

#11

SIMULASI SISTEM

Materi Pertemuan #11 (Online #9)

Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Mampu membandingkan antara kondisi nyata dengan penerapan teori yang telah dipelajari terkait dengan simulasi sistem.

Indikator Penilaian

Ketepatan dalam membandingkan antara kondisi nyata dengan penerapan teori yang telah dipelajari terkait dengan simulasi sistem.

11.1. Pendahuluan

Simulasi adalah imitasi atau tiruan dari aktivitas/proses sebuah sistem. Simulasi dibuat dengan tujuan untuk mengamati karakteristik sistem nyatanya. Terkadang simulasi dibuat untuk sesuatu yang belum ada sistem nyatanya, sehingga pembuatan simulasi dalam hal ini adalah untuk menguji sistem rancangan. Simulasi bisa tidak menggunakan komputer, tetapi cukup menggunakan persamaan-persamaan matematik. Namun demikian, kompleksitas sistem nyata biasanya mengharuskan penggunaan komputer agar model yang disimulasikan mendekati atau sangat mirip dengan sistem nyata.

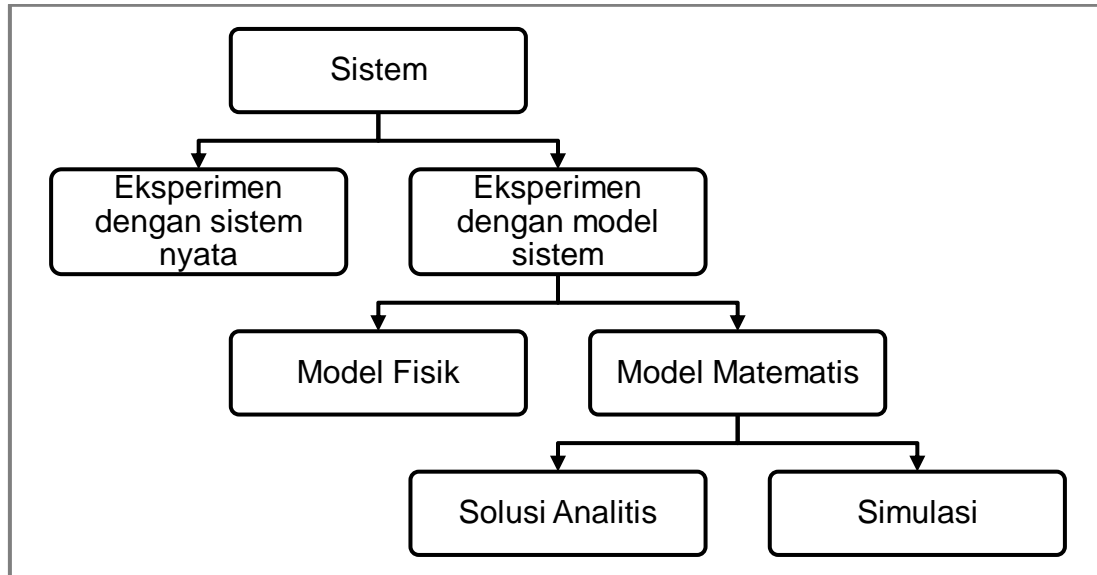
Beberapa definis simulasi sebagai berikut:

- 1) "Simulation is a situation in which a particular set of conditions is created artificially in order to study or experience sth that could exist in reality" (The Oxford Business English Dictionary, 2010).
- 2) "Simulation is "the modeling of a process or system in such a way that the model mimics the response of the actual system to events that take place over time" (Schriber,1987).
- 3) "Simulation is the imitation of the operation of a real world process or system over time" (Banks at al, 2001).

Simulasi banyak digunakan saat ini sebagai suatu tool studi. Beberapa alasan penggunaan simulasi adalah karena simulasi dapat digunakan sebagai pembelajaran/investigasi terhadap interaksi antar komponen dalam suatu sistem yang kompleks, simulasi dapat digunakan untuk studi dampak perubahan informasi, organisasi, dan lingkungan terhadap sistem. Selain itu, pengetahuan yang diperoleh melalui simulasi bisa menjadi saran penting untuk perbaikan sistem, mengidentifikasi variabel yang paling berpengaruh terhadap sistem melalui perubahan input terhadap output. Simulasi juga sebagai media untuk memahami metodologi penyelesaian masalah yang dilakukan secara analitik, alat percobaan untuk desain sistem baru, analisis kemampuan mesin, dan lain sebagainya. Tujuan mempelajari simulasi adalah memanfaatkan komputer untuk meniru (*to simulate*) perilaku sistem tersebut.

Penelitian operasional menghasilkan solusi analitikal. Dalam praktek, banyak situasi yang melibatkan persoalan dimana solusi analitikal tidak dapat diperoleh. Karenanya, simulasi menjadi suatu cara untuk menghadapi permasalahan yang kompleks.

Cara mempelajari sistem adalah dengan pengamatan langsung atau pengamatan pada model dari sistem tersebut. Model dapat diklasifikasikan menjadi model fisik dan model matematik. Untuk model matematik ada yang dapat diselesaikan dengan solusi analitis, ada yang tidak. Bila solusi analitis sulit didapatkan maka digunakan SIMULASI. Ada berbagai cara untuk mempelajari suatu sistem, seperti ditunjukkan dalam Gambar 11.1.



Gambar 11.1. Cara Mempelajari Sistem

(Sumber: Margaret, dkk, 2012)

Simulasi adalah suatu metodologi untuk melaksanakan percobaan dengan menggunakan model dari suatu sistem nyata. Ide dasar dari simulasi adalah menggunakan beberapa perangkat untuk menirukan sistem nyata untuk mempelajari dan memahami sifat-sifat, tingkah laku dan karakter operasinya. Karena itu, simulasi berkaitan dengan perencanaan untuk menaksir perilaku dari sistem nyata untuk tujuan perancangan sistem atau perubahan perilaku sistem. (Margaret, dkk, 2012)

Manfaat/kelebihan dari simulasi yaitu merupakan satu-satunya cara yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah, jika:

- 1) Sistem nyata sulit diamati secara langsung
Contoh : Jalur penerbangan pesawat ruang angkasa atau satelit.
- 2) Solusi Analitik tidak bisa dikembangkan, karena sistem sangat kompleks.
- 3) Pengamatan sistem secara langsung tidak dimungkinkan, karena:
 - a) sangat mahal
 - b) memakan waktu yang terlalu lama
 - c) akan merusak sistem yang sedang berjalan.

Sedangkan kelemahan dari simulasi, antara lain:

- 1) Simulasi tidak akurat.
- 2) Teknik ini bukan proses optimisasi dan tidak menghasilkan sebuah jawaban tetapi hanya menghasilkan sekumpulan output dari sistem pada berbagai kondisi yang berbeda. Dalam banyak kasus, ketelitiannya sulit diukur.
- 3) Model simulasi yang baik bisa jadi sangat mahal, bahkan sering dibutuhkan waktu bertahun-tahun untuk mengembangkan model yang sesuai.
- 4) Tidak semua situasi dapat dievaluasi dengan simulasi.

- 5) Hanya situasi yang mengandung ketidakpastian yang dapat dievaluasi dengan simulasi. Karena tanpa komponen acak semua eksperimen simulasi akan menghasilkan jawaban yang sama.
- 6) Simulasi menghasilkan cara untuk mengevaluasi solusi, bukan menghasilkan cara untuk memecahkan masalah.
- 7) Jadi sebelumnya perlu diketahui dulu solusi atau pendekatan solusi yang akan diuji.

Simulasi dapat digunakan dalam berbagai bidang, untuk aplikasi dari model simulasi, antara lain:

- 1) Desain dan analisa sistem manufaktur
- 2) Mengetahui kebutuhan *software* dan *hardware* untuk sebuah sistem komputer.
- 3) Mengevaluasi sistem persenjataan baru, dalam bidaang militer
- 4) Menentukan pengaturan dalam sistem *inventory*/persediaan.
- 5) Mendesain sistem transportasi
- 6) Mendesain sistem komunikasi
- 7) Mengevaluasi sistem pelayanan dalam bidang perbankan.
- 8) Mengevaluasi sistem ekonomi dan finansial.

11.2. Sistem, Model & Simulasi

Sistem didefinisikan sebagai kumpulan anggota misalnya orang atau mesin yang berperilaku dan saling berinteraksi untuk mencapai tujuan yang logis. Kumpulan dari anggota yang membentuk sebuah sistem mungkin hanya sebagian dari seluruh sistem yang lain. (Margaret, dkk, 2012)

Sistem dikategorikan menjadi dua tipe: diskrit dan kontinu. Sistem diskrit adalah sistem dimana keadaan variabel berubah secara cepat pada titik-titik waktu yang berbeda. Sistem kontinu adalah sistem dimana keadaan variabel berubah secara kontinu terhadap waktu.

Menurut Dahyar (2012), sistem adalah seperangkat objek yang bekerja sama atau berinteraksi dan biasanya saling ketergantungan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Sistem sering dipengaruhi oleh perubahan yang terjadi di luar sistem, dapat dikatakan terjadi di lingkungan sistem. Dalam pemodelan sistem, keputusan harus dilakukan dalam batas sistem dan lingkungan. Menurut Blanchard, sistem didefinisikan sebagai kumpulan elemen yang bekerja sama untuk mencapai yang diinginkan. Isu-isu penting yang dibahas dalam suatu sistem adalah:

- 1) Sistem terdiri dari beberapa elemen.
- 2) Elemen yang saling berkaitan dan bekerja sama.
- 3) Sistem yang ada dalam rangka mencapai tujuan tertentu.

Komponen dari suatu sistem, antara lain:

- 1) Entitas – objek yang sedang diamati dari sistem
- 2) Atribut – identitas dari entitas
- 3) Aktivitas – suatu masa yang mewakili proses suatu entitas
- 4) Status – kumpulan variabel yg dibutuhkan untuk menggambarkan sistem
- 5) Kejadian – Kejadian yg mengubah status sistem

Model bisa dalam bentuk ikon, analog atau simbol. Untuk penjelasan bentuk model adalah sebagai berikut.

- 1) **Model ikon**, meniru sistem nyata secara fisik, seperti globe (model dunia), planetarium (model sistem ruang angkasa), dan lain-lain.
- 2) **Model analog**, meniru sistem hanya dari perilakunya.

3) Model simbol, tidak meniru sistem secara fisik, atau tidak memodelkan perilaku sistem, tapi memodelkan sistem berdasarkan logikanya.

Logika bisa bervariasi mulai dari intuisi ke bahasa verbal atau logika matematik. Karena model analisis simulasi harus dapat diimplementasikan pada komputer, maka model simulasi harus eksplisit, yaitu harus sebagai model simbolik paling tidak untuk level aliran logika.

Untuk model simbolik dapat terdiri dari:

1) Preskriptif vs deskriptif

Model preskriptif digunakan untuk mendefinisikan dan mengoptimalkan permasalahan. Sedangkan model deskriptif menggambarkan sistem berdasarkan perilakunya dan permasalahan optimasi diserahkan ke analisis berikutnya.

2) Diskrit dan kontinu

Diskrit dan kontinu yaitu variabelnya. Perbedaan paling penting waktu. Jika revisi terhadap model terjadi secara kontinu berdasarkan waktu, maka model itu diklasifikasikan sebagai model kontinu.

3) Probabilistik vs deterministik

Pembedaan kedua model sebagai deterministik atau probabilistik didasarkan pada variabel model. Jika ada variabel acak, model kita klasifikasikan sebagai model probabilistik. Jika tidak, model merupakan klasifikasi model deterministik.

4) Statis vs dinamis

Jika variabel model berubah sesuai dengan waktu, maka model digolongkan sebagai model dinamis.

5) Loop terbuka vs loop tertutup

Pengklasifikasian model kedalam bentuk loop terbuka atau tertutup didasarkan pada struktur model. Pada model terbuka, output dari model tidak menjadi umpan balik untuk memperbaiki input. Sebaliknya adalah model loop tertutup.

Simulasi adalah suatu prosedur kuantitatif, yang menggambarkan sebuah sistem, dengan mengembangkan sebuah model dari sistem tersebut dan melakukan sederetan uji coba untuk memperkirakan perilaku sistem pada kurun waktu tertentu.

Simulasi adalah suatu metodologi untuk melaksanakan percobaan dengan menggunakan model dari suatu sistem nyata. Ide dasar dari simulasi adalah menggunakan beberapa perangkat untuk menirukan sistem nyata untuk mempelajari dan memahami sifat-sifat, tingkah laku dan karakter operasinya. Karena itu, simulasi berkaitan dengan perencanaan untuk menaksir perilaku dari sistem nyata untuk tujuan perancangan sistem atau perubahan perilaku sistem. (Margaret, dkk, 2012)

Simulasi model diklasifikasikan dalam tiga dimensi yang berbeda. (Margaret, dkk, 2012)

1) Simulasi model statis vs dinamis

Simulasi model statis adalah representasi dari sistem pada tiap waktu tertentu. Sedangkan Simulasi model dinamis adalah representasi dari sistem yang berubah sepanjang waktu.

2) Simulasi model deterministik vs stokastik

Jika simulasi model tidak memuat unsur probabilitas maka disebut deterministik, banyak sistem yang paling tidak memiliki beberapa unsur input yang acak sehingga muncul simulasi model stokastik.

3) Simulasi model kontinu vs diskrit

Model diskrit tidak selalu digunakan untuk memodelkan sistem diskrit, keputusan untuk menggunakan model diskrit atau kontinu tergantung dari tujuan spesifik penelitian.

Dalam simulasi, sistem dapat terdiri dari entitas (*entities*), aktivitas (*activities*), sumber daya (*resources*), dan kontrol (*control*). Unsur-unsur ini mendefinisikan siapa, apa, di mana, kapan, dan bagaimana entitas diproses. Simulasi adalah tiruan dari operasi proses atau sistem, dalam rangka untuk mengevaluasi dan meningkatkan kinerja sistem. Menurut Shannon (1976), simulasi adalah proses merancang model simulasi sistem dan membuat eksperimen dengan model untuk tujuan memahami perilaku sistem dan mengevaluasi berbagai strategi untuk sistem operasi. Menurut Schriber (1987), simulasi pemodelan proses atau sistem adalah yang model meniru respon dari sistem yang sebenarnya yang terjadi dari waktu ke waktu. Namun, perkembangan teknologi komputer dan kemampuan perangkat lunak dapat mendukung penggunaan simulasi yang membantu untuk masalah manajemen. (Dahyar, 2012)

Terdapat beberapa langkah dalam simulasi, antara lain:

- 1) Formulasikan Masalah & Buat Rencana Pemecahannya
- 2) Kumpulkan data dan Definisikan modelnya
- 3) Uji Validitas (utk Model)
- 4) Buat Program Komputer
- 5) Jalankan Programnya
- 6) Uji Validitas
- 7) Rancang Percobaan
- 8) Jalankan Produksi
- 9) Analisis Data Output
- 10) Penyimpanan hasil dan Program yang dipakai

11.3. Pengembangan Model Simulasi

Model simulasi adalah model tiruan dari suatu sistem tertentu dan memiliki karakteristik yang sama dengan sistem. Model simulasi harus merefleksikan sifat-sifat penting sistem nyata. Tujuan dari model simulasi, antara lain:

- 1) Mempelajari suatu sistem yang sulit untuk dilakukan secara langsung.
- 2) Karena sulitnya bisa diartikan mahal, berbahaya, dan secara teknis sulit.

Contoh permasalahan model simulasi: memerlukan waktu yang lama, dan mengganggu proses operasi yang tengah berjalan.

Untuk manfaat dari penggunaan model simulasi, yaitu:

- 1) Mempelajari suatu sistem melalui model tiruannya.
- 2) Dilakukan dengan cepat, murah, dan tanpa mengganggu sistem yang tengah berjalan.
- 3) Mempelajari sistem, sebelum sistem itu ada secara fisik.
- 4) Mempelajari efek penempatan suatu fasilitas tertentu sebelum fasilitas itu dibangun.

11.4. Model Simulasi Kompleks

Terdapat pendekatan untuk membuat model simulasi yang kompleks, antara lain:

- 1) **Pendekatan alokasi-sekuensial**, meletakkan *records* berdekatan secara fisik dalam lokasi penyimpanan, satu demi satu *record* sesuai dengan hubungannya.
- 2) **Pendekatan alokasi penyimpanan terhubung**, setiap *record* memuat atribut dan pointer (*link*). Pointer menunjukkan relasi logik dari satu *record* ke *record* lainnya dalam *list*. Sehingga *record* dalam *list* yang saling berhubungan tidak harus diletakkan berdekatan.

Untuk pendekatan alokasi penyimpanan terhubung lebih disukai dalam membuat model simulasi kompleks, karena:

- 1) Waktu pemrosesan yang dibutuhkan untuk jenis *list* tertentu dapat dikurangi secara signifikan.
- 2) Pemrosesan *list*-kejadian untuk model simulasi dimana daftar (*list*) kejadian memuat sejumlah besar *record* kejadian secara simultan dapat dipercepat.
- 3) Untuk beberapa model simulasi, kapasitas memori komputer yang dibutuhkan untuk menyimpan bisa lebih kecil.
- 4) Menyediakan kerangka umum yang memungkinkan menyimpan dan memanipulasi banyak daftar secara simultan dengan mudah, dimana *records* dalam daftar berbeda dapat diproses dengan cara berbeda.

11.5. Pemodelan Kejadian Diskrit Dinamis

Simulasi kejadian diskrit mengenai pemodelan sistem adalah sebagai kejadian yang melampaui waktu yang representatif dimana *state* (keadaan) variabel berubah seketika dan terpisah per titik waktu. Dalam istilah matematik disebut sebagai sistem yang dapat berubah hanya pada bilangan yang dapat dihitung per titik waktu. Disini titik waktu adalah bentuk kejadian (*event*) yang terjadi seketika yang dapat merubah *state* pada sistem. Contoh-contoh simulasi kejadian diskrit diantaranya:

- 1) Simulasi pada sistem antrian pelayanan tunggal (*simulation of a single-server queueing system*), pada pelayanan kasir di pertokoan (supermarket), *teller* pada pelayanan nasabah perbankan dan ruang informasi pada perkantoran atau hotel.
- 2) Simulasi pada sistem *inventory*/pergudangan.

Percobaan jarum Buffon adalah untuk kejadian diskrit statis.

Sedangkan untuk kejadian diskrit dinamis, interaksi kejadian acak dan waktu adalah bagian simulasi waktu tersimulasi (*simulation clock*), yang terdiri dari:

- 1) *Simulation clock next-event time advance*
- 2) *Simulation clock fixed-increment time advance*.

11.6. Percobaan Model, Optimasi dan Implementasi

Untuk percobaan model, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain:

- 1) Evaluasi desain sistem untuk ukuran kinerja
- 2) Ukuran kinerja tunggal atau jamak

Dalam percobaan model harus dilakukan perbandingan dengan desain sistem yang ada, dan terdapat hal yang diperhatikan, antara lain:

- 1) Variabel keputusan yang dimanipulasi hanya satu.
- 2) Antara satu desain sistem dengan satu desain sistem lainnya.
- 3) Membandingkan lebih dari dua desain sistem.
- 4) Menggunakan statistik.
- 5) Uji hipotesis atau pendugaan.

- 6) Ukuran kinerja yang digunakan yaitu rata-rata atau standar deviasi.
- 7) Apakah ada perbedaan antara desain sistem satu dengan lainnya.

Untuk mengeksplor kisaran desain sistem alternatif terdapat langkah yang harus diperhatikan, antara lain:

- 1) Variabel keputusan yang dimanipulasi lebih dari satu
- 2) Menggunakan rancangan percobaan
- 3) Percobaan faktor tunggal
- 4) Percobaan faktor jamak
- 5) Yang diuji adalah hipotesis
- 6) Analisis varians (ANOVA)

Untuk optimasi sistem desain, beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain:

- 1) Tidak ada jaminan hasil simulasi optimal
- 2) Hanya akan menghasilkan peningkatan desain sistem, yang mungkin juga bisa optimal.
- 3) Teknik:
 - a) Metode respon permukaan: memodelkan ukuran kinerja berdasarkan variabel keputusan
 - b) Teknik pencarian optimum untuk pencarian nilai optimal untuk metode respon permukaan
 - c) Pendekatan pencarian langsung: hanya memanipulasi satu variabel pada waktu tertentu, lalu melihat respon perubahan variabel itu terhadap respon permukaan
 - d) Metode respon permukaan dengan ANOVA

Untuk implementasi hasil simulasi, bentuk kegiatan bisa dalam salah satu di bawah ini:

- 1) Membantu pengguna dengan menyediakan kode komputer untuk model simulasi
- 2) Membangun model simulasi dalam lingkungan pengguna, termasuk instal kode komputer ke komputer pengguna dan pelatihan penggunaan model
- 3) Mengkonversi hasil simulasi ke keputusan yang mempengaruhi kinerja organisasi.

Terdapat dua kategori utama keputusan, yaitu:

- 1) Keputusan hanya sekali
Contoh: relokasi pabrik, pemilihan sist. komputer, perkiraan produk baru, dll.
Implementasi untuk kategori pertama melibatkan lebih sedikit orang dibandingkan kategori kedua.
- 2) Keputusan berulang
Contoh: manajemen *inventory*, penjadwalan mesin, keputusan staff, dll.
Implementasi kategori kedua lebih sulit, karena:
 - a) Melibatkan orang banyak
 - b) Dibutuhkan pembentukan sistem informasi yang sedang berjalan
 - c) Diperlukan memantau sistem nyata

Untuk tingkat kepentingan dari kategori keputusan dapat di lihat pada Gambar 11.2.

Tugas	Penting untuk	
	Keputusan sekali	Keputusan berulang
📖 Pelatihan pengguna akhir	TP	P
📖 Manual	TP	M atau P
📖 Pengembangan sist. Inf. Pendukung	TP	P
📖 Instal model pd beberapa tempat	TP	M atau P
📖 Jelaskan dan buktikan hasil studi	P	P
📖 Yakinkan pengguna akhir akan nilai studi	M	P
📖 Buat kesepakatan dengan anggota organisasi	TP	M atau P

TP : Tidak Penting, M : Menolong, P : Penting

Gambar 11.2. Tingkat Kepentingan Kategori Keputusan

Permasalahan yang terjadi pada implementasi berdasarkan survei, antara lain:

- 1) Kurang jumlah manajer tinggi dan menengah yang terdidik.
- 2) Kurang pengguna akhir terdidik
- 3) Kurang waktu
- 4) Kurang data yang akurat
- 5) Secara individu merasa sebagai kambing percobaan oleh profesional manajemen sains atau *operation research*
- 6) Menjual manajemen metode ilmiah ke manajemen
- 7) Reputasi jelek ilmuwan manajemen sebagai pemecah masalah
- 8) Perolehan dari metode yg kurang canggih cukup bagus
- 9) Sulit untuk mendefinisikan dan memodelkan permasalahan
- 10) Kekurangan karyawan

Sedangkan rekomendasi untuk peningkatan analisis simulasi berdasarkan survei, antara lain:

- 1) Tingkatkan pengetahuan teknik simulasi pengguna akhir dan manajer lainnya
- 2) Pengembangan lebih mudah penggunaannya, perangkat lunak lebih murah
- 3) Menyediakan akses yang banyak, besar, kualitas basis data yang lebih baik
- 4) Kembangkan komunikasi yang lebih baik antara analis dan pengguna
- 5) Kembangkan interface yang lebih mudah dengan basis data model terintegrasi.
- 6) Tingkatkan pemahaman teknik dan filosofinya
- 7) Perangkat keras yang lebih baik
- 8) Biaya lebih rendah

Untuk cara mencapai implementasi sukses, antara lain:

- 1) Analis harus meyakinkan manajemen dan semua orang dalam organisasi bahwa implementasi sebagai proses perubahan ke arah yang lebih baik
- 2) Defenisikan dengan lengkap elemen perencanaan perubahan
- 3) Dampak teknik dalam implementasi harus dijelaskan dengan gamblang supaya mudah dipahami

Untuk elemen rencana perubahan, terdiri dari:

- 1) Tim perancang terdiri dari pengguna dan analis
- 2) Pernah aktif bagi pengguna dalam proses pemodelan
- 3) Diperlukan studi simulasi awal pengguna

- 4) Didukung oleh level manajemen
- 5) Mengembangkan sikap yang disukai terhadap tujuan studi
- 6) Perencanaan hati-hati untuk implementasi
- 7) Perhatian yang cukup untuk membuat pelatihan dan panduan

11.7. Pengumpulan Data dan Analisis

Instrumen pengumpulan data adalah alat bantu yang dipilih dan digunakan oleh peneliti dalam kegiatannya mengumpulkan agar kegiatan tersebut menjadi sistematis dan dipermudah olehnya.

Cara memperoleh data, antara lain:

- 1) Zaman dahulu, dengan cara: melempar dadu, mengocok kartu
- 2) Zaman modern (>1940), dengan cara: membentuk bilangan acak secara numerik/aritmatik (menggunakan komputer), disebut "Pseudo Random Number" (bilangan pseudo acak)

Contoh pada sistem kasir

- Data: waktu pemeriksaan, jumlah kasir, jumlah pengepak, waktu kedatangan pelanggan
- Pengumpulannya: dengan pengamatan langsung atau menggunakan laporan yang ada pada komputer kasir.

Untuk analisis data, beberapa hal yang akan terjadi antara lain:

- Data: deterministik atau probabilistik
- Data probabilistik: distribusi probabilitas
- Distribusi probabilitas: menggunakan sampel aktual atau dengan distribusi teoritis

Untuk pengembangan model, dilakukan dengan cara mendiskripsikan sistem secara eksplisit dengan mengkuantifikasikan hubungan antara variabel dan ukuran kinerja.

Untuk memahami sistem, terdapat yang harus diperhatikan, yaitu:

- Pendekatan aliran fisik: identifikasi entitas sistem
- Entitas: ditelusuri sepanjang sistem
- Tentukan rute
- Hasil: Diagram alur entitas dan elemen pemrosesan sistem
- Pendekatan perubahan status: identifikasi variabel status dan kejadian.

Contoh pada sistem kasir

- Pendekatan aliran entitas: ada entitas yang bisa ditelusuri, pelanggan atau pembelian.
- Pendekatan perubahan status
- Variabel status:
 - Jumlah pelanggan dalam sistem dan antrian
 - Mengganggu tidaknya kasir dan pengepak
- Kejadian: kedatangan ke kasir, pemilihan kasir, penyelesaian pemeriksaan dan keberangkatan meninggalkan sistem.

Dalam pengumpulan data dapat dimungkinkan terjadinya variabel acak (*random number*), yaitu suatu fungsi atau aturan yang menunjukkan sebuah bilangan riil untuk suatu titik sampel pada ruang sampel S. Biasanya variabel acak dinyatakan

dengan huruf besar X, Y, Z dan nilai variabel acaknya dimisalkan dengan huruf kecil x, y, z. Variabel Acak terdiri dari:

1) Variabel Acak Diskrit

Variabel X adalah variabel acak diskrit jika X banyak nilainya dapat dihitung (berkorelasi 1-1 dengan bilangan bulat positif). Untuk variabel acak diskrit X:
 $p(x) = P(X = x)$

2) Variabel Acak Kontinu

Variabel X adalah variabel acak kontinu jika banyaknya nilai x_i tidak dapat dihitung, bila ada fungsi non-negatif $f(x)$ sedemikian sehingga untuk sekumpulan bilangan Riil B (misal $1 < B < 2$)

$$P(X \in B) = \int f(x) dx \text{ atau } \int f(x_i) dx \text{ dan } \int f(x) dx = 1$$

Semua nilai probabilitas X dapat dihitung melalui $f(x)$ yang disebut fungsi densitas probabilitas variabel acak kontiniu X.

Untuk variabel acak kontiniu X:

$$P(X = x) = P(X \in [x, x]) = \int f(y) dy$$

$$\text{Tetapi } P(X \in [x, x + \Delta x]) = \int f(y) dy$$

Untuk variabel acak diskrit, distribusi yang dapat terjadi, antara lain:

1) Ditribusi Binomial

Ciri: Percobaan terdiri dari n ulangan independen, yang dapat diklasifikasikan menjadi berhasil atau gagal. Probabilitas berhasil (p) dari satu ulangan ke ulangan lainnya konstan.

2) Distribusi Poisson

Ciri: Dalam selang waktu T jumlah peristiwa terjadi independen terhadap jumlah kejadian yang terjadi pada waktu yang lain, dengan peluang kejadian tunggal selama periode waktu sangat singkat proporsional terhadap panjang interval waktu.

3) Distribusi Hipergeometri

Ciri: Sampel acak dengan ukuran n dipilih dari populasi ukuran N, dimana sejumlah k dapat diklasifikasikan sukses dan N-k gagal.

Sedangkan untuk variabel acak kontinu, distribusi yang dapat terjadi, antara lain:

1) Distribusi Eksponensial

2) Distribusi Normal

3) Distribusi Gamma

Aplikasi: distribusi dasar statistik untuk variabel yang satu ujungnya terbatas, misalnya $x \geq 0$. Sering digunakan pada teori antrian, realibilitas, dan masalah industrial lainnya.

Contoh: Distribusi waktu antara kalibrasi ulang suatu instrumen setelah k kali penggunaan; waktu antara pengadaan barang di gudang, waktu suatu sistem tidak berjalan dengan komponen yang tersedia.

4) Distribusi Erlangian, eksponensial, and chi-square adalah kasus khusus. Dirichlet adalah distribusi Beta yang multi-dimensi.

5) Distribusi Uniform

Aplikasi: memberikan probabilitas kejadian dalam suatu interval dari pengamatan yang terjadi dalam interval tersebut, yaitu berbanding lurus dengan panjang interval.

Contoh : Digunakan untuk membangkitkan nilai acak.

Catatan: Kasus khusus dari distribusi beta.

6) Log-normal

Aplikasi: representasi dari variabel acak yang logaritmanya mengikuti distribusi normal. Model untuk waktu untuk melaksanakan tugas manual seperti merakit, inspeksi, atau perbaikan.

Jika data berdistribusi lognormal, mean geometris deskriptor lebih baik dari mean. Semakin data dekat dengan distribusi lognormal, semakin dekat mean geometris ke median, karena mengekspresikan dengan log menghasilkan distribusi yang simetris.

7) Weibull

Aplikasi: umum digunakan untuk “waktu sampai kerusakan terjadi” dengan kurva laju kerusakan bervariasi, dan distribusi yang bernilai ekstrim untuk minimum N nilai dari distribusi yang terbatas disebelah kiri.

Sering diaplikasikan pada ilmu aktuaria, dan dalam kerja rekayasa. Juga merupakan distribusi yang cocok untuk menggambarkan data yang berhubungan dengan tingkah laku resonansi, seperti variasi energi dari reaksi nuklir, atau variasi dari kecepatan penyerapan radiasi dalam efek Mossbauer.

Contoh: Distribusi masa berfungsinya kapasitor, dan sebagainya.

11.8. Elemen Analisis Simulasi

Analisis simulasi adalah teknik pemodelan deskriptif, karena itu tidak ada formulasi permasalahan dan langkah penyelesaian eksplisit yang merupakan bagian integral dari model optimasi.

Elemen simulasi, antara lain:

- 1) Formulasi permasalahan
- 2) Pengumpulan dan analisis data
- 3) Pengembangan model
- 4) Verifikasi dan validasi model
- 5) Percobaan dan optimasi model
- 6) Implementasi hasil simulasi

Formulasi permasalahan merupakan langkah yang sangat penting. Dalam tahap ini akan dilakukan pemilihan satu dari sekian banyak permasalahan. Hal-hal berikut diungkapkan dalam formulasi masalah:

- 1) Identifikasi keputusan dan variabel tidak dapat dikontrol
- 2) Spesifikasi pembatas variabel keputusan
- 3) Mendefinisikan ukuran kinerja sistem dan fungsi tujuan
- 4) Mengembangkan model struktur awal yang menghubungkan variabel sistem dan ukuran kinerja

Pada bagian variabel dan pembatas, dilakukan untuk mendefinisikan sistem dan output. Untuk variabel terdiri dari eksogenus (variabel input) dan endogenus (variabel output). Variabel eksogenus ada di luar sistem dan tidak terikat dengan model. Sedangkan variabel endogenus ada dalam sistem dan merupakan fungsi

variabel eksogenus. Untuk variabel eksogenus ada yang dapat dikontrol dan tidak dapat dikontrol. Variabel eksogenus yang dapat dikontrol dapat dimanipulasi pengambil keputusan. Sedangkan variabel eksogenus yang tidak dapat dikontrol tidak dapat dimanipulasi pengambil keputusan. Variabel eksogenus yang dapat dikontrol kadang-kadang disebut dengan variabel keputusan. Sedangkan variabel eksogenus yang tidak dapat dikontrol kadang-kadang disebut dengan parameter sistem. Penentuan variabel sebagai terkontrol atau tidak tergantung dari kemampuan pengambil keputusan mengendalikan sumber daya.

Ukuran kinerja sistem bisa lebih dari satu. Pengoptimalan salah satunya bisa saling bertentangan dengan ukuran kinerja lainnya. Pengambil keputusan harus dapat memilih ukuran kinerja yang paling tepat untuk tujuan optimasi.

Detail model tergantung dari tujuan pengembangan model dan kontribusi marginal penambahan detail. Kompleksitas model ditentukan secara subjektif, coba-coba yang diturunkan dari perkiraan biaya marginal yang harus dikeluarkan untuk mendapatkan data dan relasi dalam model terhadap akurasi tambahan yang dapat diberikan.

Untuk pengumpulan data bisa dengan pengamatan dan pelaporan pribadi, dan membangkitkan bilangan acak. Ukuran sampel tergantung dari biaya yang bersedia dikeluarkan untuk keakuratan tertentu.

Untuk pengembangan model dapat terdiri dari:

- 1) Model konseptual: menggambarkan sistem secara konsep, dapat secara verbal atau menggunakan grafik.
- 2) Model logika: menerjemahkan model konseptual ke dalam bentuk suatu diagram alur atau algoritma.
- 3) Model simulasi: menerjemahkan model logika ke dalam program komputer

Verifikasi dan validasi dilakukan untuk ketiga model (konseptual, logika dan simulasi). Model valid jika ukuran outputnya sangat dekat dengan ukuran sistem nyata yang sesuai. Validasi menunjukkan seberapa akurat model memprediksi kejadian mendatang. Prediksi kejadian masa mendatang harus didahului prediksi nilai variabel input.

Percobaan model dan optimasi dapat dilakukan dengan cara analisis output melalui statistik. Analisis output terdiri dari analisis terminating dan analisis keseimbangan. Analisis terminating merupakan penjalanan model diakhiri dengan beberapa kejadian spesifik. Selain itu percobaan model dapat dilakukan dengan desain percobaan klasik (ANOVA) dan metodologi respon permukaan (*response surface methodology*).

11.9. Analisis Output

Tujuan analisis output adalah menjawab pertanyaan yang diajukan di awal pembentukan model dengan benar. Bentuk pertanyaan mengindikasikan pengujian hipotesis, selang kepercayaan atau pendugaan parameter.

Cara menganalisis output model simulasi terantung pada:

- 1) Keadaan sistem (terminating atau nonterminating)
- 2) Karakteristik perilakunya (steady-state atau transient).

Semua sistem dinamis dapat berupa sistem terminating atau nonterminating. Untuk sistem terminating, kejadian yang menggerakkan sistem dan menghentikan kejadian dalam suatu waktu tertentu. Suatu kejadian TE menandai akhir dari suatu sesi. Kejadian TE mungkin selalu terjadi pada waktu yang sama, selama setiap sesi, atau waktu kejadiannya mungkin variabel acak. Status akhir sesi sebelumnya tidak mempengaruhi status awal sesi berikutnya. Sedangkan untuk sistem non-terminating, kejadian diskrit terjadi berulang-ulang tanpa batasan.

Contoh-contoh sistem terminating, antara lain:

- 1) Bank buka setiap hari dari jam 9.00 pagi dengan keadaan awal tidak ada nasabah dan ditutup jam 4.00 sore dan menyelesaikan layanan nasabah yang terakhir ada di antrian. Lama setiap sesi (hari) akan berbeda (tergantung dari jumlah nasabah yang masih mengantri jam 4.00 sore itu) tetapi setiap hari akan selalu dimulai dan diakhiri dengan tidak ada nasabah dalam antrian. Kejadian yang mengakhiri adalah penyelesaian pelayanan nasabah terakhir. Dalam simulasi seperti ini kita akan menyukai memilih mengukur kinerja yang menaksir waktu rata-rata semua nasabah menunggu, sama halnya dengan waktu rata-rata nasabah tiba pada waktu berbeda setiap harinya.
- 2) Sistem komputer mulai bekerja pagi hari ketika pengguna pertama masuk ke dalam sistem (*log on*), dan berakhir ketika pengguna terakhir hari itu keluar dari sistem (*log off*). Meskipun selama detik-detik akhir dan jam lebih awal kadang-kadang pengguna mungkin akan masuk ke sistem (*log on*), perhatian kita hanya selama jam kerja normal dan kinerja sistem selama bukan jam kerja tidak diperhatikan. Setiap sesi mungkin mulai jam 8.00 pagi dengan sejumlah acak pengguna (sudah masuk lebih awal dalam sistem) dan sesi diakhiri ketika pengguna terakhir keluar dari sistem jam 5 sore. Ukuran kinerja yang mungkin adalah jumlah rata-rata pengguna terhubung ke sistem pada waktu yang berbeda dalam satu hari, peluang seorang pengguna tidak bisa masuk ke dalam sistem dalam waktu berbeda dalam satu hari, jumlah rata-rata pengguna yang terhubung ke sistem setiap hari dan peluang total seorang pengguna tidak dapat terhubung ke sistem.
- 3) Permainan peluang. Dua pemain dua melempar koin. Jika kedua koin sama (menunjukkan kepala atau ekor), pemain pertama akan memenangkan satu dolar. Jika satu koin menunjukkan kepala dan satunya lagi ekor, maka pemain kedua akan memenangkan satu dolar. Permainan berlangsung selama satu jam atau sampai salah satu pemain kehabisan uangnya. Lama satu sesi oleh karenanya adalah satu jam atau sampai keadaan dimana salah satu pemain tidak dapat melanjutkan karena sudah kehabisan uang. Kejadian yang mengakhiri terjadi ketika salah satu pemain memenangkan uang terakhir pemain lainnya atau satu jam telah berlangsung. Ukuran kinerja bisa berupa rata-rata waktu permainan dan peluang memenangkan permainan.
- 4) *Inventory* komponen. Seorang produsen membeli mesin berfungsi tunggal (*special-purposes machine*) bersamaan dengan 5 komponen pengganti untuk komponen mesin kritis. Mesin akan digunakan selama 2 tahun mendatang. Jika komponen kritis rusak, komponen itu akan digantikan. Pengusaha itu tidak akan mendapatkan komponen pengganti dengan cepat dan dengan biaya murah setelah pembelian awal itu. Lama setiap sesi oleh karenanya adalah 2 tahun atau sampai kelima komponen pengganti sudah rusak. Kejadian yang mengakhiri adalah waktu 2 tahun atau sampai kelima komponen rusak, tergantung yang mana yang terjadi lebih dulu. Ukuran kinerja sistem bisa berupa peluang komponen akan bertahan selama 2 tahun dan waktu rata-rata sistem beroperasi.

- 5) Sistem basis data. Dalam basis data terkomputerisasi data didistribusikan di dalam beberapa file. Data dihubungkan menggunakan field kunci dan pointer. Ketika pertanyaan basis data terjadi, pencarian dilakukan di semua file yang mengandung data menggunakan field kunci dan pointer untuk mencari lokasi data yang diminta. Kejadian yang mengakhiri adalah lokasi data yang dibutuhkan. Ukuran kinerja termasuk jumlah rata-rata file yang diakses dan waktu rata-rata menemukan lokasi

Untuk contoh sistem nonterminating, antara lain:

- 1) *Jobshop*. Fasilitas produksi terdiri dari beberapa stasiun kerja. Ketika suatu pekerjaan tiba pada fasilitas, pekerjaan itu akan melewati beberapa stasiun sampai diselesaikan. Meskipun shop hanya beroperasi satu shift dan tidak beroperasi pada hari Sabtu atau minggu, jobshop ini tergolong sistem nonterminating. Ketika operasi akan diakhiri (seperti pada Jumat malam), status akhir sistem akan menjadi status awal ketika operasi dimulai lagi. Siklus hidup sistem tidak terbatas dan sistem disimulasikan selama pengakumulasian statistik yang dibutuhkan untuk ukuran kinerja. Ukuran kinerja bisa dalam bentuk utilisasi berbagai stasiun kerja, waktu rata-rata penyelesaian satu pekerjaan dan rata-rata pekerjaan dalam proses.
- 2) Sistem *inventory*. Peritel menimbun barang dagangan dan melakukan pemesanan ulang ketika level inventori mencapai atau lebih rendah dari level yang ditentukan. Meskipun aktifitas jualan hanya 8 jam sehari dan 5 hari dalam satu minggu, inventori akhir pada hari tertentu akan menjadi inventori awal pada hari berikutnya. Kejadian diskrit yang menggerakkan sistem berlangsung tanpa batas, dan ukuran kinerja termasuk rata-rata inventori, fraksi order yang harus memesan ulang atau berlebih dan jumlah rata-rata order per tahun.
- 3) Rumah sakit. Pasien masuk rumah sakit dengan asumsi kamar inap tersedia. Begitu satu tempat tidur sudah diisi, tempat tidur itu tidak akan tersedia lagi sampai pasien tersebut sudah pulang atau pindah kamar. Pasien yang tidak dapat diterima karena tidak ada tempat tidur lagi akan masuk ke rumah sakit lainnya jika memerlukan perawatan segera atau menunggu sampai ada tempat tidur yang kosong berikutnya. Jumlah pasien yang masuk dan keluar setiap pagi tergantung dari jumlah pasien di rumah sakit dan panjang daftar tunggu sore sebelumnya. Ukuran kinerja termasuk rata-rata jumlah pasien dalam klinik dan rata-rata waktu menunggu pasien untuk mendapatkan perawatan.
- 4) Sistem status tetap. Dosen direkrut oleh suatu universitas dan beberapa tahun diberikan sebagai tahapan menuju status tetap. Setelah 6 tahun, evaluasi dilakukan, dosen mungkin diangkat menjadi status tetap atau hanya akan diberikan kontrak satu tahun lagi. Selama 6 tahun itu, dosen dapat meninggalkan universitas. Setelah menerima status tetap, dosen dapat tinggal sampai pensiun atau pindah ke universitas lain. Ini adalah sistem nonterminating (kecuali untuk dosen yang akhirnya tidak mendapatkan status tetap) karena universitas mempunyai masa hidup tidak terbatas. Pada akhir sembarang tahun, jumlah dosen dalam universitas tergantung dari jumlah pada awal tahun dan status permanen mereka dan jumlah tahun menuju status permanen. Ukuran kinerja adalah jumlah dosen status permanen dan bukan permanen dan peluang bahwa seorang dosen akan mendapatkan status permanen.
- 5) Bandar udara. Selama 24 jam per hari, pesawat tiba dan berangkat dari bandara. Meskipun ada periode aktivitas ringan dan berat, keadaan pagi di bandara tergantung dari bagus tidaknya manajemen dilakukan sore sebelumnya dengan tidak ada pengakhiran sistem. Ukuran kinerja termasuk rata-rata waktu satu

pesawat harus menunggu untuk lepas landas atau mendarat dan rata-rata jumlah pesawat menunggu untuk mendarat atau lepas landas.

Untuk memahami perbedaan steady-state dan transient, asumsikan:

- $s(t)$ adalah status sistem pada waktu t .
- $Ps(t)$ adalah peluang bahwa sistem akan berada pada status s pada waktu t .

Sistem akan berada dalam status stabil relatif terhadap variabel status s ketika:

$$\frac{dPs(t)}{d(t)} = 0$$

Jika tidak, sistem tidak akan mencapai status stabil dan dikatakan menunjukkan perilaku transient.

Ketika distribusi peluang variabel status tidak berubah lagi sepanjang waktu, maka variabel status sudah mencapai status stabil atau lebih tepatnya mencapai distribusi status stabilnya.

Contoh sistem yang dapat mencapai status stabil, antara lain:

- 1) Jobshop menerima order pada laju rata-rata konstan. Awalnya, pada simulasi, jobshop mungkin tidak mempunyai pekerjaan dalam proses. Asumsinya jobshop meneruskan operasi secara tidak terbatas. Sistem ini nonterminating dan mencapai perilaku status stabil.
- 2) Bank darah mengumpulkan dan menyimpan darah, mendistribusikannya ke anggota rumah sakit yang membutuhkannya. Dengan menganggap permintaan akan darah seragam sepanjang tahun, inventori darah akan memenuhi distribusi status stabil. Sistem adalah nonterminating.
- 3) Pembayaran tol dikumpulkan di boks tol pada pintu masuk tol selama jam sibuk (jam 7 sampai jam 9). Jika intensitas lalu lintas tidak berubah selama 2 jam, dan laju kedatangan cukup besar, sistem akan melewati fase transienya dengan cepat dan analisis status stabil akan sesuai, meskipun simulasi hanya untuk 2 jam. Ketika dianalisis dalam bentuk seperti ini, sistem adalah terminating dan kejadian yang menghentikan adalah kesimpulan jam sibuk.

Sedangkan untuk contoh sistem yang tidak akan mencapai status stabil, antara lain:

- 1) Pengguna sistem komputer time-shared terhubung ke sistem jam 8 pagi sampai jam 5 sore. Laju pengguna terhubung ke sistem bervariasi sepanjang hari, dengan permintaan padatnya pertengahan pagi dan sore. Sistem ini adalah terminating yang tidak akan mencapai distribusi status stabil karena variasi permintaan sistem komputer dan jam operasi yang terbatas 9 jam.
- 2) Perusahaan penerbangan punya kebijakan untuk menerima reservasi lebih 5% dari total tempat duduk yang tersedia untuk mengantisipasi penumpang yang tidak muncul pada jam penerbangan. Setiap hari merupakan sesi terminating, diakhiri dengan sejumlah acak penumpang yang tidak dapat tiket. Kondisi akhir hari tertentu tidak akan mempengaruhi kondisi awal hari berikutnya (dengan asumsi penumpang yang tidak dapat tiket hari tertentu sudah terakomodasi dengan penerbangan lainnya hari itu juga). Dalam simulasi ini tidak ada distribusi status stabil maupun transient dan waktu buatkan inti simulasi.

11.10. Langkah-Langkah Simulasi

Semua simulasi yang baik memerlukan perencanaan dan pengorganisasian yang baik. Namun simulasi tidak tetap untuk selamanya, tetapi berubah dari waktu

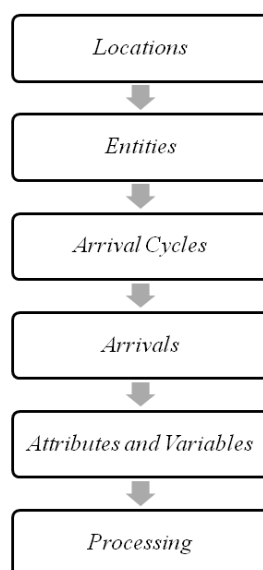
ke waktu. Dalam melakukan simulasi umumnya ada 5 langkah pokok yang harus dilakukan. Langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut: (Margaret, dkk, 2012)

- 1) Menentukan sistem atau persoalan yang akan disimulasikan.
- 2) Mengembangkan model simulasi yang akan digunakan.
Ada 5 langkah yang perlu diperhatikan:
 - a. Menentukan tujuan simulasi.
 - b. Menentukan variabel-variabel keadaan.
 - c. Memilih waktu yang tepat (*fixed time* atau *variable time*).
 - d. Menggambarkan sifat gerakannya.
 - e. Mempersiapkan proses generator.
- 3) Menguji model dan membandingkan tingkah lakunya dengan tingkah laku dari sistem nyata, setelah itu model simulasi diberlakukan.
- 4) Merancang percobaan-percobaan simulasi.
- 5) Menjalankan simulasi dan menganalisis data.

11.11. Pembuatan Model Simulasi

Model adalah representasi dari sebuah sistem. Untuk kebanyakan studi, penting untuk mempertimbangkan aspek dari sistem yang mempengaruhi masalah yang dipelajari. Aspek-aspek yang diwakili dalam model sistem, sehingga model dikatakan penyederhanaan sistem, tapi cukup rinci untuk membuat keputusan pada sistem. Model adalah representasi dari fakta yang sedang disederhanakan. Dengan demikian, cara yang tepat di mana operasi dilakukan tidak penting sebagai cara di mana operasi dapat berdampak ke seluruh sistem. Suatu kegiatan harus selalu dilihat dari bagaimana kegiatan ini mempengaruhi unsur-unsur dari sistem lain, bukan bagaimana aktivitas dilakukan. Model biasanya diambil dari sejumlah asumsi yang berkaitan dengan sistem operasi. Asumsi dinyatakan dalam hubungan matematis, logis, dan simbolik dalam elemen sistem. Melalui pemodelan, akan menjelaskan beberapa sistem nyata yang dapat digunakan untuk memprediksi dan merumuskan strategi sistem pengendalian. (Dahyar, 2012)

Dalam pembuatan model simulasi, diperlukan penentuan elemen-elemen dasar seperti ditunjukkan dalam Gambar 11.3.



Gambar 11.3. Urutan Langkah Pembuatan Model Sistem
(Sumber: Margaret, dkk, 2012)

Link Jurnal

<https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jti/article/view/6038/pdf>

Kuis

1. Apa yang dimaksud dengan Pemrograman Dinamis (*Dynamic Programming*):
 - a. Masalah multi tahap (*multistage*) dimana keputusan dibuat secara berurutan (*in sequence*)
 - b. Metode pemecahan masalah dengan cara menguraikan solusi menjadi sekumpulan langkah (*step*) atau tahapan (*stage*) sedemikian rupa sehingga solusi dari permasalahan ini dapat dipandang dari serangkaian keputusan-keputusan kecil yang saling berkaitan satu dengan yang lain
 - c. Penyelesaian persoalan yang akan menghasilkan sejumlah berhingga pilihan yang mungkin dipilih, lalu solusi pada setiap tahap-tahap yang dibangun dari solusi pada tahap sebelumnya
 - d. Metode yang menggunakan persyaratan optimasi dan kendala untuk membatasi sejumlah pilihan yang harus dipertimbangkan pada suatu tahap
2. Konsep dasar yang terdapat dalam pemrograman dinamis atau *dynamic programming* (DP), **kecuali**:
 - a. Fungsi Rekursif
 - b. *Multistage Graph*
 - c. Fungsi Transisi
 - d. Dekomposisi
3. Input dari persoalan dengan n-tahap pada pemrograman dinamis atau *dynamic programming* (DP), adalah:
 - a. Ongkos (*cost*)
 - b. *Decision variable*
 - c. *Return* atau akibat dari setiap variabel keputusan yang dipilih
 - d. Status baru yang menjadi input pada tahap berikutnya
4. Output dari persoalan dengan n-tahap pada pemrograman dinamis atau *dynamic programming* (DP), adalah:
 - a. *State* pada tahap-n
 - b. *Return* atau akibat dari setiap variabel keputusan yang dipilih
 - c. *Decision variable*
 - d. Ongkos (*cost*)
5. Sifat-sifat khusus yang terdapat *Multistage Graph*, **kecuali**:
 - a. Setiap *edge*-nya memiliki *weight* (bobot)
 - b. *Problem* mencari lintasan terpendek dari *source* ke *sink* pada sebuah *Multistage Graph*
 - c. Hanya terdapat 1 *source* dan 1 *sink*
 - d. Grafik berarah (*Directed Graph*)

Tugas

Jawablah pertanyaan dibawah ini yang bersumber dari modul dan jurnal yang saudara baca sebelumnya:

1. Dari link jurnal dalam pembelajaran ini, jelaskan:
 - a. Latar belakang dan tujuan dari penelitian tersebut.
 - b. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut.
 - c. Hasil dari penelitian tersebut.
 - d. Manfaat dari hasil penelitian tersebut.

Referensi

- Charissa Margaret, Kartika Suhada, Victor Suhandi. 2012. Usulan Rancangan Sistem Antrian yang Optimal dan Ekonomis dengan Menggunakan Simulasi ProModel (Studi Kasus di Fiesta Steak Restaurant). JURNAL INTEGRA VOL. 2, NO. 1, JUNI 2012:41-56
- Heizer, Jay dan Barry Render. 2009. *Operation Management*. Terjemahan oleh Dwianoegrawati Setyoningsih dan Indra Almahdy. Edisi 7. Buku I. Jakarta: Salemba Empat.
- M. Dachyar. 2012. Simulation and Optimization of Services at Port in Indonesia. International Journal of Advanced Science and Technology Vol. 44, July, 2012
- Nurchahyo. Widyat, 2005, Pengantar Teknik Industri, Modul Perkuliahan, Fakultas Teknik Universitas Tama Jagakarsa
- Wignjosebroto. S, 2003, Pengantar Teknik dan Manajemen Industri, Guna Widya