.087575845	0.007669529	0.007052
13	1	13	0.711107283	0.083459002	0.117365
14	2	28	0.431743708	2.459427798	5.696499
15	1	15	0.244654768	0.57054642	2.332047
	18	153			51.63225

λ = 8.5

dk = 13

α = 0,05

χ^2_{tabel} = 24,99580

H_0: kedatangan berdistribusi Poisson

H_a: kedatangan tidak berdistibusi Poisson

Karena $\chi^2_{\text{hitung}} = 51.63225 > 24.99580 = \chi^2_{\text{tabel}}$ maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Jadi kedatangan tidak berdistribusi Poisson.

Lampiran 8

Hasil *Chi Square of Fit Test* Waktu Pelayanan

Rabu, 5 September 2012

Waktu Pelayanan (Menit)	Titik Tengah (xi)	Frekuensi Observasi (fo)	Frekuensi Relatif (fr)	(xi.fr)	Frekuensi Teoritis (fe)	(fo-fe)^2	X^2
(0,2]	1	37	0.224242	0.224242	78.93887	1758.8685	14.37488
(2,4]	3	95	0.575758	1.727273	41.17314	2897.3307	68.01587
(4,6]	5	28	0.169697	0.848485	21.4752	42.573076	2.29588
(6,8]	7	3	0.018182	0.127273	11.20109	67.257857	4.43778
(8,10]	9	1	0.006061	0.054545	5.842293	23.4478	2.45464
(10,12]	11	0	0	0	3.047239	9.28566	0.00015
(12,14]	13	0	0	0	1.589387	2.52615	0.21598
(14,16]	15	1	0.006061	0.090909	0.828997	0.02924	0.03413
Jumlah		165		3.072727			91.79520

µ = 0.32258065

dk = 6

ά = 0.05

H0: pelayanan berdistribusi eksponensial

Ha: pelayanan tidak berdistribusi eksponensial

Karena χ^2_{hitung} = 91.79520428 > 12.6 = χ^2_{tabel} maka H0 ditolak dan Ha diterima.

Jadi waktu pelayanan tidak berdistribusi Eksponensial.

Lampiran 9

Hasil *Chi Square of Fit Test* Waktu Pelayanan

Kamis, 6 September 2012

Waktu Pelayanan (Menit)	Titik Tengah (xi)	Frekuensi Observasi (fo)	Frekuensi Relatif (fr)	(xi.fr)	Frekuensi Teoritis (fe)	(fo-fe)^2	X^2
(0,2]	1	37	0.224242	0.22424	78.93887	1758.86851	22.28140
(2,4]	3	95	0.575758	1.72727	41.17314	2897.33070	70.36943
(4,6]	5	28	0.169697	0.84848	21.4752	42.5730765	1.98243
(6,8]	7	3	0.018182	0.12727	11.20109	67.2578574	6.00458
(8,10]	9	1	0.006061	0.05454	5.842293	23.4478047	4.01345
(10,12]	11	0	0	0	3.047239	9.28566375	3.04723
(12,14]	13	0	0	0	1.589387	2.52615032	1.58938
(14,16]	15	1	0.006061	0.09090	0.828997	0.02924218	0.03527
Jumlah		165		3.07272			109.28793

μ = 0.325443787

dk = 5

ά = 0.05

H0: pelayanan berdistribusi eksponensial

Ha: pelayanan tidak berdistribusi eksponensial

Karena χ^2_{hitung} = 109.287932 > 11.07048= χ^2_{tabel} maka H0 ditolak dan Ha diterima.

Jadi waktu pelayanan tidak berdistribusi Eksponensial.

Lampiran 10

Hasil *Chi Square of Fit Test* Waktu Pelayanan

Jumat, 7 September 2012

Waktu Pelayanan (Menit)	Titik Tengah (xi)	Frekuensi Observasi (fo)	Frekuensi Relatif (fr)	(xi.fr)	Frekuensi Teoritis (fe)	(fo-fe)^2	X^2
(0,2]	1	17	0.11111	0.11111	69.73003	2780.455	39.87458
(2,4]	3	103	0.67320	2.01960	37.95044	4231.445	111.49923
(4,6]	5	28	0.18300	0.91503	20.65446	53.956	2.61236
(6,8]	7	4	0.02614	0.18300	11.24115	52.434	4.66449
(8,10]	9	1	0.00653	0.05882	6.11797	26.193	4.28142
Jumlah		153		3.28758			162.93210

µ = 0.30417495

dk = 3

ά = 0.05

H0: pelayanan berdistribusi eksponensial

Ha: pelayanan tidak berdistribusi eksponensial

Karena χ^2_{hitung} = 162.93210 > 7.81 = χ^2_{tabel} maka H0 ditolak dan Ha diterima.

Jadi waktu pelayanan tidak berdistribusi Eksponensial.

Lampiran 11

Hasil Perhitungan Standar Deviasi

Rabu, 5 September 2012

Waktu Pelayanan (Menit)	Titik Tengah (xi)	Frekuensi Observasi (fo)	xi^2	fi*xi	fi*xi^2
(0,2]	1	43	1	43	43
(2,4]	3	92	9	276	828
(4,6]	5	14	25	70	350
(6,8]	7	4	49	28	196
(8,10]	9	2	81	18	162
(10,12]	11	3	121	33	363
(12,14]	13	1	169	13	169
(14,16]	15	1	225	15	225
Jumlah	64	160	680	496	2336

$$\sigma^2 = \frac{n \times \sum_{i=1}^{m} f_i x_i^{\,2} - \left(\sum_{i=1}^{m} f_i x_i \right)^2}{n(n-1)}$$

$$= \frac{160 \times 2336 - (496)^2}{160(160-1)}$$

$$= 5.02138365$$

$$\sigma = 2.24084441$$

Lampiran 12

Hasil Perhitungan Standar Deviasi

Kamis, 6 September 2012

Waktu Pelayanan (Menit)	Titik Tengah (xi)	Frekuensi Observasi (fo)	xi^2	fi*xi	fi*xi^2
(0,2]	1	37	1	37	37
(2,4]	3	95	9	285	855
(4,6]	5	28	25	140	700
(6,8]	7	3	49	21	147
(8,10]	9	1	81	9	81
(10,12]	11	0	121	0	0
(12,14]	13	0	169	0	0
(14,16]	15	1	225	15	225
Jumlah	64	165	680	507	2045

$$\sigma^2 = \frac{n \times \sum_{i=1}^{m} f_i x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{m} f_i x_i\right)^2}{n(n-1)}$$

$$= \frac{165 \times 2045 - (507)^2}{165(165-1)}$$

$$= 2.970288$$

$$\sigma = 1.723452$$

Lampiran 13

Hasil Perhitungan Standar Deviasi

Jumat, 7 September 2012

Waktu Pelayanan (Menit)	Titik Tengah (xi)	Frekuensi Observasi (fo)	xi^2	fi*xi	fi*xi^2
(0,2]	1	17	1	17	17
(2,4]	3	103	9	309	927
(4,6]	5	28	25	140	700
(6,8]	7	4	49	28	196
(8,10]	9	1	81	9	81
Jumlah	25	153	165	503	1921

$$\sigma^2 = \frac{n \times \sum_{i=1}^{m} f_i x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{m} f_i x_i\right)^2}{n(n-1)}$$

$$= \frac{153 \times 1921 - (503)^2}{153(153-1)}$$

$$= 1.758858$$

$$\sigma = 1.326219$$

Lampiran 14

Source Code Model G/G/c

```
Private Sub Command1_Click()
Dim B(), C(), D(), E(), F(), G(), H(), teller() As Double
    JumCWT = 0
    JumWT = 0
    Max = 0
    ReDim B(1 To Val(Text5))
    ReDim C(1 To Val(Text5))
    ReDim D(1 To Val(Text5))
    ReDim E(1 To Val(Text5))
    ReDim F(1 To Val(Text5))
    ReDim G(1 To Val(Text5))
    ReDim H(1 To Val(Text5))

    ReDim teller(1 To 3)
    teller(1) = 0
    teller(2) = 0
    teller(3) = 0

    Grid.Rows = Val(Text5) + 1
    For i = 1 To Val(Text5)
        Grid.TextMatrix(i, 0) = i
        B(i) = Val(Text1) + Rnd() * Val(Text2) - Val(Text1)
       If i = 1 Then
            C(i) = B(i)
        Else
            C(i) = C(i - 1) + B(i)
        End If
        If i = 1 Then
            D(i) = C(i)
            k = 1
        ElseIf C(i) > teller(1) Then
                D(i) = C(i)
                k = 1

            ElseIf C(i) > teller(2) Then
                    D(i) = C(i)
                    k = 2
                ElseIf C(i) > teller(3) Then
                    D(i) = C(i)
                    k = 3

                ElseIf teller(1) < teller(2) Then
                        D(i) = teller(1)
                        k = 1
             ElseIf teller(1) < teller(3) Then
                        D(i) = teller(1)
                        k = 1


                        ElseIf teller(2) < teller(3) Then
                        D(i) = teller(2)
                        k = 2

                    Else
                        D(i) = teller(3)
                        k = 3
```

```
        End If
        E(i) = D(i) - C(i)
        If (i + 1) Mod 2 = 0 Then
        Randomize
        r1 = Rnd
        r2 = Rnd
        Z1 = Cos(4 * 3.141592654 * r1) * (-4 * Log(r1)) ^ (0.5)
        Z2 = Sin(4 * 3.141592654 * r2) * (-4 * Log(r2)) ^ (0.5)
        F(i) = Abs(Val(Text3) + Val(Text4 + 4) * Z1)
        If i < Val(Text5) Then
        F(i + 1) = Abs(Val(Text3) + Val(Text4 + 4) * Z2)
        End If
        End If
        G(i) = D(i) + F(i)
        teller(k) = G(i)
        H(i) = G(i) - C(i)
        If E(i) > 0 Then JumCWT = JumCWT + 1
        JumWT = JumWT + E(i)
        If E(i) > Max Then Max = E(i)
        Grid.TextMatrix(i, 1) = Format$(B(i), "0.00")
        Grid.TextMatrix(i, 2) = Format$(C(i), "0.00")
        Grid.TextMatrix(i, 3) = Format$(D(i), "0.00")
        Grid.TextMatrix(i, 4) = Format$(E(i), "0.00")
        Grid.TextMatrix(i, 5) = Format$(F(i), "0.00")
        Grid.TextMatrix(i, 6) = Format$(G(i), "0.00")
        Grid.TextMatrix(i, 7) = Format$(H(i), "0.00")
        Grid.TextMatrix(i, 8) = k
    Next i
        Text6.Text = JumCWT
        Text7.Text = Format$(JumCWT / Val(Text5), "0.00")
        Text8.Text = Format$(JumWT / Val(Text5), "0.00")
        Text9.Text = Format$(Max, "0.00")
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Text1.Text = ""
    Text2.Text = ""
    Text3.Text = ""
    Text4.Text = ""
    Text5.Text = ""
    Text6.Text = ""
    Text7.Text = ""
    Text8.Text = ""
    Text9.Text = ""
    Grid.Clear
    Grid.Rows = 2
    Call Form_Load
End Sub

Private Sub Command3_Click()
End
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Randomize
    Grid.TextMatrix(0, 0) = "Nasabah"
    Grid.TextMatrix(0, 1) = "IAT"
    Grid.TextMatrix(0, 2) = "Waktu Kedatangan"
    Grid.TextMatrix(0, 3) = "Waktu Mulai Pelayanan"
    Grid.TextMatrix(0, 4) = "Waktu tunggu"
    Grid.TextMatrix(0, 5) = "Waktu pelayanan"
    Grid.TextMatrix(0, 6) = "Waktu Selesai Pelayanan"
```

```
    Grid.TextMatrix(0, 7) = "Waktu Dalam Sistem"
    Grid.TextMatrix(0, 8) = "Teller"
    Grid.ColWidth(0) = 1000
    Grid.ColWidth(1) = 1200
    Grid.ColWidth(2) = 1500
    Grid.ColWidth(3) = 1800
    Grid.ColWidth(4) = 1500
    Grid.ColWidth(5) = 1500
    Grid.ColWidth(6) = 1990
    Grid.ColWidth(7) = 1800
    Grid.ColAlignment(0) = 0
    For i = 0 To 8
        Grid.ColAlignment(i) = 3
    Next i
End Sub


Private Sub kembali_Click()
Form1.Show
Form2.Hide
End Sub

Private Sub selesai_Click()
End
End Sub
```

Lampiran 15

Tabel Chi Square Distribution

Chi Square Distribution Table							
d.f.	$\chi^2_{.25}$	$\chi^2_{.10}$	$\chi^2_{.05}$	$\chi^2_{.025}$	$\chi^2_{.010}$	$\chi^2_{.005}$	$\chi^2_{.001}$
1	1.32	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88	10.8
2	2.77	4.61	5.99	7.38	9.21	10.6	13.8
3	4.11	6.25	7.81	9.35	11.3	12.8	16.3
4	5.39	7.78	9.49	11.1	13.3	14.9	18.5
5	6.63	9.24	11.1	12.8	15.1	16.7	20.5
6	7.84	10.6	12.6	14.4	16.8	18.5	22.5
7	9.04	12.0	14.1	16.0	18.5	20.3	24.3
8	10.2	13.4	15.5	17.5	20.1	22.0	26.1
9	11.4	14.7	16.9	19.0	21.7	23.6	27.9
10	12.5	16.0	18.3	20.5	23.2	25.2	29.6
11	13.7	17.3	19.7	21.9	24.7	26.8	31.3
12	14.8	18.5	21.0	23.3	26.2	28.3	32.9
13	16.0	19.8	22.4	24.7	27.7	29.8	34.5
14	17.1	21.1	23.7	26.1	29.1	31.3	36.1
15	18.2	22.3	25.0	27.5	30.6	32.8	37.7
16	19.4	23.5	26.3	28.8	32.0	34.3	39.3
17	20.5	24.8	27.6	30.2	33.4	35.7	40.8
18	21.6	26.0	28.9	31.5	34.8	37.2	42.3
19	22.7	27.2	30.1	32.9	36.2	38.6	32.8
20	23.8	28.4	31.4	34.2	37.6	40.0	45.3
21	24.9	29.6	32.7	35.5	38.9	41.4	46.8
22	26.0	30.8	33.9	36.8	40.3	42.8	48.3
23	27.1	32.0	35.2	38.1	41.6	44.2	49.7
24	28.2	33.2	36.4	39.4	32.0	45.6	51.2
25	29.3	34.4	37.7	40.6	44.3	46.9	52.6
26	30.4	35.6	38.9	41.9	45.6	48.3	54.1
27	31.5	36.7	40.1	43.2	47.0	49.6	55.5
28	32.6	37.9	41.3	44.5	48.3	51.0	56.9
29	33.7	39.1	42.6	45.7	49.6	52.3	58.3
30	34.8	40.3	43.8	47.0	50.9	53.7	59.7
40	45.6	51.8	55.8	59.3	63.7	66.8	73.4
50	56.3	63.2	67.5	71.4	76.2	79.5	86.7
60	67.0	74.4	79.1	83.3	88.4	92.0	99.6
70	77.6	85.5	90.5	95.0	100	104	112
80	88.1	96.6	102	107	112	116	125
90	98.6	108	113	118	124	128	137
100	109	118	124	130	136	140	149