Bab 2
Landasan Teori

2.1. Definisi Sistem

Sistem didefinisikan sebagai kumpulan entitas, misalnya, orang atau mesin. Suatu tindakan yang berinteraksi bersama-sama untuk menuju pencapaian suatu tujuan yang logis. Definisi ini dikemukakan oleh Schmidt dan Taylor (1970). Dalam prakteknya, yang dimaksud dengan "sistem" tergantung pada tujuan dari studi tertentu. Koleksi entitas yang terdiri dari sistem untuk satu penelitian mungkin hanya sebagian kecil dari sistem secara keseluruhan. Misalnya. jika seseorang ingin mempelajari gerbang tol untuk menentukan jumlah gardu yang diperlukan untuk menyediakan layanan yang memadai bagi pelanggan yang ingin melakukan transaksi, sistem dapat didefinisikan sebagai bagian dari gardu tol dan pelanggan menunggu dalam antrian untuk dilayani. Disisi lain, petugas yang bekerja untuk menyediakan uang dan fasilitas gardu tol harus dimasukan kedalam satu sistem, definisi sistem harus diperluas dengan cara yang jelas.

State System adalah kumpulan dari variabel yang diperlukan untuk menggambarkan suatu sistem pada waktu tertentu, yang berpengaruh terhadap tujuan penelitian. Dalam sebuah studi dari gerbang tol, contoh variabel *state* yang mungkin adalah jumlah gardu yang sibuk, jumlah pelanggan, dan waktu yang tersedia untuk setiap pelanggan di gerbang tol.

Sistem dapat didefinisikan menjadi dua jenis, diskrit dan kontinyu. Sebuah sistem diskrit adalah salah satu variabel *state* yang berubah seketika pada titik-titik waktu yang terpisah. Sebuah gerbang tol adalah contoh dari sistem diskrit, yang dapat dilihat dari variabel *state*-nya. Misalnya, jumlah pelanggan di gerbang tol hanya ketika seorang pelanggan datang atau ketika seorang pelanggan selesai dilayani dan pergi. Sebuah sistem kontinyu adalah salah satu yang variabel *state*-nya berubah

terus menerus terhadap waktu. Sebuah pesawat bergerak melalui udara adalah contoh dari sebuah sistem kontinyu, karena variabel *state*-nya seperti posisi dan kecepatan dapat berubah terus menerus terhadap waktu.

2.2. Definisi Model

Sebuah model adalah representasi yang disederhanakan dari realitas yang ada. Dengan penekanan pada kata simpel/penyederhanaan. Ini berarti bahwa cara yang tepat di mana operasi dilakukan tidak begitu penting dalam kegiatan suatu sistem. Suatu kegiatan harus selalu dilihat dari segi pengaruhnya terhadap elemen sistem lainnya lebih dari rincian yang dilakukan. (Harrell C, Biman K.Ghosh, dan Royce Bown, 2000)

Ada beberapa model yang biasa digunakan, di antaranya adalah:

1. Model-model ikonis/fisik

   Yaitu penggambaran fisik dari suatu sistem, baik dalam bentuk yang ideal ataupun dalam skala yang berbeda.
2. Model-model analog/diagramatis

   Model-model ini dapat digambarkan situasi-situasi yang dinamis dan lebih banyak ndigunakan daripada model-model ikonis karena sifatnya yang dapat dijadikan analogi bagi karakteristik sesuatu yang sedang dipelajari.
3. Model-model simbolis/matematis

   Yaitu penggambaran dunia nyata melalui simbol-simbol matematis.
4. Model-model simulasi

   Yaitu model-model yang meniru tingkah laku sistem dengan mempelajari interaksi komponen-komponennya. Karena tidak memerlukan fungsi-fungsi matematis secara eksplisit untuk merealisasikan variabel sistem, maka model-model simulasi ini dapat digunakan untuk memecahkan sistem kompleks yang tidak dapat diselesaikan secara matematis. Akan tetapi, model-model ini tidak dapat memberikan solusi yang optimum. Yang dapat diperoleh ialah jawaban yang suboptimum, yaitu jawaban optimum dari alternatif-alternatif yang di tes.

5. Model-model heuristik

   Yaitu suatu metode pencarian yang didasarkan atas intuisi atau aturan-aturan empiris untuk memperoleh solusi yang lebih baik daripada solusi yang telah dicapai sebelumnya. Model ini adalah penyederhanaan dari model matematis yang bersifat sangat kompleks. (P. Siagian, 1987)

2.3 Definisi Simulasi

2.3.1. Ketentuan dan Klasifikasi Model Simulasi

P. Siagian menjelaskan dalam bukunya yang berjudul *Penelitian Operasional* bahwa simulasi ialah suatu meteologi untuk melaksanakan percobaan dengan menggunakan model dari satu sistem nyata. Sedangkan ide dasarnya ialah menggunakan beberapa perangkat untuk meniru sistem nyata guna mempelajari dan memahami sifat-sifat, tingkah laku (perangai) dan karakter operasinya. Oleh karena itu, simulasi terutama sekali berkenaan dengan percobaan untuk menaksir tingkah laku (perangai) dari sistem nyata untuk maksud perancangan sistem atau pengubahan tingkah laku sistem.

Perangai yang kita sebut diatas, boleh berupa fisik atau matematik yang menggambarkan sifat-sifat dari sistem nyata secara efektif untuk mana seorang manajer ingin mempelajari, menganalisis, memahami, merancang, menggambarkan sistem dimaksud.

Percobaan dapat dilakuakan terhadap model fisik seperti mencoba pesawat udara dalam suatu *wind tennels* atau terhadap model matematika dari suatu sistem nyata seperti perencanaan produksi. Karena itu, dapat dikatakan bahwa model matematika merupakan pengejawantahan dari sistem nyatadan simulai merupakan percobaan dari model.

Jika simulasi didasarkan pada model matematika, maka simulasi dapat dibedakan berdasarkan keadaan antara yang deterministik lawan yang stokastik (atau *probabilistic*), dan berdasarkan waktu antara yang ststik lawan yang dinamik.

Simulasi yang deterministik mencangkup variabel dan parameter tetap dan diketahui secara pasti, sedangkan yang stokastik menyangkut distribusi peluang dari beberapa atau semua variabel dan parameter. Kedua model ini, sangat penting dalam praktek.

Simulasi yang statik adalah sesuatu dimana percobaan dilakukan terhadap model yang mempunyai variabel dan parameter bebas.

Sementara simulasi yang dinamik mencangkup proses yang berubah dari waktu ke waktu. Kebanyakan simulasi yang menyangku ekonomi dan administrasi adalah dinamik.

Perlu diketahui bahwa simulasi digital (ynag mencangkup manipulasi numerik matematika), bagi para analisis penelitian operasional sama artinya dengan laboratorium terhadap yang lain, karena simulasi merupakan alat percobaan untuk mengetahui data sampel serta taksiran statistik dari suatu model.

Kelebihan dalam menggunakan simulasi, yaitu:

1. Simulasi dapat memberi jawaban kalau model analitik gagal melakukannya.
2. Model simulasi lebih realistis terhadap sistem nyata karena memerlukan asumsi yang lebih sedikit.
3. Perubahan konfigurasi dan struktur dapat dilaksanakan lebih mudah untuk menjawab pertanyaan: *what happen if .... .*
4. Dalam banyak hal, simulasi lebih murah dari percobaannya sendiri.
5. Simulasi dapat digunakan untuk maksud pendidikan
6. Untuk sejumlah proses dimensi, simulasi memberikan penyelidikan yang langsung dan terperinci dalam periode waktu khusus.

Kekurangan dalam Menggunakan Simulasi, yaitu:

1. Simulasi bukanlah presisi dan juga bukan suatu proses optimasi. Simulasi tidak menghasilkan jawab, tetapi ia menghaslikan cara untuk menilai jawab termasuk jawab optimal.
2. Model simulasi yang baik dan efektif adalah sangat mahal dan membutuhkan waktu yang lama dibandingkan dengan model analitik.
3. Tidak semua situasi dapat dinilai melalui simulasi kecuali situasi yang memuat ketidakpastian.

2.3.2. Langkah-langkah dalam Proses Simulasi

Semua simulasi yang baik memerlukan perencanaan dan organisasi yang baik. Meskipun demikian, simulasi tidak tetap untuk selamanya tetapi berubah dari waktu ke waktu. Dalam hal ini , simulasi dapat dianggap sebagai prototipe alat virtual untuk menunjukkan bukti dari konsep. Prosedur untuk melakukan simulasi yang mengikuti metode ilmiah, yaitu:

1. Merumuskan hipotesis
2. Menyiapkan eksperimen/percobaan
3. Uji hipotesis dengan menggunakan eksperimen yang telah disiapkan
4. Menarik kesimpulan dan validasi dari hipotesis

Dalam simulasi, merumuskan sebuah hipotesis untuk mengetahui apakah desain atau operasi bekerja dengan baik. Kemudian membuat sebuah percobaan dalam bentuk model simulasi untuk menguji hipotesis tersebut. Dengan sebuah model, kita dapat melakukan pengulangan percobaan atau simulasi. Akhirnya, setelah dilakukan simulasi kita dapat menganalisis dan menarik kesimpulan tentang hipotesis yang dibuat. Jika hipotesis benar dan sesuai, maka kita dapat melanjutkan untuk membuat desain atau perubahan operasional. (Harrell C, Biman K.Ghosh, dan Royce Bown, 2000)

2.4. Penentuan Data yang Dibutuhkan

Dalam buku *Simulation Using Promodel* dijelaskan penentuan data yang dibutuhkan terbagi kedalam beberapa bagian, seperti data struktur, data operasional, data nuumerik.

2.4.1. Data Struktural

Data struktur adalah penjelasan tenttang semua objek dalam sistem untuk dibuat sebuah model. Elemen yang ang termasuk dalam data struktur adalah entitas/*entity* (produk, kostumer, dsb), sumber daya/resource (operator, machines, dsb), dan lokasi/*locations* (tempat menunggu, tempat kerja, dsb). Informasi struktural mendeskripsikan layout atau konfigurasi dalam sistem untuk menidentifikasi item dalam proses.

2.4.2. Data Operasional

Data operasional menjelaskan bagaimana sistem beroperasi, dimana, kapan, dan bagaimana terjadi, dan tempat aktivitas terjadi. Data operasional terdiri dari seluruh informasi tentang logika atau perilaku sebuah sistem seperti *routings*, *schedules*, *downtme*, *behavior*, dan *resource allocation.* Jika proses terstruktur dan terkontrol dengan baik, informasi operasional mudah didefinisikan. Jika tidak, proses tersebut telah berkembang menjadi sebuah operasi informal dengan tidak ada aturan, itu bisa sangat sulit untuk didefinisikan.

2.4.3. Data Numerik

Data numerik menyediakan informasi kuantitatif pada sistem. Contoh dari data numerik adalah kapasitas, laju kedatangan, wakti aktivitas, waktu antar kegagaglan. Beberapa nilai numerik mudah untuk didefinisi, seperti kapasitas sumber daya dan waktu kerja. Nilai-nilai lain yang susah untuk di estimasi, seperti waktu antar kegagalan atau *routing* probabilitas.

2.5. Mengumpulkan Data

Setelah data yang dibutuhkan terkumpul makan proses selanjutnya adalah mengumpulkan data. Dalam buku *Simulation Using Promodel* dijelaskan bahwa data harus dikumpulkan sebagai berikut:

1. Definisikan seluruh aliran entitas.
2. Kembangkan deskripsi operasi.
3. Definisikan detail insidensial dan nilai data.

2.5.1. Aliran Entitas

Aliran entitas adalah sebuah diagram untuk mendefinisikan pergerakan suatu entitas dalam sebuah sistem. Aliran entitas sama dengan proses seperti flowchart, yaitu memperlihatkan urutan logika aktivitas entitas yang pergi dan menentukan apa yang terjadi pada entitas selanjutnya.

2.5.2. Deskripsi Operasi

Setelah diagram aliran entitas dibuat, maka selanjutnya adalah pendeskripsian operasi dari suatu entitas dari mulai entitas masuk kedalam sistem sampai dengan selesai. Dalam setiap pergerakan yang dilakukan suatu entitas dideskripsikan dimana entitas itu berada, apa yang entitas lakukan, kemana langkah selanjutnya entitas akan pergi, dan waktu pergerakan entitas.

2.5.3. Detail Insidensial dan Nilai data

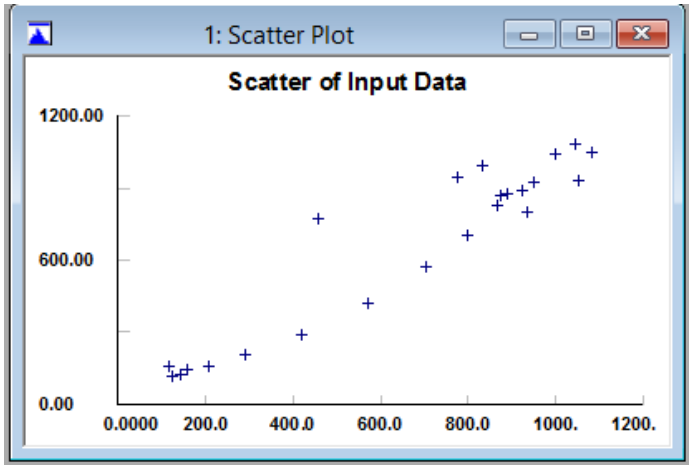
Setelah deskripsi operasi dijelaskan dari awal entitas masuk sampai dengan keluar dari sistem, maka perlu diidentifikasi juga detail kejadian insidensial yang mungkin terjadi dari suatu sistem model yang dibuat. Misalnya kejadian yang jarang terjadi tapi kemuangkinan suatu saat akan terjadi pada suatu sistem.

2.6. Uji Independensi Pola Data

2.6.1. Scatter Plot

Scatter plot adalah suatu uji statistik yang dimunculkan dalam bentuk grafik dengan titik – titik pada grafiknya. Scatter plot ini digunakan untuk mengetahui apakah data

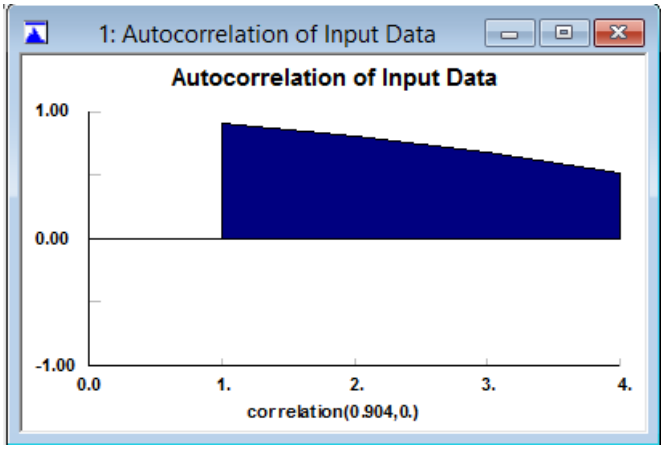
yang di uji berjenis independen atau dependen. Dapat dilihat dari hasilnya apakah data bersifat acak atau tidak.



Gambar 2.1. Scatter Plot

2.6.2. Autocorrelation

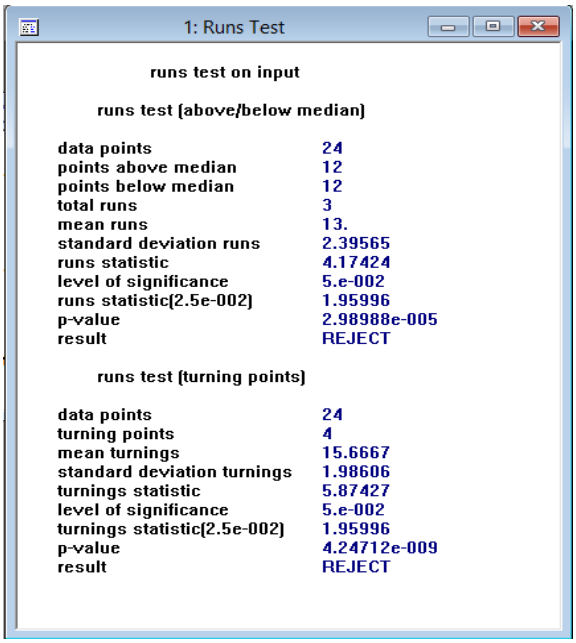
Autocorrelation addalah suatu uji statistik intuk mengetahui apakah data berkorelasi atau tidak. Korelasi ini untuk menentukan apakah data bersifat acak (independen) atau tidak (dependen). Untuk mengetahui sifat dari data tersebut dapat dilihat dari tampilan grafiknya ataupun dari nilai korelasi yang muncul. Jika grafik berada di satu sisi, baik negatif ataupun positif, maka data yang di proses berkorelasi. Namun jika data berada tidak teratur dan berada di dua sisi secara acak, maka data tidak berkorelasi yang artinya data tersebut bersifat acak.



Gambar 2.2. Autocorrelation

2.6.3. Runs Test

Runs test adalah suatu uji statistik untuk mengetahui sifat data hasil pengumpulan atau observasi yang kita lakukan bersifat acak atau tidak. Untuk mengetahui apakah data bersifat acak atau tidak, dapat dilihat dari result. Jika result bertuliskan REJECT maka data tersebut bersifat tidak acak (dependen), namun jika result bertuliskan DO NOT REJECT maka data bersifat acak (independen).



Gambar 2.3. Runs Test

2.7.Analisis Variansi ANOVA

Analisis variansi adalah adalah prosedur untuk menganalisis variasi dari respon atau perlakuan yang mencoba menerapkan varians pada kelompok variabel independen. Tujuan analisis varians adadlah menemukan variabel independen dalam penelitian dan menentukan bagaimana mereka berinteraksi dan mempengaruhi tanggapan atau perlakuan.

Analisis varians juga memiliki keunggulan dalam hal kemampuan untuk membandingkan antarvariabel dan juga antarpengulangan. Teknis analisis terbagi menjadi dua bagian, yaitu dengan hanya menggunakan satu variabel perbandingan yang disebut dengan analisis varians satu arah (Oneway ANOVA) dan teknik

analisis menggunakan dua variabel perbandingan yang disebut dengan analisis varian dua arah (Two Way ANOVA). Dengan menggunakan analisis varians kita bisa melakukan pengujian dengan banyak variabel.

Analisis ANOVA menggunakan distribusi F sebagai dasar untuk pengambilan keputusan. Distribusi ini dipopulerkan oleh Sir Donald Fisher, seorang pendiri statistika modern. Penggunaan uji ANOVA mensyaratkan bahwa data berdistribusi secara normal dan skala pengukuran yang digunakan paling tidak interval. Selain itu dalam pengujian ANOVA terdapat satu asusmsi yang harus dipenuhi, yaitu asumsi homogenitas. (Purbayu Budi S dan Ashari, 2005)

2.8.Peran Distribusi Poisson dan Eksponensial

Situasi antrian di mana kedatangan dan keberangkatan (kejadian) yang timbul selama satu interval waktu dikendalikan dengan kondisi berikut ini:

Kondisi 1: Probabilitas dari sebuah kejadian (kedatangan atau keberangkatan) yang timbul antara t dan $t+s$ bergantung hanya pada panjangnya s, yang berarti bahwa probabilitas tidak bergantung pad t atau jumlah kejadian yang timbul selama periode waktu $(0, t)$. (Secara matematis dapat dikatakan bahwa fungsi probabilitas memiliki penambahan **independen stasioner**.

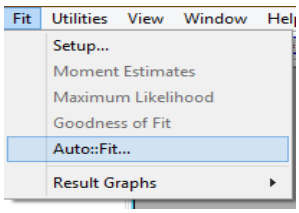
Kondisi 2: probabilitas kejadian yang timbul selama waktu yang sangat kecil h adalah positif tetapi kurang dari satu.

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

Dalam sisa bagian ini dapat dilihat bahwa ketiga kondisi di atas menjabarkan sebuah proses dimana *jumlah* kejadian selama selama satu interval waktu yang diberikan adalah *Poisson*, dan karena itu interval waktu antara beberapa kejadian berturut – turut adalah *Eksponensial*. Dengan kasus demikian, dapat dikatakan bahwa kondisi – tersebut mewakili **proses Poisson**. (Hamdy A. Taha, 1997)

2.9.Pola Distribusi Data (Auto::Fit)

Kesesuaian otomatis dari distribusi kontinyu dapat ditampilkan dengan mengetik *icon* Auto::fit atau dengan menyeleksi kesesuaian dari menu bar dan kemudian Auto::Fit dari sub-menu. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Sub Menu Auto::Fit

Perintah ini mengikuti prosedur yang sama untuk kesesuaian manual. Auto::Fit secara otomatis memilih distribusi kontinyu yang sesuai untuk uji kesesuaian bagi input data, menghitung estimasi maksimum untuk distribusi itu,mmenguji hasil demi hasil yang tepat dan menampilkan distribusi sesuai dengan *ranking relativenya*. *Ranking relativenya* ditentukan melalui metode empiris yang menggunakan ketepatan efektivitas dari perhitungan kesesuaian. Bilamana sebuah *ranking* yang baik biasanya mengidentifikasi bahwa distribusi kesesuaian adalah sebuah representasi yang baik dari input data, sebuah indikasi *absolute* dari ketepatan kesesuaian juga diberikan.

Dialog Auto::Fit membolehkan sejumlah distribusi kontinyu dengan memilih distribusi dengan sebuah batas terkecil atau dengan memperkuat batas terkecil menjadi nilai tertentu melalui *set up* kesesuaian. Juga serangkaian distribusi akan dibatasi jika *skewnwss* input data adalah negatif, banyak distribusi kontinyu dengan batas terkecil tidak memiliki estimasi parameter yang baik dalam situasi ini.

Kelayakan dari kesesuaian biasanya mencerminkan hasil yang tepat dari tes kesesuaian pada tingkat kepercayaan yang dipilih oleh pengguna. Bagaimanapun, kelayakan akan dimodifikasi jika distribusi kesesuaian akan menghasilkan secara *significant* lebih banyak *point* data dalam distribusi daripada yang diinginkan oleh input data. (Harrell C, Biman K.Ghosh, dan Royce Bown, 2000)

2.9.1. Distribusi Probabilitas

2.9.1.1. Distribusi Poisson

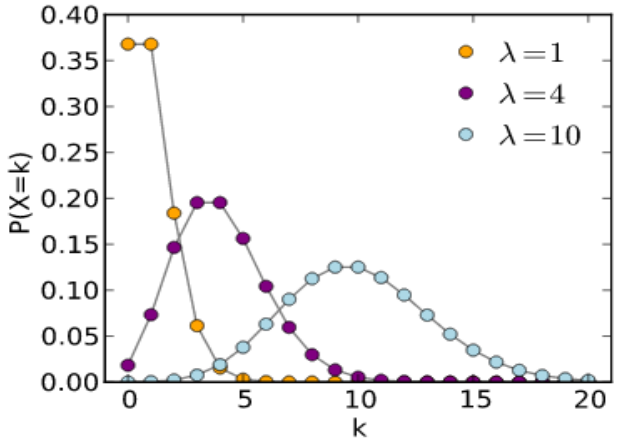
Dalam teori probabilitas dan statistika, distribusi Poisson (dilafalkan [pwasõ]) adalah distribusi probabilitas diskret yang menyatakan peluang jumlah peristiwa yang terjadi pada periode waktu tertentu apabila rata-rata kejadian tersebut diketahui dan dalam waktu yang saling bebas sejak kejadian terakhir. (distribusi Poisson juga dapat digunakan untuk jumlah kejadian pada interval tertentu seperti jarak, luas, atau volume).

Apabila nilai harapan kejadian pada suatu interval adalah λ, maka probabilitas terjadi peristiwa sebanyak *k* kali (*k* adalah bilangan bulat non negatif, *k* = 0, 1, 2, ...) maka sama dengan

$$f(k;\lambda) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}, \tag{2-1}$$

dimana:

- *e* adalah basis logaritma natural (*e* = 2.71828...)
- *k* adalah jumlah kejadian suatu peristiwa — peluang yang diberikan oleh fungsi ini
- *k*! adalah faktorial dari *k*
- λ adalah bilangan riil positif, sama dengan nilai harapan peristiwa yang terjadi dalam interval tertentu. Misalnya, peristiwa yang terjadi rata-rata 4 kali per menit, dan akan dicari probabilitas terjadi peristiwa k kali dalam interval 10 menit, digunakan distribusi Poisson sebagai model dengan λ = 10×4 = 40.

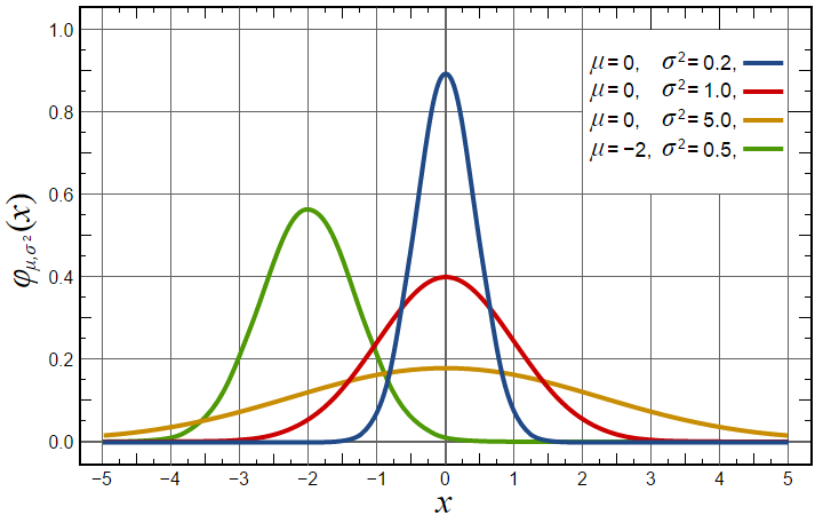


Gambar 2.5. Grafik Distribusi Poisson

2.9.1.2. Distribusi Normal

Distribusi normal, disebut pula distribusi Gauss, adalah distribusi probabilitas yang paling banyak digunakan dalam berbagai analisis statistika. Distribusi normal baku adalah distribusi normal yang memiliki rata-rata nol dan simpangan baku satu. Distribusi ini juga dijuluki *kurva lonceng* (*bell curve*) karena grafik fungsi kepekatan probabilitasnya mirip dengan bentuk lonceng.

Distribusi normal memodelkan fenomena kuantitatif pada ilmu alam maupun ilmu sosial. Beragam skor pengujian psikologi dan fenomena fisika seperti jumlah foton dapat dihitung melalui pendekatan dengan mengikuti distribusi normal. Distribusi normal banyak digunakan dalam berbagai bidang statistika, misalnya distribusi sampling rata-rata akan mendekati normal, meski distribusi populasi yang diambil tidak berdistribusi normal. Distribusi normal juga banyak digunakan dalam berbagai distribusi dalam statistika, dan kebanyakan pengujian hipotesis mengasumsikan normalitas suatu data.



Gambar 2.6. Grafik Distribusi Normal

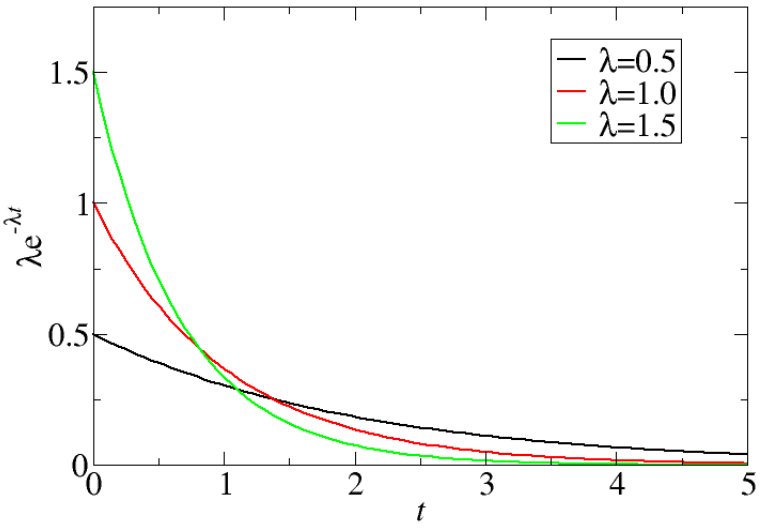
2.9.1.3. Distribusi Eksponensial

Dalam teori probabilitas dan statistik, distribusi eksponensial adalah distibusi probailitas kontinyu. Nilai ekspektasi dan simpangan baku variabel random eksponensial yaitu $1/\lambda$ (sarta varianya adalah $1/\lambda^2$). Distribusi eksponensial

(disebut juga distribusi eksponensial negatif) adalah distribusi probabilitas yang menggambarkan waktu antara peristiwa dalam proses Poisson, yaitu proses di mana peristiwa terjadi secara terus-menerus dan mandiri pada tingkat rata-rata yang konstan.

Contoh penggunaan distribusi eksponensial, yaitu:

- waktu kejadian kecelakaan mobil
- jarak antara mutasi dalam rantai DNA
- jarak antara *roadkill*
- waktu penguraian radioaktif
- waktu antar kedatangan mobil yang masuk ke gerbang tol

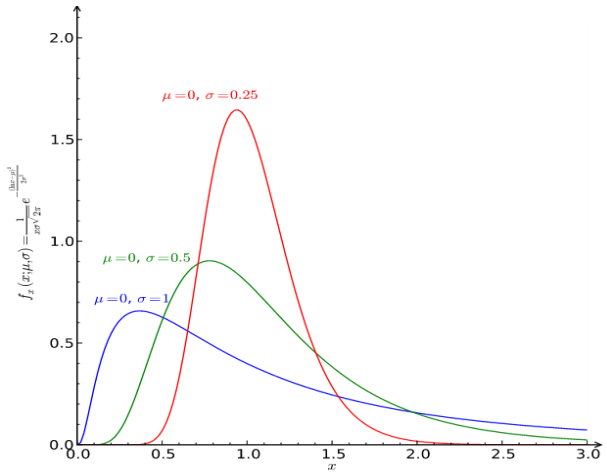


Gambar 2.7. Grafik Distribusi Eksponensial

2.9.1.4.Distribusi Log-normal

Distribusi log-normal adalah distribusi probabilitas yang erat hubungannya dengan distribusi normal, jika X adalah variabel acak dalam distribusi normal, maka $\exp(X)$ adalah distribusi log-normal. Dalam istilah lain distribusi lognormal disebut sebagai variabel *natural logarithm* yang artinya log-normal memiliki distribusi normal.

Log-normal dapat disebut juga log normal atau lognormal. Variabel bisa dimodelkeun sebagai log-normal jika merupakan hasil kali dari distribusi faktor bebas.



Gambar 2.8. Grafik Distribusi Log-normal

2.10. Model-model Pelayanan Antrian

Model –model antrian dapat mempunyai pelayanan tunggal, dapat pula mempunyai jumlah pelayanan yang banyak. Model pelayanan antrian ini dibagi menjadi 4 jenis, yaitu;

1. Model single server (S=1)

   Model ini hanya mempunyai satu pelayanan atau pelayanan tunggal. Pelayanan ini mempunyai disiplin tertentu, diantaranya;

   a. Input poisson dan waktu pelayanan eksponensial
   b. Input poisson dan waktu pelayanan sembarang
   c. Input poisson dan waktu pelayanan konstan
   d. Input poisson dan waktu pelayanan erlang
   e. Input poisson dan waktu pelayanan eksponensial dengan antrian terbatas
   f. Model sumber terbatas
   g. Model dengan *state* dimana tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan bersifat dependen

2. Model multiple server (S>1)

Model ini memiliki server atau pelayanan lebih dari satu, dimana pelayanan dapat meminimalisir jumlah antrian yang terjadi. Pelayanan ini mempunyai disiplin tertentu, diantaranya:

a. Input poisson dan waktu pelayanan eksponensial
b. Input poisson dan waktu pelayanan eksponensial dengan antrian terbatas
c. Model sumber terbatas
d. Model dengan *state* dimana tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan bersifat dependen

3. Model disiplin prioritas

   Model-model sisiplin prioritas adalah model-model antrian yang pelayanannyan didasarkan atas suatu sistem prioritas.

4. Model swalayan (Self-service Model)

   Pada model ini pelayanan menjadi tidak terbatas karena setiap langganan melayani dirinya sendiri.

2.11. Perancangan Model Menggunakan ProModel

2.11.1. Elemen-elemen Dasar Promodel

Dalam pembuatan suatu sistem model tentulah harus dibuat sesuatu yang mirip dengan aslinya, yang bisa bergerak dan bisa merpresentasikan dengan yang dimodelkannya. *Software* Promodel 7.5 menyediakan beberapa elemen yang disesuaikan untuk membuat suatu model pada suatu proses produksi. Elemen-elemen dasar itu terdiri dari lokasi (*locations*), entitas (*entities*), kedatangan (*arrivals*), dan proses (*processing*).

2.11.1.1. Location (Lokasi)

Location dalam ProModel mempresentasikan sebuah tempat dalam sistem dimana entitas beroperasi dan diarahkan untuk suatu proses, menunggu, simpan, pengambilan keputusan, atau aktivitas lainnya. Agus Riyanto dalam laporan penelitiannya menjelaskan bahwa yang termasuk dalam *Locations* antara lain stasiun kerja, buffer, mesin, conveyor, dan lain-lain. Atribut- atribut dari lokasi dapat kita ubah atau kita setting pada *Locations Table*:

1. Icon, merupakan petunjuk grafik yang mewakili lokasi yang bersangkutan.
2. Name, merupakan nama lokasi. Nama harus dimulai dengan huruf,dan tidak boleh ada spasi (digantikan "_") dan nama adalah "case sensitive".
3. Cap, (capacity) adalah banyaknya produk yang dapat diproses dalam satu unit waktu.
4. Unit, merupakan banyakanya unit lokasi tersebut.
5. Dts, merupakan pilihan untuk mensetting Down-Times dari mesin,dapat berupa waktu, banyaknya material yang masul, ataupun lamapemakaian.
6. Stat, merupakan seberapa detaillokasi tersebut akan dicatat secara statistik pada saat simulasi dijalankan, time series merupakan pilihan yang paling detail (detail ini juga akan memperngaruhi besarnya resources komputer untuk me-run model anda).
7. Rules, merupakan aturan bagaimana barang akan masuk, keluar dan diproses dilokasi tersebut apakah FIFO, LIFO, random dan sebagainya. Keterangan :
   - Selecting incoming priorities
   - Oldest by priority : memilih entitas yang menunggu terlalu lama diantara entitas dalam prioritas rute tertinggi.
   - Random : memilih secara acak dengan probabilitas yang sama untuk seluruh entitas yang menunggu.
   - Least available capacity : memilih entitas yang datang dari lokasi dengan kapasitas yang paling sedikit.
   - Last selected location : memilih entitas yang datang dari lokasi yang terakhir dipilih.
   - Highest attribut value : memilih entitas dengan nilau atribut tertinggi untuk atribut yang telah dispesifikasikan.
   - Lowest atribute value : memilih entitas dengan nilai atribut terkecil untuk atribut yang telah dispesifikasikan.

   - Queuing for output
   - No queuing : entitas yang telah menyelesaikan prosesoperasinya pada

lokasi tertentu bebas untuk ke lokasi lain dimana entitas lain juga telah menyelesaikan proses operasi yang akan dimasukkan tersebut.

- First In First Out : bila entitas pertama telah menyelesaikan operasinya harus masuk lokasi berikutnya sebelum entitas kedua menyelesaikan operasinya dan masuk ke lokasi berikutnya tersebut, dan seterusnya.
- Last In First Out : entitas yang telah selesai menunggu untuk output LIFO sehingga entitas yang selesai terakhir akan menjadi pertama untuk bergerak ke lokasi berikutnya.
- By Type : entitas yang telah selesai dikerjakan menunggu output dari FIFO berdasarkan tipe entitas jadi rute untuk setiap entitas diproses sendiri untuk masing-masing jenis tipe.
- Highest atribute value : memilih entitas yang telah selesai dan menunggu dengan nilai atribut tertinggi dengan atribut yang telah dispesifikasikan.
- Lowet atribute value : memilih entitas yang telah selesai dan menunggu dengan nilai atribut terkecil dengan atribut yang telah dispesifikasikan.

- Selecting a unit

  Hanya diisi pada kondisi jumlah unit location lebih dari satu :

- First available : memilih unit pertama yang tersedia.
- By Turn : pemilihan secara bergantian diantara unit yang tersedia.
- Most available capacity : memilih unit yang mempunyai kapasitas yang memungkinkan. Aturan ini tidak berlaku pada unit berkapasitas tunggal.
- Fewest entries : pilih unit yang tersedia dengan kedatangan paling jarang.
- Random: pilih unit yang tersedia secara acak.

- Longest empty : pilih unit yang telah kosong untuk waktu yang paling lama.

8. Note, digunakan untuk menambahkan keterangan mengenai lokasi yang Bersangkutan.

2.11.1.2. Entities (bahan / produk)

Entities adalah kesatuan barang/produk yang mengalami proses di dalam sistem. Barang tersebut dapat berupa barang setengah jadi, bahan baku, pallet, ataupun barang jadi. Adapun atribut-atribut yang dapat kita ubah pada Entities Table Window adalah:

1. Icon, merupakan petunjuk grafik yang mewakili entitas yang bersangkutan pada saat simulasi dijalankan.
2. Name, merupakan nama dari entitas (aturan penamaannya sama dengan penamaan lokasi).
3. Speed (Fpm), digunakan utnuk menentukan kecepatan entitas yang bergerak sendiri (bukan kecepatan entitas akan diproses), dengan *default* permenit.
4. Stat, merupakan pilihan beberapa detail lokasi tersebut akan dicatat secara statistik pada saat simulasi dijalankan.
5. Note, digunakan untuk menambahkan keterangan mengenai lokasi yang bersangkutan. (Agus Riyanto, 2012)

2.11.1.3. Arrivals (kedatangan)

Kedatangan menunjukkan masuknya entitas ke dalam sistem, baik bahannya, lokasi tempat kedatangan, ataupun frekuensi serta waktu kedatangannya secara periodik, menurut interval waktu tertentu, serta peningkatan dan pengurangannya. Adapun atribut-atribut dari kedatangan adalah :

1. Entity, merupakan nama atau jenis entitas yang akan diatur kedatangannya, dapat juga dipilih diantara entitas yang telah kiita buat pada window tolls pada bagian kiri layout.
2. Locations, menunjukkan pada lokasi mana entitas tersebut akan memasuki sistem.
3. Qty each, menunjukkan banyaknya entitas yang tiba pada setiap kedatangan.
4. First time, menujukkan waktu pada saat entitas pertama kali memasuki sistem.
5. Occurences, merupakan jumlah kedatangan entitas selama 1 kali simulasi

dijalankan.

6. Frequency, merupakan interval waktu antara dua kedatangan.
7. Logic, merupakan tempat menambahkan logika pemrograman untuk mengatur kedatangan entitas dengan lebih detail.
8. Disable, pilihan Yes atau No, digunakan jika kita ingin me-non-aktifkan kedatangan yang bersangkutan secara sementara karena alasan tertentu. (Agus Riyanto, 2012)

2.11.1.4. Processing (proses)

Elemen proses menentukan rute yang dilalui oleh tiap-tiap entitas dan operasi yang dialaminya pada tiap-tiap lokasi yang dilaluinya. Proses menggambarkan apa yang dialami oleh entitas mulai dari saat pertama entitas memasuki sistem sampai keluar dari sistem. Elemen ini terdiri dari dua bagian, yaitu window process dan window routing.

Keterangan pada window process terdiri dari :

Process

1. Entity, menujukkan entitas yang sedang kita buat prosesnya.
2. Locations, menunjukkan lkoasi tempat entitas tersebut mengalami proses dan operasi.
3 . Operations, menunjukkan operasi yang dialami, apakah perakitan, dikumpulkan, join, atau yang sederhana menunggu (bagian ini diisi dengan logic builder yang akan dijelaskan kemudian).

Routing

- Output, menunjukkan entitas yang keluar dari operasi tersebut.
- Destinations, menunjukkan lokasi tujuan entitas yang berikutnya,
- Rule, berisi atauran-aturan rute, termasuk probabilitasnya (jika ada).
- Move logic, berisikan baris program untuk aturan perpindahan rute entitas.

Keterangan tambahan pada Tools window :

- Add routing, digunakan untuk membuat rute berganda pada suatu proses.

- Find process, untuk mencari proses suatu jenis entitas pada lokasi tertentu.
- Route to Exit, digunakan bila proses telah berakhir dan suatu entitas menempuh rute keluar dari sistem.
- View routing, untuk melihat proses yang ditunjuk pada layout, sengat berguna pada layout yang sangat besar sehingga tidak semua lokasi dapat dilihat sekaligus.
- Snap Lines to Border, apakah saat membuat rute pada layout, garis prosesnya hanya menempel pada bingkai lokasi.
- Show only Current Entity Routes, untuk mengaktifkan rute yang melibatkan entitas yang dipilih saja. (Agus Riyanto, 2012)

2.11.2. Variabel / *Variables*

Variabel adalah suatu elemen dari promodel yang bisa menampilkan data statistik pada sebuah tampilan angka dalam aktivitas pada sebuah model. Contoh dari tampilan dari perhitungan angka statistik pada model, yaitu:

- Jumlah pelanggangan yang menunggu di beberapa antrian.
- Pelanggan yang menunggu dengan peiode waktu tertentu.
- Waktu pelanggan di bank.

2.12. Optimisasi

Optimisasi adalah proses mencoba berbagai kombinasi nilai untuk variabel yang dapat dikontrol untuk mencari kombinasi nilai-nilai yang menyediakan output yang paling diinginkan dari model simulasi.

Menemukan solusi optimal bukanlah tugas yang mudah. Bahkan, itu seperti menemukan jarum di tumpukan jerami. Cara paling pasti untuk mencari solusi optimal adalah mengikuti langkah-langkah berikut ini: (Akbay 1996)

Langkah 1. Identifikasi semua variabel keputusan yang mungkin mempengaruhi output sistem.

Langkah 2. Berdasarkan nilai yang mungkin dari masing-masing variabel keputusan, identifikasi semua kemungkinan solusi.

Langkah 3. Evaluasi masing-masing solusi tersebut.
Langkah 4. Bandingkan setiap solusi.
Langkah 5. Catat jawaban terbaik.

2.13. Teori Antrian

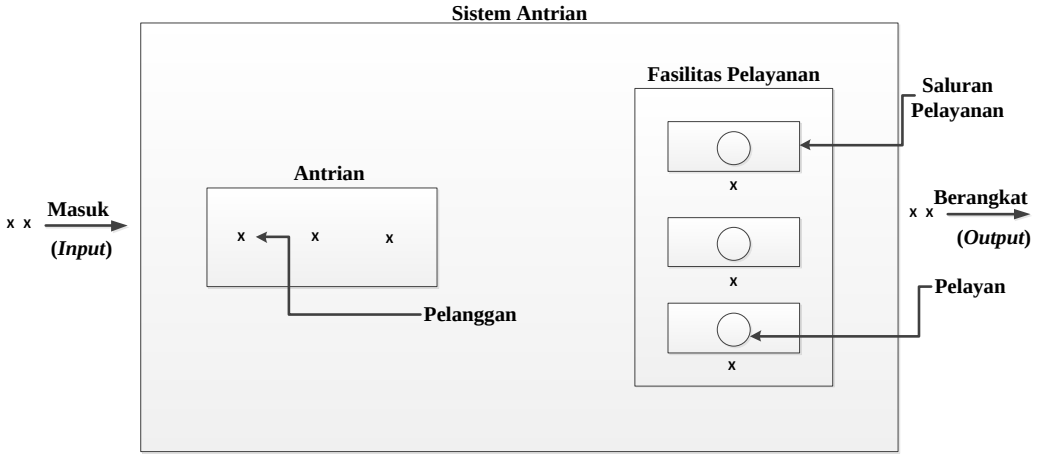
2.13.1. Pendahuluan Antrian

Dalam keadaan nyata dan kehidupan sehari-hari kita sering merasakan dan berhadapan dengan suatu kondisi antrian. keadaan seperti ini sering kita jumpai pada kondisi antrian ketika menunggu pelayanan didepan loket bioskop, bank, pembayaran di gerbang tol dan lain-lain. Sedangkan pada keadaan di sistem manufaktur, kita jumpai kondisi antrian ketika bahan baku atau barang setengah jadi menunggu untuk diproses oleh mesin-mesin yang terbatas.

Dari dua konsisi di atas dapat dilihat bahwa antrian tidak hanya terjadi pada manusia atau orang saja, namun antria terjadi juga pada mesin ataupun bahan baku untuk diproses. Karena antrian dapat memakan waktu, sedangkan waktu sendiri adalah suatu sumber daya yang mahal yang dapat berdampak pada semua aspek, maka dalam hal ini pengefektifan antrian harus dilakukan agar antrian tidak memakan waktu lama.

2.13.2. Sistem Antrian

Pelanggan datang dengan laju teteap atau tidak tetap untuk memperoleh pelayanan pada fasilitas pelayanan. Bila pelanggan yang datang dapat masuk ke dalam fasilitas pelayanan, maka itu akan segera ia lakukan proses pelayanan. Tetapi kalau harus menunggu, maka mereka akan membentuk satu antrian hingga tiba waktunya untuk dilayani. Mereka akan dilayani dengan laju tetap atau tidak tetap. Setelah selesai, mereka pun berangkat. Dari penjelasan di atas, sistem antrian dapat digambarkan seperti pada diagram berikut ini.



Sumber: P. Siagian, 1987

Gambar 2.9. Sistem Antrian

Berdasarkan uraian singkat di atas, maka sistem antrian dapat dibagi atas 2 (dua) komponen yaitu:

1. Antrian yang memuat langganan atau satuan-satuan yang memerlukan pelayanan (pembeli, orang sakit, mahasiswa, kapal, mobil, dan lain-lain).
2. Fasilitas pelayanan yang memuat pelayanan dan saluran pelayanan (pompa minyak dan pelayan, loket bioskop dan petugas jual karcis, pembayaran dan pengambilan kartu tol di gerbang tol).

Terdapat banyak jenis sistem antrian dan masing-msing dapat dibedakan sesuai dengan tingkah lakunya seperti di bawah ini:

❖ Sumber

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

Dalam praktek, sumber adalah berhingga. Akan tetapi, dalam satu populasi yang besar, sumber dianggap tidak berhingga. Untuk keperluan analisis sering lebih mudah menggunakan sumber tidak berhingga sebagai dasar perhitungan. Dalam

kebanyakan kasus sumber berhingga, satuan-satuan kembali membentuk populasi sumber begitu pelayanan telah seleai.

❖ Proses Masukan

Proses masukan adalah suatu proses pembentukan suatu bentuk antrian akibat pertibaan antara satuan-satuan orang atau barang. Secara teori waktu pertibaan antara satuan-satuan dengan satauan berikutnya dianggap accak atau bebas. Bentuk umum dari proses ini dan sering digunakan dalam model-model antrian, ialah yang dikenal dengan proses Poisson. Dalam keterangan berikutnya, proses ini akan diterangkan lebih jelas.

❖ 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. Ketiga-tiganya dapat dibedakan demikian:

1. *Tersedianya Pelayanan*

Mekanisme pelayanan tidak selalu tersedia untuk setiap saat. Misalnya dalam pertunjukan bioskop, loket penjualan karcis masuk hanya dibuka pada waktu tertentu antara satu pertunjukan dengan pertunjukan lainnya. 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 juga ada yang berubah-ubah. Karena itu, fasilitas pelayanan dapat memiliki satu atau lebih saluran. Fasilitas yang

memunyai satu saluran disebut saluran 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 seseorang langganan atau satuan-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 untuk keperluan analisis, waktu pelayanan dianggap sebagai variabel acak yang terpencar secara bebas dan sama dan tidak tergantung pada waktu pertibaan.

❖ Disiplin Pelayanan

Kebiasaan ataupun kebijakan dalam mana para langganan dkipilih dari antrian untuk dilayani, disebut disiplin pelayanan. Ada 4 bentuk disiplin pelayanan yang bisa digunakan dalam praktek, yaitu:

1. *First-come first-served (FCFS)* atau *first-in first-out (FIFO)* artinya, lebih dahulu datang (sampai) lebih dahulu dilayani.
2. *Last-come first-served* atau *last-in first-out (LIFO)* artinya, yang tiba terakhir yang lebih dahulu keluar
3. *Service un randong order (SIRO)* artinya, panggilan didasarkaan 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 sudah lebih dahulu tiba di garis tunggu.