

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang Masalah

Industri perbankan merupakan institusi yang sangat dominan (*leading institution*) dalam suatu sistem keuangan termasuk dalam sistem keuangan di Indonesia. Hal tersebut terlihat dalam peranannya dalam memutar roda perekonomian nasional, terutama sektor riil. Peranan tersebut menjadi sangat signifikan terutama sejak deregulasi perbankan tahun 1988. Pesatnya perkembangan sektor ini dapat dilihat dari peningkatan jumlah bank dan kantor cabangnya, peningkatan mobilisasi dana dan alokasi kredit. Perkembangan yang pesat tersebut selanjutnya mendorong persaingan antara lembaga keuangan dan perbankan menjadi semakin kompetitif.

Seiring dengan semakin banyaknya lembaga keuangan dan perbankan yang disebabkan oleh semakin banyaknya pula para konsumen yang menggunakan jasa serta pelayanan atau yang dalam bahasa perbankan dikenal dengan istilah "nasabah". Hal ini juga menyebabkan tingkat persaingan yang tinggi di dalam industri perbankan. Bank-bank selalu meningkatkan pelayanannya untuk menarik nasabah sebanyak mungkin.

Beberapa alasan para nasabah bersedia untuk menyimpan dan menginvestasikan dana mereka disebabkan oleh fasilitas-fasilitas yang dimiliki oleh bank tersebut, salah satunya adalah fasilitas di bidang pelayanan. Para nasabah memilih suatu lembaga keuangan tidak hanya melihat dari segi kenyamanan, tetapi mereka juga melihat lembaga keuangan

tersebut mampu memberikan kecepatan dalam pelayanan. Apabila jumlah fasilitas pelayanan yang dimiliki oleh bank tersebut dapat mencukupi serta memenuhi untuk melayani para nasabah, maka akan membuat para nasabah menjadi aman dan nyaman, karena setiap proses transaksi yang terjadi dapat berjalan dengan lancar dan cepat. Hal ini tentu saja akan mengakibatkan semakin bertambahnya jumlah nasabah baik yang sudah atau yang belum menggunakan jasa bank tersebut, serta semakin meningkatnya loyalitas para nasabah terhadap bank tersebut. Sehingga dapat dilihat saat ini banyak sekali bank yang memberikan fasilitas ATM sebagai salah satu upaya dari bank tersebut untuk memudahkan para nasabah dalam melakukan transaksi serta memberikan pelayanan yang cepat kepada para nasabahnya.

Akan tetapi keadaan tersebut menjadi sebaliknya, apabila jumlah fasilitas pelayanan yang terdapat pada bank tersebut tidak mencukupi untuk melayani para nasabah yang datang secara bersamaan, maka akan terjadi yang namanya antrian. Dan antrian ini akan semakin panjang apabila waktu pelayanan untuk seorang nasabah yang melakukan transaksi lebih panjang di banding waktu kedatangan rata-rata para nasabah. Sebaliknya apabila jumlah fasilitas pelayanan yang dimiliki oleh bank tersebut melebihi dari kebutuhan yang sebenarnya, maka hal ini akan menimbulkan pemborosan ongkos yang disebabkan adanya suatu sistem pelayanan yang kurang baik atau efektif.

Ketika para pelanggan(konsumen) menunggu untuk mendapatkan jasa pelayanan, maka keberadaan sistem antrian sangat diperlukan. Teori antrian pertama kali diciptakan oleh A.K. Erlang seorang ahli matematik yang

berasal dari Denmark pada tahun 1909. Sejak itu penggunaan model antrian mengalami perkembangan yang cukup pesat terutama setelah berakhirnya perang dunia ke-II. Di dalam perkembangannya teori antrian telah mengalami perubahan-perubahan sehingga terdapat berbagai macam model teori antrian yang mengarah kepada mengefektifkan dan mengelisisenkan kinerja fasilitas pelayanan sehingga dapat meminimalkan waktu tunggu antrian para pelanggan. Seberapa banyak tingkat antrian akan sangat berpengaruh terhadap biaya langsung dan biaya tidak langsung

Biaya tidak langsung adalah biaya yang terjadi selama individu berada dalam sistem antrian seperti, biaya mengangurnya karyawan, kehilangan penjualan, kehilangan nasabah, kemacetan sistem, dan kehilangan kepercayaan dalam manajemen. Sedangkan yang dimaksud dengan biaya langsung adalah biaya yang diakibatkan dengan adanya penambahan fasilitas pelayanan( investasi dalam peralatan atau investasi), biaya pemasangan, biaya pelatihan karyawan, dan pengeluaran tambahan untuk pemeliharaan. Sehingga apabila pihak perusahaan tidak dapat mengantisipasi antrian maka hal ini akan berakibat penambahan biaya langsung dan biaya tidak langsung terhadap pihak perusahaan.

Untuk jangka panjang dimana jumlah pengguna jasa di sektor perbankan semakin meningkat, secara otomatis pula jumlah nasabah akan meningkat pula. Pada saat jumlah nasabah semakin meningkat, tetapi jumlah fasilitas pelayanan yang tersedia tidak dapat mencukupi para nasabah yang ada maka akan terjadi berbagai permasalahan yaitu dapat menimbulkan berbagai

kerugian, antara lain bank tersebut akan mendapat kesan dan citra yang buruk akibat waktu menunggu yang terlalu lama sehingga dapat mengganggu berbagai aktifitas yang seharusnya dapat dilakukan oleh para nasabah.

Selain itu apabila hal ini dilihat dari dua sisi, yaitu sisi pihak manajemen (pimpinan bank tersebut) dan sisi Sumber Daya Manusia atau *Teller* yang mempunyai peran vital dan sebagai *garda terdepan* dalam sistem perbankan yaitu untuk melayani para nasabah, maka hal-hal yang tersebut diatas akan berdampak buruk. Pertama bila jumlah fasilitas pelayanan berlebihan, maka akan menimbulkan pemborosan uang untuk investasi dan menggaji *teller*. Pada keadaan ini akan banyak *teller* yang menganggur dan ini menyebabkan kemalasan serta ketidak efisienan waktu dan tenaga. Kedua bila jumlah fasilitas pelayanan terlalu sedikit serta jumlah tenaga kerja yang sedikit pula, maka akan terjadi pemerasan tenaga kerja yang pada akhirnya akan terjadi kelelahan sehingga semakin lamanya waktu yang dibutuhkan untuk melayani para nasabah, hal ini juga akan menyebabkan waktu antrian yang lebih lama dan panjang.

PT Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk, merupakan salah satu bank terbesar di Indonesia. PT Bank BNI (Persero) juga merupakan bank negara yang memiliki cabang di dalam negeri sebanyak 630 dan 6 cabang diluar negeri. Hal inipun menjadikan PT Bank PT Bank BNI (Persero) sebagai bank yang mempunyai pelanggan (nasabah) paling besar.

Dalam hal mengantisipasi perkembangan iklim bisnis di Indonesia, Bank BNI selalu mengembangkan produk jasa perbankannya agar mempunyai

*better value*, hal ini dilakukan untuk meningkatkan dan mengembangkan pelayanan terhadap para nasabahnya. Seperti yang sudah dilakukan dalam hal peningkatan pelayanan PT Bank BNI (Persero) telah merubah dan menambah fasilitas pelayanan. Tetapi apakah perubahan serta penambahan fasilitas pelayanan yang dilakukan oleh PT Bank Bank BNI (Persero) sudah mampu mengantisipasi tingkat antrian yang terjadi.

Dari permasalahan tersebut diatas maka penulis mengambil judul :

“ analisis teori antrian dan pengaruhnya terhadap penentuan jumlah fasilitas pelayanan optimal pada PT. Bank Negara Indonesia(persero, tbk)/cabang Kramat, Jakarta Pusat”

## 1.2. Rumusan Masalah

Ada bermacam-macam pelayanan yang diberikan oleh suatu Bank, salah satunya adalah pelayanan dalam bidang transaksi keuangan. Dalam hal ini dikhususkan pada transaksi yang paling banyak dan sering dilakukan oleh para nasabah yaitu dalam hal penyetoran dan penarikan tabungan. Apabila dalam proses pelayanannya terlalu lama dan menyebabkan waktu tunggu yang lama bagi nasabah, maka nasabah dapat membatalkan niatnya untuk membuka tabungan dan mencari bank lain yang waktu tunggunya diperkirakan lebih kecil. Akan tetapi apabila terlalu banyak fasilitas pelayanan yang dioperasikan dibandingkan dengan sedikitnya jumlah nasabah yang dilayani, hal ini juga akan menyebabkan biaya langsung yang akan dikeluarkan oleh bank tersebut juga akan besar sehingga akan terjadi pemborosan dan pada akhirnya akan merugikan bank yang bersangkutan,

karena akan kehilangan mendapatkan keuntungan. Untuk itu perlu adanya pertimbangan mengenai adanya berbagai tambahan biaya akibat penambahan fasilitas pelayanan.

Maka berdasarkan latar belakang masalah yang ada dapat dirumuskan berbagai masalah, dimana terjadi antrian yang panjang dari nasabah untuk mendapatkan sebuah pelayanan.

1. Berapa jumlah stasiun pelayanan yang optimal sehingga dapat mengurangi jumlah waktu antrian para nasabah ?
2. Apakah sistem antrian yang diterapkan oleh PT. Bank Negara Indonesia cabang Kramat saat ini sudah dapat meminimumkan jumlah antrian ?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian adalah :

1. Untuk mengetahui berapa jumlah stasiun pelayanan yang optimal sehingga dapat mengurangi waktu antrian.
2. Untuk mengetahui apakah sistem antrian yang diterapkan oleh PT. Bank Negara Indonesia cabang Kramat, Jakarta Pusat dapat meminimumkan jumlah antrian.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

1. Berguna sebagai tolak ukur dalam pengambilan keputusan atas usaha peningkatan pelayanan operasional yang berkaitan dengan keseimbangan sistem antara waktu menunggu pelayanan dengan waktu pelayanan pada kapasitas pelayanan yang tersedia.

2. Mengetahui jumlah fasilitas pelayanan yang optimal supaya dapat mencapai keuntungan yang maksimal.
3. Dapat menentukan berbagai kebijakan guna mendukung kepuasan nasabah dan kemajuan Bank itu sendiri.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Teori Antrian

Teori antrian adalah teori yang menyangkut studi matematika dari antrian-antrian atau baris-baris penungguan. Formasi baris-baris penungguan ini tentu saja merupakan suatu fenomena biasa yang terjadi apabila kebutuhan akan suatu pelayanan melebihi kapasitas yang tersedia untuk menyelenggarakan pelayanan itu. Keputusan-keputusan yang berkenaan dengan jumlah kapasitas ini harus dapat ditentukan, walaupun sebenarnya tidak mungkin dapat dibuat suatu prediksi yang tepat mengenai kapan unit-unit yang membutuhkan pelayanan itu akan datang atau berapa lama waktu yang diperlukan untuk menyelenggarakan pelayanan itu. (*Ijumu, 1992*)

Kegiatan antrian sering kita jumpai dan tidak pernah lepas dari aktifitas diri kita baik untuk memenuhi kebutuhan jasmani maupun rohani. Misalnya kebutuhan jasmani adalah antri berbelanja dipasar atau supermarket, antri pembayaran rekening air, sedangkan untuk kebutuhan rohani seperti kita menunggu giliran air wudlu di masjid-masjid untuk menunaikan shalat wajib berjamaah.

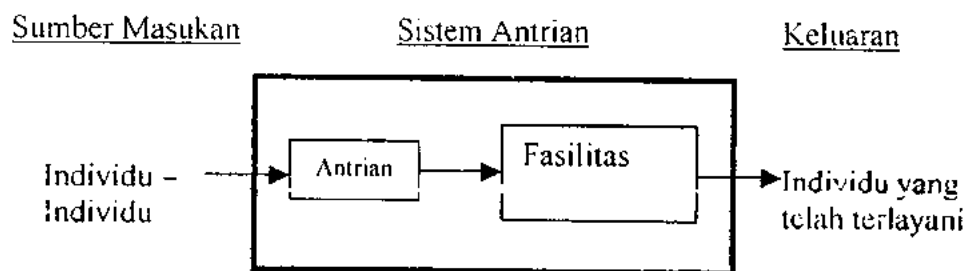
Disamping terdapat dalam aktifitas kita sehari-hari deret antrian juga bisa ditemukan di industri-industri baik itu pada sektor industri manufaktur maupun sektor industri jasa, di sektor industri bukan hanya manusia saja yang mengalami deret antrian tetapi benda kerja dan informasi juga bisa mengalami



hal yang sama, contoh benda kerja adalah tumpukan barang diatas truk akan antri bila barang tersebut akan diturunkan, begitu juga pesawat terbang harus antri dalam deretan untuk menggunakan landasan, bahkan terkadang pesawat harus berputar-putar beberapa waktu diatas udara untuk menunggu pengosongan landasan, contoh antrian lainnya yaitu mobil yang berhenti di *traffic light*, peralatan-peralatan yang menunggu diservis, penonton pada gedung bioskop yang box office dan lain sebagainya yang terkadang melelahkan bagi kita yang mengalaminya.

#### 2.1.1. Unsur – unsur Dasar dari Model Antrian

Menurut Pangestu (1997), Model antrian yang paling sederhana dibagi menjadi dua bagian dasar, yaitu suatu antrian tunggal dan sebuah pelayanan tunggal yang bisa disebut sebagai *single channel*. Model single channel ini menerima individu-individu dari suatu populasi khusus, lebih jelasnya single channel bisa ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar. II.1. Model Antrian *Single Channel – Singlephase*

Dari sudut pandang model antrian, situasi antrian diciptakan dengan cara berikut ini. Seorang pelanggan tiba disatu sarana pelayanan, mereka bergabung dalam sebuah antrian. Pelayan memilih seorang pelanggan dari antrian untuk memulai pelayanan. Setelah selesainya pelayanan, proses memilih pelanggan baru (yang sedang menunggu) diulangi. Diansumsikan tidak ada waktu yang terhilang antara penyelesaian pelayanan dengan diterimanya seorang pelanggan baru dipelayanan tersebut.

Pelaku-pelaku utama dalam sebuah antrian adalah pelanggan (*customer*) dan pelayan (*server*). Dalam model antrian, interaksi antara pelanggan dan pelayan adalah menarik hanya dalam hal kaitannya dengan *periode waktu* yang diperoleh pelanggan untuk menyelesaikan sebuah pelayanan. Jadi dari sudut pandang kedatangan pelanggan, kita tertarik pada interval waktu yang memisahkan kedatangan yang berturut-turut. Juga dalam kasus pelayanan, yang diperhitungkan adalah waktu pelayanan perpelanggan.

Dalam model-model, antrian kedatangan pelanggan dan waktu pelayanan diringkaskan dalam bentuk distribusi probabilitas yang umumnya disebut sebagai distribusi kedatangan (*arrival distribution*) dan distribusi waktu pelayanan (*service time distribution*). Kedua distribusi ini mewakili situasi dimana pelanggan dapat tiba dan dilayani secara individual (misalnya, bank atau supermarket). Dalam situasi lainnya pelanggan dapat tiba dan dilayani dalam kelompok (misalnya restoran). Kasus terakhir ini umumnya disebut sebagai antrian kelompok (*bulk queue*).

Walaupun pola kedatangan dan kepergian adalah faktor-faktor penting dalam analisis antrian. Menurut Thoha (1997) ada empat faktor-faktor untuk menganalisa deret antrian : faktor pertama adalah cara memilih pelanggan dari antrian untuk memulai pelayanan. Ini disebut sebagai peraturan pelayanan (*service discipline*). Peraturan yang paling umum adalah FCFS (*first come first served* : pertama datang pertama dilayani), LCFS (*last come first served* / terakhir datang pertama dilayani) dan SIRO (*service in random order* / pelayanan dalam urutan acak) juga dapat timbul dalam situasi praktis. Kita juga harus menambahkan bahwa sementara peraturan pelayanan menentukan pemilihan pelanggan dari satu jalur antrian antara para pelanggan yang tiba disebuah sarana pelayanan dapat ditempatkan dalam antrian prioritas (*priority quene*) sedemikian rupa sehingga prioritas yang lebih tinggi akan menerima preferensi untuk mulai dilayani terlebih dahulu. Pemilihan pelanggan yang spesifik dari setiap antrian prioritas dapat mengikuti peraturan pertama pelayanan tertentu.

Faktor kedua berkaitan dengan rancangan sarana tersebut dan pelaksanaan pelayanan. Sarana tersebut dapat mencangkup lebih dari satu pelayan, sehingga memungkinkan, sehingga memungkinkan beberapa pelanggan sebanyak jumlah pelayan tersebut untuk dilayani secara berbarengan (misalnya, kasir bank). Dalam kasus ini semua pelayan menawarkan pelayanan yang sama dan saran pelayan tersebut dikatakan memiliki pelayan sejajar (*parallel servers*). Sebaliknya sarana pelayanan dapat pula terdiri dari serangkaian stasiun yang dapat dilalui pelanggan sebelum pelayanan

diselesaikan (misalnya, pengolahan sebuah produk diserangkaian mesin). Situasi yang dihasilkan umumnya dikenal sebagai antrian serial atau antrian tandem (*tandem quene*). Rancangan yang paling umum dari sebuah sarana pelayanan mencakup baik stasiun pengolahan serial atau paralel. Ini menghasilkan apa yang kita sebut antrian jaringan (*network quene*).

Faktor ketiga berkaitan dengan antrian yang diijinkan. Dalam beberapa situasi tertentu, hanya sejumlah pelanggan yang tertentu yang diijinkan, kemungkinan karena batasan ruang (misalnya, ruang untuk mobil ditempat pengisian bensin). Setelah antrian memenuhi kapasitas, pelanggan yang baru tiba tidak dapat masuk dalam antrian.

Faktor keempat berkaitan dengan sifat sumber yang meminta pelayanan (kedatangan pelanggan). Sumber pemanggilan (*calling source*) dapat menghasilkan sejumlah terbatas pelanggan atau sejumlah tak terbatas pelanggan. Sumber terbatas terjadi ketika kedatangan mempengaruhi laju kedatangan pelanggan baru. Disebuah bengkel dengan  $M$  mesin, sumber pemanggilan sebelum ada mesin yang rusak terdiri dari  $M$  calon pelanggan. Setelah satu mesin rusak, mesin itu menjadi pelanggan dan karena itu tidak dapat menghasilkan pemanggilan baru sampai diperbaiki. Perbedaan baris ditarik antara situasi bengkel dengan situasi yang lainnya dimana penyebab dari pemanggilan terbatas, tetapi mampu menghasilkan kedatangan sebanyak apapun, karena ia biasanya tidak perlu menunggu penyelesaian bahan yang diserahkan sebelumnya sebelum menghasilkan pesanan –pesanan baru.

Model-model antrian yang mewakili situasi dimana manusia mengambil peran sebagai pelanggan atau pelayan harus dirancang untuk mempertimbangkan pengaruh perilaku manusia (*human behavior*). Pelanggan manusia dapat mempercepat laju pelayanan ketika jalur lainnya dengan harapan dapat mengurai waktu menunggu (disaat berikutnya anda berada di bank atau disupermarket, anda dapat membuat waktu menunggu anda menjadi tidak membosankan dengan memperhatikan fenomena perpindahan ini). Beberapa pelanggan manusia juga menolak untuk bergabung dalam satu jalur antrian karena mereka memperkirakan waktu menunggu yang lama atau mereka dapat membatalkan setelah berada dalam antrian karena waktu menunggu mereka sudah panjang.

Tidak dapat diragukan lagi terdapat ciri-ciri pelaku manusia lainnya dalam situasi antrian sehari-hari. Tetapi dari sudut pandang model antrian, ciri-ciri ini hanya dapat diperhitungkan jika perilaku itu dapat dikuantitatifkan dengan cara tertentu yang memungkinkannya untuk dimasukkan dalam model yang bersangkutan. Juga model-model antrian tidak dapat memperhitungkan sebagai perilaku individual dari pelanggan dalam arti bahwa semua pelanggan dalam antrian diperkirakan untuk berperilaku secara setara sementara mereka disarana pelayanan yang bersangkutan. Jadi pelanggan yang suka mengobrol (dengan pelayan selama dilayani) dipertimbangkan sebagai kasus yang jarang dan perilaku itu diabaikan dalam perencanaan sistem. Sebaliknya jika sebagian besar pelanggan ternyata sangat suka mengobrol, sebuah rancangan yang realistis dari sarana pelayanan tersebut harus didasari oleh fakta bahwa

kebiasaan ini, walaupun buang-buang waktu, merupakan bagian integral dari operasinya. Satu cara yang logis untuk memasukan pengaruh kebiasaan ini adalah waktu pelayanan per pelanggan.

Antrian yang sangat panjang dan terlalu lama untuk memperoleh giliran pelayanan sangat menjengkelkan. Rata-rata lama waktu menunggu (*Waiting time*) sangat tergantung ada rata-rata tingkat kecepatan pelayanan (*Rate of Servis*).

Teori antrian sendiri tidak langsung memecahkan persoalan. Walaupun begitu, teori ini menyumbangkan informasi penting yang diperlukan untuk membuat keputusan seperti itu dengan cara memprediksi beberapa karakteristik dari baris penungguan, seperti misalnya waktu penunggu rata-rata.

Menurut Zulian Yamit (1993), Langkah-langkah dalam Analisa Antrian Secara umum prosedur dalam mengerjakan teknik antrian adalah sebagai berikut :

**Langkah 1.** Tentukan sistem antrian apa yang harus dipelajari.

**Langkah 2.** Tentukan model antrian yang cocok dalam menggambarkan sistem.

**Langkah 3.** Gunakan formula matematik atau metode simulasi untuk menganalisa model antrian.

### 2.1.2. Elemen – elemen Pokok dalam Sistem Antrian

Elemen–elemen pokok dalam sistem antrian menurut Pangestu (1997).

#### a. Sumber Masukan (Input)

Sumber masukan dari suatu sistem antrian dapat terdiri atas suatu populasi orang, barang, komponen atau kerja keras yang datang pada sistem untuk dilayani. Bila populasi relatif besar sering dianggap bahwa hal itu merupakan besaran *yang tak terbatas*. Anggapan ini hampir umum karena perumusan sumber masukan yang tak terbatas lebih sederhana daripada sumber yang terbatas. Suatu populasi dianggap besar apabila populasi tersebut besar dibanding dengan kapasitas sistem pelayanan. Sebagai contoh, suatu masyarakat kecil yang terdiri dari 10.000 orang mungkin akan menjadi suatu populasi yang tak terbatas bagi sebuah pengecer tetapi mungkin tidak cukup besar bagi shopping center yang ada.

#### b. Pola Kedatangan

Cara dengan nama individu–individu dari populasi memasuki sistem *pola kedatangan (arrival pattern)*. Individu–individu mungkin datang dengan *tingkat kedatangan (arrival rate)* yang konstan ataupun acak / random (yaitu berapa banyak individu–individu per periode waktu). Tingkat kedatangan produk–produk yang bergerak sepanjang lini perakitan produksi massal mungkin konstan, sedang tingkat kedatangan telephone calls sangat sering mengikuti suatu distribusi *probabilitas poisson* (pola kedatangan yang umum bila kedatangan–kedatangan didistribusikan random). Bila pola kedatangan individu–individu mengikuti *distribusi poisson*, maka waktu

antar kedatangan atau *interarrival time* adalah random dan mengikuti *distribusi eksponensial*.

#### c. Disiplin Antrian

Disiplin antrian menunjukkan pedoman keputusan yang digunakan untuk menyeleksi individu-individu yang memasuki antrian untuk dilayani terlebih dahulu (prioritas). Disiplin antrian yang paling umum adalah *first come, first served* (FCFS), yang pertama kali datang pertama dilayani. Tetapi bagaimana juga ada beberapa tipe disiplin antrian lainnya yang dapat termasuk dalam model-model matematis antrian. Seperti *shortest operating (service) time* (SOT), *last come - first served* (LCFS), *longest operating time* (LOT), dan *service in random order* (SIRO).

#### d. Kapanjangan Antrian

Banyaknya sistem antrian dapat menampungkan jumlah individu-individu yang relatif besar, tetapi ada beberapa sistem yang mempunyai kapasitas yang terbatas. Bila kapasitas antrian menjadi faktor pembatas besarnya jumlah individu yang dapat dilayani dalam sistem secara nyata, berarti sistem mempunyai *kepanjangan antrian yang terbatas (finite)*, dan model antrian terbatas harus digunakan untuk menganalisa sistem tersebut. Sebagai contoh sistem yang mungkin mempunyai antrian yang terbatas adalah jumlah tempat parkir atau station pelayanan atau jumlah tempat minum di pelabuhan udara. Secara umum model antrian terbatas lebih kompleks daripada sistem antrian tak terbatas (*infinite*).



#### e. Tingkat Pelayanan

Waktu yang digunakan untuk melayani individu-individu dalam suatu sistem disebut waktu pelayanan (*service time*). Waktu ini mungkin konstan, tetapi juga sering acak (*random*). Bila waktu pelayanan mengikuti distribusi eksponensial atau distribusinya acak, waktu pelayanan akan mengikuti suatu distribusi poisson. Perbedaan distribusi-distribusi waktu pelayanan dapat diliput oleh model-model antrian dengan lebih mudah dibanding perbedaan distribusi waktu kedatangannya

#### f. Keluaran (*Exit*)

Sesudah seseorang (*individu*) selesai dilayani, dia keluar (*exit*) dari sistem. Sesudah keluar, dia mungkin bergabung pada satu di antara kategori populasi. Dia mungkin bergabung dengan populasi asal dan mempunyai probabilitas yang sama untuk memasuki sistem kembali atau dia mungkin bergabung dengan populasi lain yang mempunyai probabilitas lebih kecil dalam hal kebutuhan pelayanan tersebut kembali.

### 2.1.3. Sistem dan Struktur Antrian

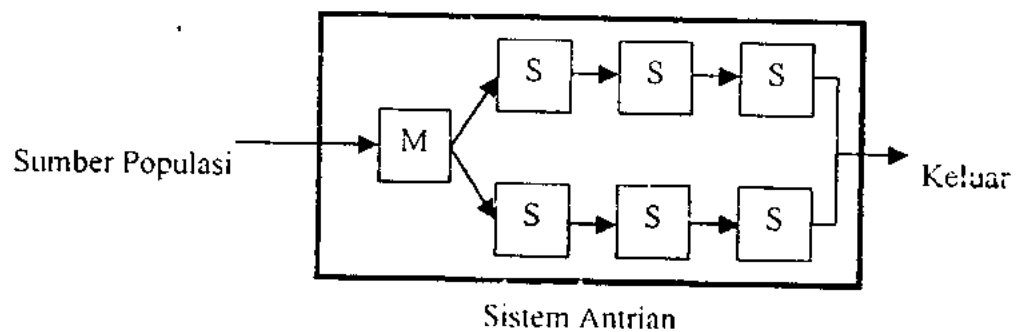
Banyak perbedaan sistem dan struktur antrian yang terdapat dalam masyarakat yang kompleks. Perbedaan-perbedaan dalam jumlah antrian, fasilitas pelayanan dan hubungan-hubungan yang terjadi dapat menghasilkan bentuk atau susunan yang bervariasi tidak terbatas. Menurut Pangestu (1997) ada 4 model struktur antrian dasar yang umum terjadi dalam seluruh sistem antrian :

*a. Single Channel - Single Phase*

Seperti yang ditunjukkan dalam gambar : 11.2, sistem ini adalah yang paling sederhana. Single Channel berarti bahwa hanya ada satu jalur untuk memasuki sistem pelayan atau ada satu fasilitas pelayanan. Single phase menunjukkan bahwa hanya ada satu stasiun pelayanan atau sekumpulan tunggal operasi yang dilaksanakan. Setelah menerima pelayanan, individu-individu keluar dari sistem. Contoh dari single Phase adalah seorang tukang cukur, Pembelian tiket Bioskop seorang pelayan toko dan lain sebagainya.

*b. Single Channel - Multiphase*

Model ini menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan (dalam kasus phase-phase). Sebagai contoh, pencucian mobil, tukang cat mobil, lini produksi dan lain sebagainya.



Keterangan :

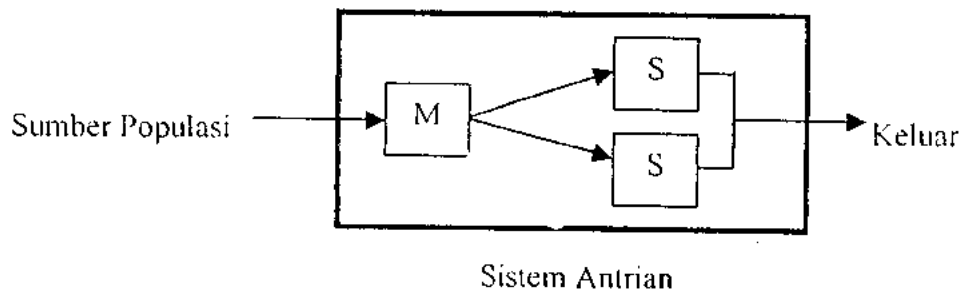
M – Antrian

S = Fasilitas Pelayanan (*Server*)

Gambar 11. 2. Model Antrian single channel Multiphase

*c. Multichannel – Singlephase*

Model ini terjadi bila ada dua atau lebih fasilitas pelayanan yang dilayani oleh antrian tunggal, seperti contoh : pembelian tiket yang dilayani lebih dari satu fasilitas pelayanan, pelayanan surat dikantor pos, dan lain sebagainya.

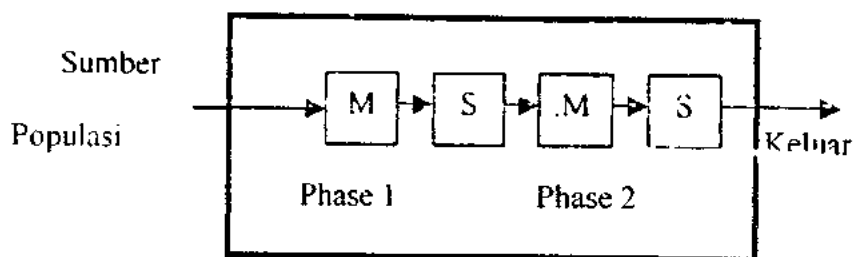


Gambar. 11. 3. Model multi channel single phase

*d. Multichannel – Multiphase*

Model ini mempunyai beberapa fasilitas pada setiap tahap, sehingga lebih dari satu individu dapat dilayani pada suatu waktu. Pada umumnya, jaringan antrian ini terlalu kompleks untuk dianalisa dengan teori antrian, sehingga memerlukan simulasi untuk menganalisa system ini.

Contoh dari model ini adalah Herregistrasi para mahasiswa di universitas, pelayanan di apotik dari penyerahan resep dokter, membayar di kasir sampai penerimaan obat dan lain sebagainya.



#### 2.1.4. Notasi Model Antrian

Dengan melihat bentuk kedatangan dan pola pelayanannya, ada dua bentuk utama dari model antrian, yaitu :

##### 2.1.4.1. Model Deterministik

Dalam deterministik, interval waktu kedatangan konsumen maupun pelayanannya terjadi dalam waktu yang tetap setiap saat. Dengan demikian model ini relatif mudah dipahami, karena tidak melibatkan perhitungan-perhitungan matematis.

##### 2.1.4.2. Model Stokastik

Pada umumnya pola kedatangan dan pola pelayanan yang terjadi akan bervariasi secara random. Berbeda dengan model deterministik, dalam model stokastik ini terjadi fluktuasi antrian sebagai akibat adanya variabelitas waktu pelayanan dan jumlah kedatangan. Jadi pada pola ini dapat terjadi kemungkinan waktu antara kedatangan lebih kecil dari waktu pelayanan, sehingga terbentuk antrian. Sebaliknya pada waktu yang lain, mungkin waktu antara kedatangan lebih besar dari waktu pelayanannya.

Dalam model antrian ini terdapat bentuk standar yang berupa notasi-notasi *kendall* yang sudah digunakan secara umum sebagai berikut :

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

dimana :

- a = Distribusi kedatangan
- b = Distribusi waktu pelayanan
- c = Jumlah stasiun pelayanan
- d = Disiplin pelayanan
- e = Jumlah kapasitas maksimum yang ada dalam sistem
- f = Jumlah dari sumber input

### **2.1.5. Bentuk Distribusi Kedatangan dan Bentuk Distribusi Waktu Pelayanan**

Bentuk distribusi kedatangan rata-rata persatuan waktu dan distribusi waktu pelayanan rata-rata dalam suatu sistem antrian umumnya dinyatakan dengan notasi M, EK, dan GI.

Dimana :

- M = Menyatakan distribusi kedatangan adalah poisson, dan waktu pelayanan adalah eksponensial.
- EK = Menyatakan distribusi antar kedatangan adalah gamma (Erlang), demikian juga distribusi waktu pelayanannya.
- GI = Menyatakan distribusi kedatangan atau antar kedatangan adalah umum yang independen

### **2.1.6. Stasiun Pelayanan**

Stasiun pelayanan atau fasilitas pelayanan (server) merupakan suatu tempat dimana terdapat anggota antrian yang dilayani. Stasiun pelayanana dapat terdiri atas satu atau beberapa buah stasiun pelayanan ( $c=1,2,3,\text{dst}$ ), dan

masing-masing dapat terdiri dari satu atau beberapa saluran yang paralel. Waktu sejak pelayanan dimulai sampai pelayanan selesai disebut waktu pelayanan.

### 2.1.7. Disiplin Pelayanan

Disiplin pelayanan berkaitan dengan cara atau teknik pemilihan anggota antrian untuk dilayani. Beberapa contoh disiplin pelayanan yang umum diantaranya adalah sebagai berikut :

a. FCFS = *First Come First Service*

Yang datang pertama mendapat prioritas utama

b. LCFC = *Last Come First Service*

Yang datang terakhir mendapat prioritas pelayanan

c. Yang waktu pelayanan tersingkat mendapat prioritas utama

d. Yang waktu pelayanannya lama mendapat prioritas utama

e. SIRO = *Service and Random Order*

Pemilihan anggota dari antrian dilakukan dengan sembarangan

f. GD = *General Disiplin*

Yang merupakan disiplin umum(dapat mencakup semua pilihan)

### 2.1.8 Kapasitas Sistem

Kapasitas sistem merupakan jumlah maksimum yang diperbolehkan dalam sistem (yang terdapat dalam antrian ditambah dengan yang sedang dilayani).

Jumlah bisa terbatas (N) atau tidak terbatas (~).

## 2.2. Simbol antrian

Simbol-simbol matematis dibawah ini menyatakan beberapa variabel dan parameter yang digunakan dalam sistem antrian. Adapun simbol-simbol yang digunakan adalah :

$\lambda$  = Jumlah rata-rata satuan kedatangan dalam sistem per satuan waktu

$\mu$  = Jumlah rata-rata satuan yang telah dilayani persatuan waktu

$n$  = banyaknya satuan dalam sistem antrian

$e$  = Waktu pelayanan rata-rata

$P_0$  = kemungkinan terdapat 0 satuan dalam sistem

$p_n$  = Kemungkinan terdapat n satuan dalam sistem

$p$  = Konstanta pelayanan

$c$  = Jumlah stasiun pelayanan

$L_s$  = Jumlah panjang antrian yang diharapkan dalam sistem (antrian ditambah yang sedang dilayani)

$L_q$  = Jumlah panjang antrian yang diharapkan

$W_s$  = Waktu menunggu dalam sistem

$W_q$  = Waktu menunggu dalam antrian

### 2.2.1 Model – model Antrian

Pemilihan suatu model tertentu untuk menganalisa situasi antrian, baik secara analisis maupun simulasi, terutama ditentukan oleh distribusi kedatangan dan waktu pelayanan. Dalam praktek, penentuan kedua distribusi ini berarti pengamatan dalam system antrian tersebut selama operasi dan

pencatatan data yang bersangkutan. Berikut ini model-model yang sering terjadi (Levin, 1995) :

- a) Model jalur antrian tunggal, distribusi kedatangan poisson dan waktu pelayanan yang didistribusikan secara eksponensial.

Model antrian yang kita sajikan akan berguna bila kondisi-kondisi berikut ini dipenuhi :

1. Jumlah kedatangan tiap unit waktu digambarkan dengan distribusi poisson.
2. Waktu pelayanan digambarkan dengan distribusi eksponensial.
3. Disiplin antrian pertama datang, pertama dilayani (*first come, first served*)
4. Pemanggilan populasi tidak terbatas.
5. Ada satu saluran.
6. Tingkat kedatangan rata-rata lebih kecil dari pada tingkat pelayanan.
7. Ruang tunggu dalam antrian tidak terbatas.

Persamaan untuk model ini adalah :

$$P_n = \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda}$$

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

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

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

$$W = \frac{1}{\mu - (\mu - \lambda)}$$



b) Model Antrian saluran tunggal, distribusi kedatangan poisson dan distribusi waktu pelayanan.

Ada banyak persoalan praktis dimana waktu pelayanan tidak memenuhi pola distribusi eksponensial. Tetapi model satu saluran dapat dimodifikasikan agar bias menggunakan tiap distribusi waktu pelayanan :

1. Waktu pelayanan tak terikat satu sama lain (lama pelayanan untuk pelanggan tertentu tidak mempengaruhi pelayanan untuk pelanggan lain)
2. Distribusi waktu pelayanan yang diterapkan untuk semua pelanggan selalu sama.
3. Rata-rata waktu pelayanan ( $1/\mu$ ) dan varians waktu pelayanan ( $\sigma^2$ ) diketahui.
4. Syarat lainnya sama dengan model waktu pelayanan eksponensial.

Persamaan untuk model ini adalah :

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda} \\
 L &= L_q + \frac{\lambda}{\mu} \\
 L_q &= \frac{\lambda^2 \sigma^2 + (\lambda/\mu)}{2(1-\lambda/\mu)} \\
 W &= W_q + \frac{1}{\mu} \\
 W_q &= \frac{L_q}{\lambda}
 \end{aligned}$$

- c) Model Antrian saluran tunggal, distribusi kedatangan poisson dan waktu pelayanan yang didistribusikan secara eksponensial, serta kapasitas tunggu terbatas

Variasi penting lainnya dari model satu saluran nampak pada kasus di mana jumlah pelanggan dalam sistem antrian bias melonjak hingga batas maksimum. Jumlah Maksimum (M), meliputi pelanggan yang menunggu dan yang sedang dilayani. Bila pelanggan dalam system mencapai M pelanggan berikutnya yang datang akan meninggalkan antrian dan tidak kembali. Seperti contoh rumah makan dengan kapasitas parkir yang terbatas.

Persamaan untuk model ini adalah :

$$\begin{array}{ll}
 P_0 = \frac{1 - (\lambda \cdot \mu)}{1 - (\lambda \cdot \mu)^{m+1}} & L = P_n \cdot M(\lambda \cdot \mu)P_M \\
 P_n = 1 - P_0 \cdot \mu & L_q = L - \frac{\lambda(1 - P_M)}{\mu} \\
 P_M = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^M P_0 & W = \frac{L}{\lambda \cdot (1 - P_M)} \\
 & W_q = W - \frac{1}{\mu}
 \end{array}$$

- d) Model Antrian saluran ganda, distribusi kedatangan poisson dan waktu pelayanan didistribusikan eksponensial.

Antrian tidak terbatas pada satu saluran, tetapi sering juga melibatkan dua atau lebih saluran dimana anggota pemanggilan populasi membentuk antrian

dan menunggu pelayanan dari salah satu saluran. Syarat atau kondisi yang memenuhi model ini sama dengan syarat dari model pertama, hanya rata-rata tingkat kedatangan lebih kecil dari pada *tingkat pelayanan agregat* (keseluruhan) atau penjumlahan rata-rata tingkat pelayanan tiap saluran.

Persamaan untuk model ini adalah :

$$P_n = \frac{1}{n!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n \frac{s - \mu}{s - \lambda} P_0 \quad L_q = \frac{\lambda}{\mu} \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

$$L = \frac{\lambda \mu (\lambda, \mu)}{(s - \lambda) (\mu - \lambda)} P_0 \frac{\lambda}{\mu} \quad W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

### 2.3. Distribusi Probabilitas

Distribusi Probabilitas adalah model matematik yang nilai variabel dengan probabilitas terjadinya nilai itu didalam populasi. Ada dua macam distribusi Probabilitas menurut Montgomery (1990) :

1. *Distribusi Kontinu* : Apabila variable yang diukur hanya dinyatakan dalam skala kontinu, distribusi probabilitasnya dinamakan distribusi kontinu.
2. *Distribusi Diskrit* : Apabila variabel yang diukur hanya dapat dapat menjalani nilai-nilai tertentu, seperti bilangan bulat 0,1,2,....., distribusi proabilitasnya dinamakan distribusi diskrit.

### 2.3.1. Macam – macam Distribusi diskrit dan kontinu

Levin (1995) berpendapat ada beberapa jenis distribusi probabilitas, baik yang diskrit maupun yang kontinu yang sering digunakan dalam Ilmu Manajemen dan Operation Research, antara lain :

#### 1. Distribusi Poisson

Distribusi Poisson disebut juga sebagai distribusi peristiwa yang terjadi (*distribusi of rare events*) adalah distribusi kemungkinan teoritis dengan variabel random diskrit. Distribusi ini digunakan untuk menggambarkan sejumlah situasi manajerial atau untuk menggambarkan distribusi kedatangan per unit waktu pada fasilitas jasa, meliputi kedatangan pasien pada pelayanan kesehatan, distribusi telepon yang melalui sistem panggilan sentral, kedatangan kendaraan pada gerbang tol dan jumlah kecelakaan pada persimpangan jalan. Situasi tersebut dapat digambarkan dengan acak diskrit berupa bilangan bulat non negatif (0, 1, 2, 3, ..., dst.)

Suatu peristiwa dikatakan mengikuti proses poisson jika memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Kemungkinan terjadinya satu peristiwa dalam satu satuan waktu yang kecil ( $h$ ) adalah  $\lambda h$  dimana  $\lambda$  merupakan suatu konstanta
2. Kemungkinan terjadinya dua atau lebih peristiwa dalam satuan waktu yang kecil sekali dapat diabaikan ( $h^2=0$ ).
3. Banyaknya peristiwa yang terjadi dalam suatu satuan selang waktu tertentu adalah independen terhadap banyaknya peristiwa yang terjadi dalam suatu satuan waktu yang lain

4. Jumlah peristiwa rata-rata yang terjadi pada suatu satuan waktu adalah proporsional atau sebanding terhadap ukuran satuan waktu pengamatan tersebut.

Nilai distribusi poisson sangat tergantung pada konstanta yang menyatakan rata-rata banyaknya peristiwa sukses yang terjadi dalam satuan selang waktu dimana  $\lambda > 0$ .

Distribusi poisson memiliki rumus persamaan fungsi kemungkinan sebagai berikut .

$$P(x, \lambda) = \begin{cases} \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} & x \geq 0 \\ 0 & x \text{ yang lain} \end{cases}$$

Dimana :

X = Rata-rata banyaknya sukses yang terjadi dalam selang waktu tertentu

$\lambda$  = Harga rata-rata (mean) yang besarnya konstan

e = Bilangan natural (=2,71828...)

Kemungkinan untuk interval  $x=a$  sampai  $x=b$  dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$P(x = a, x = b) = \sum_{k=a}^b \frac{\lambda^k \cdot e^{-\lambda}}{k!}$$

### 2.3.2. Distribusi Konstan

Distribusi konstan atau seragam merupakan distribusi yang menyatakan peluang terjadinya suatu peristiwa pada waktu tertentu dalam keadaan yang

konstan atau seragam. Distribusi konstan memakai fungsi kemungkinan sebagai berikut :

$$f(x) = \frac{1}{b-a} \quad a \leq x \leq b$$

$$F_x(x) = \frac{x-a}{b-a} \quad 0 \leq x \leq b$$

$$\text{mean} = \frac{b-a}{2} \quad [\text{seragam, UN}(a, b)]$$

### 2.3.3. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan distribusi kontinu yang menyatakan suatu peluang terjadinya kegagalan pada suatu waktu tertentu. Distribusi eksponensial memiliki fungsi kemungkinan sebagai berikut :

$$G_i(t, \mu) = \begin{cases} \mu \cdot e^{-\mu t} & \text{untuk } t \geq 0 \\ 0 & \text{untuk } t \text{ yang lain} \end{cases}$$

dimana :

$\mu$  = Harga rata-rata persatuan waktu dan deviasi standar distribusi eksponensial, yaitu  $1/\theta$ .

$\theta$  = Waktu pelayanan rata-rata.

$e$  = Bilangan natural (=2,71828)

$$\begin{aligned}
 g_i(t=1, t=2) &= \int_{t_1}^{t_2} \mu e^{-\mu t} \\
 &= e^{-\mu t_1} - e^{-\mu t_2}
 \end{aligned}$$

#### 2.3.4. Goodness of Fit Test

*Goodness of Fit Test* yaitu suatu uji kesesuaian distribusi untuk menentukan apakah distribusi tersebut sesuai dengan hipotesa, dengan cara membandingkan harga-harga  $\chi^2$  dari :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

dimana :

$o_i$  = Frekuensi pengamatan untuk kelas ke- $i$

$e_i$  = Frekuensi teoritis untuk kelas ke- $i$

$k$  = Jumlah kelas interval

Dengan harga  $\chi^2 (a, v)$  yang diperoleh dari tabel Chi Square lalu kemudian ditentukan kriteria penolakan dan penerimaannya sebagai berikut :

1. Terima  $H_0$ , tolak  $H_1$ , jika  $\chi^2 \leq \chi^2 (x, v)$ , hipotesa mengikuti pola distribusi tertentu.
2. Tolak  $H_0$ , terima  $H_1$ , jika  $\chi^2 > \chi^2 (x, v)$ , hipotesa tidak mengikuti pola distribusi tertentu.

2. Tolak  $H_0$ , terima  $H_1$ , jika  $x^2 > x^2(x, v)$ , hipotesa tidak mengikuti pola distribusi tertentu.

#### 2.4. Model dan Rumus Antrian (M/D/c):(GD/N/N)

Suatu masalah antrian dapat berupa antrian model (M/D/c):(GD/N/N) jika distribusi kedatangannya Poisson, distribusi pelayanannya Eksponensial, ada beberapa stasiun pelayanan, kapasitas sistemnya terbatas, dan sumber inputnya terbatas. Sebagai contohnya sistem fasilitas komputer yang melayani antrian nasabah dalam melakukan transaksi perbankan.

Model ini mengasumsikan bahwa  $c$  fasilitas pelayanan yang tersedia untuk melayani sejumlah pemakai fasilitas pelayanan tersebut.

Model ini merupakan satu kasus khusus dari model yang digeneralisasi. Jika kita mendefinisikan  $\lambda$  sebagai laju kedatangan per orang, kita memiliki

$$\lambda_n = \begin{cases} (N - n) \lambda, & 0 \leq n \leq N \\ 0, & n \geq N \end{cases}$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu, & 0 \leq n \leq c \\ c\mu, & c \leq n \leq N \\ 0, & n > N \end{cases}$$

Mengganti  $\lambda_n$  dan  $\mu_n$  dalam ekspresi ini dengan  $P_n$ , kita memperoleh



$$P_n = \frac{N!}{n!} \frac{\rho^n}{c! c^{n-c}} P_0 \quad (M/M/c) : (GD/N/N)$$

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

Ukuran lainnya diketahui

$$L_q = \sum_{n=c+1}^N (n-c) P_n \quad (c > 1)$$

$$L_s = L_q + (\lambda_{\text{eff}} / \mu)$$

Ekspresi kedua untuk  $\lambda_{\text{eff}}$  ini sebagai berikut. Karena laju kedatangan dengan adanya  $n$  pemakai dalam sistem adalah  $\lambda(N-n)$  (dimana  $\lambda$  adalah laju kedatangan pemakai), dalam kondisi steady state.

$$\lambda_{\text{eff}} = E\{\lambda(N-n)\} = \lambda(N-L_s)$$

Hasil ini berlaku untuk kasus satu petugas pelayanan semata-mata dengan menetapkan  $c=1$ . Dalam kasus ini, dapat ditetapkan bahwa

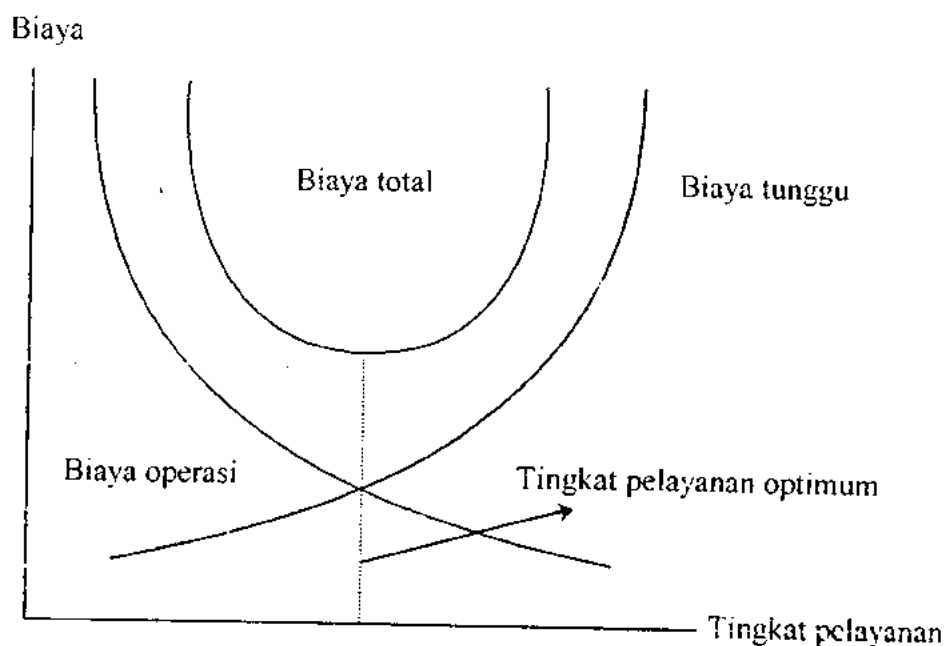
$$L_q = N \cdot \{1 + (1/\rho)\} (1 - P_0) \quad (c = 1)$$

$$L_s = N \frac{1 - P_0}{\rho}$$

## 2.5. Model Keputusan Antrian

Pemilihan satu model yang sesuai seperti diatas hanya dapat memberikan kita ukuran-ukuran kinerja yang menjabarkan perilaku sistem yang bersangkutan. Langkah berikutnya adalah merancang model-model keputusan yang dapat dipergunakan dalam mengoptimumkan rancangan sistem antrian tersebut.

Secara umum, sebuah model biaya dalam antrian berusaha menyeimbangkan biaya menunggu dengan biaya kenaikan tingkat pelayanan yang saling bertentangan. Gambar 2.3 meringkaskan hasil ini. Sementara tingkat pelayanan meningkat, biaya waktu menunggu pelanggan menurun. Tingkat pelayanan optimum terjadi ketika jumlah kedua biaya ini minimum



Gambar 2.3 Model keputusan biaya antrian

Sifat dari beberapa situasi antrian mencakup penggunaan model-model keputusan biaya. Khususnya, biaya menunggu biasanya paling sulit ditentukan. Untuk memperjelas hal ini, kami menggolongkan situasi antrian ke dalam tiga kategori besar berikut ini :

1. *Sistem manusia*. Baik pelayan maupun pelanggan adalah manusia, seperti dalam pengoperasian supermarket, restoran, atau bank.
2. *Sistem semiotomatis*. Hanya pelanggan atau pelayan yang adalah manusia, seperti dalam situasi perbaikan mesin dimana mesin yang rusak adalah pelanggan dan montir adalah pelayan.
3. *Sistem otomatis*. Baik pelanggan maupun pelayanan bukanlah manusia, seperti di sebuah komputer dimana program adalah pelanggan dan unit pemrosesan pusat adalah pelayan.

Dalam kategorisasi ini, derajat keterlibatan manusia dalam pengoperasian sarana tersebut umumnya merupakan ukuran derajat kesulitan dari implementasi model-model biaya. Dalam kaitan ini, sistem manusia merupakan sistem yang paling kabur terutama karena kesulitan dalam mengestimasi biaya menunggu. Pada kenyataannya, sistem manusia terdiri dari dua jenis sistem lain : jenis pertama adalah situasi dimana kepentingan pelanggan dan pelayanan adalah searah, dan jenis kedua mencakup sistem dimana kepentingan keduanya bertentangan. Ilustrasi tentang jenis pertama adalah situasi di bagian peralatan di sebuah bengkel. Disini para pelanggan adalah para operator yang mencari perkakas pengganti dan para pelayan adalah para petugas yang menangani pengiriman alat. Dalam situasi ini, baik

pelanggan maupun pelayan bekerja bersama untuk mempertahankan tingkat produktivitas yang dapat diterima. Berdasarkan premis ini, menunggu pada intinya diterjemahkan menjadi kehilangan produksi, yang dalam kebanyakan kasus, dapat dikuantifikasi dengan mudah.

Kasus sebuah sistem manusia di mana kepentingan pelanggan dan pelayan tidak searah dicontohkan oleh sebuah bank atau toko eceran. Dalam dua sistem ini, nilai moneter untuk waktu menunggu sulit ditetapkan. Pada kenyataannya, biaya menunggu untuk individu yang sama dapat bervariasi bergantung pada situasi antrian yang kebetulan ada. Misalnya, seseorang dapat marah karena harus menunggu beberapa menit di sebuah antrian di restoran cepat hidang, tetapi kemungkinan rela menunggu lebih dari satu jam untuk menonton satu film kesukaannya.

Yang dicoba untuk menulis sampaikan di sini adalah fakta bahwa tidak semua model antrian dapat dioptimumkan dengan menggunakan model-model biaya. Dalam kasus-kasus demikian harus mencari cara-cara lain untuk membuat keputusan-keputusan perancangan. Kita dapat menggunakan tingkat aspirasi dalam membuat keputusan dalam kasus-kasus seperti itu. Walaupun penggunaan tingkat aspirasi untuk sebuah sistem antrian kadang tegas seperti penggunaan model optimasi biaya, prosedur ini bagaimanapun memenuhi kebutuhan ini.

### 2.5.1. Model Tingkat Aspirasi

Model tingkat aspirasi menyadari kesulitan dalam mengestimasi parameter biaya, dan karena itu model ini didasari oleh analisis yang lebih sederhana. Model ini secara langsung memanfaatkan karakteristik yang terdapat dalam sistem yang bersangkutan dalam memutuskan nilai-nilai optimal dari parameter perancangan. Optimalitas di sini dipandang dalam arti memenuhi tingkat aspirasi tertentu yang ditentukan oleh pengambilan keputusan. Tingkat aspirasi didefinisikan sebagai batas atas dari nilai-nilai ukuran yang saling bertentangan, yang ingin diseimbangkan oleh pengambil keputusan.

Dalam model pelayanan berganda di mana kita perlu menentukan jumlah pelayan  $c$  yang optimal, dua ukuran yang bertentangan adalah

1. Waktu menunggu yang memperkirakan dalam sistem  $W_s$ .
2. persentase waktu menganggur para pelayan  $x$ .

Kedua ukuran ini mencerminkan aspirasi pelanggan dan pelayan. Anggaplah tingkat aspirasi (batas atas) untuk  $W_s$  dan  $X$  diketahui  $\alpha$  dan  $\beta$ . Maka metode tingkat aspirasi dapat diekspresikan secara matematis sebagai berikut

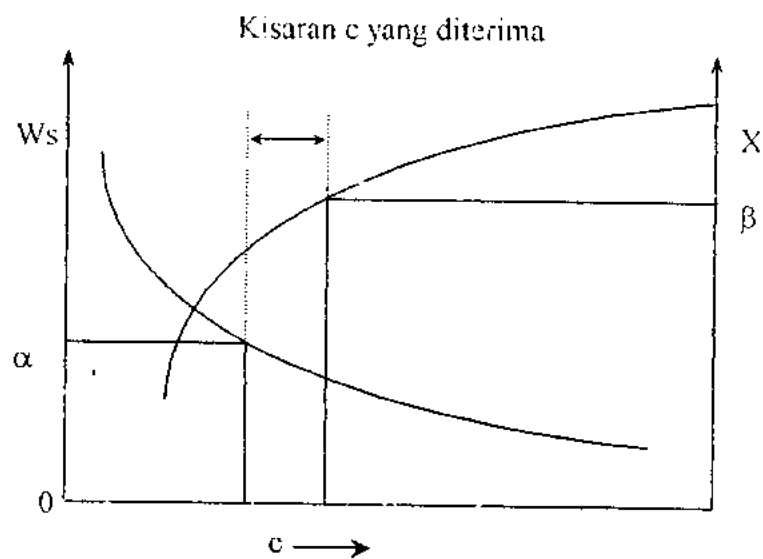
Tentukan jumlah pelayan sedemikian rupa sehingga:

$$W_s \leq \alpha \text{ dan } X \leq \beta$$

Ekspresi untuk  $W_s$  dari analisis  $(M/M/c):(GD/N/N)$ . Ekspresi untuk  $X$  diketahui

$$X = 100 \left(1 - \frac{\rho}{c}\right)$$

Pemecahan masalah ini dapat ditentukan secara lebih mudah dengan menggambarkan  $W_s$  dan  $X$  berdasarkan  $c$  seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.4. Dengan menempatkan  $\alpha$  dan  $\beta$  dalam grafik, kita dapat segera menentukan kisaran  $c$  yang dapat diterima dan memenuhi kedua batasan yang bersangkutan. Secara alamiah, jika kedua kondisi tidak dipenuhi secara simultan, salah satu atau kedua batasan perlu dilonggarkan sebelum keputusan dibuat.



Gambar 2.4 Kisaran  $c$  yang diterima

### 2.5.2. Jumlah Pelayan Optimum

Dalam kasus jumlah pelayan paralel yang optimum dalam sebuah sarana pelayanan. Dengan diketahui  $c$  adalah pelayan paralel, masalah ini berkurang menjadi penentuan  $c$  yang meminimumkan.

$$ETC(c) = EOC(c) + EWC(c)$$

Nilai optimim c harus memenuhi kondisi yang diperlukan berikut ini :

$$ETC(c-1) \geq ETC(c) \text{ dan } ETC(c+1) \geq ETC(c)$$

Sebagai aplikasi dari kondisi ini, pertimbangan fungsi biaya berikut ini :

$$EOC(c) = C_1 c$$

$$EWC(c) = C_2 Ls(c)$$

Dimana

$C_1$  = biaya per pelayan tambahan per unit waktu

$C_2$  = biaya per unit waktu menunggu per pelanggan

$Ls(c)$  = Jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem dengan diketahui c

Dengan menerapkan kondisi yang diperlukan ini, dapat diperoleh

$$Ls(c) - Ls(c+1) \leq C_1 / C_2 \leq Ls(c-1) - Ls(c)$$

Nilai  $C_1 / C_2$  sekarang menunjukkan di mana pencarian untuk c optimum harus dimulai.

## 2.6. Perhitungan Biaya Total Minimum

Dengan nilai-nilai dari hasil perhitungan di atas kita dapat melakukan perhitungan biaya yang optimal yaitu dengan cara melakukan perhitungan biaya menunggu, perhitungan biaya per pelanggan, dan perhitungan biaya total untuk setiap alternatif.

a. Perhitungan biaya menunggu untuk setiap alternatif

Dengan cara kita memasukkan nilai yang ada dari beberapa alternatif ke dalam rumus sebagai berikut :

$$E(Cw) = L_{s(c)} \cdot Cw$$

Dimana :

$E(Cw)$  = Total biaya menunggu yang diharapkan.

$L_{s(c)}$  = Jumlah pelanggan dalam sistem.

$Cw$  = Biaya menunggu pelanggan per jam.

b. Perhitungan biaya fasilitas pelayanan untuk setiap alternatif

$$E(Cf) = c \cdot Cf$$

$E(Cf)$  = Total biaya fasilitas pelayanan.

$C$  = Jumlah fasilitas pelayanan yang digunakan.

$Cf$  = Biaya fasilitas per pelanggan.

c. Perhitungan biaya total untuk setiap alternatif

$$TC_{(c)} = (c \cdot Cf) + (Cw \cdot L_{s(c)})$$

Dari perhitungan-perhitungan biaya yang ada dapat dibuat perbandingan antara alternatif yang satu dengan alternatif yang lain, manakah alternatif yang paling optimal. Selain itu dari perbandingan tersebut dapat digunakan untuk membuat keputusan menentukan jumlah fasilitas pelayanan yang optimal dengan biaya yang dikeluarkan yang seminimal mungkin.



## **2.7. Penentuan Optimasi**

Optimasi merupakan penggambaran formal dari gagasan yang menyangkut peningkatan atau perbaikan suatu fasilitas, baik peningkatan ekonomis maupun peningkatan atau penurunan jumlah suatu fasilitas.

Salah satu ciri dari masalah optimasi adalah adanya akibat yang berlawanan dari biaya yang diakibatkan waktu menunggu dan biaya yang diakibatkan waktu pelayanan yang ada.

Jadi dalam penentuan sistem antrian yang optimal dengan cara menyeimbangkan kedua biaya tersebut.