

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Produksi

2.1.1 Sistem

Untuk membicarakan masalah sistem produksi, maka mau tidak mau kita akan terikat kepada apa yang dimaksud dengan sistem dan apa yang dimaksud dengan produksi. Apabila pengertian dari sistem dan produksi ini sudah diketahui, maka pengertian sistem produksi tidak akan jauh dari kedua pengertian tersebut. Ada beberapa pendapat tentang definisi dari sistem ini, namun pada dasarnya mempunyai pengertian yang hampir sama, namun masing-masing definisi tersebut mempunyai titik berat sendiri-sendiri, sesuai dengan permasalahan yang dibahas di dalam sistem yang dibicarakan tersebut.

Beberapa pendapat tersebut antara lain adalah pendapat yang dikemukakan oleh Stanford L. Optner dalam bukunya *Systems Analysis for Business Management* yang mengatakan bahwa : *a system is defined as some on going process of a set of elements, each of which are functionally and operationally united in the achievement of an objective* .^{*} Demikian pula pendapat yang dikemukakan oleh Leon Youssef dalam bukunya *Systems Analysis and Design* menyatakan : *a system can be defined as a set of interrelated elements working within an established framework of steps to*

accomplish predertermined goals.^ Masing-masing pendapat tersebut mempunyai titik berat sendiri-sendiri, namun pada dasarnya terdapat persamaan pendapat tentang sistem, yaitu kumpulan obyek-obyek yang saling berinteraksi dan bekerja bersama-sama untuk mencapai tujuan tertentu dalam lingkungan yang kompleks. Obyek yang dimaksud di sini adalah bagian-bagian dari sistem, seperti input, proses, output, pengendalian umpan balik, dan batasan-batasan, dimana setiap bagian ini mempunyai beberapa nilai atau harga yang bersama-sama menggambarkan keadaan sistem pada suatu saat tertentu.

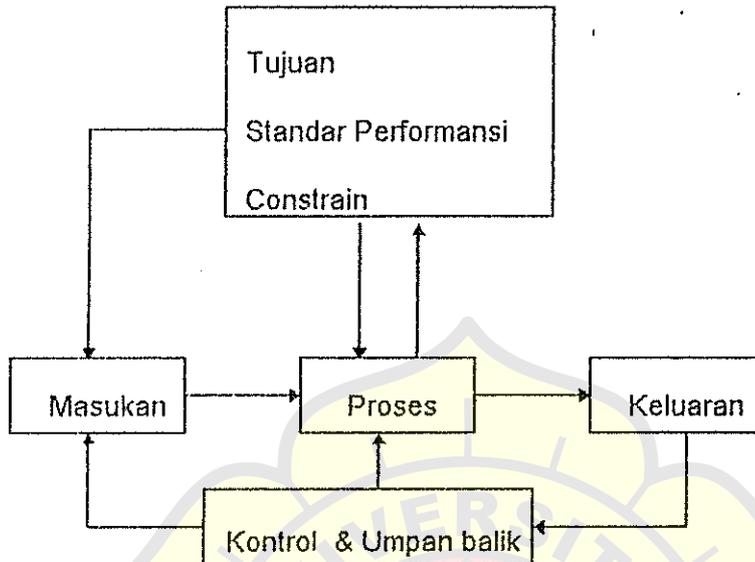
Kerangka dasar sistem dapat digambarkan dengan formula sederhana berikut ini.



Gambar 2.1 Kerangka Dasar Sistem

Bila sistem beroperasi dalam situasi tertentu, formula di atas berkembang menjadi seperti tampak pada gambar 2.1. Kerangka dasar sistem yang diperlihatkan pada gambar 2.1 merupakan sebuah SISTEM KONTROL LUP TERBUKA, yaitu sistem dimana input, proses, dan outputnya tidak mempunyai kaitan dengan, atau mendapat arus informasi apapun dari proses atau output tersebut kembali menjadi input. Kontrolnya tergantung pada kebenaran input dan prosesnya. Sistem terbuka ditandai oleh keluaran yang dipengaruhi oleh masukan, tetapi keluaran tersebut terisolasi, tidak mempunyai pengaruh

terhadap masukan dan kinerjanya. Jadi, sistem terbuka tidak peka dan tidak mempunyai kontrol terhadap keadaannya sendiri.



Gambar 2.2 Kerangka Sistem

Sedangkan Kerangka sistem yang diperlihatkan pada gambar 2.2 merupakan SISTEM LUP TERTUTUP dimana informasi tentang proses dan outputnya di umpan balik ke controller, bila perlu dengan menyesuaikan input dan sistemnya. Sistem dengan kontrol dan umpan balik ini memiliki sifat dinamis dan perubahan-perubahanpun selalu terjadi. Untuk itu perlu dilakukan pemeriksaan secara berkala atau kontinu tentang bentuk dari output, agar dapat dilakukan perubahan yang diperlukan sesuai dengan perubahan lingkungannya, atau karena sebab yang lainnya. Unsur-unsur yang memungkinkan sistem itu berfungsi dalam keseimbangan adalah kontrol dan umpan balik.

Sistem kontrol umpan balik atas informasi adalah sistem yang mengukur perubahan-perubahan dalam output yang memungkinkan pengambilan suatu

keputusan yang akan mengakibatkan adanya suatu tindakan yang mempengaruhi output.

2.1.2 Input-Proses-Output

INPUT

Input merupakan komponen awal untuk pengoperasian sebuah sistem. Kebanyakan input yang diperoleh suatu sistem berasal dari hasil output dari sistem yang lain.

PROSESOR

Meliputi kegiatan yang dapat mengubah input menjadi output. Manusia, mesin, fungsi, organisasi, dan kombinasinya dapat bertindak sebagai processor, dan dapat digolongkan demikian dalam pembuatan desain sistem.

OUTPUT

Merupakan hasil dari suatu operasi berupa produk atau jasa di mana maksud serta tujuan untuk sistem tersebut direncanakan.

TRANSFORMASI

Transformasi berkaitan erat dengan siklus input-proses-output. Pengertian ini menunjukkan bahwa suatu sistem mempunyai kemampuan untuk mengubah input menjadi output melalui suatu proses transformasi untuk mencapai sasarnya.

KONTROL

Adalah konsepsi inti dari sistem, karena faktor inilah yang menjwai ide pokok dari pengadaan sebuah sistem, dan sekaligus merupakan perwujudan nyata dari tiap sistem.

2.1.3 Produksi

Mikell P. Groover dalam bukunya *Automation, Production systems, and Computer Integrated Manufacturing* berpendapat bahwa PRODUKSI yaitu suatu proses transformasi yang mengubah bahan mentah menjadi barang jadi yang mempunyai nilai di pasar. Suatu produk dibuat oleh kombinasi manual dari manusia, mesin, material, metode, peralatan dan energi. Proses transformasi biasanya meliputi beberapa urutan langkah yang tiap-tiap langkah akan membawa kita lebih dekat ke tujuan akhir yang ingin dicapai.

2.1.4 Tipe Produksi

Cara lain untuk mengklasifikasi aktivitas produksi adalah tergantung pada kuantitas produk yang dibuat. Dalam pengklasifikasian ini, terdapat 3 tipe produksi :

1. *JOB SHOP PRODUCTION*
2. *BATCH PRODUCTION*
3. *MASS PRODUCTION*

Pengklasifikasian ini normalnya dihubungkan dengan pembuatan produk diskrit, tetapi dapat juga melayani pabrik dalam proses industri. Contohnya, Beberapa bahan kimia diproduksi dalam *batch production*, dimana sebagian yang lainnya diproduksi dalam *mass production*.

JOB SHOP PRODUCTION

Ciri dengan tipe ini adalah volume produksi yang kecil dan tingkatan ketrampilan pekerja harus tinggi. Dikatakan bervolume demikian, karena *Job Shop Production* merupakan perusahaan yang hanya akan memproduksi atas dasar pesanan yang masuk ke dalam perusahaan dan tipe pekerjaan yang bervariasi yang menuntut tingkatan ketrampilan yang relatif tinggi dari pekerja.

Disamping kegiatan produksi yang tergantung kepada ada atau tidaknya pesanan yang masuk, maka disain bentuk, ukuran, warna dan komponen produk tersebut akan disesuaikan dengan selera dari pemberi order, pemesan atau konsumen.

BATCH PRODUCTION

Dikatakan *Batch Production* apabila ukuran lot medium, dalam arti volume produksinya tidak terlalu tinggi dan juga tidak terlampau rendah dari sejumlah item atau produk yang sama. Ukuran lot mungkin diproduksi hanya sekali, atau diproduksi pada interval yang tetap. Tujuan dari tipe ini adalah untuk dapat memuaskan permintaan atas sejumlah item dari *customer* yang berkelanjutan.

Bagaimanapun perusahaan dengan tipe ini, mampu memproduksi melebihi daripada tingkat permintaannya. Kelebihan produksi akan disimpan di gudang.

Ciri yang lainnya, bahwa *equipment* yang dipergunakan dalam tipe produksi ini adalah *general-purpose* tetapi dirancang untuk tingkat produksi yang tinggi. Contoh dari barang yang diproduksi dengan tipe produksi ini adalah mencakup industri peralatan, furnitur, dan lain sebagainya.

MASS PRODUCTION

Mass Production ini merupakan perusahaan yang memproduksi untuk persediaan dan (atau) untuk pasar. Untuk perusahaan semacam ini, baik ada pesanan ataupun tidak ada pesanan, perusahaan akan tetap memproduksi barang. Disain bentuk, warna dan ukuran produk perusahaan semacam ini pada umumnya adalah merupakan ukuran-ukuran standar yang sudah ditentukan oleh perusahaan sebelum kegiatan produksi dalam perusahaan tersebut dimulai. (Agus Ashyari, 1994 : 18)

Ciri khas yang lain dari tipe produksi ini adalah diperuntukkan bagi produk-produk yang identik dengan aliran kontinu, tingkat produksi yang sangat tinggi, peralatan yang diperuntukkan bagi produk khusus, investasi mesin yang tinggi, tingkat permintaan akan produk yang sangat tinggi dan ketrampilan pekerja yang rendah.

2.2 Definisi Model

Pada umumnya literatur tentang model sepakat untuk mendefinisikan kata "model" sebagai suatu representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu dari suatu sistem nyata. Adapun sistem nyata adalah sistem yang sedang berlangsung dalam kehidupan, sistem yang dijadikan titik perhatian dan dipermasalahkan. Dengan demikian, pemodelan adalah proses membangun atau membentuk sebuah model dari suatu sistem nyata dalam bahasa formal tertentu.

Sistem nyata akan dilihat dan dibaca oleh pemodel dan membentuk "image" atau gambaran tertentu dalam pikirannya. Namun image ini tidak persis sama dengan sistem nyata, karena pemodel membacanya dengan menggunakan kaca mata tertentu. Kacamata yang dimaksud disini adalah sudut pandang atau visi atau wawasan tentang kehidupan, yang dipengaruhi oleh tiga faktor, yakni (1) tata nilai yang diyakini oleh pemodel, (2) ilmu pengetahuan yang dimiliki oleh pemodel, dan (3) pengalaman hidup dari pemodel.

"Image" atau citra itu sendiri adalah suatu model yang disebut model mental (pikiran atau proses berpikir manusia). Namun model ini tidak mudah untuk dikomunikasikan dengan orang lain. Untuk mempermudahnya dibutuhkan suatu alat komunikasi tertentu yang sama-sama dimengerti oleh dua atau lebih pihak yang berkomunikasi. Alat berkomunikasi ini umumnya berbentuk bahasa tertulis seperti uraian verbal, simbol-simbol, huruf, grafik, angka, gambar, dan

sebagainya, atau berupa wujud fisik. Semua alat komunikasi yang disebutkan tadi adalah suatu model dengan derajat yang lebih tinggi.

Ackoff, et al. (1962) mencatat bahwa pengertian model dapat dipandang dari tiga jenis kata. Sebagai kata benda, model berarti representasi (gambaran, perwakilan, atau perlambangan), misalnya miniatur pesawat terbang N-250 adalah model dari pesawat yang sebenarnya. Model sebagai kata sifat berarti ideal (idamari, teladan, contoh, atau cita-cita), misalnya kritis adalah model mahasiswa teknik masa kini. Model sebagai kata kerja berarti memperagakan, mempertunjukkan (demonstrasi), atau memamerkan. Ketiga arti model ini dipakai dalam proses pemodelan. Dalam pemodelan, model dirancang sebagai penggambaran operasi dari suatu sistem nyata secara ideal guna menjelaskan atau menunjukkan hubungan-hubungan penting yang terlibat.

Murthy, et al. (1990) menyatakan bahwa model adalah suatu representasi yang memadai dari suatu sistem. Model itu disebut memadai jika telah sesuai dengan tujuan dalam pikiran analis (pemodel).

Murdick, et al. (1984) menyatakan bahwa model adalah aproksimasi atau penyimpulan (*abstraction*) dari sistem nyata yang dapat kita susun dalam berbagai bentuk.

Gordon (1978) mendefinisikan model sebagai kerangka utama informasi tentang sistem yang dikumpulkan untuk mempelajari sistem tersebut.

Toha (1990) mengemukakan bahwa model adalah penampilan elemen-elemen terpenting dari persoalan sistem nyata. Kata-kata kunci pengertian ini

adalah : sistem yang terdiri dari semua elemen permasalahan yang dipelajari; elemen-elemen terpenting yaitu adanya proses penyederhanaan, karena jika model terlalu kompleks tidak memungkinkan memberikan pengertian padahal kegunaan model adalah untuk memahami permasalahan; penampilan yaitu dapat ditampilkan dengan berbagai cara; dan persoalan yaitu ruang lingkup masalah yang dimaksud yang tergantung pada sudut pandang tertentu.

Seperti yang telah dikemukakan oleh beberapa tokoh diatas yang mengupas secara luas mengenai definisi model, maka secara ringkas dapat disimpulkan bahwa model merupakan cara sederhana untuk memandang suatu masalah. Model yang baik cukup hanya mengandung bagian-bagian yang perlu saja. Untuk memudahkan pemikiran tentang karakteristik-karakteristik model yang dibuat, haruslah kita mengerti tentang masalah dan sistemnya.

Sistem adalah setiap sesuatu yang terdiri atas obyek-obyek, atau elemen-elemen, atau komponen-komponen, atau unsur-unsur yang berkaitan dan berhubungan satu sama lain hingga membentuk suatu kesatuan pemrosesan atau pengolahan untuk mencapai suatu tujuan tertentu dalam suatu lingkungan.

Dalam pembentukan model, harus diperhatikan faktor apa saja yang mempengaruhi perilaku dari sistemnya, atau dengan kata lain memperhatikan pengertian (konsep) sistemnya.

Ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi dalam memodelkan suatu sistem, antara lain: (a) model harus mewakili (mempresentasikan) sistem nyatanya; dan (b) model merupakan penyederhanaan dari kompleksnya sistem.

Secara implisit ada beberapa tahapan umum yang selalu muncul dalam membuat suatu model. Adapun tahap-tahap umum proses pemodelan tersebut adalah :

1. Definisi Masalah

Sebagai langkah awal, definisi masalah sangat kritis. Karena ia akan menentukan kelancaran tahap-tahap selanjutnya. Masalah sistem adalah masalah dengan latar belakang tertentu, sudah diidentifikasi dengan baik dan diketahui batasan-batasannya serta dirumuskan dengan pernyataan-pernyataan interogatif, maksudnya pada tahap ini harus sudah disiapkan pertanyaan-pertanyaan yang tidak terlalu luas dan juga tidak terlalu sempit, yang jawabnya akan diperoleh lewat penerapan model.

2. Model Konseptual

Model konseptual menunjukkan keterkaitan antar variabel yang menentukan perilaku sistem. Model ini termasuk model verbal yang hanya menguraikan hubungan masalah, sistem, dan tujuan studi. Idealisasi dan penyederhanaan keterkaitan variabel sistem ini dikenal sebagai tahap karakterisasi sistem.

Tahap karakterisasi sistem ini secara mendasar adalah penyusunan kerangka berpikir untuk mengajukan hipotesis hubungan antar variabel yang relevan melalui proses pengkajian teori-teori ilmiah yang akan digunakan dalam analisis dan pembahasan-pembahasan mengenai penelitian-penelitian yang

relevan. Mencakup didalamnya hubungan antara variabel dengan parameter di dalam suatu sistem.

Sistem dapat didefinisikan sebagai suatu kumpulan satu atau lebih obyek yang saling berhubungan untuk mencapai tujuan tertentu. Obyek tersebut merupakan suatu entiti fisis dengan ciri atau atribut tertentu. Obyek tersebut dapat dipandang saling berinteraksi atau tidak. Atribut suatu obyek dinyatakan dalam parameter dan variabel. Parameter adalah atribut sejati dari suatu obyek, sedangkan variabel adalah atribut yang diperlukan untuk menggambarkan interaksi antar obyek. Misalnya suatu pasar swalayan dapat dipandang sebagai suatu sistem, yaitu pada dasarnya merupakan kumpulan dari tiga obyek yang berbeda : pelanggan, kaunter, dan barang-barang yang diperjualbelikan. Variabel-variabelnya adalah jumlah pelanggan di dalam pasar, jumlah pelanggan yang menunggu di kaunter, jumlah barang yang dibeli oleh pelanggan masing-masing dan sebagainya. Terdapat dua parameter, yakni harga setiap barang dan banyaknya kaunter.

3. Formulasi Model

Formulasi model adalah suatu upaya untuk menghasilkan model yang berisikan variabel, kendala, serta tujuan-tujuannya dalam bentuk istilah matematis sehingga dapat diidentifikasi dengan jelas, mengikuti penyederhanaan matematis, serta siap dimanfaatkan untuk kalkulasi dengan substitusi kuantitas bagi lambang-lambang.

Hasil formulasi model ini adalah suatu model matematis. Model matematis dari suatu sistem adalah representasi simbolis yang terdiri dari formulasi matematis yang abstrak. Suatu rumus matematis terdiri dari simbol-simbol, dan tidak memiliki pengertian lain di luar matematika. Rumus matematika tidak menjadi model dengan sendirinya. Rumus ini didapatkan berdasarkan formulasi matematis dari karakterisasi sistem. Model matematika yang layak adalah model yang sesuai dengan tujuan pembuat model. Bentuk model matematis dapat mengambil salah satu bentuk dalam kategori berikut berdasarkan struktur matematis dari formulasinya :

- (i) formulasi yang cocok untuk model dari sistem deterministik-statis,
- (ii) formulasi yang cocok untuk model dari sistem deterministik-dinamis,
- (iii) formulasi yang cocok untuk model dari sistem stokastik-statis,
- (iv) formulasi yang cocok untuk model dari sistem stokastik-dinamis,

Sistem Statis dan Dinamis

Dalam sistem statis, waktu tidak mempunyai peran apa-apa, dan oleh karena itu variabel-variabel dan hubungan yang menggambarkan sistem adalah bebas-waktu. Atribut-atribut sistem statis berada dalam keseimbangan dan bila terganggu akan membentuk keseimbangan baru dengan atribut yang baru pula. Berbeda dengan sistem dinamis, waktu memegang peranan penting dengan variabel dan hubungan yang menggambarkan sistem berubah terhadap waktu.

Sistem Deterministik dan Stokastik

Suatu sistem disebut deterministik jika nilai-nilai yang diasumsikan oleh variabel (untuk sistem statik) atau perubahan dalam variabel (untuk sistem dinamis). Jika tidak, maka ketidakpastian menjadi ciri utama sistem dan nilai-nilai yang diasumsikan oleh variabel, atau perubahan dalam variabel adalah random dan tidak terprediksi.

4. Parameterisasi Model

Model simbolik yang telah diverifikasi perlu dicari solusi formulasi matematika tersamarnya untuk mengetahui perilaku model. Namun solusi suatu model dapat diperoleh setelah diketahuinya nilai-nilai numerik yang mewakili parameter model. Permasalahan mencari nilai yang paling tepat ini disebut estimasi parameter.

2.3 Teori Antrian

Pada situasi tertentu dalam kehidupan sehari-hari sering kali terlihat adanya barisan atau sekelompok orang, barang, atau mesin yang harus menunggu untuk memperoleh pelayanan. Dengan adanya individu-individu yang menunggu untuk memperoleh pelayanan tersebut, maka akan terbentuk garis tunggu. Garis tunggu tersebut disebut ***antrian***.

Pada dasarnya, timbulnya antrian dalam suatu sistem kerja diakibatkan oleh kapasitas (kecepatan) pelayanan yang ada, tidak dapat memenuhi

kapasitas (kecepatan) kedatangan konsumen. Teori antrian merupakan salah satu alat pemecahan masalah, yang secara analitis dapat digunakan untuk menganalisis (menguraikan) situasi terjadinya antrian dan masalah yang timbul berkaitan dengan adanya garis tunggu (Lieberman, 1980 :400). Teori antrian juga merupakan suatu alat manajemen yang dapat digunakan untuk menganalisis kondisi suatu sistem yang dinamis, dimana dinamika sistem tersebut berubah-ubah tidak menentu (Gordon, 1980 :13).

Menurut Riggs (1987:392), memecahkan masalah antrian dengan menggunakan pendekatan teori antrian dilakukan apabila terdapat kondisi sebagai berikut :

1. Terdapatnya konsumen : orang, mesin, atau barang yang membutuhkan pelayanan.
2. Terdapatnya layanan : fasilitas pelayanan yang dapat melayani konsumen.
3. Terdapatnya saluran : jumlah fasilitas pelayanan yang digunakan untuk melayani konsumen.
4. Terdapatnya antrian : garis tunggu yang terbentuk sebelum konsumen mendapatkan pelayanan.
5. Disiplin antrian : sistem yang digunakan dalam pemilihan konsumen yang akan dilayani.
6. Distribusi kedatangan : kedatangan konsumen mengikuti pola distribusi tertentu.

7. Distribusi waktu pelayanan : waktu pelayanan mengikuti pola distribusi tertentu.

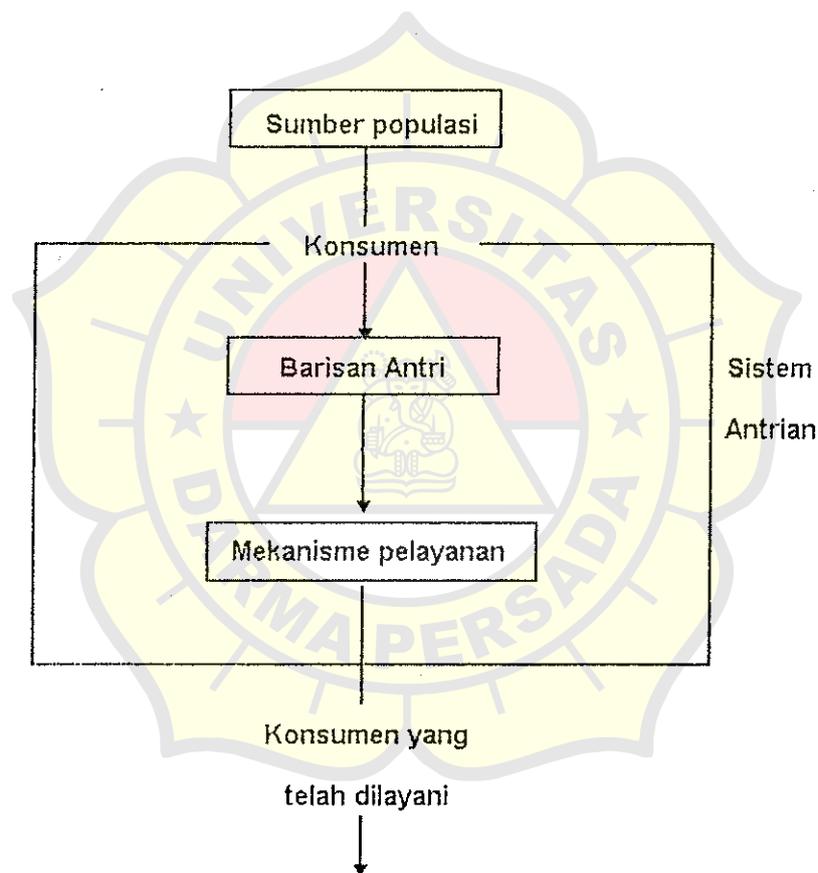
Berdasarkan konsep penggunaan teori antrian, maka dikembangkan model-model antrian yang dibuat berdasarkan karakteristiknya. Tujuan dasar dengan adanya pemakaian model-model antrian adalah meminimumkan total 2 (dua) biaya yaitu biaya langsung yang timbul karena penyediaan fasilitas pelayanan dan biaya yang langsung timbul karena konsumen harus menunggu sebelum dilayani (Subagya, 1985 : 256). Apabila suatu sistem mempunyai jumlah fasilitas pelayanan yang lebih dari jumlah optimum, maka ini berarti penggunaan biaya yang berlebihan. Begitu pula sebaliknya apabila jumlah fasilitas pelayanan tersebut dinyatakan kurang mampu untuk melayani konsumen, atau kurang dari jumlah optimum, maka hasilnya adalah tertundanya pelayanan.

2.4 Struktur Dasar Model Antrian

Struktur dasar model antrian terbagi dalam 4 bagian, yang terdiri dari (Lieberman, 1980 :401) (lihat Gambar 2.3. Struktur Dasar Model Antrian) :

1. Konsumen yang datang berasal dari suatu sumber populasi
2. Barisan konsumen yang antri
3. Mekanisme pelayanan dan disiplin pelayanan
4. Konsumen yang telah selesai dilayani

Atas dasar sifat proses pelayanannya, dapat diklasifikasikan berdasarkan fasilitas-fasilitas pelayanan dalam susunan saluran atau channel (single atau multiple) yang membentuk suatu struktur antrian yang berbeda-beda. Istilah saluran menunjukkan jumlah jalur untuk memasuki sistem pelayanan, juga menunjukkan jumlah fasilitas pelayanan. Istilah tingkat berarti tingkat fasilitas pelayanan, dimana para konsumen harus melaluinya sebelum dinyatakan selesai.



Gambar 2.3 Struktur Dasar Model Antrian

Apabila ditinjau dari susunan fasilitas pelayanan, maka susunan fasilitas pelayanan dapat dibagi menjadi empat struktur yaitu (Subagya, 1986 : 262) :

1. **Single channel - single phase**

Single channel berarti bahwa hanya ada satu jalur untuk memasuki sistem pelayanan atau hanya terdapat satu fasilitas pelayanan. Single phase menunjukkan bahwa hanya ada satu stasiun pelayanan atau sekumpulan tunggal operasi yang dilaksanakan. Setelah menerima pelayanan konsumen keluar dari sistem

2. **Single channel - multi phase**

Istilah multi phase ditunjukkan dengan adanya dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan (berlingkat).

3. **Multi Channel - single phase**

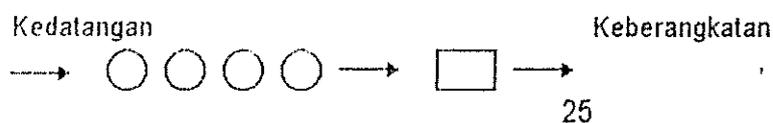
Sistem ini terdiri dari banyak fasilitas pelayanan dengan saluran tunggal.

4. **Multi Channel - multi phase**

Pada sistem ini terdapat beberapa pelayanan sehingga lebih dari satu konsumen yang dapat dilayani pada suatu waktu. Jumlah fasilitas pelayanannya lebih dari satu.

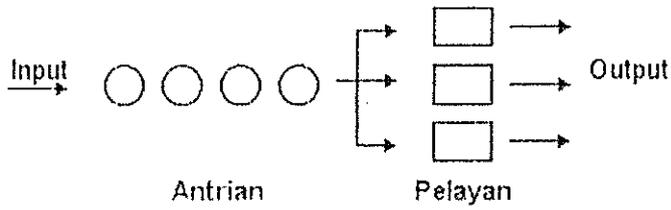
Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.4 Macam-Macam Konfigurasi Model Antrian.

1. **Single channel - single phase**



Antrian Pelayan

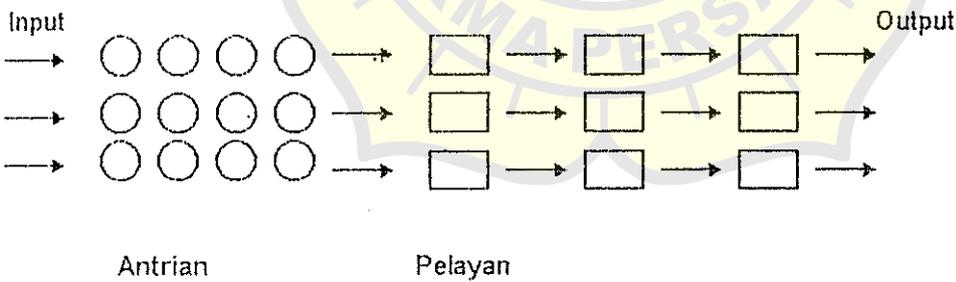
2. *Single channel - multi phase*



3. *Multi Channel - single phase.*



4. *Multi Channel - multi phase*



Gambar 2.4

Macam-macam Konfigurasi Model Antrian

2.5 Karakteristik Model Antrian

Setiap model antrian, pada umumnya akan mempunyai karakteristik sebagai berikut :

2.5.1 Sumber Masukan

Sumber adalah kumpulan orang atau barang darimana satuan-satuan datang atau dipanggil untuk pelayanan. Kumpulan orang-orang atau barang ini boleh berhingga atau tidak berhingga.

Sumber masukan dari suatu sistem antrian bisa terdiri dari orang, bahan baku, mesin, dll. Bila sumber masukan ini relatif besar, maka sering disebut sebagai sistem antrian dengan populasi tidak terbatas. Sebaliknya bila sumber masukannya terbatas sering disebut sebagai sistem antrian terbatas.

Dalam praktek, sumber adalah terbatas. Akan tetapi, dalam satu populasi yang besar, sumber dianggap tidak terbatas. Untuk keperluan analisis sering lebih mudah menggunakan sumber tidak terbatas sebagai dasar perhitungan. Dalam kebanyakan kasus sumber terbatas, satuan-satuan kembali membentuk populasi sumber begitu pelayanan sudah selesai.

2.5.2 Proses Masukan

Proses masukan adalah suatu proses pembentukan suatu bentuk antrian akibat kedatangan satuan-satuan orang atau barang. Secara teori, waktu kedatanganan antara satuan-satuan dengan satuanberikutnya dianggap acak

atau bebas. Bentuk umum dari proses ini dan sering digunakan dalam model-model antrian, ialah yang dikenal dengan proses *Poisson*.

2.5.3 Mekanisme Pelayanan

Ada 3 aspek yang harus diperhatikan dalam mekanisme pelayanan, yaitu :

- 1) Tersedianya Pelayanan
- 2) Kapasitas Pelayanan
- 3) Lama berlangsungnya Pelayanan

Ketiganya merupakan variabel bebas dan boleh jadi sudah tetap atau mungkin tidak.

1) *Tersedianya Pelayanan*

Mekanisme pelayanan tidak selalu tersedia untuk setiap saat. Misalnya dalam pertunjukkan bioskop, loket penjualan karcis masuk hanya dibuka pada waktu tertentu antara satu pertunjukan dengan pertunjukan berikutnya. Sehingga pada saat loket ditutup, mekanisme pelayanan terhenti dan petugas pelayanan (pelayan) istirahat.

2) *Kapasitas Pelayanan*

Kapasitas dari mekanisme pelayanan diukur berdasarkan jumlah langganan (satuan) yang dapat dilayani secara bersama-sama. Kapasitas pelayanan tidak selalu sama untuk setiap saat; ada yang tetap, tapi ada juga

yang berubah-ubah. Karena itu, fasilitas pelayanan dapat memiliki satu atau lebih saluran. Fasilitas yang mempunyai satu saluran disebut saluran tunggal atau sistem pelayanan tunggal dan fasilitas yang mempunyai lebih dari satu saluran disebut saluran ganda atau pelayanan ganda.

3) *Lamanya Pelayanan*

Lamanya pelayanan adalah waktu yang dibutuhkan untuk melayani seorang langganan atau satu-satuan. Ini harus dinyatakan secara pasti. Oleh karena itu, waktu pelayanan boleh tetap dari waktu ke waktu untuk semua langganan atau boleh juga berupa variabel acak. Umumnya dan untuk keperluan analisis, waktu pelayanan dianggap sebagai variabel acak yang terdistribusi secara bebas dan sama dan tidak tergantung pada waktu kedatangan, diantaranya :

2.5.4 Pola Kedatangan

Pola kedatangan adalah cara bagaimana sumber masukan memasuki sistem antrian. Jenis atau cara memasuki antrian tersebut dapat merupakan tingkat kedatangan yang konstan ataupun random.

2.5.5 Disiplin Antrian

Disiplin antrian adalah aturan untuk menyeleksi sumber masukan yang memasuki antrian untuk dilayani terlebih dahulu. Ada 5 bentuk disiplin pelayanan yang biasa digunakan dalam praktek, yaitu :

- 1) *First-Come First-Served (FCFS)* atau *First-in First-Out (FIFO)* artinya lebih dulu datang lebih dulu dilayani. Misalnya antri beli tiket bioskop.
- 2) *Last-Come First-Served (LCFS)* atau *Last-In First-Out (LIFO)*, artinya yang tiba terakhir yang lebih dulu keluar. Misalnya sistem antrian dalam elevator (*lift*) untuk lantai yang sama.
- 3) *Service In Random Order (SIRO)* artinya, panggilan didasarkan pada peluang secara random, tidak soal siapa yang lebih dulu tiba.
- 4) *Priority Service (PS)* artinya prioritas pelayanan diberikan kepada mereka yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan mereka yang mempunyai prioritas lebih rendah, meskipun yang terakhir ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa haal, misalnya seseorang yang keadaan penyakit yang lebih berat dibanding dengan orang lain dalam suatu tempat praktek dokter.

2.5.6 Keluaran

Setelah sumber masukan dilayani maka dia akan keluar dari sistem antrian. Sesudah keluar dia mungkin pergi meninggalkan sistem antrian untuk

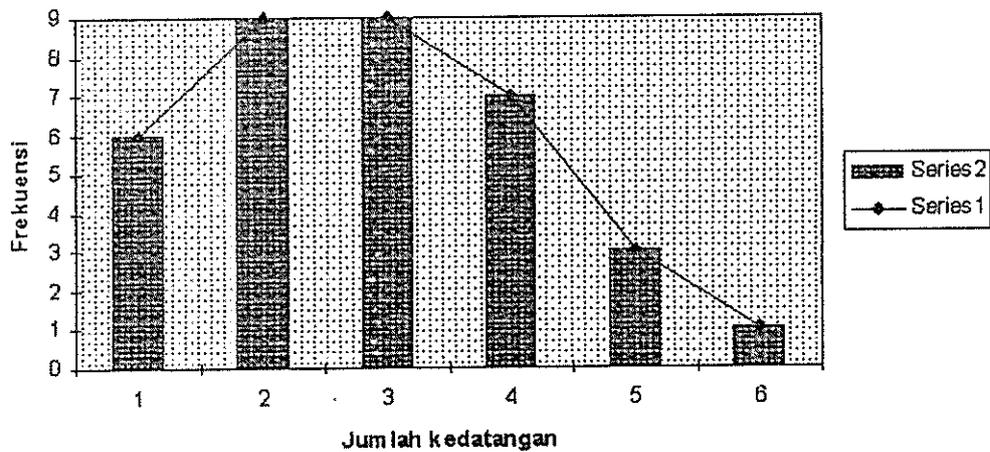
selamanya, atau mungkin pula bergabung kembali dengan populasi awal untuk dilayani.

2.6 Distribusi Kedatangan

Secara umum, kedatangan konsumen ke sistem antrian adalah terjadi secara acak. Proses kedatangan tersebut dapat dinyatakan dengan “tingkat kedatangan” (jumlah kedatangan per satuan waktu) atau dengan “waktu antar kedatangan” (Turban, 1987 :414)

2.6.1 Tingkat Kedatangan

Salah satu bentuk distribusi tingkat kedatangan yang umum terjadi dalam sistem antrian adalah bentuk yang mengikuti pola *distribusi Poisson*. Distribusi *Poisson* terjadi jika konsumen, dalam periode waktu tertentu, datang secara *random*. Kedatangan secara *random* berarti bahwa meskipun jumlah kedatangan rata-rata dalam suatu periode waktu dapat diketahui, tetapi saat terjadinya kedatangan secara nyata tidak dapat diprediksi. Bentuk distribusi *Poisson* diperlihatkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5

Bentuk distribusi Poisson

Secara matematis, distribusi poisson mempunyai persamaan sebagai berikut :

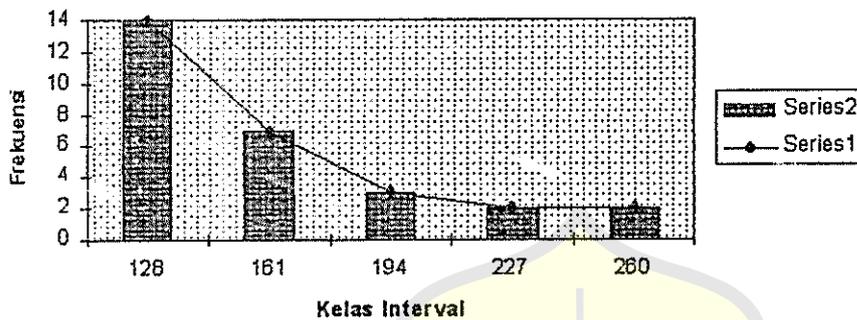
$$P(x; \lambda.t) = \frac{(\lambda.t)^x}{x!} e^{-\lambda.t}, \text{ dengan } x = 0, 1, 2, \dots$$

$\lambda.t$ menyatakan rata-rata selang waktu kedatangan mesin yang terjadi per satuan waktu dan $e = 2,71828\dots$

2.6.2 Waktu Antar Kedatangan

Sebagai suatu alternatif untuk menyatakan proses kedatangan (selain tingkat kedatangan) adalah waktu antar kedatangan. Jika tingkat kedatangan mengikuti pola distribusi poisson, maka waktu antar kedatangan adalah

mengikuti pola *distribusi eksponensial negative*. Bentuk distribusi eksponensial tersebut diperlihatkan pada gambar 2.6



Gambar 2.6
Bentuk Distribusi Eksponensial

Secara matematis, bentuk distribusi eksponensial dapat dinyatakan sebagai :

$$f(t) = \int_0^x \lambda e^{-\lambda t} dt = 1 - e^{-\lambda x}, \quad x \geq 0$$

dengan λ sebagai rata-rata banyaknya kejadian per satuan waktu dan x menunjukkan waktu pada interval ke- i .

2.7 Distribusi Pelayanan

Pelayanan yang diberikan pada konsumen oleh fasilitas pelayanan tentu memakan waktu. Lamanya waktu untuk pelayanan tersebut bisa konstan atau

berfluktuasi. Suatu fluktuasi waktu pelayanan dapat digambarkan dengan distribusi frekuensi.

Ada dua cara untuk menggambarkan fluktuasi waktu pelayanan. Pertama adalah untuk menggambarkan "lamanya pelayanan rata-rata" (misalnya rata-rata 15 menit). Dan yang kedua adalah menggambarkan "tingkat pelayanan" atau berapa rata-rata banyaknya konsumen dapat dilayani per satuan waktu (misalnya 4 unit per jam).

Fluktuasi "waktu pelayanan" dapat mengikuti salah satu bentuk distribusi. Yang paling umum adalah mengikuti pola *distribusi eksponensial* (gambar 2.6). Tingkat pelayanan rata-rata adalah kebalikan dari waktu pelayanan rata-rata. Jika waktu pelayanan mengikuti pola distribusi eksponensial, maka tingkat pelayanan mengikuti *distribusi poisson*.

2.8 Model-model Antrian

Menurut Taha (1987, 608), notasi yang digunakan dalam pengelompokan model antrian mengikuti notasi yang secara umum telah disepakati yaitu :

$$(A/B/C : D/E/F)$$

dimana :

- A : Distribusi Kedatangan, yaitu jumlah kedatangan pertambahan waktu
- B : Distribusi Waktu Pelayanan, yaitu selang waktu antara satuan-satuan yang dilayani.

- C : Jumlah Saluran Pelayanan Pararel dalam sistem ($c = 1, 2, \dots, \infty$)
- D : Disiplin Pelayanan (misal, FCFS, LCFS, SIRO, GD)
- E : Jumlah maksimum yang diperkenankan berada dalam sistem
(dalam pelayanan ditambah garis tunggu)
- F : Besarnya populasi masukan.

Berikut ini diperlihatkan simbol-simbol yang dipergunakan untuk menyatakan keenam hal tersebut diatas :

Untuk Simbol A dan B, kita gunakan kode-kode berikut sebagai pengganti :

- M : Distribusi kedatangan Poisson atau distribusi pelayanan eksponensial; juga sama dengan distribusi waktu antar kedatangan eksponensial atau distribusi satuan yang dilayani Poisson.
- D : Antar kedatangan atau waktu pelayanan adalah tetap
- Ek : Menyatakan bahwa distribusi kedatangan adalah Erlang (Gamma), demikian juga untuk distribusi pelayanannya.
- GI : Menyatakan distribusi kedatangan atau antar kedatangan adalah general independen (umum).

Untuk Simbol C :

- r : Bilangan bulat positif, bisa sama dengan satu atau lebih besar satu, yang menyatakan jumlah pelayanan pararel.

Untuk Simbol D dipakai kode-kode pengganti :

FCFS : Pertama datang, pertama dilayani

LCFS : Terakhir datang, pertama dilayani

SIRO : Pelayanan Secara acak

GD : Disiplin pelayan secara umum

Untuk Simbol E dan F :

N : Menyatakan jumlah yang terbatas satuan-satuan dalam sistem antrian dan populasi masukan.

∞ Menyatakan jumlah yang tidak terbatas satuan-satuan dalam sistem antrian dan populasi masukan.

Misalnya, kalau kita tulis model (M/M/1) : (FIFO/ ∞/∞), ini berarti bahwa model menyatakan kedatangan didistribusikan secara Poisson, waktu pelayanan didistribusikan secara eksponensial, pelayanan adalah satu atau seorang, disiplin antrian adalah *first-in first-out*, tidak terhingga jumlah langganan boleh masuk dalam sistem antrian, dan ukuran (besar) populasi masukan adalah tak terhingga.

Meskipun demikian, kode-kode seperti tertera di atas tidak cukup untuk mencakup semua karakteristik dari sistem antrian yang begitu banyak.

Disamping itu, kita perlu mengetahui beberapa istilah penting sebelum membicarakan beberapa model antrian, yaitu :

Panjang garis tunggu = jumlah satuan atau langganan dalam sistem antrian.

- Panjang antrian = jumlah satuan yang menunggu untuk pelayanan
 = Panjang garis tunggu dikurangi jumlah satuan yang sedang dilayani.
- Waktu tunggu = Waktu antara kedatangan mesin dengan mulainya pelayanan sesungguhnya.

Model (M/M/c) : (GD/N/∞) Antrian Ganda Pelayanan Ganda

P. Siagian (1987, h. 430 - 431), Model ini memperlihatkan situasi dimana terdapat ruang tunggu buat langganan terbatas jumlahnya dengan jumlah pelayanan lebih dari satu.

Misalkan : c = jumlah pelayanan (operator)

N = jumlah maksimum langganan yang muat dalam ruangan (mesin).

Pada model ini terdapat sifat-sifat, yaitu :

$$\begin{array}{l} \text{Laju kedatangan, } \lambda \left\{ \begin{array}{l} \lambda, \text{ bila } n=0, 1, \dots, N-1 \\ 0, \text{ bila } n=N, N+1, \dots \end{array} \right. \\ \text{Laju pelayanan, } \mu \left\{ \begin{array}{l} \mu, \text{ bila } n=0, 1, \dots, c \\ e, \text{ bila } n= c+1, c+2, \dots \end{array} \right. \end{array}$$

Kalau $1 < c < N$, maka kita memperoleh :

- P_0 = Peluang terdapat 0 mesin di d alam antrian, atau :
 Peluang bahwa tidak ada mesin yang berhenti beroperasi akibat putusnya benang iusi dan benang pakan, dihitung dengan formulasi :

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^c \frac{1}{n!} (\rho)^n + (1/c!) (\rho)^c \sum_{n=c+1}^N (\lambda/c\mu)^{n-c}}$$

dan juga :

• $P_n =$ Peluang terdapat n buah mesin yang menunggu dalam antrian ,
dihitung dengan formulasi :

$$P_n = \begin{cases} \frac{1}{n!} (\rho)^n P_0 & ; \text{bila } n \leq c \\ \frac{1}{c! c^{n-c}} (\rho)^n P_0 & ; \text{bila } c < n \leq N \\ 0 & ; \text{bila } n > N \end{cases}$$

Karena itu, dapat ditentukan bahwa :

$E(n_w) =$ Ekspektasi rata-rata jumlah mesin tenun di dalam sistem antrian,
atau"

Jumlah mesin tenun yang menunggu untuk diperbaiki dan jumlah
mesin tenun yang sedang dilayani, dihitung dengan formulasi :

$$E(n_w) = \frac{\rho^c (\rho/c) P_0}{c! (1 - \rho/c)^2} [1 - (\rho/c)^{N-c} - (N-c) (\rho/c)^{N-c} (1 - \rho/c)]$$

$E(n_t) =$ Ekspektasi rata-rata jumlah mesin di dalam sistem, atau :

Jumlah mesin yang menunggu untuk dilayani dan jumlah mesin yang

sedang dilayani, dihitung dengan formulasi :

$$E(n_t) = E(n_w) + c - \sum_{n=0}^{c-1} (c-n) P_n$$

λ_{eff} = Kecepatan kedatangan efektif

$$\lambda_{\text{eff}} = \mu \left[c - \sum_{n=0}^{c-1} (c-n) P_n \right]$$

$E(T_w)$ = Ekspektasi rata-rata waktu menunggu mesin di dalam antrian ,
dihitung dengan formulasi :

$$E(T_w) = \frac{E(n_w)}{\lambda_{\text{eff}}}$$

$E(T_t)$ = Ekspektasi rata-rata waktu menunggu mesin di dalam sistem,
dihitung dengan formulasi :

$$E(T_t) = \frac{E(n_t)}{\lambda_{\text{eff}}}$$

Keterangan :

n = Jumlah satuan atau langganan dalam antrian pada waktu t

$P_n(t)$ = Peluang bahwa ada n satuan dalam antrian pada waktu t

λ = Kecepatan kedatangan rata-rata dalam satuan waktu

μ = Kecepatan pelayanan rata-rata dalam satuan waktu

- λ_{eff} = Kecepatan kedatangan efektif
- $E(n_w)$ = Panjang antrian (tidak termasuk waktu pelayanan)
- $E(n_t)$ = Panjang antrian (termasuk waktu pelayanan)
- $W(T_w)$ = Waktu menunggu dalam antrian (tidak termasuk waktu pelayanan)
- $W(T_t)$ = Waktu menunggu dalam sistem (termasuk waktu pelayanan)

2.9 Distribusi Frekuensi dan Uji Kesesuaian

Data hasil suatu pengamatan perlu disederhanakan ke dalam bentuk yang mudah dimengerti serta berguna bagi tujuan pengukuran sebelum dapat digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan. Penyederhanaan data tersebut dapat dilakukan dengan membuat distribusi frekuensi. Penyusunan data menjadi distribusi frekuensi dapat dilakukan dengan mengikuti cara sebagai berikut (Starr, 1982 : 39) :

1. Menentukan jumlah kelas (k).

Sebagai pedoman untuk menentukan jumlah kelas yang sebaiknya dipergunakan untuk pengelompokan data, digunakan kaidah Sturges sebagai berikut :

$$k = 1 + 3,3 \log n$$

dimana k = jumlah kelas

n = jumlah data

2. Menghitung Sebaran (R).

Sebaran adalah selisih antara nilai data maksimum dan nilai data minimum, sehingga :

$$R = \text{nilai data maksimum} - \text{nilai data minimum}$$

atau

$$R = X_{\text{maks}} - X_{\text{min}}$$

3. Menghitung kelas interval (I)

Besarnya kelas interval adalah nilai sebaran dibagi jumlah kelas sehingga :

$$\text{Kelas Interval} = R / k$$

4. Memasukkan data ke dalam kelas interval yang sesuai dan kemudian menghitung frekuensi tiap kelas serta menyajikan dalam bentuk distribusi frekuensi.

5. Uji Kesesuaian (*goodness of fit test*).

Uji kesesuaian (*goodness of fit test*) merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk menentukan apakah suatu populasi mempunyai suatu distribusi teroris tertentu. Uji tersebut didasarkan atas baiknya kesesuaian antara frekuensi terjadinya amatan dalam sampel yang diamati dengan

frekuensi harapan yang diperoleh dari distribusi yang dihipotesakan. Uji statistiknya adalah (Banks, Carson, Nelson :375) :

$$\chi^2 = \sum \frac{(F_o - F_e)^2}{F_e}$$

Dimana :

- F_e = frekuensi ekspektasi
= $n \times p_i$
- n = jumlah pengamatan
- p_i = peluang terjadinya kedatangan/pelayanan mesin dalam interval ke- i
- F_o = frekuensi hasil pengamatan.

Jika frekuensi pengamatan dekat dengan frekuensi harapan padanannya, maka nilai χ^2 akan kecil, hal ini menunjukkan kesesuaian yang baik. Bila frekuensi pengamatan cukup berbeda dengan frekuensi harapan, maka nilai χ^2 akan besar yang berarti kesesuaian tidak bagus. Kesesuaian yang baik akan mendukung penerimaan H_0 sedangkan kesesuaian yang tidak bagus akan mendukung penolakannya.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam uji kesesuaian tersebut di atas adalah sebagai berikut :

1. Menentukan hipotesa awal.

Hipotesa nol (H_0) : Distribusi kerusakan F(t)

Hipotesa alternatif (H_1) : Distribusi kerusakan tidak mengikuti distribusi F(t).

2. Menentukan parameter pengujian.

$$\chi^2 = \sum_i \frac{(F_o - F_e)^2}{F_e}$$

3. Menentukan Menentukan v dan α , dimana :

v = derajat kebebasan sesuai bentuk distribusi = $k - 2$

α = tingkat kepercayaan (*confident level*)

4. Pengujian hipotesis

Jika $\chi^2 \leq \chi^2(\alpha; v)$ maka H_0 diterima

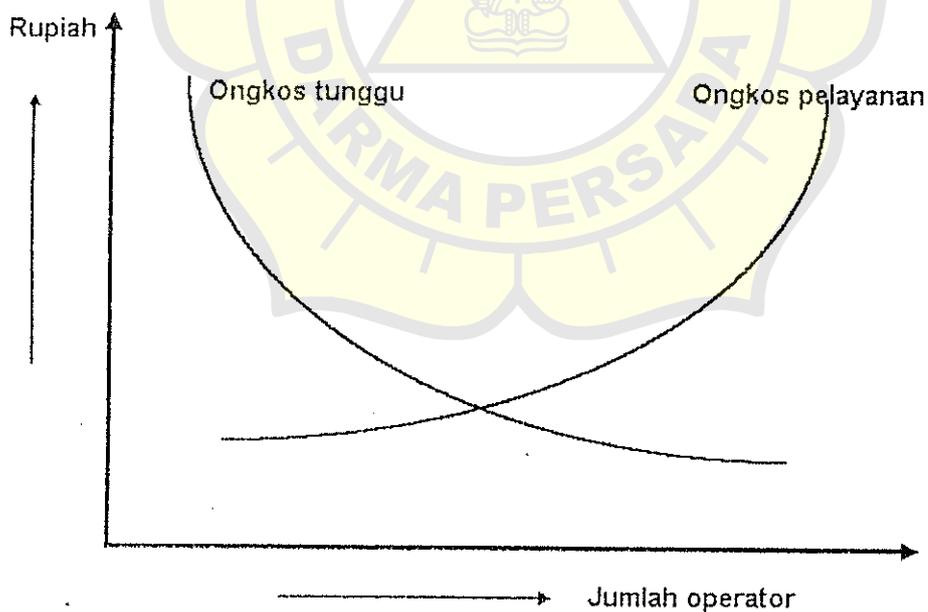
Jika $\chi^2 > \chi^2(\alpha; v)$ maka H_0 ditolak

2.10 Model Pengambilan Keputusan dalam Antrian

Teori antrian pada dasarnya adalah menyeimbangkan antara proses kedatangan dengan waktu pelayanan sehingga kedua parameter tersebut dapat

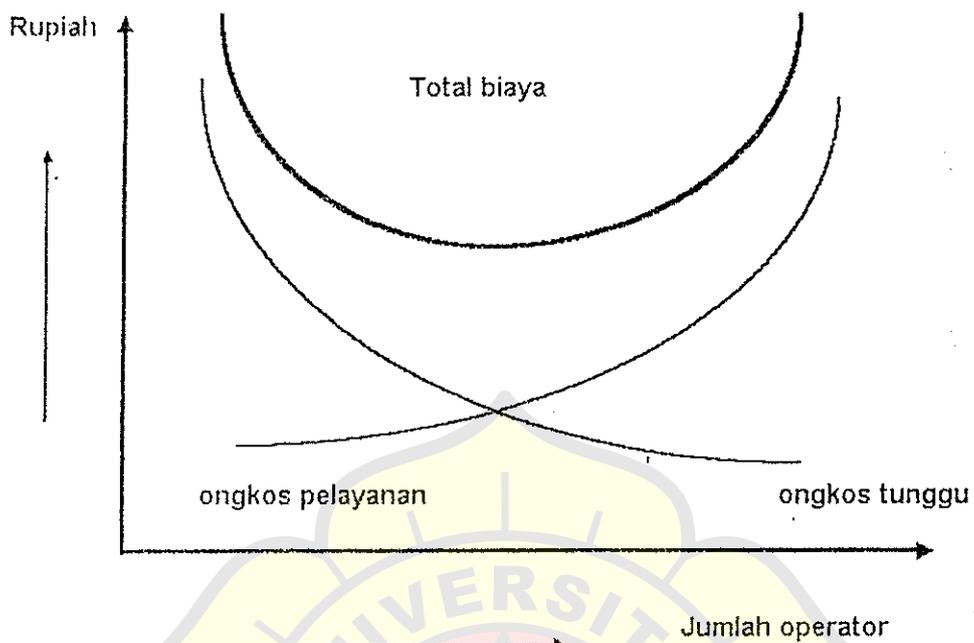
ditentukan berapa jumlah fasilitas yang optimum. Salah satu kriteria yang digunakan untuk pengambilan keputusan dalam sistem antrian adalah model biaya. Model biaya merupakan model model yang berkaitan dengan nilai (variabel) biaya yang terjadi dalam masalah antrian. Model biaya digunakan untuk menentukan jumlah fasilitas pelayanan berdasarkan keseimbangan antara biaya yang berhubungan dengan pengadaan fasilitas pelayanan dan biaya menunggu pelayanan yang dikaitkan dengan lamanya konsumen menunggu (Taha. 1987 : 666).

Hubungan kedua biaya tersebut diperlihatkan pada gambar 2.7 . Untuk menentukan tingkat pelayanan yang optimum dilakukan dengan memilih total biaya kedua variabel biaya tersebut diatas yang paling minimum. Karakteristik total biaya tersebut diperlihatkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.7

Biaya-biaya dalam Antrian



Gambar 2.8
Total biaya dalam antrian

Menurut P.Siagian (Penelitian Operasional, 1987, h.439 - 440), Pada suatu sistem pelayan ganda, model ongkos yang akan dikembangkan ialah menyangkut jumlah optimal pelayan C , sehingga :

$$T \{ C(c) \} = C_s \cdot c + C_w \cdot E_c(n_t)$$

dimana :

C_s = Ongkos pelayanan tiap pelanggan per satuan waktu.

C_w = Ongkos tunggu tiap pelanggan per satuan waktu

c = Jumlah operator

$E_c(n_t) =$ Panjang antrian (termasuk waktu pelayanan)

dan $E_c(n_t)$ berlaku untuk sistem dengan pelayan ganda. Karena c adalah diskrit, maka pen-diferensialan tidak mungkin dilakukan. Meskipun demikian jumlah c optimum tetap dapat ditemukan dengan substitusi langsung harga-harga C_s secara berturut-turut sampai harga $T\{C(c)\}$ minimum ditentukan.

2.11 Plastik

Plastik adalah suatu nama kelompok dari setiap bahan dengan peramu utama polimer. Molekul polimer terdiri atas satuan-satuan berulang yang disebut monomer. Kata sifat plastik atau plastis menunjukkan bahwa bahan itu mudah berubah bentuk, bahkan dapat mengalir, bila mendapat tekanan. Bila tekanan dihilangkan, bahan itu umumnya tidak kembali ke bentuk semula (beda dari sifat elastis).

Untuk memperoleh sifat khusus yang diinginkan, polimer itu ditambahi dengan zat pembantu. Polimer itu sendiri mungkin mahal, tetapi karena pembuatan benda umumnya sangat mudah, apalagi dengan produksi yang sangat massal, harga benda akhir menjadi jauh lebih murah daripada bila benda serupa dibuat dari bahan lain.

Disamping bersifat plastis, plastik umumnya tahan korosi, ringan, baik sebagai isolator terhadap panas dan listrik (tetapi ada polimer yang merupakan penghantar listrik, bahkan mendekati penghantar super). Bila diperkuat, plastik dapat lebih ulet daripada baja yang berbobot sama. Benda yang dibuat dari

plastik dapat diwarnai dan dibentuk, dengan tekstur permukaan yang beraneka ragam. Jadi sifat utama plastik adalah keserbagunaannya.

Dalam masyarakat modern, benda yang sebagian atau keseluruhan terbuat dari plastik dapat ditemukan dimana-mana, misalnya berupa mainan, pesawat terbang, alat dapur dan alat rumah tangga lain, ubin, pipa, perabot dan isolator listrik. Botol sekali pakai, jerigen dan berbagai wadah juga lazim terbuat dari plastik, misalnya rumah lampu, wadah baterai, kisi, panel, dan bagian dari tubuh mobil lainnya.

Berdasarkan sifatnya terhadap panas, plastik terbagi atas berbagai jenis, antara lain jenis termoplastik yang akan melembek bila dipanaskan dan mengeras bila didinginkan. Sifat ini memudahkan plastik untuk dicetak, sehingga biaya pembuatan benda cukup rendah. Contoh plastik termoplastik : Plastik ABS (popolimer dari acrylonitril-Butadiene-Styrene), plastik asetal, acrylic, selulosic, nylon, polyphenilena, polycarbonat, polyester linear, polietilena, polypropilena, polustirilena, polyvinil chlorida dan fluoroplastik.

Jenis plastik lain ialah plastik keras panas (thermosetting Plastics) yang mengeras bila dipanasi, namun tidak bisa lagi dilembekkan. Sifat ini disebabkan terbentuknya ikatan-ikatan silang diantara molekul polimer ketika dipanaskan. Contoh plastik keras panas : Plastik alil, amino, epoksi, fenolik, polyester tak jenuh dan polyureta.

Bahan pembantu plastik adalah bahan penguat, pengisi, pemantap, pigmen atau zat warna, peliat (pemplastik), dan penghambat nyala. Bahan

penguat biasanya berupa serat, misalnya serat kaca, serat boro, serat grafit dan nylon aromatic. Pengisi adalah bahan murah sebagai "daging" benda plastik, misalnya kayu tahi gergaji yang dihalus, mica, dan asbes untuk beberapa plastik keraspanas. Pemantap diperluaka karena banyak polimer tidak tahan terhadap panas, radiasi cahaya ultraviolet, dan oksigen. Zat warna digunakan untuk mewarai plastik yang bening. Bila menginginkan benda plastik yang bening menjadi kedap cahaya tetapi cemerlang dapat ditambahkan bubuk titanium dioksida. Plastik kedap cahaya diwarnai dengan pigmen yang dibubuk halus. Plastik yang tegar dan keras dapat menjadi liat jika dibubuhi peliat berupa senyawa organik yang bobot molekulnya relatif rendah misalnya oktil ftalat. Plastik relatif mudah terbakar. Untuk menghambat proses bakar, plastik diberi senyawa chlor atau brom, karena senyawa semacam ini menghambat reaksi radikal bebas perambat nyala.

2.11.1 Teknik Pembuatan Benda Plastik

Ada beberapa macam teknik pembuatan benda plastik yaitu beberapa macam teknik pencetakan, pengecoran, penyalutan, penggilingan (untuk lembaran-lembaran plastik), ekstruksi (untuk pipa dan batangan plastik), pemanasan yang membentuk (lembaran plastik menjadi gelas atau botol), penyemprotan, dan pelilitan filamen.

Pencetakan bahan plastik dilakukan dengan penyuntikan kedalam pencetak, pemampatan kedalam pencetak (benda-bendal plastik masif),

peniupan (mirip pembuatan benda kaca), pencetakan busa (disini digunakan gas seperti nitrogen dan karbondioksida).

Pada ekstruksi bahan plastik cair kental dipaksa keluar dari wadah lewat celah dengan bentuk tertentu (seperti pembuatan mie). Pada pengecoran, bahan plastik yang sangat cair dituang kedalam pencetak. Kadang proses polimerisasinya terjadi didalam pencetak ini, sehingga yang dimasukkan adalah monomer cair. Teknik penggilingan digunakan untuk membuat plastik lembaran dengan melewati plastik cair atau larutan kental lewat sepasang silinder sejajar yang berputar dengan arah yang berlawanan, sehingga plastik itu akan terperas (seperti pembuatan kerfas).

2.11.2 Plastik dan Lingkungan

Plastik sebagai bahan wadah untuk minuman dan makanan hendaknya dipastikan tidak mengandung monomer yang berbahaya bagi kesehatan. Misalnya polivinil chlorida dapat masih mengandung vinil chlorida yang larut sedikit dalam air dan dapat membahayakan kesehatan.

Tahanannya plastik terhadap korosi menyebabkan plastik buangan tidak dapat atau sukar meluruh, sehingga mengotori lingkungan. Di Indonesia, yang mudah memperoleh tenaga tak terampil plastik buangan ini dapat dikumpulkan, dibersihkan, dan didaur ulang.

Polyetilena merupakan plastik putih mirip lilin dan bersifat termoplastik. Satuan berulangnya adalah $-(CH_2-CH_2)-$. Ada beberapa macam menurut

rapatannya, yakni polyetilena berapatan rendah (ldpe = Low density Polyethylene), yang luwes dan digunakan sebagai film pembungkus, botol yang dapat diperas, berbagai peralatan rumah tangga, dan isolasi kabel ; dan polyetilena rapatan tinggi (hdpe = High Density Polyethylene) yang lebih tegar dan digunakan untuk membuat botol, pipa air dingin dan drum.

Platik melamin atau melamin-formaldehida adalah plastik keraspanas yang dibuat dengan mengkopolimerisasikan formaldehida, CH_2O dan melamin $(\text{CN})_2$, $(\text{H}_2\text{N})_2$. Plastik melamin termasuk dalam kelompok plastik amino. Sifat plastik ini tegar, keras, tahan panas dan tahan bahan kimia, dan dapat diwarnai.

