

## **Bab 2**

### **Tinjauan Pustaka**

#### **2.1. Kapasitas**

Kapasitas produksi erat kaitannya dengan jumlah produksi pada perusahaan. Kapasitas menentukan berapa banyak perusahaan dapat memproduksi setiap tahun. Kapasitas juga berkaitan dengan kemampuan perusahaan dalam menerima permintaan konsumen. Kapasitas produksi merupakan luaran atau banyaknya jumlah unit yang dapat disimpan, diterima, disimpan, atau diproduksi oleh suatu fasilitas dalam waktu tertentu [2].

Menentukan kapasitas sering kali berhubungan dengan menentukan kebutuhan modal. Kapasitas juga menetapkan apakah permintaan dapat terpenuhi atau tidak. Jika fasilitas terlalu banyak, biasanya tidak akan terpakai semuanya dan bisa menyebabkan penambahan biaya produksi yang dikeluarkan perusahaan atau pabrik. Jika kapasitas terlalu sedikit, maka pelanggan atau pasar akan mengalami penurunan bahkan bisa hilang. Maka menetapkan kapasitas sangat penting dalam sebuah produksi suatu produk.

##### **2.1.1. Perencanaan Kapasitas**

Perencanaan produksi merupakan perencanaan dan organisasi sumber daya orang, bahan, dan aset yang dibutuhkan dalam produksi suatu barang seperti yang diharapkan atau diharapkan pada titik tertentu di masa depan [6]. Berdasarkan pengertian mengenai perencanaan kapasitas, maka dapat diartikan perencanaan kapasitas sebagai proses penentuan tingkat perencanaan kapasitas dalam periode waktu tertentu, serta merupakan keluaran maksimum selama periode waktu tertentu [7]. Tujuan pabrik industri yaitu memuaskan pelanggan dengan cara menghasilkan produk yang memenuhi keperluan mereka [8].

Rencana kapasitas perlu dilaksanakan yaitu mempertimbangkan agenda pada masa yang akan datang. Ini adalah keharusan sederhana untuk perencanaan kapasitas jika permintaan berada pada rata-rata. Namun dalam praktiknya, permintaan sering kali berfluktuasi. Dalam memproduksi sebuah produk lebih memperhatikan kapasitas karena alasan berikut:

1. Kapasitas yang cukup diperlukan dalam memenuhi *demand* konsumen tepat waktu.
2. Kapasitas berpengaruh terhadap biaya yang di keluarkan.
3. Kapasitas berpengaruh terhadap penjadwalan.
4. Perencanaan kapasitas membutuhkan biaya.
5. Perencanaan kapasitas merupakan tahap awal saat suatu perusahaan dalam menentukan memproduksi barang lebih atau memproduksi barang baru. [9].

Revolusi industri diselesaikan dengan perubahan besar dalam kondisi teknis proses produksi, ditetapkan dengan kapasitas fisik operator. Lebih awal, ada hubungan yang fleksibel antara petugas dan mesinnya. Produksi skala massal mengolah struktur pekerjaan dan proses kerja yang terkait. Pembagian kerja yang tepat, mesin, proses, dan lain-lain. telah muncul untuk mengukur peringkat produksi dan konsep produktivitas telah dilaksanakan. Waktu menganggur berarti periode tidak produktif dan tentu saja hubungan petugas dengan mesin harus disinkronkan untuk mencapai hasil yang maksimal. Latihan mesin pemuatan harus diperbesar untuk memperbaiki jumlah produk yang akan dilakukan untuk manufaktur, dengan mengamati jumlah pesanan tertentu atau dengan menghitung ukuran *batch*.

1. Rincian operasi dan urutan operasi.
2. Jangka waktu produksi berjalan.
3. Jenis proses yang terlibat, dan
4. Mesin yang tersedia.

### 2.1.2. Elemen kapasitas produksi

Berikut merupakan beberapa elemen yang berhubungan dalam menetapkan kapasitas produksi adalah :

#### 1. Pusat Kerja (*work center*)

Pusat kerja merupakan tempat produksi yang terdiri dari orang atau mesin dengan keterampilan yang seragam atau serta diasumsikan sebagai unit dalam perencanaan kebutuhan kapasitas.

#### 2. *Routing*

*Routing* merupakan informasi yang mendata teknik yang digunakan untuk membuat suatu item, seperti kegiatan yang digunakan, urutan operasi, berbagai pusat kerja yang terhubung, dan kriteria waktu persiapan (*set up time*) serta waktu pelaksanaan (*run time*).

#### 3. Beban (*load*)

Beban merupakan jumlah pekerjaan yang dilakukan oleh fasilitas produksi dalam periode waktu tertentu. Utilisasi didefinisikan dalam jam kerja atau unit produksi. Beban adalah jumlah pekerjaan yang diselesaikan. Seperti yang sering terjadi dalam perencanaan kapasitas, pemanfaatan mewakili pengaturan yang diperlukan dan waktu berjalan untuk pusat kerja, tidak termasuk waktu menunggu, menunggu, dan transportasi.

#### 4. Kapasitas (*Capacity*)

Kapasitas merupakan banyaknya hasil atau *output* yang dapat dicapai dengan spesifikasi produk, tenaga kerja, dan peralatan yang digunakan sekarang. Didalam perencanaan kapasitas, kapasitas saling berhubungan dengan tingkat hasil atau *output* kerja dalam setiap pusat kerja.

Kapasitas unit produksi dapat dinyatakan dalam jumlah unit produksi per periode. Pengukuran kapasitas bisa lebih sulit ketika banyak produk yang diproduksi. Dalam situasi ini, kapasitas dinyatakan dalam jam kerja atau jam mesin. Menurut Heizer dan Render terdapat tiga jenis kapasitas produksi, yaitu [2] :

1. Kapasitas desain: Kapasitas dari fasilitas yang dirancang adalah tingkat yang direncanakan atau dari *output* barang atau jasa dalam kondisi operasi normal atau skala penuh.
2. Kapasitas efektif (*utilization*). Kapasitas efektif menunjukkan *output* maksimum pada tingkat operasi tertentu. Kapasitas efektif adalah kapasitas yang diperkirakan dapat dicapai oleh sebuah perusahaan dengan keterbatasan operasi yang ada sekarang. Kapasitas efektif biasanya lebih rendah daripada kapasitas desain karena fasilitas yang ada mungkin telah dirancang untuk versi produk sebelumnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan kapasitas efektif adalah rancangan produk, kualitas bahan yang digunakan, sikap dan motivasi tenaga kerja, perawatan mesin/fasilitas, serta rancangan pekerjaan.
3. Kapasitas efisien (*efficiency*). Kapasitas efisien adalah persentase desain kapasitas yang benar-benar tercapai. Bergantung pada bagaimana tempat fasilitas dipergunakan dan dikelola. Kapasitas efisien mengukur seberapa baik fasilitas atau mesin ketika digunakan.

### **2.1.3. Proses Perencanaan Kapasitas**

Perencanaan kapasitas berhubungan pada keperluan kapasitas jangka panjang dan jangka pendek dari suatu perusahaan serta memutuskan seperti apa keperluan yang akan dipenuhi. Di sisi lain, meningkatkan produk keragaman meningkatkan ketidakpastian permintaan, dan keputusan kapasitas sering dibuat di bawah ketidakpastian permintaan. Ini menciptakan ketidakselarasan antara kapasitas yang ditetapkan dan permintaan yang direalisasikan [10].

#### **1. Strategi kapasitas jangka Panjang**

Permintaan masa depan dan ketidakpastian teknologi membuat lebih sulit untuk menentukan kebutuhan kapasitas jangka panjang. Memprediksi lima atau sepuluh tahun ke depan lebih berisiko dan lebih sulit. Dalam beberapa kasus, produk perusahaan saat ini mungkin tidak ada di masa depan. Persyaratan kapasitas jangka panjang bergantung pada rencana pemasaran, pengembangan produk, dan siklus hidup produk. Perencanaan kapasitas jangka panjang

berkaitan dengan beradaptasi dengan perubahan besar yang mempengaruhi tingkat kinerja secara keseluruhan dari waktu ke waktu.

## 2. Strategi kapasitas jangka pendek

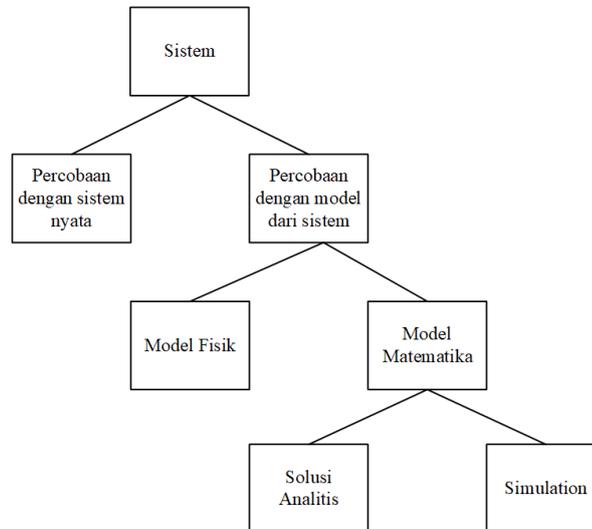
Strategi kapasitas jangka panjang menggunakan prakiraan *demand* produk dalam memperkirakan pengerjaan jangka pendek yang perlu di proses pada fasilitas. Banyak penyesuaian jangka pendek untuk meningkatkan atau menurunkan kapasitas dimungkinkan. Penyesuaian yang diperlukan tergantung pada proses konversi seperti apakah itu modal intensif atau padat karya atau apakah produk dapat disimpan sebagai persediaan.

## 2.2. Sistem dan Model

Sistem dapat diartikan sekumpulan komponen yang saling berhubungan dalam mencapai tujuan yang ingin dicapai [11]. Inti dari definisi ini adalah kenyataan bahwa suatu sistem terdiri dari beberapa elemen yang saling berhubungan dan bekerja sama untuk mencapai tujuan tertentu. Contoh sistem meliputi sistem transportasi, sistem politik, sistem ekonomi, sistem produksi, dan sistem pelayanan. Yang dimaksud dengan "sistem" sebenarnya tergantung pada tujuan penelitian. Kumpulan entitas yang membentuk satu sistem studi hanyalah bagian dari keseluruhan sistem studi lain. Keadaan suatu sistem adalah seperangkat variabel yang diperlukan untuk menggambarkan sistem pada titik waktu tertentu dalam kaitannya dengan tujuan penelitian. Dalam studi bank, contoh variabel keadaan yang mungkin adalah jumlah sibuk *teller*, jumlah nasabah di bank, dan waktu kedatangan setiap nasabah di bank.

Sistem dapat dikategorikan menjadi dua jenis, diskrit dan kontinu. Sebuah diskrit sistem adalah salah satu yang variabel statusnya berubah secara instan pada saat dipisahkan poin dalam waktu. Sebuah bank adalah contoh dari sistem diskrit, karena variabel keadaan. Misalnya, jumlah pelanggan di bank berubah hanya ketika pelanggan datang atau ketika pelanggan selesai dilayani dan berangkat. Sistem kontinu adalah satu untuk dimana variabel keadaan berubah secara terus menerus terhadap waktu. Sebuah pesawat terbang bergerak di udara adalah contoh sistem

kontinu, karena variabel keadaan seperti posisi dan kecepatan dapat berubah terus menerus terhadap waktu. Gambar 2.1 merupakan memetakan perbedaan cara-cara di mana suatu sistem dapat dipelajari.



**Gambar 2.1—Cara mempelajari suatu sistem**

#### 1. Eksperimen dengan sistem aktual vs. Eksperimen dengan model sistem

Ini mungkin diinginkan jika memungkinkan (dan murah) untuk memodifikasi sistem fisik dan membuatnya bekerja dalam kondisi terbaru. Namun, hal ini jarang dapat dilakukan, karena eksperimen semacam itu seringkali terlalu mahal atau terlalu mahal untuk mengganggu sistem. Misalnya, bank mungkin mempertimbangkan untuk mengurangi jumlah loket untuk memangkas biaya, tetapi sebenarnya mencoba melakukannya dapat mengakibatkan penundaan yang lama dan ketidakpastian pelanggan.

#### 2. Model Fisik vs Model Matematika

Bagi kebanyakan orang, kata "model" membangkitkan gambar mobil tanah liat di terowongan angin, kokpit terputus dari mereka pesawat terbang yang akan digunakan dalam pelatihan pilot, atau supertanker mini yang berlarian di sebuah kolam renang. Ini adalah contoh model fisik (juga disebut ikonik model), dan bukan tipikal dari jenis model yang biasanya menarik riset operasi dan analisis sistem. Namun, kadang-kadang, itu telah ditemukan berguna untuk membangun model fisik untuk mempelajari rekayasa atau sistem manajemen; contoh

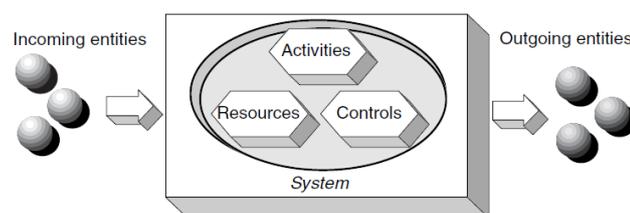
termasuk model skala meja dari sistem penanganan material, dan setidaknya dalam satu kasus model fisik skala penuh dari restoran cepat saji di dalam gudang, lengkap dengan skala penuh, nyata (dan mungkin lapar) manusia.

### 3. Solusi Analitis vs Simulasi.

Setelah kita membentuk contoh matematika, contoh tadi wajib diperiksa buat melihat bagaimana contoh tadi bisa dipakai buat menjawab pertanyaan yg menarik mengenai sistem yg seharusnya diwakilinya. apabila modelnya relatif sederhana, dimungkinkan buat bekerja menggunakan interaksi & kuantitasnya buat menerima solusi analitik yg sempurna. Matriks yang kompleks merupakan sebuah model populer berdasarkan situasi pada mana terdapat rumus analitik yg diketahui dalam prinsipnya, namun memperolehnya secara numerik pada model eksklusif.

#### 2.2.1. Elemen sistem

Menurut sudut pandang simulasi, kita dapat mengatakan bahwa sistem yaitu terdapat entitas, aktivitas, faktor produksi atau sumber daya, dan kontrol. Komponen-komponen bagaimana entitas diproses.[11].



**Gambar 2.2—Elemen sistem**

Berikut merupakan fungsi dari setiap elemen-elemen dari sistem:

#### 1. Entitas

Entitas merupakan unit yang diproses melalui sistem seperti produk, pelanggan, dan dokumen. Entitas dapat dibagi lagi menjadi jenis berikut:

- a. Orang (pelanggan, pasien dan lain-lain).
- b. Benda mati (suku cadang, dokumen, tempat sampah dan lain-lain.).
- c. Tidak berwujud (panggilan, surat elektronik, dll).

## 2. Aktivitas

Aktivitas merupakan proses yang dilakukan secara langsung atau tidak langsung pada sistem. Secara tidak langsung terlibat dalam pengolahan perusahaan. Contoh kegiatannya adalah melayani pelanggan, memperbaiki suku cadang atau melakukan perbaikan perangkat. Kegiatan dapat dikategorikan menjadi sebagai berikut:

- a. Memproses entitas (*check-in*, pemrosesan, inspeksi, manufaktur, dan lain lain.).
- b. Entitas dan faktor produksi yang bergerak (kendaraan forklift, kendaraan elevator, dan lain-lain.).
- c. Penyesuaian faktor produksi dan perawatan (konfigurasi, perbaikan dan lain-lain).

## 3. Sumber daya

Sumber daya merupakan fasilitas atau sarana yang dipakai dalam melakukan pekerjaan untuk mengatur sarana, peralatan dan staf pendukung untuk melaksanakan kegiatan. Kapan Entitas memfasilitasi pemrosesan entitas dan dapat dibatasi jika sumber daya tidak memadai Dengan membatasi kecepatan pemrosesan yang dapat dicapai. Berikut merupakan kategori dari faktor produksi atau sumber daya :

- a. Orang atau makhluk hidup (operator, dokter, petugas pemeliharaan, dan lain-lain.).
- b. Benda mati (peralatan, perkakas, ruang lantai, dan lain-lain.).
- c. Tidak berwujud (informasi, daya listrik, dan lain-lain).

## 4. Kontrol

Kontrol menetapkan seperti apa, kapan, dan di mana aktivitas dilaksanakan. Kontrol memaksakan suatu sistem pada tingkat tertinggi, pengendalian terdiri dari jadwal, rencana, dan kebijakan. Contoh pengendalian meliputi:

- a. Perutean.
- b. Perencanaan produksi.
- c. Penjadwalan kerja.
- d. Tugas utama.

### 2.2.2. Model

Istilah model dapat diartikan sebagai suatu tipe atau desain, suatu deskripsi atau analogi yang dipergunakan untuk membantu proses visualisasi sesuatu yang tidak dapat diamati secara langsung, suatu sistem yang menggambarkan secara sistematis suatu objek atau peristiwa. Pendekatan pemodelan mencakup:

1. Pendekatan proses: Sebuah proses didefinisikan sebagai operasi yang entitas tertentu harus dapat melalui siklus sistem.
2. Pendekatan aktivitas: Deskripsi aktivitas yang selalu dipicu segera oleh perubahan status sistem.
3. Pendekatan *event*: Ini didefinisikan sebagai satu set kegiatan yang dapat melacak perubahan keadaan dalam sistem.

### 2.3. Simulasi

Simulasi dalam hal ini bisa diartikan sebagai salinan dari suatu sistem yang memakai model dari bantuan komputer dalam penilaian serta mengembangkan dan meningkatkan kinerja suatu sistem.. Sebagian besar sistem dunia nyata terlalu kompleks untuk memungkinkan model realistis untuk dievaluasi secara analitis, dan model-model ini harus dipelajari melalui simulasi. Simulasi adalah replika dari sistem sebenarnya. Simulasi adalah penciptaan kursus buatan dari suatu sistem, pengamatan kursus buatan ini, dan kesimpulan tentang karakteristik perilaku sistem nyata[12]. Dalam simulasi menggunakan komputer untuk mengevaluasi model secara numerik, dan data adalah dikumpulkan untuk memperkirakan karakteristik sebenarnya yang diinginkan dari model. 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.[13].

Simulasi yang cermat dapat menjelaskan pertanyaan dengan mensimulasikan pengoperasian pabrik seperti yang ada saat ini dan sebagaimana adanya akan terjadi jika tanaman itu diperluas.

Secara alami, proyek simulasi mungkin memiliki banyak tujuan dan oleh karena itu termasuk dalam dua atau lebih kategori yang tercantum di sini. Misalnya, analisis sensitivitas dapat dilakukan sebagai bagian dari studi optimasi untuk menentukan variabel dengan daya ungkit tertinggi yang akan dioptimalkan. Setelah model dioptimalkan, mungkin perlu memusatkan perhatian pada peningkatan visualisasi model agar lebih efektif menjual solusi kepada manajemen.

Mendefinisikan tujuan untuk studi simulasi harus memperhitungkan tujuan akhir penggunaan model. Beberapa model dibangun sebagai model "sekali pakai" yang hanya digunakan sekali dan kemudian dibuang. Model lain akan digunakan kembali untuk analisis bagaimana-jika yang sedang berlangsung. Beberapa simulasi dijalankan untuk mendapatkan ringkasan ukuran statistik tunggal. Yang lain membutuhkan animasi yang realistis untuk meyakinkan pelanggan yang skeptis. Beberapa model hanya untuk penggunaan analisis dan tidak perlu memiliki antarmuka yang ramah pengguna.

Simulasi bisa gagal jika tidak direncanakan dan dilaksanakan dengan hati-hati. Banyak alasan spesifik yang berkontribusi pada kegagalan simulasi. Beberapa penyebab paling umum dari proyek yang gagal termasuk:

1. Tujuan yang tidak jelas.
2. Pemodel tidak terampil.
3. Data tidak tersedia.
4. Harapan yang tidak dikelola.
5. Manajemen yang tidak mendukung.
6. Persyaratan yang diremehkan.
7. Pemilik proses yang tidak terlibat.

Jika prosedur yang benar diikuti, dan waktu serta sumber daya yang diperlukan diberikan untuk proyek, simulasi akan selalu memberikan beberapa manfaat bagi proses pengambilan keputusan. Cara terbaik untuk memastikan keberhasilan adalah memastikan bahwa setiap orang yang terlibat dididik dalam proses dan memahami

manfaat dan keterbatasan simulasi. Dalam beberapa dekade terakhir simulasi mendapatkan popularitas sebagai alat pengambilan keputusan di industri manufaktur dan jasa. Bagi banyak perusahaan, simulasi telah menjadi praktik standar ketika fasilitas baru sedang direncanakan atau perubahan proses sedang dievaluasi.

Penggunaan utama simulasi terus berada di bidang manufaktur. Sistem manufaktur, yang meliputi pergudangan dan sistem distribusi, cenderung memiliki hubungan yang jelas dan diformalkan prosedur yang cocok untuk pemodelan simulasi. Dengan keadaan ini, penggunaan simulasi dalam merancang dan meningkatkan proses bisnis setiap jenis kemungkinan akan terus tumbuh. Karena penggunaan utama simulasi adalah dalam mendukung keputusan, simulasi untuk membuat desain sistem dan keputusan operasional. Sebagai alat pendukung keputusan, simulasi telah digunakan untuk membantu merencanakan dan membuat perbaikan di banyak bidang baik industri manufaktur dan jasa. Penggunaan simulasi yang umum dilakukan antara lain:

1. Perencanaan alur kerja
2. Perencanaan kapasitas
3. Pengurangan waktu siklus
4. Perencanaan sumber daya
5. Analisis bottleneck
6. Perbaikan mutu
7. Pengurangan biaya
8. Peningkatan produktivitas
9. Analisis tata letak
10. Penyeimbangan lintasan
11. Penjadwalan produksi
12. Penjadwalan sumber daya
13. Penjadwalan pemeliharaan
14. Desain sistem kontrol

Simulasi merupakan salah satu penelitian operasi dan ilmu manajemen yang paling sering digunakan. Misalnya, Lane, Mansour, dan Harpell [14] melaporkan dari longitudinal studi, yang mencakup tahun 1973 hingga 1988, simulasi itu secara konsisten diberi peringkat sebagai salah satu dari tiga "teknik riset operasi" yang paling penting. Selanjutnya Jesus A. Jimenez Gerald Mackulak John Fowler [15] melakukan penelitian studi kasus membandingkan efisiensi komputasi dan kualitas kinerja prediksi pada berbagai tingkat detail akan disajikan, model-model ini. eksperimen telah menunjukkan bahwa model kapasitas tertentu dengan representasi AMHS yang kurang detail dapat menghasilkan prediksi sistem yang akurat sebagai perbandingan dengan nilai-nilai yang dihasilkan oleh model yang terintegrasi penuh. Walton Hancock a , Richard Dissen a dan Alan Merten [16] melakukan penelitian mengenai simulasi digunakan untuk secara substansial meningkatkan produktivitas, hasil penelitian ini yaitu *output* simulasi dan hasil yang dicapai dengan kelompok demonstrasi delapan mesin disajikan. Utilisasi mesin meningkat dari 37% menjadi 60% dengan potensi peningkatan menjadi 76%. Itu sistem informasi manajemen yang tepat untuk mempertahankan produktivitas yang tinggi dibahas.

Namun, ada beberapa hambatan untuk penerimaan yang lebih luas dan kegunaan simulasi. Pertama, model yang digunakan untuk mempelajari sistem skala besar cenderung menjadi sangat kompleks, dan menulis program komputer untuk menjalankannya dapat menjadi tugas yang berat memang. Tugas ini telah menjadi jauh lebih mudah dalam beberapa tahun terakhir oleh pengembangan produk perangkat lunak unggulan yang secara otomatis menyediakan banyak fitur yang diperlukan untuk "memprogram" model simulasi.

Masalah kedua dengan simulasi sistem yang kompleks adalah bahwa sejumlah besar waktu komputer kadang-kadang yg dibutuhkan. Namun, kesulitan ini menjadi jauh lebih ringan seperti komputer menjadi lebih cepat dan lebih murah. Akhirnya, tampaknya ada yang disayangkan kesan bahwa simulasi hanyalah latihan dalam pemrograman komputer, meskipun yang rumit. Akibatnya, banyak simulasi "studi"

telah disusun pembangunan model heuristik, pemrograman, dan menjalankan program tunggal untuk mendapatkan “jawaban”. takut bahwa sikap ini, yang mengabaikan yang penting masalah tentang bagaimana model yang dikodekan dengan benar harus digunakan untuk membuat kesimpulan tentang sistem bunga, tidak diragukan lagi menyebabkan kesimpulan yang salah diambil dari banyak studi simulasi. Dalam menggambar jejak evolusi simulasi, komentar pada tiga aspek yang ditawarkan. Kekhawatiran pertama luas dan luasnya aplikasi simulasi; itu kedua berkaitan dengan perbedaan pandangan tentang kedalaman keilmuan penelitian simulasi; dan yang ketiga berkaitan dengan masa depan simulasi [17]. Model simulasi yang baik dapat ditinjau dari nilai utilitas *resources* setiap prosesnya. Utilitas memiliki nilai dalam rentang minimum 0 sampai maksimum 1. Utilitas yang bernilai 0 atau 0% menyatakan bahwa *resources* tidak bekerja sama sekali dalam sistem. Sebaliknya Jika nilai utilitas bernilai 1 atau 100% berarti utilitas bekerja terus menerus tanpa berhenti selama simulasi berlangsung. Utilitas yang baik adalah utilitas yang berada dalam rentang 0,5 atau 50% sampai 0,7 atau 70% [18].

### **2.3.1. Jenis simulasi**

Pada umumnya berdasarkan cara kerjanya, simulasi terbagi menjadi 3 jenis simulasi yaitu:

Model simulasi dapat dibedakan menjadi 3 dimensi yang berbeda [19]:

#### **1. Statis atau dinamis**

- a. Model simulasi statis, simulasi statis merupakan simulasi yang tidak didasarkan pada waktu. Di bidang keuangan, simulasi Monte Carlo digunakan untuk memilih portofolio saham dan obligasi. Mengingat portofolio, dengan pembayaran probabilistik yang berbeda, adalah mungkin untuk menghasilkan hasil yang diharapkan. Salah satu pemasok sistem penanganan material mengembangkan model simulasi statis untuk menghitung perkiraan waktu untuk berpindah dari satu lokasi rak dalam sistem penyimpanan ke lokasi rak lainnya. Sampel acak dari 100 hubungan dari-ke digunakan untuk memperkirakan waktu perjalanan rata-rata.

Seandainya setiap perjalanan dari–ke dihitung, rak 1.000 lokasi akan melibatkan 1.000 perhitungan.

- b. Model simulasi dinamis, simulasi dinamis mencakup perjalanan waktu. Ini melihat perubahan keadaan saat terjadi dari waktu ke waktu. Mekanisme jam bergerak maju dalam waktu dan variabel status diperbarui seiring berjalannya waktu.
2. Deterministik atau stokastik
    - a. Model simulasi deterministik, sebuah model simulasi deterministik tidak mengasumsikan variabilitas dalam parameter model dan karena itu tidak termasuk variabel acak.
    - b. Sebagai model simulasi stokastik, berisi satu atau lebih variabel acak yang menggambarkan proses sistem yang diamati. Karena output dari model simulasi stokastik adalah acak, itu hanya perkiraan sifat sebenarnya dari model.
  3. Kontinyu atau diskrit
    - a. Kondisi variabel berubah selalu berubah secara konstan. Misalnya, aliran fluida dalam pipa, penerbangan pesawat, dan kondisi variabel posisi dan kecepatan terus berubah relatif satu sama lain.
    - b. Model simulasi diskrit, kondisi variabel hanya berubah pada titik waktu (spesifik, dapat dihitung).

### **2.3.2. Simulasi Kejadian Diskrit**

Simulasi kejadian diskrit relevan untuk sistem pemodelan karena pada titik waktu yang berbeda, variabel keadaan berevolusi dari waktu ke waktu melalui representasi yang berubah secara instan. Karena sifat dinamis dari model simulasi kejadian diskrit, kita harus menjaga melacak nilai waktu simulasi saat ini saat simulasi berlangsung, dan juga membutuhkan mekanisme untuk memajukan waktu simulasi dari satu nilai ke nilai lainnya.

Dengan pendekatan waktu-maju acara berikutnya, jam simulasi diinisialisasi nol dan waktu terjadinya peristiwa masa depan ditentukan. Simulasi jam kemudian dimajukan ke waktu terjadinya yang paling dekat (pertama) ini peristiwa masa

depan, di mana keadaan sistem diperbarui untuk memperhitungkan fakta bahwa suatu peristiwa telah terjadi, dan pengetahuan kita tentang waktu terjadinya masa depan acara juga diperbarui. Kemudian jam simulasi maju ke waktu (baru) acara paling dekat, status sistem diperbarui, dan acara mendatang waktu ditentukan, dll. Proses memajukan jam simulasi ini dari satu waktu acara ke yang lain dilanjutkan sampai akhirnya beberapa kondisi berhenti yang ditentukan sebelumnya memuaskannya. Metode simulasi sistem diskrit dapat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak simulasi, salah satu perangkat lunak yang digunakan adalah ProModel [20].

### **2.3.2.1. Komponen Simulasi Kejadian Diskrit**

Meskipun simulasi telah diterapkan pada keragaman besar sistem dunia nyata, model simulasi kejadian diskrit semua berbagi sejumlah komponen umum dan ada organisasi logis untuk komponen ini yang mempromosikan pemrograman, debugging, dan perubahan masa depan model simulasi. program komputer. Secara khusus, komponen berikut akan ditemukan di sebagian besar model simulasi kejadian-diskrit menggunakan pendekatan waktu-maju kejadian berikutnya yang diprogram dalam bahasa tujuan umum [19].

### **2.3.3. Keuntungan simulasi**

Simulasi tidak mempengaruhi sistem yang ada, karena dampak keputusan dapat dianalisis tanpa membuat perubahan pada sistem nyata yang relevan. keuntungan-keuntungan menggunakan simulasi secara singkat antara lain:

1. Simulasi tidak merubah dan berpengaruh terhadap keadaan sistem nyata.
2. Simulasi bisa berjalan ketika waktu terkompresi untuk mempersingkat waktu dalam uji coba.
3. Simulasi memfasilitasi penciptaan solusi holistik dan kreatif.
4. Dapat memeriksa perilaku seluruh sistem dengan simulasi.

Selain itu, kakiay[21] mengatakan bahwa penggunaan simulasi komputer memberikan berbagai keuntungan, katanya. Secara khusus:

1. Mempersingkat waktu

Kemampuan dalam mempersingkat waktu terbukti dalam pekerjaan yang membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk diselesaikan, tetapi dapat disimulasikan dalam hitungan menit atau detik.

2. Dapat memperpanjang waktu

Simulasi bisa dipakai dalam menentukan pergantian struktural dalam sistem nyata yang sebenarnya tidak dapat diperiksa secara *real time*. Oleh karena itu, simulasi dapat membantu mengubah suatu sistem nyata dengan memasukkan sebagian kecil data.

3. Dapat mengontrol penyebab variabilitas

Keterkendalian simulasi ini ditunjukkan ketika kita menggunakan statistik untuk menguji hubungan antara faktor-faktor yang terbentuk dalam eksperimen, variabel bebas dan variabel terkait. atau sengaja dikecualikan.

4. Memperbaiki kesalahan dalam perhitungan

Dalam praktiknya, kesalahan dapat terjadi saat merekam hasil dalam kegiatan dan percobaan. Simulasi komputer, di sisi lain, jarang menemukan kesalahan komputasi,

5. Dapat diberhentikan dan dimulai ulang

Simulasi komputer dapat dijeda untuk tujuan meninjau atau merekam semua situasi yang relevan tanpa mempengaruhi program. simulasi. Di dunia nyata, Anda tidak dapat dengan mudah menghentikan percobaan, tetapi dalam simulasi komputer, setelah menghentikannya, dapat dengan cepat memulainya kembali.

6. Dapat direproduksi

Simulasi komputer memungkinkan eksperimen diulang setiap saat. Iterasi terutama dilakukan dalam mengganti berbagai elemen dan variable yang dibuat seperti mengubah parameter, keadaan operasi, atau bahkan mengganti banyaknya luaran.

#### **2.2.4. Prosedur simulasi**

Masalah desain muncul dengan sendirinya atau kebutuhan untuk perbaikan ada. Solusi alternatif dihasilkan dan dievaluasi, dan yang terbaik solusi dipilih dan

diimplementasikan. Model dikembangkan untuk solusi alternatif. Sebagai model yang dijalankan, itu dioperasikan untuk jangka waktu (yaitu sebagai) dikumpulkan dan dilaporkan di akhir simulasi. Berikut merupakan prosedur dalam melakukan simulasi [11]:

1. Menentukan tujuan, ruang lingkup dan persyaratan

Tentukan tujuannya dari simulasi dan apa ruang lingkup proyek tersebut.

Persyaratan perlu. Menetapkan standar yang tinggi merangsang pemikiran kreatif dan sering kali memberi penghargaan pada peningkatan terobosan yang paling tak terbayangkan. Simulasi yang baik memerlukan langkah-langkah untuk menentukan tujuan, ruang lingkup, dan kebutuhan sumber daya, waktu, dan anggaran untuk menjalankan simulasi. [22].

2. Mengumpulkan dan menganalisis data sistem

Mengidentifikasi, mengumpulkan, dan menganalisis data yang mendefinisikan sistem yang akan dimodelkan. Langkah ini menghasilkan model konseptual dan dokumen data.

3. Membangun model

Mengembangkan model simulasi sistem.

4. Validasi model

Pastikan model simulasi yang dibuat itu adalah representasi kredibel dari sistem nyata.

5. Lakukan eksperimen

Jalankan simulasi untuk masing-masing skenario untuk dievaluasi dan dianalisis hasilnya.

6. Presentasikan hasilnya

Presentasikan temuan dan buat rekomendasi sehingga keputusan yang tepat dapat dibuat.

Setiap langkah tidak perlu diselesaikan secara keseluruhan sebelum pindah ke langkah berikutnya. Prosedur untuk melakukan simulasi adalah prosedur berulang di mana aktivitas disempurnakan dan terkadang didefinisikan ulang dengan setiap iterasi. Keputusan untuk mendorong penyempurnaan lebih lanjut harus ditentukan

oleh tujuan dan kendala penelitian serta oleh analisis sensitivitas, yang menentukan apakah penyempurnaan tambahan akan menghasilkan hasil yang berarti. Bahkan setelah hasilnya dipresentasikan, seringkali ada permintaan untuk melakukan eksperimen tambahan.

### **2.3.5 Perangkat Lunak Simulasi**

Simulasi menggunakan model matematika dan teknik komputer lainnya sebagai alat, selain kemajuan teknologi, dan karena fleksibilitas simulasi komputer yang tinggi banyak yang mengatakan bahwa teknik simulasi komputer adalah metode yang paling sering digunakan dibandingkan dengan teknik analisis ilmiah lainnya. Paket software yang dikembangkan untuk simulasi antara lain SIMAN, SLAM, GPSS, ARENA dan ProModel. Memilih perangkat lunak simulasi yang tepat mengharuskan penilaian terlebih dahulu dilakukan terhadap persyaratan simulasi. Kemudian produk alternatif harus dievaluasi terhadap persyaratan tersebut. Jika simulasi akan digunakan dalam beberapa aplikasi yang cukup beragam, mungkin diinginkan untuk memiliki lebih dari satu produk simulasi sehingga alat yang tepat digunakan untuk pekerjaan yang tepat. Dalam memilih perangkat lunak simulasi, perhatian harus diberikan pada kriteria berikut:

1. Kualitas—Algoritma yang andal, tidak adanya bug, dan penanganan kesalahan input pengguna yang baik.
2. Fitur dan kemampuan—Kemampuan untuk memodelkan sistem dari berbagai ukuran dan kompleksitas dan memenuhi kebutuhan simulasi dalam hal antarmuka eksternal, animasi, pelaporan, dan sebagainya.
3. Kemudahan penggunaan—Pengeditan intuitif dan konstruksi bawaan yang meminimalkan waktu dan upaya untuk mempelajari dan menggunakan produk.
4. Layanan—Kualitas dan tingkat pelatihan dan dukungan teknis, termasuk keberlanjutan jangka panjang dari layanan ini.
5. Biaya—Total biaya kepemilikan (TCO), yang mencakup biaya pengadaan, pelatihan, dukungan, dan tenaga kerja untuk menggunakan perangkat lunak.

Meskipun kurang dari selusin produk utama ada di pasaran, ada lebih dari seratus produk yang dapat dipilih. Yang terbaik adalah melakukan penyaringan awal untuk mengembangkan daftar pendek. Kemudian dapat dilakukan evaluasi yang lebih mendalam terhadap tiga atau empat finalis tersebut. Dalam melakukan penyaringan awal, produk yang berbeda harus disaring dalam hal kemampuannya untuk memenuhi persyaratan minimum di area yang baru saja diidentifikasi. Seringkali literatur vendor atau panduan pembelian sangat membantu pada tahap evaluasi ini.

Pada tahap evaluasi akhir, produk harus diperiksa dengan lebih teliti di setiap area yang baru saja terdaftar. Karena semua produk perangkat lunak utama memiliki bug, yang terbaik adalah mencari produk yang matang dan memiliki basis pengguna yang besar. Ini akan membantu memastikan bahwa bahkan bug yang jarang ditemukan telah diidentifikasi dan diperbaiki. Fitur simulasi cukup mudah untuk dinilai karena sebagian besar vendor memiliki daftar fitur yang tersedia. Salah satu kriteria yang paling sulit untuk dinilai dalam produk simulasi adalah kemudahan penggunaan. Sebagian besar vendor kemungkinan besar akan mengklaim bahwa produk mereka adalah yang paling mudah digunakan, jadi selalu merupakan ide bagus untuk mempertimbangkan vendor untuk membangun model sederhana di hadapan Anda yang mewakili aplikasi target. Ini adalah cara terbaik untuk menguji kesesuaian dan kemudahan penggunaan perangkat lunak. Minimal, bagus untuk bereksperimen membangun model sederhana dengan perangkat lunak untuk melihat seberapa ramah pengguna itu. Banyak vendor menawarkan jaminan pada produk mereka sehingga mereka dapat dikembalikan setelah beberapa masa percobaan. Hal ini memungkinkan Anda untuk mencoba perangkat lunak untuk melihat seberapa baik sesuai dengan kebutuhan.

### **2.3.6 Simulasi Menggunakan ProModel**

ProModel yang diluncurkan oleh PROMODEL *Corporation* merupakan sebuah perangkat lunak simulasi yang digunakan untuk berbagai model sistem manufaktur dan sistem pelayanan. ProModel merupakan perangkat lunak simulasi yang digunakan untuk memodelkan suatu sistem secara cepat dan juga akurat salah

satunya sistem produksi [23]. ProModel memiliki komponen pemodelan berorientasi manufaktur berbasis aturan. Beberapa sistem dapat dimodelkan dengan memilih dari rangkaian elemen pemodelan berparameter tinggi dari ProModel. Sebagai tambahan, bahasa pemrograman simulasinya menyediakan pemodelan situasi khusus yang tidak tercakup oleh *built-in* pilihan. Elemen pemodelan dalam ProModel adalah bagian (entitas), lokasi, sumber daya, jaringan jalur, logika perutean dan pemrosesan, dan kedatangan. Sumber daya dapat berjalan di jaringan jalur dengan kecepatan, akselerasi, dan waktu tempuh, serta waktu tempuh dan waktu tempuh yang ditentukan. Elemen perutean dan pemrosesan memungkinkan logika prosedural yang ditentukan pengguna dalam bahasa pemrograman simulasi ProModel.

ProModel memasukkan logika untuk secara otomatis menghasilkan data biaya yang terkait dengan suatu proses. Biaya dapat ditambahkan untuk penggunaan lokasi, sumber daya, dan entitas. ProModel dilengkapi dengan penampil keluaran, memungkinkan penyajian data langsung dan grafik serta bagan yang berguna, seperti diagram keadaan. ProModel berfokus pada pemanfaatan sumber daya, kapasitas, produktivitas, tingkat inventaris, kemacetan, waktu baku, dan banyak lagi. Jenis model yang dapat dibuat dengan promodel adalah:

1. Sistem manufaktur:
  - a. Jalur perakitan, jalur transfer, bengkel, produksi massal
  - b. Sistem produksi fleksibel
  - c. Sistem JIT atau Kanban
2. Sistem layanan:
  - a. Rumah Sakit
  - b. *Call Center*
  - c. Sistem transportasi
  - d. Manajemen layanan pelanggan dan lain-lain.

### 2.3.6.1 Kelebihan ProModel

Kelebihan ProModel dibandingkan *software* simulasi lainnya adalah:

1. Keakuratan promodel sangat baik, sehingga hasil yang diperoleh sangat akurat.
2. Promodel memiliki berbagai kriteria yang dibutuhkan untuk menjalankan dan menyelesaikan masalah simulasi.
3. Mudah digunakan
4. Diakhir simulasi, ProModel membuat laporan dari model yang disimulasikan.
5. Luaran dari ProModel adalah animasi, sehingga sangat mudah untuk dipahami dan dianalisis.

### 2.3.6.2. Elemen-elemen Struktural ProModel

Pembuatan model simulasi sebuah sistem, tidak semua produk simulasi menyediakan kumpulan atau klasifikasi elemen pemodelan yang sama. Bahkan elemen-elemen ini dapat dibagi lagi untuk memberikan diferensiasi yang lebih besar. Lokasi, misalnya, dapat dibagi lagi menjadi workstation, buffer, antrian, dan area penyimpanan. Dari perspektif dinamika sistem, bagaimanapun, ini semua masih hanya tempat entitas diarahkan dan di mana operasi atau kegiatan dapat dilakukan. Untuk alasan ini, lebih mudah untuk menganggap semuanya dalam arti umum sebagai lokasi. Klasifikasi objek yang digunakan oleh ProModel sederhana namun cukup luas untuk mencakup hampir semua objek yang ditemui di sebagian besar sistem manufaktur dan layanan. ProModel telah menyediakan beberapa elemen yang telah disesuaikan [11]. Elemen–elemen tersebut antara lain:

#### 1. Entitas

Entitas adalah unit pemrosesan model yang mewakili input dan output dari suatu sistem. Entitas dalam sistem dapat memiliki properti khusus seperti kecepatan, ukuran, dan keadaan. Entitas mengikuti satu atau lebih jalur yang berbeda melalui sistem untuk menjalankan proses. Mereka bisa datang dari luar sistem atau dibuat di dalam sistem. Entitas biasanya keluar dari sistem setelah mengunjungi serangkaian lokasi tertentu.

Model simulasi sering memakai atribut entitas secara menyeluruh. Misalnya, entitas mungkin memiliki atribut yang disebut Kondisi yang mungkin memiliki nilai 1 untuk cacat atau 0 untuk tidak cacat. Nilai atribut ini dapat menentukan di mana entitas akan dirutekan dalam sistem. Atribut juga sering digunakan untuk mengumpulkan informasi selama simulasi. Misalnya, seorang pemodel dapat mendefinisikan atribut yang disebut *Value Added Time* untuk melacak jumlah waktu nilai tambah yang dihabiskan entitas dalam sistem. Statistik kepentingan yang umumnya dikumpulkan untuk entitas termasuk waktu dalam sistem (waktu aliran), kuantitas yang diproses (keluaran), waktu nilai tambah, waktu yang dihabiskan untuk menunggu dilayani, dan jumlah rata-rata entitas dalam sistem.

## 2. *Location*

*Location* atau lokasi merupakan fasilitas dalam sebuah sistem yang dilewati entitas. Lokasi dapat berupa ruang perawatan, stasiun kerja, titik check-in, antrian, atau area penyimpanan. Lokasi memiliki kapasitas penyimpanan dan mungkin memiliki waktu tertentu yang tersedia. Terkadang juga tertarik pada berapa banyak waktu yang dihabiskan entitas di lokasi tertentu untuk diproses. Ada juga statistik status lokasi yang menarik seperti pemanfaatan, waktu henti, atau waktu menganggur.

## 3. *Resources*

*Resource* atau sumber daya adalah agen yang digunakan untuk memproses entitas dalam sistem. Sumber daya bersifat statis atau dinamis, tergantung pada apakah sumber daya tersebut diam (seperti mesin fotokopi) atau bergerak di sekitar sistem (seperti operator). Kedua sumber daya dinamis berperilaku seperti entitas saat mereka bergerak di sekitar sistem. Seperti Entitas, Sumber Daya dapat bernyawa (makhluk hidup) atau tidak bernyawa (alat atau mesin). Perbedaan utama antara entitas dan sumber daya adalah bahwa entitas memasuki sistem, memiliki urutan pemrosesan yang ditentukan, dan sebagian besar waktu akhirnya keluar dari sistem. Namun, sumber daya biasanya tidak memiliki urutan yang ditentukan dan tetap berada dalam sistem (kecuali selama waktu menganggur).

#### 4. *Paths*

*Paths* atau jalur menentukan jalannya perjalanan untuk entitas dan sumber daya. Jalur dapat diisolasi, atau dapat dihubungkan ke jalur lain untuk membuat jaringan jalur. Di ProModel, jalur sederhana dibuat secara otomatis saat jalur perutean ditentukan. Jalur perutean yang menghubungkan dua lokasi menjadi jalur default perjalanan jika tidak ada jalur yang ditentukan secara eksplisit atau jaringan jalur yang menghubungkan lokasi.

Jalur yang dihubungkan bersama untuk membentuk jaringan jalur adalah umum dalam sistem manufaktur dan layanan. Di bidang manufaktur, lorong dihubungkan untuk menciptakan cara perjalanan untuk truk pengangkut dan penanganan material lainnya. Terkadang memiliki jaringan jalur kompleks yang memungkinkan arus lalu lintas kendaraan yang terkontrol dalam sistem. Dalam sistem pelayanan, kompleks perkantoran memiliki lorong-lorong yang menghubungkan lorong-lorong lain yang terhubung dengan kantor. Sistem transportasi menggunakan jalan raya, rel, dan sebagainya yang seringkali saling berhubungan. Saat menggunakan jaringan jalur, terkadang ada ratusan rute yang harus diambil untuk berpindah dari satu lokasi ke lokasi lain. ProModel dapat secara otomatis menavigasi entitas dan sumber daya di sepanjang urutan jalur terpendek antara dua lokasi. Opsional, Anda dapat secara eksplisit menentukan urutan jalur yang harus diambil untuk berpindah dari satu titik ke titik lain dalam jaringan.

#### **2.4.6.3. Elemen Operasional**

Elemen operasional mendefinisikan perilaku elemen fisik yang berbeda dalam sistem dan bagaimana mereka berinteraksi. Ini termasuk perutean, operasi, kedatangan, pergerakan entitas dan sumber daya, aturan pemilihan tugas, jadwal sumber daya, dan waktu henti serta perbaikan.

Sebagian besar elemen operasional model dapat didefinisikan menggunakan konstruksi yang secara khusus disediakan untuk pemodelan elemen tersebut.

Aturan operasional untuk masing-masing biasanya dapat dipilih dari menu. Mungkin ada situasi, bagaimanapun, yang memerlukan pemodel untuk menggunakan logika khusus seperti pernyataan "jika-maka" untuk mencapai perilaku operasi khusus yang diinginkan.

### 1. *Routings*

*Routings* atau perutean menentukan urutan aliran entitas dari lokasi ke lokasi. Ketika entitas menyelesaikan aktivitasnya di suatu lokasi, perutean menentukan ke mana entitas pergi selanjutnya dan menentukan kriteria untuk memilih dari beberapa kemungkinan lokasi.

Seringkali entitas dapat dirutekan ke lebih dari satu lokasi yang memungkinkan. Saat memilih dari beberapa lokasi alternatif, aturan atau kriteria harus ditentukan untuk membuat pemilihan. Beberapa aturan tipikal yang mungkin digunakan untuk memilih lokasi berikutnya dalam keputusan perutean meliputi:

- a. *Probabilistic*—entitas dirutekan ke salah satu dari beberapa lokasi menurut distribusi frekuensi.
- b. *First available*—entitas pergi ke lokasi pertama yang tersedia dalam urutan daftarnya.
- c. *By turn*—pilihan berputar di antara lokasi dalam daftar.
- d. *Most available capacity*—entitas memilih lokasi yang memiliki kapasitas paling tersedia.
- e. *Until full*—entitas terus pergi ke satu lokasi hingga penuh lalu beralih ke lokasi lain, tempat mereka terus pergi hingga penuh, dan seterusnya.
- f. *Random*—entitas memilih secara acak dari daftar lokasi.
- g. *User condition*—entitas memilih dari daftar lokasi berdasarkan kondisi yang ditentukan oleh pengguna.

### 2. *Entity Operations*

*Entity Operations* atau operasi entitas mendefinisikan apa yang terjadi pada entitas saat memasuki lokasi. Untuk tujuan pemodelan, sifat operasi yang tepat (pemesinan, *check-in* pasien, atau apa pun) tidak penting. Yang penting adalah mengetahui apa yang terjadi dalam hal waktu yang dibutuhkan, sumber daya

yang digunakan, dan logika lain yang memengaruhi kinerja sistem. Untuk operasi yang membutuhkan lebih dari satu waktu dan penunjukan sumber daya, logika rinci mungkin perlu didefinisikan menggunakan pernyataan *if-then*, pernyataan penugasan variabel, atau beberapa jenis pernyataan lainnya.

### 3. *Entity Arrival*

*Entity Arrival* atau kedatangan entitas menentukan waktu, kuantitas, frekuensi, dan lokasi entitas memasuki sistem. Contoh kedatangan adalah pelanggan yang tiba di kantor pos atau mobil yang tiba di persimpangan. Entitas dapat tiba ke sistem manufaktur atau layanan dengan salah satu dari beberapa cara berbeda:

- a. Periodik—mereka tiba pada interval periodik.
- b. Dijadwalkan—mereka tiba pada waktu yang ditentukan.
- c. Berfluktuasi—tingkat kedatangan berfluktuasi seiring waktu.
- d. Peristiwa dipicu—mereka tiba saat dipicu oleh beberapa peristiwa.

### 4. *Entity and Resource Movement*

Entitas dan sumber daya jarang tetap diam dalam suatu sistem. Entitas bergerak melalui sistem dari lokasi ke lokasi untuk diproses. Sumber daya juga berpindah ke lokasi yang berbeda di mana mereka diminta untuk digunakan. Selain itu, sumber daya sering memindahkan atau mengawal entitas dalam sistem. Gerakan dapat ditangani dalam tiga cara dasar dalam simulasi:

- a. Abaikan gerakannya.
- b. Model gerakan menggunakan waktu gerakan sederhana (yang juga dapat ditentukan oleh kecepatan dan jarak).
- c. Model pergerakan menggunakan jaringan jalur yang membutuhkan entitas atau sumber daya yang bergerak untuk bersaing dengan lalu lintas.

Jaringan jalur pada dasarnya meniru jaringan gang atau lorong yang ditemukan di lantai pabrik dan di fasilitas kantor. Jaringan jalur mengurangi jumlah jalur yang perlu ditentukan jika ada banyak perutean yang berbeda namun semua pergerakan berbagi segmen jalur yang sama. Keputusan tentang metode mana yang akan digunakan sekali lagi bergantung pada

tingkat detail yang diperlukan untuk model yang valid. Dalam membuat penentuan ini, aturan berikut mungkin berguna:

- i. Jika waktu perpindahan dapat diabaikan dibandingkan dengan waktu aktivitas, atau jika masuk akal untuk hanya memasukkannya sebagai bagian dari waktu operasi, itu dapat diabaikan.
- ii. Jika waktu perpindahan signifikan tetapi kemacetan lalu lintas ringan, waktu perpindahan sederhana (atau kecepatan dan jarak) harus ditentukan.
- iii. Jika waktu perpindahan signifikan dan kemacetan lalu lintas berat, jaringan jalur harus ditentukan.

#### 5. *Accessing Locations and Resources*

Sebagian besar aktivitas dalam simulasi diatur oleh bagaimana entitas dapat mengakses lokasi dan sumber daya untuk diproses. Entitas dapat diberikan prioritas saat bersaing dengan entitas lain untuk lokasi atau sumber daya tertentu. Lokasi atau sumber daya mungkin juga diberikan kemampuan pengambilan keputusan untuk memilih dari beberapa item yang menunggu masukan.

#### 6. *Resource Scheduling*

Sumber daya, serta lokasi, sering kali memiliki waktu terjadwal di mana mereka tidak tersedia. Ini termasuk periode off-shift, istirahat, dan pemeliharaan preventif. Jika perlu untuk memodelkan periode ketersediaan dan ketidaktersediaan untuk memiliki model yang valid, beberapa masalah yang perlu ditangani saat memodelkan ketersediaan terjadwal termasuk:

- a. Memutuskan apa yang harus dilakukan dengan tugas yang hanya setengah selesai ketika akhir *shift* terjadi.
- b. Memastikan bahwa statistik sumber daya hanya didasarkan pada waktu yang tersedia yang dijadwalkan dan bukan pada seluruh waktu simulasi.
- c. Memutuskan apa yang harus dilakukan dengan kedatangan yang terjadi di lokasi yang tidak bekerja.

#### 7. *Downtimes and Repairs*

Tidak jarang sumber daya dan bahkan lokasi tiba-tiba turun atau menjadi tidak tersedia karena satu dan lain alasan, seperti kegagalan mekanis atau gangguan

pribadi. Waktu henti biasanya terjadi secara berkala sebagai fungsi dari total waktu yang telah berlalu, waktu yang digunakan, atau berapa kali digunakan.

#### 8. *Use of Programming Logic*

Terkadang perilaku model yang diinginkan tidak dapat dicapai dengan menggunakan konstruksi "kalengan" yang disediakan oleh perangkat lunak. Dalam hal ini, perlu menggunakan logika pemrograman yang menguji probabilitas, variabel, dan atribut untuk membuat keputusan perilaku. Penjelasan singkat tentang bagaimana elemen-elemen ini dapat digunakan dalam mengembangkan model simulasi diberikan di sini.

#### **2.4.6.4. Elemen Pemodelan Dasar**

Elemen pemodelan dasar dalam ProModel adalah Lokasi, Entitas, Kedatangan, Pengolahan.

##### 1. *Locations*

Lokasi mewakili tempat tetap dalam sistem di mana entitas diarahkan untuk pemrosesan, penundaan, penyimpanan, pengambilan keputusan, atau aktivitas lainnya, membutuhkan beberapa jenis lokasi penerima untuk menampung entitas yang masuk, serta membutuhkan lokasi pemrosesan di mana entitas memiliki nilai tambah.

##### 2. *Entities*

Apa pun yang dapat diproses oleh model disebut entitas. Beberapa contohnya adalah suku cadang atau widget di pabrik, pasien di rumah sakit, pelanggan di bank atau toko kelontong, dan pelancong yang menelepon untuk reservasi maskapai.

##### 3. *Arrivals*

Entitas bisa tiba secara tunggal atau berkelompok. Jumlah entitas yang tiba pada suatu waktu disebut ukuran *batch* (*Qty* masing-masing). Ukuran batch, waktu antara kedatangan berturut-turut, dan jumlah total batch dapat berupa konstanta atau acak (distribusi statistik).

#### 4. *Processing*

Sebuah proses merupakan operasi yang terjadi di tempat seperti: B. Hal lain yang terjadi di lokasi, termasuk waktu yang dihabiskan entitas di sana, sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan pemrosesan, dan pilihan tujuan berikutnya entitas.

#### 2.3.6.5. Matriks Performansi Sistem

Metrik merupakan ukuran yang bisa digunakan dalam mengevaluasi kinerja suatu sistem. Dari perspektif operasional, masuk akal dalam mencari pengaruh seperti waktu, kualitas, kuantitas, efisiensi, dan pemanfaatan. Indikator operasional ini mencerminkan aktivitas langsung dan dapat dikontrol secara langsung. Indikator operasional utama dari efektivitas dan efisiensi sistem manufaktur dan layanan meliputi:

##### 1. Waktu siklus

Waktu siklus atau *cycle time* merupakan waktu rata-rata sehingga menjadi barang atau pelanggan Untuk sistem pemrosesan pesanan yang diproses oleh sistem, *lead time* juga dapat dianggap sebagai waktu respons pelanggan atau *lead time*. Sebuah istilah yang terkait erat dalam manufaktur adalah makespan. Ini adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu set pekerjaan tertentu. Waktu siklus dapat dikurangi dengan mengurangi durasi aktivitas yang berkontribusi terhadap waktu siklus, seperti pengaturan, pemindahan, manuver, dan waktu inspeksi. Ini juga dapat dikurangi dengan mengurangi jumlah rata-rata pekerjaan yang sedang berjalan atau entitas dalam sistem. Menghilangkan karena 80% atau lebih dari waktu siklus sering dihabiskan di gudang atau antrian. Buffer cenderung mengurangi waktu siklus secara signifikan.

##### 2. Utilitas

Utilitas adalah persentasi waktu yang dijadwalkan di mana orang, peralatan, dan sumber daya lainnya digunakan secara produktif. Ketika sumber daya tidak digunakan, mereka dapat tidak digunakan, diblokir, atau mengganggu. Untuk meningkatkan pemanfaatan produktif, meningkatkan permintaan sumber daya atau mengurangi kuantitas atau kapasitas sumber daya. Ini juga membantu dalam

menyeimbangkan beban kerja. Mencapai pemanfaatan sumber daya yang tinggi sulit pada sistem dengan waktu aktivitas yang sangat bervariasi. Misalnya, bengkel cenderung memiliki utilisasi mesin yang rendah. Utilisasi yang lebih tinggi daripada utilisasi bukanlah tujuan yang baik. Misalnya, meningkatkan pemanfaatan sumber daya tanpa hambatan sering kali hanya membuang-buang inventaris tanpa menciptakan throughput tambahan.

### 3. *Value-added time*

*Value-added time* merupakan jumlah waktu dimana material, pelanggan, dll. benar-benar memperoleh nilai. Dari perspektif operasional, *value-added time* setara dengan waktu penyelesaian, waktu yang dibutuhkan untuk benar-benar melakukan transformasi fisik atau layanan.

### 3. Waktu tunggu

Waktu tunggu atau *waiting time* adalah jumlah waktu bahan, pelanggan dan lain-lain. menunggu untuk diproses. Waktu tunggu sejauh ini merupakan bagian terbesar dari waktu tidak bernilai tambah. Mengurangi jumlah item (pelanggan, inventaris, dan lain-lain.) dalam sistem dapat mengurangi waktu tunggu.

### 4. *Flow rate*

*Flow rate* adalah jumlah barang yang diproduksi atau dilayani oleh pelanggan per unit waktu (misalnya suku cadang atau pelanggan per jam). Pengertian lainnya adalah laju produksi, laju pemrosesan, atau laju throughput. Laju aliran dapat ditingkatkan melalui pengelolaan dan penggunaan sumber daya yang lebih baik, terutama pembatasan atau pembatasan sumber daya.

### 5. Jumlah antrian

Jumlah antrian adalah jumlah barang atau pelanggan di tempat penyimpanan atau ruang tunggu. Meminimalkan tingkat antrian sambil memenuhi target luaran dan persyaratan waktu respon yang diinginkan. Jika tingkat antrian berbeda, mungkin diinginkan untuk mengontrol tingkat antrian minimum atau maksimum. Antrian terjadi ketika sumber daya tidak tersedia saat dibutuhkan. Tingkat persediaan atau antrian dapat dikontrol dengan menyeimbangkan aliran atau membatasi produksi untuk operasi bebas hambatan. Produksi JIT (*just-in-time*) adalah metode untuk mengendalikan tingkat persediaan.

#### 6. *Yield*

Dari perspektif manufaktur, hasil adalah persentase produk jadi yang memenuhi spesifikasi produk sebagai persentase dari jumlah total produk yang masuk ke sistem sebagai bahan baku. Jika 95 dari 100 item tidak rusak, hasilnya adalah 95%. Hasil juga dapat diukur dengan pelengkapanya (tingkat penolakan atau sisa).

#### 7. *Customer responsiveness*

*Customer responsiveness* adalah kemampuan sistem untuk mengirimkan produk tepat waktu untuk meminimalkan waktu tunggu pelanggan. Ini dapat diukur sebagai tingkat eksekusi jumlah pesanan pelanggan yang dapat segera diisi dari persediaan. Untuk meminimalkan penundaan pekerjaan, mungkin diinginkan untuk meminimalkan waktu tunda secara keseluruhan, meminimalkan jumlah atau persentase pesanan yang terlambat, atau meminimalkan penundaan kerja maksimum.

#### 9. *Varians*

*Varians* adalah tingkat variasi yang dapat dan sering terjadi pada salah satu metrik yang disebutkan di atas. Perbedaan menyebabkan ketidakpastian dan karena itu risiko dalam mencapai tujuan kinerja yang diinginkan. Produsen dan penyedia layanan sering kali tertarik untuk mengurangi perbedaan waktu pengiriman dan layanan.

### **2.3.7. Uji Komparasi Sistem**

Simulasi sering dilakukan untuk membandingkan dua atau lebih desain alternatif dari suatu sistem dengan tujuan mengidentifikasi sistem yang unggul untuk metrik kinerja tertentu [11]. Membandingkan desain sistem yang berbeda memerlukan analisis yang cermat untuk memastikan bahwa perbedaan yang diamati disebabkan oleh perbedaan kinerja aktual dan bukan karena fluktuasi statistik, pada tahap ini membutuhkan replikasi untuk dijalankan. Perbandingan sistem ini dapat mengevaluasi konfigurasi alternatif atau kebijakan operasi dengan melakukan beberapa ulangan dari setiap alternatif dan membandingkan hasil rata-rata dari ulangan. Metode statistik untuk membuat jenis perbandingan ini disebut uji

hipotesis. Untuk pengujian ini, hipotesis pertama dirumuskan (misalnya, bahwa metode A dan B keduanya menghasilkan output yang sama) dan kemudian pengujian dilakukan untuk melihat apakah hasil simulasi mengarahkan kita untuk menolak hipotesis. Hasil dari simulasi dapat menyebabkan kita menolak hipotesis bahwa metode A dan B keduanya menghasilkan kemampuan *output* yang sama dan menyimpulkan bahwa *output* yang dihasilkan memang bergantung pada metode mana yang digunakan.

### 2.3.7.1 Uji *Paired Sample T-Test*

*Paired sample t-test* merupakan suatu metode pengujian hipotesis yang digunakan untuk membandingkan rata-rata dua populasi ketika sampel dari populasi tersedia, di mana setiap individu dalam satu sampel dipasangkan dengan individu dalam sampel lainnya [11]. Metode interval kepercayaan berpasangan-t mensyaratkan bahwa pengamatan yang diambil dari setiap populasi (disimulasikan-sistem) independen dalam suatu populasi. Berikut merupakan prosedur uji *paired sample t-test* menggunakan *software* SPSS 25.0 [24] :

1. Tentukan nama dan tipe data pada *variable view*
2. Masukkan data pada *data view*
3. Kemudian jika sudah, pada klik pada menu *Analyze*, kemudian pilih *Compare Means* dan pilih *paired Sample T-Test*.
4. Masukkan data yang telah di input ke *variable 1* dan *variable 2*
5. Pada bagian *option* masukan nilai  $\alpha$  yang akan digunakan, kemudian klik *continue* dan klik *ok*.

Interpretasi *paired sampel t- test* :

1. Dalam menginterpretasikan uji sample t-test perlu menentukan :
  - a. Menentukan nilai dari  $\alpha$
  - b. *df*, dalam uji *paired sample t-test*  $df = N-1$
2. Membandingkan nilai Sig. (*2-tailed*) dengan nilai  $\alpha$ . Apabila :
  - a. Nilai sig  $< \alpha$  : Menolak  $H_0$  (terdapat perbedaan secara signifikansi)
  - b. Nilai sig  $> \alpha$  : Gagal menolak  $H_0$  (tidak ada perbedaan secara signifikansi)