

TEORI SIMULASI ANTRIAN

Antrian adalah suatu kejadian yang biasa dalam kehidupan sehari-hari. Menunggu di depan loket untuk mendapatkan tiket kereta api atau tiket bioskop, pada pintu jalan tol, pada bank, pada kasir supermarket, dan situasi-situasi yang lain merupakan kejadian yang sering ditemui. Studi tentang antrian bukan merupakan hal yang baru.

Antrian timbul disebabkan oleh kebutuhan akan layanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga pengguna fasilitas yang tiba tidak bisa segera mendapat layanan disebabkan kesibukan layanan. Pada banyak hal, tambahan fasilitas pelayanan dapat diberikan untuk mengurangi antrian atau untuk mencegah timbulnya antrian. Akan tetapi biaya karena memberikan pelayanan tambahan, akan menimbulkan pengurangan keuntungan mungkin sampai di bawah tingkat yang dapat diterima. Sebaliknya, sering timbulnya antrian yang panjang akan mengakibatkan hilangnya pelanggan / nasabah.

Salah satu model yang sangat berkembang sekarang ini ialah model matematika. Umumnya, solusi untuk model matematika dapat dijabarkan berdasarkan dua macam prosedur, yaitu : analitis dan simulasi.

Pada model simulasi, solusi tidak dijabarkan secara deduktif. Sebaliknya, model dicoba terhadap harga – harga khusus variabel jawab berdasarkan syarat – syarat tertentu (sudah diperhitungkan terlebih dahulu), kemudian diselidiki pengaruhnya terhadap variabel kriteria. Karena itu, model simulasi pada hakikatnya mempunyai sifat induktif. Misalnya dalam persoalan antrian, dapat dicoba pengaruh bermacam – macam bentuk sistem pembayaran sehingga diperoleh solusi untuk situasi atau syarat pertibaan yang mana pun.

1. Sejarah Teori Antrian

Antrian yang sangat panjang dan terlalu lama untuk memperoleh giliran pelayanan sangatlah menjengkelkan. Rata – rata lamanya waktu menunggu (*waiting time*) sangat tergantung kepada rata – rata tingkat kecepatan pelayanan (*rate of services*). Teori tentang antrian diketemukan dan dikembangkan oleh A. K. Erlang, seorang insinyur dari Denmark yang bekerja pada perusahaan telepon di Kopenhagen pada tahun 1910. Erlang melakukan eksperimen tentang

fluktuasi permintaan fasilitas telepon yang berhubungan dengan *automatic dialing equipment*, yaitu peralatan penyambungan telepon secara otomatis. Dalam waktu – waktu yang sibuk operator sangat kewalahan untuk melayani para penelepon secepatnya, sehingga para penelepon harus antri menunggu giliran, mungkin cukup lama.

Persoalan aslinya Erlang hanya memperlakukan perhitungan keterlambatan (*delay*) dari seorang operator, kemudian pada tahun 1917 penelitian dilanjutkan untuk menghitung kesibukan beberapa operator. Dalam periode ini Erlang menerbitkan bukunya yang terkenal berjudul *Solution of some problems in the theory of probabilities of significance in Automatic Telephone Exchange*. Baru setelah perang dunia kedua, hasil penelitian Erlang diperluas penggunaannya antara lain dalam teori antrian (Supranto, 1987).

2. Pengertian Antrian

Menurut Siagian (1987), antrian ialah suatu garis tunggu dari nasabah (satuan) yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayan (fasilitas layanan). Pada umumnya, sistem antrian dapat diklasifikasikan menjadi sistem yang berbeda – beda di mana teori antrian dan simulasi sering diterapkan secara luas. Klasifikasi menurut Hillier dan Lieberman adalah sebagai berikut :

1. Sistem pelayanan komersial
2. Sistem pelayanan bisnis – industri
3. Sistem pelayanan transportasi
4. Sistem pelayanan sosial

Sistem pelayanan komersial merupakan aplikasi yang sangat luas dari model – model antrian, seperti restoran, kafetaria, toko – toko, salon, butik, supermarket, dan sebagainya.

Sistem pelayanan bisnis – industri mencakup lini produksi, sistem material – handling, sistem pergudangan, dan sistem – sistem informasi komputer.

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

3. Komponen Dasar Antrian

Komponen dasar proses antrian adalah :

1. Kedatangan

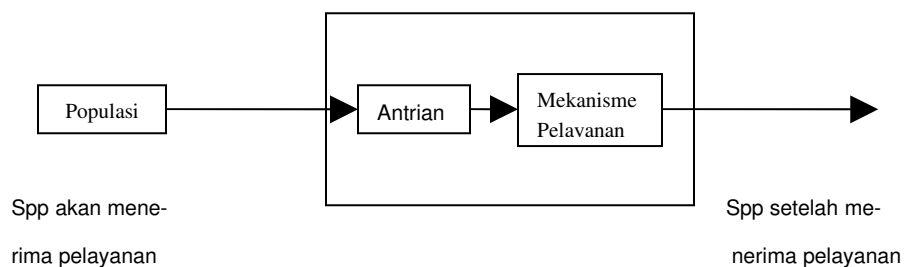
Setiap masalah antrian melibatkan kedatangan, misalnya orang, mobil, panggilan telepon untuk dilayani, dan lain – lain. Unsur ini sering dinamakan proses *input*. Proses *input* meliputi sumber kedatangan atau biasa dinamakan *calling population*, dan cara terjadinya kedatangan yang umumnya merupakan variabel acak. Menurut Levin, dkk (2002), variabel acak adalah suatu variabel yang nilainya bisa berapa saja sebagai hasil dari percobaan acak. Variabel acak dapat berupa diskrit atau kontinu. Bila variabel acak hanya dimungkinkan memiliki beberapa nilai saja, maka ia merupakan variabel acak diskrit. Sebaliknya bila nilainya dimungkinkan bervariasi pada rentang tertentu, ia dikenal sebagai variabel acak kontinu.

2. Pelayan

Pelayan atau mekanisme pelayanan dapat terdiri dari satu atau lebih pelayan, atau satu atau lebih fasilitas pelayanan. Tiap – tiap fasilitas pelayanan kadang – kadang disebut sebagai saluran (*channel*) (Schroeder, 1997). Contohnya, jalan tol dapat memiliki beberapa pintu tol. Mekanisme pelayanan dapat hanya terdiri dari satu pelayan dalam satu fasilitas pelayanan yang ditemui pada loket seperti pada penjualan tiket di gedung bioskop.

3. Antri

Inti dari analisa antrian adalah antri itu sendiri. Timbulnya antrian terutama tergantung dari sifat kedatangan dan proses pelayanan. Jika tak ada antrian berarti terdapat pelayan yang menganggur atau kelebihan fasilitas pelayanan (Mulyono, 1991).



Spp = Satuan penerima pelayanan

Proses dasar antrian (Supranto, 1987).

Penentu antrian lain yang penting adalah disiplin antri. Disiplin antri adalah aturan keputusan yang menjelaskan cara melayani pengantri. Menurut Siagian (1987), ada 5 bentuk disiplin pelayanan yang biasa digunakan, yaitu :

1. *First-Come First-Served (FCFS)* atau *First-In First-Out (FIFO)* artinya, lebih dulu datang (sampai), lebih dulu dilayani (keluar). Misalnya, antrian pada loket pembelian 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 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 pelanggan yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas lebih rendah, meskipun yang terakhir ini kemungkinan sudah lebih dahulu tiba dalam garis tunggu. Kejadian seperti ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa hal, misalnya seseorang yang dalam keadaan penyakit lebih berat dibanding dengan orang lain dalam suatu tempat praktek dokter.

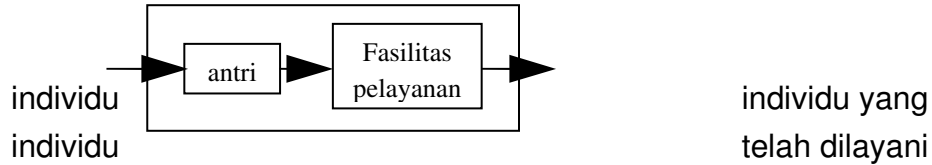
Dalam hal di atas telah dinyatakan bahwa entitas yang berada dalam garis tunggu tetap tinggal di sana sampai dilayani. Hal ini bisa saja tidak terjadi. Misalnya, seorang pembeli bisa menjadi tidak sabar menunggu antrian dan meninggalkan antrian. Untuk entitas yang meninggalkan antrian sebelum dilayani digunakan istilah pengingkaran (*reneging*). Pengingkaran dapat bergantung pada panjang garis tunggu atau lama waktu tunggu. Istilah penolakan (*balking*) dipakai untuk menjelaskan entitas yang menolak untuk bergabung dalam garis tunggu (Setiawan, 1991).

4. Struktur Antrian

Ada 4 model struktur antrian dasar yang umum terjadi dalam seluruh sistem antrian :

1. *Single Channel – Single Phase*

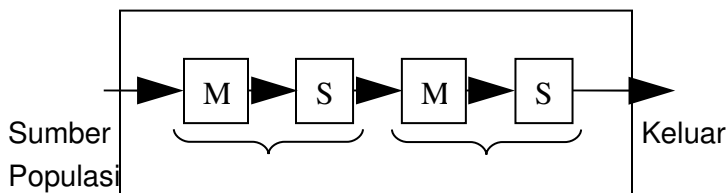
Single Channel berarti hanya ada satu jalur yang memasuki sistem pelayanan atau ada satu fasilitas pelayanan. *Single Phase* berarti hanya ada satu pelayanan.



Model *Single Channel – Single Phase*

2. *Single Channel – Multi Phase*

Istilah *Multi Phase* menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan (dalam phase-phase). Sebagai contoh : pencucian mobil.



Phase 1

Phase 2

Keterangan :

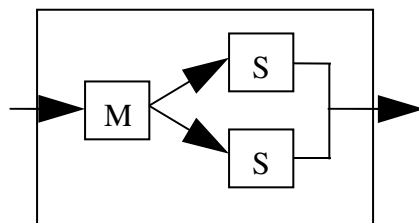
M = antrian

S = fasilitas pelayanan

Single Channel – Multi Phase

3. *Multi Channel – Single Phase*

Sistem *Multi Channel – Single Phase* terjadi kapan saja di mana ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal, sebagai contoh model ini adalah antrian pada *teller* sebuah bank.



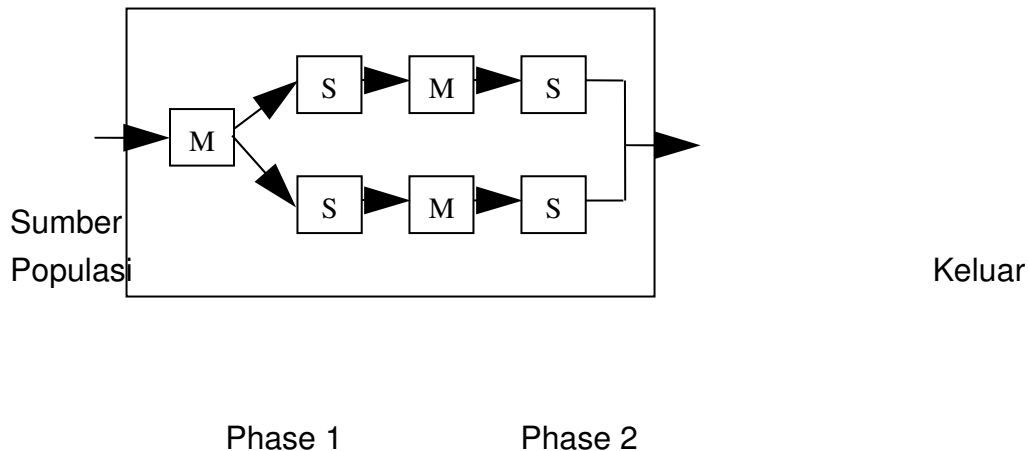
Sumber Populasi

Keluar

Multi Channel – Single Phase

4. *Multi Channel – Multi Phase*

Sistem *Multi Channel – Multi Phase* ditunjukkan dalam Gambar 2.5. Sebagai contoh, herregistrasi para mahasiswa di universitas, pelayanan kepada pasien di rumah sakit mulai dari pendaftaran, diagnosa, penyembuhan sampai pembayaran. Setiap sistem – sistem ini mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahapnya.



Multi Channel – Multi Phase

(Subagyo, 2000).

5. Mekanisme Pelayanan

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

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 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 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 terpecah secara bebas dan sama serta tidak tergantung pada waktu pertibaan (Siagian, 1987).

6. Model – model Antrian

Pada pengelompokkan model – model antrian yang berbeda – beda akan digunakan suatu notasi yang disebut dengan Notasi Kendall. Notasi ini sering dipergunakan karena beberapa alasan. Diantaranya, karena notasi tersebut merupakan alat yang efisien untuk mengidentifikasi tidak hanya model – model antrian, tetapi juga asumsi – asumsi yang harus dipenuhi (Subagyo, 2000).

Format umum model :

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

di mana :

- a = distribusi pertibaan / kedatangan (*arrival distribution*), yaitu jumlah pertibaan pertambahan waktu.
- b = distribusi waktu pelayanan / perberangkatan, yaitu selang waktu antara satuan – satuan yang dilayani (berangkat).
- c = jumlah saluran pelayanan paralel dalam sistem.
- d = disiplin pelayanan.

- e = jumlah maksimum yang diperkenankan berada dalam sistem (dalam pelayanan ditambah garis tunggu).
- f = besarnya populasi masukan.

Keterangan :

1. Untuk huruf a dan b, dapat digunakan kode – kode berikut sebagai pengganti :
 - M = Distribusi pertibaan Poisson atau distribusi pelayanan (perberangkatan) eksponensial; juga sama dengan distribusi waktu antara pertibaan eksponensial atau distribusi satuan yang dilayani Poisson.
 - D = Antarpertibaan atau waktu pelayanan tetap.
 - G = Distribusi umum perberangkatan atau waktu pelayanan.
2. Untuk huruf c, dipergunakan bilangan bulat positif yang menyatakan jumlah pelayanan paralel.
3. Untuk huruf d, dipakai kode – kode pengganti :
 - FIFO* atau *FCFS* = *First – In First – Out* atau *First – Come First – Served*.
 - LIFO* atau *LCFS* = *Last – In First – Out* atau *Last – Come First – Served*.
 - SIRO* = *Service In Random Order*.
 - G D* = *General Service Disciplint*.
4. Untuk huruf e dan f, dipergunakan kode N (untuk menyatakan jumlah terbatas) atau ∞ (tak berhingga satuan – satuan dalam sistem antrian dan populasi masukan).

Misalnya, model $(M/M/1);(FIFO/\infty/\infty)$, berarti bahwa model menyatakan pertibaan didistribusikan secara Poisson, waktu pelayanan didistribusikan secara eksponensial, pelayanan adalah satu atau seorang, disiplin antrian adalah *first – in first – out*, tidak berhingga jumlah langganan boleh masuk dalam sistem antrian, dan ukuran (besarnya) populasi masukan adalah tak berhingga.

Menurut Siagian (1987), berikut ini adalah beberapa karakteristik dari sistem antrian untuk model $(M/M/1);(FIFO/\infty/\infty)$:

1. Intensitas Lalu – Lintas

Buat $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ dan ρ disebut intensitas lalu – lintas yakni hasil bagi antara laju pertibaan dan laju pelayanan. Makin besar harga ρ makin panjang antrian dan sebaliknya.

2. Periode Sibuk

Kalau mekanisme pelayanan sibuk, dapat dikatakan bahwa sistem antrian sedang dalam periode sibuk. Peluang bahwa sistem antrian sedang dalam keadaan sibuk pada saat sebarang, dinamakan peluang periode sibuk.

Peluang periode sibuk dari sistem antrian dengan pelayanan tunggal sama dengan intensitas lalu – lintas. Karena itu, bila $f(b)$ merupakan fungsi peluang periode sibuk, maka :

$$f(b) = \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

3. Distribusi Peluang dari Langgan dalam Sistem

Bila ρ merupakan peluang bahwa sistem antrian adalah sibuk, maka tentu $1 - \rho$ merupakan peluang bahwa sistem tidak dalam keadaan sibuk pada sebarang waktu. Artinya $1 - \rho$ merupakan peluang bahwa sistem antrian tidak mempunyai pelanggan. Misalnya P_n merupakan peluang adanya n pelanggan dalam antrian, maka untuk $n = 0$: $P_0 = 1 - \rho$

Karena : $P_n = \rho^n \cdot P_0$, maka :

$$P_n = \rho^n (1 - \rho)$$

4. Jumlah Rata – rata dalam Sistem

Misalkan $E(n_t)$ berupa jumlah rata – rata pelanggan dalam sistem antrian, mencakup pelanggan yang menunggu dan yang sedang dilayani.

$$\begin{aligned} \text{Maka, } E(n_t) &= \sum_{n=0}^{\infty} n P_n \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} n \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n (1 - \frac{\lambda}{\mu}) \\ &= (1 - \frac{\lambda}{\mu}) \sum_{n=0}^{\infty} n \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \end{aligned}$$

urutan suku – suku dari $\sum_{n=0}^{\infty} n \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$ mempunyai bentuk $0, a, 2a^2, 3a^3, \dots,$

na^n, \dots . Dalam hal ini a konstan dan kurang dari 1, deret ini akan konvergen menjadi jumlah, dengan rumus :

$$S = a / (1 - a)^2, \quad \text{dimana } a = \frac{\lambda}{\mu}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } E(n_t) &= \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \frac{\frac{\lambda}{\mu}}{\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)^2} \\ &= \frac{\frac{\lambda}{\mu}}{1 - \frac{\lambda}{\mu}} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{\rho}{1 - \rho} \end{aligned}$$

Bila $\rho \rightarrow 1$ atau jumlah laju pertibaan λ mendekati jumlah laju pelayanan μ , maka jumlah rata – rata dalam sistem, $E(n_t)$ berkembang menjadi lebih besar. Bila $\lambda = \mu$ atau $\rho = 1$, maka $E(n_t) = \infty$ atau jumlah rata – rata langganan dalam sistem antrian menjadi besar tak berhingga.

5. Jumlah Rata – rata dalam Antrian

Misalkan $E(n_w)$ sebagai jumlah rata – rata langganan dalam antrian, maka :

$$\begin{aligned} E(n_w) &= E(n_t) - \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{\lambda}{\mu - \lambda} - \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} \end{aligned}$$

6. Jumlah Rata – rata yang Menerima Layanan

Misalkan $E(n_s)$ adalah jumlah rata – rata yang menerima layanan, jadi :

$$\begin{aligned} E(n_s) &= E(n_t) - E(n_w) \\ &= \frac{\rho}{1 - \rho} - \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \rho \end{aligned}$$

7. Waktu Rata – rata dalam Sistem

Misalkan $E(T_t)$ merupakan waktu rata – rata bahwa seorang pelanggan akan menghabiskan waktunya dalam sistem, maka

$$E(T_t) = \frac{E(n_t)}{\lambda} \text{ di mana } E(n_t) \text{ adalah jumlah rata – rata pelanggan}$$

dalam sistem.

$$\text{Jadi } E(T_t) = \frac{\frac{\lambda}{\mu - \lambda}}{\lambda} = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

8. Waktu Rata – rata dalam Antrian

Misalkan $E(T_w)$ merupakan waktu rata – rata yang dihabiskan oleh seorang pelanggan dalam antrian.

$$\text{Maka } E(T_w) = \frac{E(n_w)}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)}$$

9. Waktu Pelayanan Rata – rata

Misalkan $E(T_s)$ merupakan waktu rata – rata yang diperlukan seorang pelanggan untuk menerima pelayanan, maka :

$$E(T_s) = \frac{E(n_s)}{\lambda} = \frac{\rho}{\lambda} = \frac{\lambda/\mu}{\lambda} = \frac{1}{\mu}$$

Atau bisa juga diperoleh dari :

$$E(T_s) = E(T_t) - E(T_w) = \frac{1}{\mu-\lambda} - \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} = \frac{\mu-\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} = \frac{1}{\mu}$$

6. Teknik Simulasi

➤ Pengertian Simulasi

Simulasi ialah suatu metodologi untuk melaksanakan percobaan dengan menggunakan model dari satu sistem nyata (Siagian, 1987).

Menurut Hasan (2002), simulasi merupakan suatu model pengambilan keputusan dengan mencontoh atau mempergunakan gambaran sebenarnya dari suatu sistem kehidupan dunia nyata tanpa harus mengalaminya pada keadaan yang sesungguhnya.

Simulasi adalah suatu teknik yang dapat digunakan untuk memformulasikan dan memecahkan model – model dari golongan yang luas. Golongan atau kelas ini sangat luasnya sehingga dapat dikatakan , “ Jika semua cara yang lain gagal, cobalah simulasi” (Schroeder, 1997).

➤ Kelebihan dan Kekurangan Simulasi

Meskipun model analitik sangat berguna dan sering digunakan, namun masih terdapat beberapa keterbatasan, yaitu :

1. Model analitik tidak mampu menelusuri perangai suatu sistem pada masa lalu dan masa mendatang melalui pembagian waktu. Model analitik hanya memberikan penyelesaian secara menyeluruh, suatu jawab yang mungkin tunggal dan optimal tetapi tidak menggambarkan suatu prosedur operasional untuk masa lebih singkat dari masa perencanaan. Misalnya,

penyelesaian persoalan program linier dengan masa perencanaan satu tahun, tidak menggambarkan prosedur operasional untuk masa bulan demi bulan, minggu demi minggu, atau hari demi hari.

2. Model matematika yang konvensional sering tidak mampu menyajikan sistem nyata yang lebih besar dan rumit (kompleks). Sehingga sukar untuk membangun model analitik untuk sistem nyata yang demikian. Walaupun model matematika mampu menyajikan sistem nyata yang kompleks demikian, tetapi bisa jadi tidak mungkin diselesaikan dengan hanya menggunakan teknik analitis yang sudah ada. Seperti sistem pedesaan yang dikaitkan dengan faktor ekonomi, sosial, politik, dan lain – lain.
3. Model analitik terbatas pemakaiannya dalam hal – hal yang tidak pasti dan aspek dinamis (faktor waktu) dari persoalan manajemen.

Berdasarkan hal di atas, maka konsep simulasi dan penggunaan model simulasi merupakan solusi terhadap ketidakmampuan dari model analitik. Beberapa alasan yang dapat menunjang kesimpulan di atas adalah sebagai berikut :

1. Simulasi dapat memberi solusi kalau model analitik gagal melakukannya.
2. Model simulasi lebih realistis terhadap sistem nyata karena memerlukan asumsi yang lebih sedikit. Misalnya, tenggang waktu dalam model persediaan tidak perlu harus deterministik.
3. Perubahan konfigurasi dan struktur dapat dilaksanakan lebih mudah untuk menjawab pertanyaan : *what happen if...* Misalnya, banyak aturan dapat dicoba untuk mengubah jumlah langganan dalam sistem antrian.
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.

Namun, model simulasi juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu :

1. Simulasi bukanlah presisi dan juga bukan suatu proses optimisasi. Simulasi tidak menghasilkan solusi, tetapi ia menghasilkan cara untuk menilai solusi termasuk solusi optimal.
2. Model simulasi yang baik dan efektif sangat mahal dan membutuhkan waktu yang lama dibandingkan dengan model analitik.
3. Tidak semua situasi dapat dinilai melalui simulasi kecuali situasi yang memuat ketidakpastian (Siagian, 1987).

➤ Model – model Simulasi

Model – model simulasi yang ada dapat dikelompokkan ke dalam beberapa penggolongan, antara lain :

1. Model *Stochastic* atau *probabilistic*

Model stokastik adalah model yang menjelaskan kelakuan sistem secara probabilistik; informasi yang masuk adalah secara acak

(<http://sipoe1.unimed.in/file.php/44/COURSE/ BAB I/BAB1.doc>). Model ini

kadang – kadang juga disebut sebagai model simulasi Monte Carlo. Di dalam proses *stochastic* sifat – sifat keluaran (*output*) merupakan hasil dari konsep random (acak). Meskipun output yang diperoleh dapat dinyatakan dengan rata – rata, namun kadang – kadang ditunjukkan pula pola penyimpangannya. Model yang mendasarkan pada teknik peluang dan memperhitungkan ketidakpastian (uncertainty) disebut model probabilistic atau model stokastik (http://www.dephut.go.id/INFORMASI/INTAG/PKN/Makalah/SISTEM_DAN_MODEL%20_Tim_P4W.pdf).

2. Model Deterministik

Pada model ini tidak diperhatikan unsur random, sehingga pemecahan masalahnya menjadi lebih sederhana.

3. Model Dinamik

Model simulasi yang dinamik adalah model yang memperhatikan perubahan – perubahan nilai dari variabel – variabel yang ada kalau terjadi pada waktu yang berbeda.

4. Model Statik

Model statik adalah kebalikan dari model dinamik. Model statik tidak memperhatikan perubahan – perubahan nilai dari variabel – variabel yang ada kalau terjadi pada waktu yang berbeda.

5. Model Heuristik

Model heuristik adalah model yang dilakukan dengan cara coba – coba, kalau dilandasi suatu teori masih bersifat ringan, langkah perubahannya dilakukan berulang – ulang, dan pemilihan langkahnya bebas, sampai

diperoleh hasil yang lebih baik, tetapi belum tentu optimal (Subagyo, 2000).

➤ Langkah – Langkah Dalam Proses Simulasi

Pada umumnya terdapat 5 langkah pokok yang diperlukan dalam menggunakan simulasi, yaitu :

1. Menentukan persoalan atau sistem yang hendak disimulasi.
2. Formulasikan model simulasi yang hendak digunakan.
3. Ujilah model dan bandingkan tingkah lakunya dengan tingkah laku dari sistem nyata, kemudian berlakulah model simulasi tersebut.
4. Rancang percobaan – percobaan simulasi.
5. Jalankan simulasi dan analisis data (Levin, dkk, 2002).

2.7. Pengujian Distribusi

Hipotesis statistik adalah pernyataan atau dugaan mengenai satu atau lebih populasi. Benar atau salahnya suatu hipotesis tidak akan pernah diketahui dengan pasti, kecuali bila seluruh populasinya diperiksa. Tentu saja, dalam kebanyakan situasi hal itu tidak mungkin dilakukan. Oleh karena itu, dapat diambil suatu contoh acak dari populasi tersebut dan menggunakan informasi yang dikandung contoh itu untuk memutuskan apakah hipotesis tersebut kemungkinan besar benar atau salah. Bukti dari contoh yang tidak konsisten dengan hipotesis yang dinyatakan tentu saja membawa pada penolakan hipotesis tersebut, sedangkan bukti yang mendukung hipotesis akan membawa pada penerimaannya (Walpole, 1990).

Hipotesis yang dirumuskan dengan harapan akan ditolak membawa penggunaan istilah hipotesis nol yang dilambangkan dengan H_0 . Penolakan H_0 mengakibatkan penerimaan suatu hipotesis alternatif, yang dilambangkan dengan H_1 .

Pada penelitian ini digunakan uji chi kuadrat, untuk menguji apakah frekuensi yang diamati menyimpang secara *significance* dari suatu distribusi frekuensi yang diharapkan.

Menurut Spiegel (1988), suatu ukuran mengenai perbedaan yang terdapat antara frekuensi yang diharapkan dengan yang diamati untuk uji chi – kuadrat adalah

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

Dimana : k = jumlah kategori

o_i = frekuensi yang diamati, kategori ke – i

e_i = frekuensi yang diharapkan, kategori ke – i

Bila frekuensi yang teramati sangat dekat dengan frekuensi harapannya, nilai χ^2 akan kecil, menunjukkan adanya keselarasan. Bila frekuensi yang teramati berbeda cukup besar dari frekuensi harapannya, nilai χ^2 akan besar, menunjukkan terjadinya penyimpangan.

DAFTAR PUSTAKA

Hasan, M. Iqbal. 2002. *Pokok – Pokok Materi : Teori Pengambilan Keputusan*. Ghalia Indonesia. Jakarta.

Hillier, Frederick. S dan Lieberman, Gerald. I. 1980. *Introduction to Operations Research*. Holden Day, Inc. San Francisco.

http://sipoel.unimed.in/file.php/44/COURSE/BAB_I/BAB1.doc, tanggal akses : 7 Agustus 2007.

http://www.dephut.go.id/INFORMASI/INTAG/PKN/Makalah/SISTEM_DAN_MODAL%20Tim_P4W.pdf, tanggal akses : 7 Agustus 2007.

Levin, Richard I, dkk. 2002. *Quantitative Approaches to Management (Seventh Edition)*. McGraw – Hill, Inc. New Jersey.

Mulyono, S. 1991. *Operations Research*. FE-UI. Jakarta.

Schroeder, Roger G. 1997. *Operations Management*. McGraw-Hill, Inc. New Jersey.

Setiawan, Sandi. 1991. *Simulasi*. ANDI OFFSET. Yogyakarta.

Siagian, P. 1987. *Penelitian Operasional : Teori dan Praktek*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.

Spiegel, M. R. 1988. *Teori dan Soal – soal Statistik versi SI (metrik)*. Alih bahasa : I Nyoman S. dan Ellen G. Erlangga. Jakarta.

Subagyo, Pangestu, dkk. 2000. *Dasar – Dasar Operations Research*. BPFE. Yogyakarta.

Supranto, Johannes. 1987. *Riset Operasi : Untuk Pengambilan Keputusan*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.

Walpole, Ronald E. 1990. *Pengantar Statistika Edisi ke – 3*. Alih bahasa : Ir. Bambang Sumantri. Gramedia. Jakarta.