

***STUDY OF QUEUING THEORY M/M/m and OPTIMIZATION SERVICES
TELLER at RETAIL BANKING***

Iwan Nauli Daulay, Meksi Aleksander dan Wahyu Indra Permata

Jurusan Manajemen Fakultas Ekonomi Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru

ABSTRAK

The research was conducted at retail banking in order to determine significant differences the average number of customers and the average waiting time in the system and the queue of Split Decision System. As well as the significance and probability of no customers in the system utilization teller services from Split Decision Systems at retail banking. The elected locations for sample were Bank Mandiri Ahmad Yani Branch and Bank Central Asia Sudirman Branch in Pekanbaru.

Data was collected with a probability sampling technique by random sampling, so the data were taken at random in the queuing system is running at 10:00 to 12:00 and 13:00 to 15:00 hours on weekdays based on observations. Observation is by observing and measuring the amount of the average customer arrival (x) and the average number of customers served (μ) in a period of time (hours) in the queuing system.

The results of the test sample t test showed that there were significant differences in the average number of customers and the utility both in the system and in the queue of Split Decision System. This is indicated the t value is smaller than the table t , and no significant difference on average waiting time and the probability of no customers in both the system and the queue of Split Decision System. This is indicated the t value greater t table is obtained, and for the number of teller enabled to obtain the optimal cost is 7 teller's for a transaction < 25 million and 4 teller's for a transaction > 25 million in the Mandiri Bank..

Keywords : queuing model, arrival, waiting time, utilization teller, and Split Decision system

PENDAHULUAN

Terbatasnya sumber daya yang dimiliki oleh perusahaan-perusahaan seringkali mengakibatkan orang-orang, barang-barang, komponen-komponen atau kertas kerja harus menunggu untuk mendapatkan jasa pelayanan. Masalah yang dihadapi para manajer perusahaan jasa adalah bagaimana supaya dapat beroperasi secara ekonomis tetapi juga dapat memberikan pelayanan yang baik kepada para pelanggan, meskipun permintaan pelayanan tersebut datangnya tidak beraturan.

Sejumlah studi ilmiah, artikel jurnal, dan buku panduan yang diterbitkan menjelaskan hubungan antara kepuasan pelanggan, waktu tunggu, dan perilaku pelanggan. Suatu studi menguji perilaku pelanggan menghadapi waktu tunggu dalam industri hotel dan restoran dan ditemukan bahwa lebih 70% dari keseluruhan responden secara jelas memperhatikan waktu tunggu. Lebih suka untuk membayar lebih untuk menghindari menunggu dalam antrian. Ini mengidentifikasi bahwa antrian dapat mempengaruhi tingkat kepuasan pelanggan dan keinginan mereka untuk berbelanja. (Nosek, 2005 : 2).

Bank sebagai salah satu lembaga yang menerapkan sistem antrian, maka Bank tidak dapat dipisahkan dari masalah sistem antrian itu sendiri. Jumlah karyawan yang kurang atau mungkin kesigapan karyawan dalam melayani nasabah yang kurang cepat, membuat masalah antrian tidak bisa dihindarkan. Panjang dan lamanya antrian membuat pelanggan merasa gelisah, karena menganggap waktu mereka terbuang percuma saat mereka mengantri sebelum dilayani. Sementara di luar sana, mungkin mereka bisa melakukan sesuatu yang lebih berarti daripada sekedar mengantri.

Fenomena yang menarik dapat diamati ketika manajemen Operasional bank selalu merancang jumlah sistem pelayanan Teller dengan *Trial and Error* sehingga sistem antrian menjadi tidak terukur dan terkendali. Dengan mempertimbangkan uraian di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“STUDI MODEL ANTRIAN M/M/m DAN OPTIMALISASI PELAYANAN TELLER PADA RETAIL BANKING”**

Dari uraian latar belakang diatas maka dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut : Apakah terdapat perbedaan yang signifikan jumlah pelanggan rata-rata dalam antrian maupun dalam sistem dari *Split Decision System* ?, Apakah terdapat perbedaan yang signifikan waktu tunggu rata-rata dalam antrian maupun dalam sistem dari *Split Decision System* ?, Apakah terdapat perbedaan yang signifikan probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem dari *Split Decision System* ?, Apakah terdapat perbedaan yang signifikan dari utilisasi pelayanan teller dalam sistem dari *Split Decision System* ?,

Berapa jumlah teller yang optimal harus dioperasikan untuk mendapatkan biaya operasional dan biaya tunggu yang ekonomis?

Penelitian yang akan dilakukan ini merupakan penelitian kuantitatif sehingga semua permasalahan akan dianalisis dengan pendekatan matematis. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui signifikansi perbedaan jumlah pelanggan rata-rata dalam antrian maupun dalam sistem dari *Split Decision System*, untuk mengetahui signifikansi perbedaan waktu tunggu rata-rata dalam antrian maupun dalam sistem dari *Split Decision System*, untuk mengetahui signifikansi perbedaan probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem dari *Split Decision System*, untuk mengetahui signifikansi perbedaan utilisasi pelayan teller dalam sistem dari *Split Decision System*, untuk mengetahui jumlah teller yang optimal harus dioperasikan agar mendapatkan biaya operasional dan biaya tunggu yang ekonomis

Kemudian dari tujuan penelitian tersebut akan dapat membawa manfaat yaitu sebagai berikut: penelitian ini akan memberikan jawaban atau informasi dalam mengoptimalkan sistem pelayanan teller pada *retail banking*, tentunya akan sangat menguntungkan bagi perusahaan dalam merancang suatu sistem operasi khususnya dalam sistem antrian, penelitian ini akan dapat membawa manfaat dalam meningkatkan keterampilan dan pengetahuan bagi peneliti serta sebagai referensi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya atau bagi mahasiswa dalam melakukan penelitian yang berkaitan dengan manajemen operasional khususnya sistem antrian.

Antrian dalam sistem pelayanan

Teori Antrian (*Queing Theory*) diawali oleh Agner Kraup Erlang (1 Januari 1878 – 3 Februari 1929) yang pertama kali mempublikasikan makalah mengenai *Queing Theory* pada tahun 1909. A.K Erlang adalah seorang insinyur asal Denmark yang bekerja di *Copenhagen Telephone Exchange*. Penemuan itu terjadi ketika mereka mengamati masalah kepadatan penggunaan telepon di *Copenhagen Telephone*. Pada saat itu permintaan hubungan telepon ke satu nomor masih dilayani secara manual oleh operator di mana pada saat-saat sibuk peminta harus menunggu untuk bisa disambungkan dengan nomor yang dikehendaki karena padatnya lalu lintas komunikasi.

Gross dan Haris (**Gross, 1994**) 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.

Karakteristik Sistem Antrian

Ada tiga komponen dalam sistem antrian yaitu : kedatangan (populasi yang akan dilayani /*calling population*), antrian, fasilitas pelayanan.

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

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

Contoh : Kedatangan digambarkan dalam jumlah satu waktu, dan bila kedatangan terjadi secara acak, informasi yang penting adalah Probabilitas n kedatangan dalam periode waktu tertentu, dimana $n = 0,1,2,...$

Jika kedatangan diasumsikan terjadi dengan kecepatan rata-rata yang konstan dan bebas satu sama lain disebut distribusi probabilitas Poisson. Ahli matematika dan fisika, Simeon Poisson (1781 – 1840), menemukan sejumlah aplikasi manajerial, seperti kedatangan pasien di RS, sambungan telepon melalui central switching system, kedatangan kendaraan di pintu toll, dll. Semua kedatangan tersebut digambarkan dengan variabel acak yang terputus-putus dan non negative integer (0, 1, 2, 3, 4, 5, dst). Selama 10 menit mobil yang antri di pintu toll bisa 3, 5, 8, dan seterusnya.

Ciri distribusi poisson :

1. rata-rata jumlah kedatangan setiap interval bisa diestimasi dari data sebelumnya.
2. bila interval waktu diperkecil misalnya dari 10 menit menjadi 5 menit, maka pernyataan ini benar :

- a. probabilita bahwa seorang pasien datang merupakan angka yang sangat kecil dan konstan untuk setiap interval.
- b. probabilita bahwa 2 atau lebih pasien akan datang dalam waktu interval sangat kecil sehingga probabilita untuk 2 atau lebih dikatakan nol (0).
- c. Jumlah pasien yang datang pada interval waktu bersifat independent.
- d. Jumlah pasien yang datang pada satu interval tidak tergantung pada interval yang lain.

Probabilitas n kedatangan dalam waktu T ditentukan dengan rumus :

$$P(n,T) = \frac{e^{-\lambda T} (\lambda T)^n}{n!} \quad \text{dimana } n = 0, 1, 2,$$

dimana :

λ = rata-rata kedatangan persatuan waktu

T = periode waktu

N = jumlah kedatangan dalam waktu

$P(n,T)$ = probabilitas n kedatangan dalam waktu T

Jika kedatangan mengikuti Distribusi Poisson dapat ditunjukkan secara matematis bahwa waktu antar kedatangan akan terdistribusi sesuai dengan distribusi eksponensial.

$$P(T \leq t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad 0 \leq t \leq \infty$$

Dimana :

$P(T \leq t)$ = probabilitas di mana waktu antar kedatangan $T \leq$ suatu waktu tertentu

λ = rata - rata kedatangan persatuan waktu

T = suatu waktu tertentu

Suatu faktor yang mempengaruhi penilaian distribusi kedatangan adalah ukuran populasi panggilan .

Split Decision System

Split Decision System merupakan keputusan yang diambil oleh pihak bank berkenaan dengan pemisahan sistem pelayanan teller berdasarkan besarnya transaksi. Keputusan ini akan diteliti aspek kelayakan dan manfaatnya bagi pihak bank maupun bagi pelanggan yang menggunakan pelayanan teller.

Tata letak

Tata letak fisik dari sistem antrian digambarkan dengan jumlah saluran, juga disebut sebagai jumlah pelayan. Sistem antrian jalur tunggal (*single channel, single server*) berarti bahwa dalam sistem antrian tersebut hanya terdapat satu pemberi layanan serta satu jenis layanan yang diberikan. Sementara sistem antrian jalur tunggal tahapan berganda (*single channel multi server*) berarti dalam sistem antrian tersebut terdapat lebih dari satu jenis layanan yang diberikan, tetapi dalam setiap jenis layanan hanya terdapat satu pemberi layanan.

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

Disiplin antrian

Disiplin antrian menunjukkan pedoman keputusan yang digunakan untuk menyeleksi individu-individu yang memasuki antrian untuk dilayani terlebih dahulu. Disiplin antrian yang paling umum adalah pedoman *first come, first served*, yang pertama datang yang pertama kali dilayani. Tetapi bagaimanapun juga ada beberapa tipe disiplin antrian lainnya yang dapat termasuk dalam model-model matematis antrian antara lain : *First come, first served* artinya yang datang lebih dahulu dilayani dulu, *Last come, first served* artinya yang datang terakhir yang duluan keluar, *Service in random order* artinya panggilan berdasarkan pada peluang secara random, tidak mempermasalahkan individu yang datang duluan, *Priority service*, artinya prioritas pelayanan diberikan kepada mereka yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan mereka yang mempunyai prioritas lebih rendah.

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

Penelitian Terdahulu

- a. Pendekatan Teori Antrian : Kasus Nasabah Bank Pada Pukul 08.00 – 11.00 di Bank BNI 46 Cabang Bengkulu. Penelitian ini dilakukan oleh Fachri Faisal.
- b. Model Antrian Pada Pelayanan Kesehatan di Rumah Sakit. Penelitian ini dilakukan oleh Putu Rhamani Suryadhi, Nicholson Jp Manurung.
- c. Tingkat Pelayanan Teller dengan Teori Antrian pada Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk Kantor Layanan Cinere. Penelitian ini dilakukan oleh Lantara Febriyantotyas S.
- d. Aplikasi Pengaturan Antrian (Studi Kasus: Customer Service Plasa Telkom Makassar). Penelitian ini dilakukan oleh Teddy Marcus Zakaria, Gini Windiasari.
- e. Hubungan Antara Panjang Antrian Kendaraan dengan Aktifitas Samping Jalan. Penelitian ini dilakukan oleh Fransiscus Mintar Ferry Sihotang.
- f. Model Antrian M[H]/G/1. Penelitian ini dilakukan oleh J. Dharma Lesmono.
- g. Analisis Kinerja Sistem Antrian Pada Industri Pengolahan Fillet Ikan Beku (Studi Kasus di PT.GTS, Jawa Barat) . Penelitian ini dilakukan oleh Machfud dan Arviano Haryanto Sahar.
- h. Pengembangan Model Matematis Antrian Dengan Karakteristik Time Dependt. Penelitian ini dilakukan oleh Noita Eka Wulandari dan Subagyo.

Berdasarkan latar belakang masalah yang dikaitkan dengan kajian teoritis, maka penulis membuat hipotesis sebagai berikut: diduga terdapat perbedaan yang signifikan jumlah pelanggan rata-rata dalam antrian maupun dalam sistem dari *Split Decision System*, diduga terdapat perbedaan yang signifikan waktu tunggu rata-rata dalam antrian maupun dalam sistem dari *Split Decision System*, diduga terdapat perbedaan yang signifikan probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem dari *Split Decision System*, diduga terdapat perbedaan yang signifikan utilisasi pelayanan teller dalam sistem dari *Split Decision System*.

METODE PENELITIAN

Untuk memperoleh data-data yang diperlukan guna penyelesaian penelitian ini, maka penulis melakukan penelitian ini di Bank Mandiri KCP Pekanbaru A. Yani yang berlokasi di Jalan A. Yani No. 85 Pekanbaru Riau dan Bank Central Asia Cabang Sudirman Pekanbaru.

Dalam penelitian ini ditentukan bahwa populasi adalah seluruh pelanggan dalam antrian pada hari kerja yang berlaku pada Bank Mandiri KCP Pekanbaru A. Yani dan Bank Central Asia cabang Sudirman Pekanbaru. Sampel yang akan diambil adalah jumlah pelanggan dalam antrian pada pukul 10.00 – 12.00 WIB dan pukul 13.00-15.00 WIB selama 15 hari kerja, dengan teknik *random sampling*.

a. Data Primer

Yaitu data mentah yang diperoleh dari hasil pengamatan peneliti tentang variabel-variabel sistem antrian pada Bank Mandiri KCP Pekanbaru A. Yani dan Bank Central Asia cabang Sudirman Pekanbaru.

b. Data Sekunder

Yaitu data yang diperoleh peneliti dari perusahaan tempat penelitian yaitu Bank Mandiri KCP Pekanbaru A. Yani. Data-data itu berupa angka-angka, tabel-tabel, struktur organisasi, visi misi Bank Mandiri, profil Bank Mandiri dan data-data lain yang berkaitan dengan penelitian.

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan probabiliti sampling yaitu dengan *random sampling technique*, jadi data diambil secara acak pada sistem antrian yang sedang berjalan pada jam 10.00-12.00 dan jam 13.00-15.00 pada hari kerja berdasarkan pengamatan (observasi). Observasi dilakukan dengan mengamati dan mengukur jumlah kedatangan pelanggan rata-rata (\bar{x}) dan jumlah pelanggan rata-rata yang dilayani (μ) dalam periode waktu (jam) pada sistem antrian.

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Jumlah Pelanggan rata-rata dalam sistem (L), Jumlah Pelanggan rata-rata dalam antrian (Lq), Waktu tunggu rata-rata dalam sistem (W), Waktu tunggu rata-rata dalam antrian (Wq), Probabilitas (Po), Utilisasi (ρ).

Semua variabel tersebut diatas dapat dihitung dengan mengetahui jumlah kedatangan pelanggan rata-rata (\bar{x}) dan jumlah pelanggan rata-rata yang dilayani (μ) per satuan waktu. Semua variabel menggunakan data rasio. Dari hasil analisis kuantitatif akan didapat nilai dari variabel tersebut yang dapat digunakan untuk mengambil suatu keputusan.

Pengumpulan data dilakukan dengan Observasi (Pengamatan) Yaitu peneliti mengamati sistem antrian pada Bank Mandiri KCP Pekanbaru A. Yani. Dimana peneliti memposisikan diri sebagai nasabah yang merasakan berapa lama waktu tunggu, waktu memproses dan variabel-variabel penelitian lainnya pada Bank Mandiri KCP Pekanbaru A. Yani. Kemudian untuk data penunjang dilakukan dengan wawancara dan dokumentasi.

Teknik statistik yang digunakan untuk menguji hipotesis komparatif tergantung pada jenis datanya, teknik statistic t-test adalah merupakan teknik statistic parametris yang digunakan untuk menguji komparasi data ratio atau interval (Sugiyono, 2005 : 134)

Terdapat dua rumus t-test yang dapat digunakan untuk menguji hipotesis komparatif dua sampel independen. Rumus tersebut ditunjukkan pada rumus A dan B berikut :

i. Separated varians
$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

ii. Polled varians
$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Sedangkan rumus untuk menghitung model antrian M/M/m maka digunakanlah rumus :

- m = channel yang tersedia
- λ = jumlah kedatangan rata-rata per satuan waktu
- μ = jumlah orang yang dilayani per satuan waktu

Sedangkan formulasinya adalah sebagai berikut :

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

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

2. Rata-rata pelanggan atau unit di dalam sistem

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

3. Rata-rata waktu yang dihabiskan sebuah unit di dalam antrian atau dilayani

$$w = \frac{\mu \left(\lambda / \mu \right)^m}{(m - 1)! (m\mu - \lambda)^2} p_0 + \frac{1}{\mu} = \frac{L}{\lambda}$$

4. Jumlah unit rata-rata yang menunggu dalam antrian

$$L_q = L - \frac{\lambda}{\mu}$$

5. Waktu rata-rata yang dihabiskan untuk menunggu dalam antrian

$$w_q = w - \frac{1}{\mu} = \frac{L_q}{\lambda}$$

6. Faktor utilisasi sistem

$$p = \frac{\lambda}{m\mu}$$

Dan untuk menentukan biaya menunggu dan biaya fasilitas digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Total biaya pelayanan} = (\text{jumlah channel}) (\text{biaya per channel})$$

$$\text{Total biaya pelayanan} = mC_s$$

Dimana :

$$m = \text{jumlah channel}$$

$$C_s = \text{biaya pelayanan (biaya tenaga kerja) tiap-tiap channel}$$

Sedangkan untuk menghitung total biaya menunggu adalah :

Total biaya menunggu = (total waktu yang dihabiskan menunggu semenjak datang) (biaya menunggu) = (jumlah kedatangan) (rata-rata menunggu per kedatangan) C_w

Jadi,

$$\text{Total biaya menunggu} = (\lambda W)C_w$$

Jika biaya waktu menunggu berdasarkan waktu di dalam antrian, maka menjadi

$$\text{Total biaya menunggu} = (\lambda W_q)C_w$$

Ketika biaya menunggu berdasarkan waktu di dalam sistem, maka rumusnya adalah :

$$\text{Total biaya} = \text{total biaya pelayanan} + \text{total biaya menunggu}$$

$$\text{Total biaya} = mC_s + \lambda WC_w$$

Ketika biaya menunggu berdasarkan waktu di dalam antrian, maka rumus total biaya adalah :

$$\text{Total biaya} = mC_s + \lambda W_q C_w$$

Dengan metode analisis seperti yang diformulasikan di atas maka dapat diketahui semua besaran variabel dalam sistem antrian, kemudian uji hipotesis dapat diketahui dengan menggunakan uji-t atau t-test dengan dua sampel bebas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Semua variabel yang diteliti dalam penelitian ini telah dihitung berdasarkan formulasi yang telah baku dalam sistem antrian multichannel-singlephase. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran 1 yang berisi antara lain jumlah pelanggan dalam sistem maupun dalam antrian, Waktu tunggu pelanggan dalam sistem maupun dalam antrian, probabilitas atau kemungkinan tidak ada orang dalam sistem, dan utilisasi sistem antrian yang terjadi pada *split decision system*.

Analisis Model Antriann M/M/m Pada Bank Mandiri

Pengujian hipotesis yang dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang terjadi dari semua variabel antrian pada split desicion system. Untuk menguji hipotesis ini digunakan t-test atau uji-t dengan 2 sample independence, yaitu sebagai berikut:

1. Jumlah pelanggan rata-rata dalam antrian maupun dalam sistem dari Split Decision System

- a. Pelanggan rata-rata dalam antrian

$$t = \frac{23,11 - 8,51}{\sqrt{\frac{247,75}{30} + \frac{89,41}{30}}}$$

$$t = 4,298$$

- b. Pelanggan rata-rata dalam sistem

$$t = \frac{26,44 - 11,51}{\sqrt{\frac{248,38}{30} + \frac{101,61}{30}}}$$

$$t = 4,371$$

$$t \text{ tabel} = dk = 30-1=29=2,045 (5\%)$$

$$30-2=28=2,048$$

$$\text{Selisih} = 2,048-2,045=0,0015$$

$$t \text{ tabel} = 0,0015+2,045=2,0465$$

berdasarkan nilai t hitung dalam antrian dan t tabel, didapat t hitung dalam antrian lebih besar dari t tabel (4,298 > 2,0465) dan t hitung dalam sistem lebih besar dari t tabel (4,371 > 2,0465) jadi, Ha diterima dan kesimpulannya terdapat perbedaan yang signifikan jumlah pelanggan rata-rata dalam antrian maupun dalam sistem dari *Split Decision System*.

2. Waktu tunggu rata-rata dalam antrian maupun dalam sistem dari Split Decision System

- a. Waktu tunggu rata-rata dalam antrian

$$t = \frac{0,58 - 0,60}{\sqrt{\frac{0,18}{30} + \frac{0,38}{30}}}$$

$$t = -0,146$$

b. Waktu tunggu rata-rata dalam sistem

$$t = \frac{0,67 - 0,85}{\sqrt{\frac{0,18}{30} + \frac{0,37}{30}}}$$

$$t = -1,329$$

$$t \text{ tabel} = dk = 30-1=29=2,045 (5\%)$$

$$30-2=28=2,048$$

$$\text{Selisih} = 2,048-2,045=0,0015$$

$$t \text{ tabel} = 0,0015+2,045=2,0465$$

berdasarkan nilai t hitung dalam antrian dan t tabel, didapat t hitung dalam antrian lebih kecil dari t tabel ($-0,146 < 2,0465$) dan t hitung dalam sistem lebih kecil dari t tabel ($-1,329 < 2,0465$) jadi, H_0 ditolak dan kesimpulannya tidak terdapat perbedaan yang signifikan waktu tunggu pelanggan rata-rata dalam antrian maupun dalam sistem dari *Split Decision System*.

3. Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem dari *Split Decision System*

$$t = \frac{0,01 - 0,03}{\sqrt{\frac{0,0001}{30} + \frac{0,0004}{30}}}$$

$$t = -4,899$$

$$t \text{ tabel} = dk = 30-1=29=2,045 (5\%)$$

$$30-2=28=2,048$$

$$\text{Selisih} = 2,048-2,045=0,0015$$

$$t \text{ tabel} = 0,0015+2,045=2,0465$$

berdasarkan nilai t hitung dan t tabel, didapat t hitung lebih kecil dari t tabel ($-4,899 < 2,0465$) jadi, H_0 ditolak dan kesimpulannya tidak terdapat perbedaan yang signifikan probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem dari *Split Decision System*.

4. Utilisasi pelayanan teller dalam sistem dari *Split Decision System*

$$t = \frac{0,95 - 0,86}{\sqrt{\frac{0,0004}{30} + \frac{0,0049}{30}}}$$

$$t = 6,771$$

$$t \text{ tabel} = dk = 30-1=29=2,045 (5\%)$$

$$30-2=28=2,048$$

$$\text{Selisih} = 2,048-2,045=0,0015$$

$$t \text{ tabel} = 0,0015+2,045=2,0465$$

berdasarkan nilai t hitung dan t tabel, didapat t hitung lebih besar dari t tabel ($6,771 > 2,0465$) jadi, H_a diterima dan kesimpulannya terdapat perbedaan yang signifikan utilisasi pelayanan teller dalam sistem dari *Split Decision System*.

5. Operasional Jumlah Teller Untuk Mendapatkan Biaya Pelayanan dan Biaya Tunggu yang Optimal

Keadaan optimal dapat dicapai apabila total biaya pelayanan sama dengan total biaya tunggu harian, sesuai dengan formulasi yang telah dirumuskan, maka kondisi keseimbangan antara dua variabel diatas dalam sistem adalah sebagai berikut :

Total biaya pelayanan = Total biaya tunggu harian

$$mC_s = \lambda WC_w$$

$$m = \lambda WC_w / C_s$$

Diasumsikan bahwa $C_s = 3 C_w$, dengan pertimbangan biaya pelayanan lebih besar daripada biaya tunggu karena biaya pelayanan meliputi biaya upah karyawan dan biaya overhead yang dikeluarkan serta biaya sewa (opportunity) dari perlengkapan, sedangkan biaya tunggu adalah biaya kesempatan (opportunity cost) dari pelanggan dalam sistem maupun dalam antrian.

Dengan menggunakan formulasi diatas maka:

- Untuk transaksi < 25 juta

$$m = (42)(0,67) / 3$$

$$= 9,38$$

$$\approx 9 \text{ teller atau channel}$$
- Untuk transaksi > 25 juta

$$m = (13)(0,85) / 3$$

$$= 3,68$$

$$\approx 4 \text{ teller atau channel}$$

Analisis Model Antrian $M/M/m$ Pada Bank Cebtral Asia, Tbk

Pengujian hipotesis yang dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang terjadi dari semua variabel antrian pada split desicion system. Untuk menguji hipotesis ini digunakan t-test atau uji-t dengan 2 sample independence, yaitu sebagai berikut :

1. Jumlah pelanggan rata-rata dalam antrian maupun dalam sistem dari Split Decision System

a) Dalam sistem

Dimana $\bar{x}_1 = 23,135$	$\bar{x}_2 = 12,524$	
$s_1 = 15,933$	$s_2 = 4,587$	$n_1 = 30$
$s_1^2 = 253,86$	$s_2^2 = 21,05$	$n_2 = 30$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$t = \frac{23,135 - 12,524}{\sqrt{\frac{253,86}{30} + \frac{21,04}{30}}}$$

$$t = \frac{10,611}{\sqrt{8,462 + 0,701}}$$

$$t = \frac{10,611}{\sqrt{9,163}}$$

$$t = \frac{10,611}{3,056}$$

$$t = 3,472$$

Jadi $t_{hitung} = 3,472$

$t_{tabel} (\alpha = 5\%)$

$dk = 30 - 1 = 29 = 2,045$

$30 - 2 = 28 = 2,048$

$2,048 - 2,045 / 2 = 0,0015$

Jadi $t_{tabel} = 0,0015 + 2,045 = 2,0465$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari t_{hitung} dan t_{tabel} , didapat t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} ($3,472 > 2,0465$), maka H_0 diterima. Jadi kesimpulannya, terdapat perbedaan yang signifikan jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem dari Split Decision System.

b) Dalam antrian

Dimana $\bar{x}_1 = 11,821$ $\bar{x}_2 = 4,378$

$s_1 = 9,289$

$s_2 = 4,131$

$n_1 = 30$

$s_1^2 = 86,285$ $s_2^2 = 17,065$

$n_2 = 30$

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$t = \frac{11,821 - 4,378}{\sqrt{\frac{86,285}{30} + \frac{17,065}{30}}}$$

$$t = \frac{7,443}{\sqrt{2,876 + 0,569}}$$

$$t = \frac{7,443}{\sqrt{3,445}}$$

$$t = \frac{7,443}{1,856}$$

$$t = 4,010$$

Jadi $t_{hitung} = 4,010$

$t_{tabel} = 2,0465$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari t_{hitung} dan t_{tabel} , didapat t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} ($4,010 > 2,0465$), maka H_a diterima. Jadi kesimpulannya, terdapat perbedaan yang signifikan jumlah pelanggan rata-rata dalam antrian dari *Split Decision System*.

2. Waktu tunggu rata-rata dalam antrian maupun dalam sistem dari *Split Decision System*

a) Dalam sistem

Dimana $\bar{x}_1 = 16,583$

$\bar{x}_2 = 33,478$

$s_1 = 7,863$

$s_2 = 13,463$

$n_1 = 30$

$s_1^2 = 61,827$

$s_2^2 = 181,252$

$n_2 = 30$

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$t = \frac{16,583 - 33,478}{\sqrt{\frac{61,827}{30} + \frac{181,252}{30}}}$$

$$t = \frac{-16,895}{\sqrt{2,061 + 6,042}}$$

$$t = \frac{-16,895}{\sqrt{8,103}}$$

$$t = \frac{-16,895}{2,846}$$

$$t = -5,93$$

Jadi $t_{hitung} = -5,93$

$t_{tabel} = 2,0465$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari t_{hitung} dan t_{tabel} , didapat t_{hitung} lebih kecil dari t_{tabel} ($-1,238 < 2,0465$), maka H_0 ditolak. Jadi kesimpulannya, tidak terdapat perbedaan yang signifikan waktu tunggu rata-rata dalam sistem dari *Split Decision System*.

b) Dalam antrian

$$\begin{aligned} \text{Dimana } \bar{X}_1 &= 8,635 & \bar{X}_2 &= 11,681 \\ s_1 &= 6,515 & s_2 &= 11,788 & n_1 &= 30 \\ s_1^2 &= 42,445 & s_2^2 &= 138,957 & n_2 &= 30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \\ t &= \frac{8,635 - 11,681}{\sqrt{\frac{42,445}{30} + \frac{138,957}{30}}} \\ t &= \frac{-3,046}{\sqrt{1,415 + 4,632}} \\ t &= \frac{-3,046}{\sqrt{6,047}} \\ t &= \frac{-3,046}{2,459} \\ t &= -1,238 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } t_{hitung} &= -1,238 \\ t_{tabel} &= 2,0465 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari t_{hitung} dan t_{tabel} , didapat t_{hitung} lebih kecil dari t_{tabel} ($-1,238 < 2,0465$), maka H_0 ditolak. Jadi kesimpulannya, tidak terdapat perbedaan yang signifikan waktu tunggu rata-rata dalam antrian dari *Split Decision System*.

3. Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem dari *Split Decision System*

Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem dari kedua sistem adalah :

$$\begin{aligned} \text{Dimana } \bar{X}_1 &= 0,0000224 & \bar{X}_2 &= 0,000431 \\ s_1 &= 0,0000156 & s_2 &= 0,000361 & n_1 &= 30 \\ s_1^2 &= 0,0256 & s_2^2 &= 0,0256 & n_2 &= 30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \\ t &= \frac{0,0000224 - 0,000431}{\sqrt{\frac{0,0000000024}{30} + \frac{0,00000018}{30}}} \\ t &= \frac{-0,000408}{\sqrt{\frac{0,00000018024}{30}}} \\ t &= \frac{-0,000408}{0,00000000434} \\ t &= -94,009,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } t_{\text{hitung}} &= -94,009,2 \\ t_{\text{tabel}} &= 2,0465 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari t_{hitung} dan t_{tabel} , didapat t_{hitung} lebih kecil dari t_{tabel} ($-94,009,2 < 2,0465$), maka H_0 ditolak. Jadi kesimpulannya, tidak terdapat perbedaan yang signifikan probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem dari *Split Decision System*.

4. Utilisasi pelayanan teller dalam sistem dari *Split Decision System*

Utilisasi dari sistem split decision adalah :

$$\begin{aligned} \text{Dimana } \bar{X}_1 &= 0,897 & \bar{X}_2 &= 0,753 \\ s_1 &= 0,16 & s_2 &= 0,093 & n_1 &= 30 \\ s_1^2 &= 0,0256 & s_2^2 &= 0,0256 & n_2 &= 30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \\ t &= \frac{0,897 - 0,753}{\sqrt{\frac{0,0256}{30} + \frac{0,008659}{30}}} \\ t &= \frac{0,144}{\sqrt{0,000853 + 0,000288}} \\ t &= \frac{0,144}{\sqrt{0,00114}} \\ t &= \frac{0,144}{0,0343} \\ t &= 4,235 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } t_{\text{hitung}} &= 4,235 \\ t_{\text{tabel}} &= 2,0465 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari t_{hitung} dan t_{tabel} , didapat t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} ($4,235 > 2,0465$), maka H_a diterima. Jadi kesimpulannya, terdapat perbedaan yang signifikan utilisasi pelayanan teller dalam sistem dari *Split Decision System*.

5. Operasional Jumlah Teller Untuk Mendapatkan Biaya Pelayanan dan Biaya Tunggu yang Optimal

Keadaan optimal dapat dicapai apabila total biaya pelayanan sama dengan total biaya tunggu harian, sesuai dengan formulasi yang telah dirumuskan, maka kondisi keseimbangan antara dua variabel diatas dalam sistem adalah sebagai berikut:

Total biaya pelayanan = Total biaya tunggu harian

$$mC_s = \lambda WC_w$$

$$m = \lambda WC_w / C_s$$

Diasumsikan bahwa $C_s = 3 C_w$, dengan pertimbangan biaya pelayanan lebih besar daripada biaya tunggu karena biaya pelayanan meliputi biaya upah karyawan dan biaya overhead yang dikeluarkan serta biaya sewa (opportunity) dari perlengkapan, sedangkan biaya tunggu adalah biaya kesempatan (opportunity cost) dari pelanggan dalam sistem maupun dalam antrian.

Dengan menggunakan formulasi diatas maka:

- Untuk transaksi < 25 juta
 $m = (77)(16,58/60) / 3$
 $= 7$
 ≈ 7 teller atau channel
- Untuk transaksi > 25 juta
 $m = (22)(33,48/60) / 3$
 $= 4,1$
 ≈ 4 teller atau channel

KESIMPULAN DAN SARAN

Pembahasan dan hasil penelitian yang telah dibahas pada bab sebelumnya dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan yang signifikan jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem maupun antrian dari *split desicion system*.
2. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan waktu tunggu rata-rata dalam sistem maupun antrian dari *split desicion system*.

3. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem maupun antrian dari *split desicion system*.
4. Terdapat perbedaan yang signifikan utilitas dalam sistem maupun antrian dari *split desicion system*.
5. Jumlah teller yang harus diaktifkan adalah 7 untuk transaksi < 25 juta rupiah dan 4 untuk transaksi > 25 juta rupiah agar biaya pelayanan dan biaya tunggu optimal pada Bank mandiri, kemudian pada bank BCA jumlah teller yang harus diaktifkan adalah 7 untuk transaksi < 20 juta dan 4 untuk transaksi > 20 juta.

Dengan adanya kesimpulan di atas, maka dapat dibuat suatu rekomendasi untuk merancang sistem pelayanan khususnya antrian yang lebih efektif dan efisien.

Saran yang dapat diberikan berdasarkan kesimpulan di atas adalah sebagai berikut:

1. Jumlah pelanggan rata-rata memiliki perbedaan yang signifikan pada sistem maupun antrian, maka dari itu untuk transaksi < 25 juta atau <20 juta dianjurkan membuka channel lebih banyak dan sistem lay out yang memiliki ruang lebih luas.
2. Waktu tunggu rata-rata dalam sistem maupun antrian, masing-masing pada *split decision system* tidak mengalami perbedaan yang signifikan, sehingga fungsi dari *split desicion system* pada retail banking lebih merupakan efisiensi lay-out saja agar antrian tidak memanjang.
3. Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem sangat kecil, hal ini menunjukkan tingginya jumlah transaksi pada retail banking, sehingga bank harus menyediakan sistem antrian yang lebih kondusif seperti pelayanan online dan sebagainya.
4. Utilitas yang terjadi menunjukkan bahwa pelayanan pada transaksi *split decision system* tidak memiliki perbedaan yang berarti, karena setiap teller memiliki kemampuan yang relatif sama.
5. Dianjurkan bagi perusahaan untuk mengaktifkan teller berdasarkan efektifitas dan efisiensi, dimana jumlahnya dapat dihitung.

Bagi peneliti selanjutnya dapat mengambil penelitian dampak sistem antrian pada efektifitas dan efisiensi lay out / tata letak ruang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminuddin. 2005. *Prinsip-prinsip Riset Operasi*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
Bustoni, Henry. 2005. *Fundamental Operation Research*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

- Davidoff, D.M. 1994. *CONTACT: Customer Service in The Hospitality dan Tourism Industry*. Prentice Hall, New York.
- Dermawan, Rizky. 2005. *Model Kuantitatif Pengambilan Keputusan dan Perencanaan Strategi*. Alfabeta. Bandung.
- Faisal, Fachri. 2005. Pendekatan Teori Antrian : Kasus Nasabah Bank pada Pukul 08.00-11.00 WIB di Bank BNI 46 Cabang Bengkulu. *Jurnal Gradien* Vol.1 No.2 Juli 2005 : 90-97.
- Fransiscus Mintar Ferry Sihotang. 2006. Hubungan Antara Panjang Antrian Kendaraan dengan Aktifitas Samping Jalan. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 3 , No. 1, Januari 2006.
- Gross dan Harris. 1994, *The Queueing Systems*, McGraw-Hill, Inc. New York.
- Haizer, Jay & Barry Render. 2011. *Operation Managements tenth edition Global edition*. Pearson. New Jersey
- Handoko, Hani. 2008. *Dasar-dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. BPFE-Yogyakarta. Yogyakarta.
- Heizer, Jay. 2005. *Manajemen Operasi*. Salemba Empat. Jakarta.
- Ishak, Aulia. 2010. *Manajemen Operasi. Edisi Pertama*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Kotler, Philip. 2002. *Manajemen Pemasaran Edisi Milenium*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey.
- Lesmono, J. Dharma. 2001. Model Antrian M[H]/G/1 . *INTEGRAL*, vol. 6 no. 2 , Oktober 2001.
- Liani, Sulis, et al. 2009. Pengembangan Model Antrian Time-Dependent Pada Sistem Antrian Multifase. *Jurnal Mesin dan Industri*, Volume 6, Nomor 2, Edisi Januari 2009, ISSN 1693 – 704X, Hal. 25-36.
- Mustika, Ranti. 2011. *Analisis Sistem Antrian Teller Pada PT. Bank Riau Cabang Utama Pekanbaru*. Skripsi Fakultas Ekonomi Unri.
- Nosek, Ronald Anthony, JR, MS dan James P. Wilson, Pharmd, Phd, Teori Antrian dan Kepuasan Konsumen: Suatu Tinjauan Tentang Terminologi Trend, dan Pengaplikasiannya Pada Prakter Farmasi.
- Purwaningsih et al. 2010. Pengembangan Model Antrian Pada Stasiun Timbangan Tebu Di Pg Pandjie Situbondo Cane-Scale Queueing System Modelling at PG Pandjie Situbondo. *Jurnal Teknologi Pertanian* Vol. 11 No. 1 (April 2010) 62-70.
- Reid, R.D.,Nada R. Sanders. 2005. *Operations Management An Integrated Approach Second Edition*. John Willey & Son Inc. USA.

- Render, Barry. et al. 2003. *International Edition, Quantitative Analysis for Management Eight Edistion*. Prentice Hall, Inc. New Jersey.
- Shafer, S.M., Jack R Meredith.1998. *Operations Management a Process approach with spreadsheets*. John Willey & Sons Inc. USA.
- Siswanto, 2007. *Operations Research Jilid 2*, Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Sugiyono. 2005. *Statistika Untuk Penelitian*. CV Alfabeta. Bandung.
- Sumarni, Murti. 1997. *Marketing Perbankan. Edisi Ke-empat*. Liberty Yogyakarta. Yogyakarta.
- Suryadhi, Putu Ayu Rhamania Dan Nicholson JP Manurung. 2009. Model Antrian Pada Pelayanan Kesehatan Di Rumah Sakit. Kampus Jimbaran Bali Vol. 8 No 2.
- Susanti, R. 1996, *Kajian dan Aplikasi Teori Antrian* ,Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Taylor III. 2005. *Sains Manajemen*. Salemba Empat. Jakarta.
- Tjiptono, F. 2004. *Manajemen Jasa*. Penerbit Andi. Jogjakarta.
- Toha, Hamdy A. 1997. *Operations Research: an introduction*, Prentice Hall, NJ.
- Utami, Alvi Syahrini. 2009. Simulasi Antrian Satu Channel Dengan Tipe Kedatangan Berkelompok. Jurnal Ilmiah Generic Volume 4, Nomor 1, Januari 2009.
- Yusuf, Nilawaty. 2007. Penerapan Model Antrian Pada PT. Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk Cabang Gorontalo. Jurnal Inovasi, Volume 4, Nomor 3, September 2007 ISSN 1693-9034
- Zakaria ,Teddy Marcus,. Gini Windiasari. 2008. Aplikasi Pengaturan Antrian (Studi Kasus: Customer Service Plasa Telkom Makassar). Jurnal Informatika, Vol 4, No 2, Desember 2008: 105 – 117
- Sourav Banerjee. 2012. Service Delivery improvement for the Cloud Service Providers and Customers. International Journal of Computer Applications (0975 - 8887), Volume 51, No.5, August 2012
- Fuqing Zhao and Qin Zhao. 2012. Queuing Network Analysis on Hybrid Flow Shop Scheduling. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 4 (22): 4678-4684, 2012 ISSN: 2040-7467