

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1. Persediaan

3.1.1. Pengertian Persediaan

Secara umum, persediaan adalah segala sumber daya organisasi yang disimpan dalam antisipasinya terhadap pemenuhan permintaan. Persediaan adalah komponen, material atau produk jadi yang tersedia di tangan, menunggu untuk digunakan atau di jual (Baroto, 2002).

Persediaan adalah bagian yang sangat penting dalam suatu bisnis. Alasannya adalah persediaan cenderung menyembunyikan persoalan. Dengan memecahkan masalah persediaan membuat masalah menjadi sederhana, namun demikian permasalahan yang sering muncul adalah persediaan sangat mahal dikelola. Akibatnya kebijakan operasi yang bijaksana sangat diperlukan dalam mengelola persediaan. Salah satu fungsi manajerial yang sangat penting adalah pengendalian persediaan. Apabila perusahaan menanamkan terlalu banyak dananya dalam persediaan, hal ini akan menyebabkan biaya penyimpanan yang berlebihan, dan mungkin mempunyai *opportunity cost*. Demikian pula apabila perusahaan tidak mempunyai persediaan yang mencukupi, dapat mengakibatkan biaya-biaya terjadinya kekurangan bahan (*stockout cost*).

Persediaan (*inventory*) ditunjukkan untuk mengantisipasi kebutuhan permintaan. Permintaan ini meliputi, prsediaan bahan mentah, barang dalam proses, barang jadi ataupun produk akhir, bahan-bahan pembantu atau pelengkap, dan komonen-komponen lain yang menjadi bagian keluaran produk perusahaan. Jenis persediaan ini sering disebut dengan istilah persediaan keluaran produk (*product output*).

Secara umum, persediaan didefinisikan sebagai segala sumber daya organisasi yang disimpan dalam antisipasinya terhadap pemenuhan permintaan. Persediaan adalah komponen, material, atau produk jadi yang tersedia di tangan, menunggu untuk digunakan atau dijual (Groebner, 1992).

Sistem pengendalian persediaan bahan baku merupakan salah satu kegiatan yang sangat penting untuk dilakukan oleh suatu perusahaan dalam mengontrol jumlah bahan baku dan bahan pendukung yang diperlukan dalam proses produksi. Namun terkadang ada beberapa faktor yang dapat menghambat usaha tersebut. Oleh sebab itu, adanya pengelolaan yang baik harus dilakukan untuk pembelian bahan baku (Assauri, 1993).

Fungsi pengendalian persediaan yang terpenting adalah:

- a. Menyediakan informasi bagi manajemen mengenai keadaan persediaan.
- b. Mempertahankan suatu tingkat persediaan yang ekonomis.
- c. Menyediakan persediaan dalam jumlah secukupnya untuk menjaga jaringan sampai produksi terhenti dalam hal

pensuplai tidak dapat menyerahkan barang tepat pada waktunya (*safety stock*).

- d. Mengalokasikan ruang penyimpanan untuk barang yang sedang diproses serta barang jadi.
- e. Memungkinkan bagian penjualan beroperasi pada berbagai tingkat melalui penyediaan persediaan barang jadi.
- f. Mengkaitkan pemakaian bahan dengan tersedianya keuangan.
- g. Merencanakan penyediaan bahan dengan kontrak jangka panjang berdasarkan program produksi.

Persediaan (*inventory*) merupakan sejumlah bahan-bahan, *parts* yang disediakan dan bahan-bahan dalam proses yang terdapat dalam perusahaan untuk proses produksi, serta barang-barang jadi atau produk yang disediakan untuk memenuhi permintaan dari konsumen atau langganan setiap waktu (Assauri, 1993).

Dalam hal ini, persediaan berfungsi untuk mempermudah dan memperlancar jalannya operasi perusahaan/pabrik yang harus dilakukan secara kontinyu untuk memproduksi barang, dan kemudian mendistribusikannya kepada konsumen. Dari keterangan di atas, maka dapat dikatakan bahwa persediaan (*inventory*) merupakan salah satu unsur yang sangat penting dalam operasi perusahaan. Oleh karena itu, perlu adanya suatu kebijaksanaan dan pengendalian yang memonitor tingkat persediaan.

3.1.2. Sistem Persediaan

Sistem persediaan adalah suatu mekanisme mengenai bagaimana mengelola masukan-masukan yang sehubungan dengan persediaan menjadi *output*, dimana untuk itu diperlukan umpan balik agar *output* memenuhi standar tertentu. Mekanisme sistem ini adalah membuat serangkaian kebijakan yang memonitor tingkat persediaan, menentukan persediaan yang harus dijaga, kapan persediaan harus diisi, dan berapa besar pesanan harus dilakukan. Sistem ini bertujuan menetapkan dan menjamin tersedianya produk jadi, barang dalam proses, komponen dan bahan baku secara optimal, dalam kuantitas yang optimal, dan pada waktu yang optimal. Kriteria optimal adalah minimasi biaya total yang terkait dengan persediaan, yaitu biaya penyimpanan, biaya pemesanan, dan biaya kekurangan persediaan (Baroto, 2002).

3.1.3. Jenis-jenis Persediaan

Ada beberapa jenis persediaan dimana setiap jenis memiliki karakteristik khusus dan cara pengelolaan yang berbeda. Secara fisik *item* persediaan dapat dikelompokkan dalam 5 kategori, yaitu (Baroto, 2002):

- a. Bahan mentah (*raw material*), yaitu persediaan barang-barang berwujud, seperti baja, kayu, tanah liat dan komponen lainnya yang digunakan dalam proses produksi. Bahan mentah dapat diperoleh dari sumber-sumber alam atau dibeli dari pemasok atau diolah sendiri oleh perusahaan untuk digunakan dalam proses produksinya sendiri.

- b. Komponen, yaitu persediaan barang-barang yang terdiri atas bagian-bagian (*parts*) yang diperoleh dari perusahaan lain, atau hasil produksi sendiri untuk digunakan dalam pembuatan barang jadi atau setengah jadi.
- c. Persediaan bahan pembantu atau penolong (*supplies*), yaitu persediaan barang-barang yang diperlukan dalam proses produksi, tetapi tidak merupakan bagian atau komponen barang jadi.
- d. Persediaan barang dalam proses (*work in proses*), yaitu persediaan barang-barang yang merupakan keluaran dari operasi dalam proses produksi atau perakitan yang telah memiliki perakitan yang lebih kompleks daripada komponen, namun masih perlu proses yang lebih lanjut untuk di produksi menjadi barang jadi.
- e. Persediaan barang jadi (*finished goods*), yaitu persediaan barang-barang yang telah selesai diproses atau diolah dalam pabrik dan siap untuk dijual atau dikirim kepada pelanggan.

Selain itu, jenis-jenis persediaan juga dapat dibedakan berdasarkan fungsinya, yaitu (Yukarnoto, 2007):

- a. *Working Stock* (juga disebut *Lot Size Stock*), yaitu persediaan yang diadakan karena kita membeli bahan baku atau memproduksi barang jadi dalam jumlah yang lebih besar dari jumlah yang dibutuhkan pada saat itu. Dalam hal ini, pembelian atau pembuatan yang dilakukan untuk jumlah besar, sedangkan penggunaan atau pengeluaran dalam jumlah kecil. Terjadinya persediaan

karena pengadaan bahan baku atau barang jadi yang dilakukan lebih banyak daripada yang dibutuhkan.

- b. *Safety Stock* (juga disebut *Buffer* atau *Fluctuation Stock*), yaitu persediaan yang diadakan sebagai cadangan untuk tetap menjaga stabilitas produksi dari ketidakpastian waktu pengiriman bahan baku dan permintaan pelanggan. Apabila terdapat fluktuasi permintaan yang sangat besar, maka membutuhkan persediaan (*fluctuation stock*) yang sangat besar pula untuk menjaga kemungkinan naik turunnya permintaan pelanggan tersebut.
- c. *Anticipation Stock*, merupakan persediaan yang diadakan untuk menghadapi fluktuasi permintaan yang dapat diramalkan berdasarkan pola musiman yang terdapat dalam satu tahun dan untuk menghadapi penggunaan atau permintaan yang meningkat. Selin itu, *anticipation stock* juga berfungsi untuk menjaga kemungkinan sulitnya memperoleh bahan-bahan yang dibutuhkan sehingga tidak mengganggu jalannya proses produksi.

3.1.4. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Persediaan

Ada beberapa macam faktor yang mempengaruhi persediaan bahan baku dan saling berkaitan, sehingga secara bersama-sama akan mempengaruhi persediaan bahan baku. Faktor-faktor tersebut antara lain (Ahyari, 1986):

a. Perkiraan Pemakaian

Perkiraan ini merupakan perkiraan tentang seberapa besar jumlah bahan baku yang akan dipergunakan oleh perusahaan untuk keperluan proses produksi. Perkiraan

kebutuhan bahan baku tersebut dapat diketahui dari perencanaan produksi pada periode sebelumnya. Sedangkan perencanaan produksi perusahaan dapat diketahui dari perencanaan penjualan pada tingkat persediaan produk atau barang jadi yang dikehendaki oleh perusahaan.

b. Harga Beli Bahan Baku

Harga bahan baku ini merupakan dasar penyusunan perhitungan besarnya dana perusahaan yang harus disediakan untuk investasi persediaan bahan baku. Harga bahan baku akan mempengaruhi tinggi rendahnya harga produk jadi. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh tingkat keuntungan yang diharapkan perusahaan.

c. Biaya Persediaan

Biaya persediaan terdiri dari biaya tetap dan biaya variabel. Biaya variabel adalah biaya yang berubah-ubah karena adanya perubahan jumlah persediaan dalam gudang. Biaya tersebut akan naik jika jumlah persediaan barang digudang meningkat. Jenis biaya ini antara lain: biaya modal yang ditanamkan dalam persediaan, biaya atau upah pemeliharaan persediaan dalam gudang. Biaya tetap adalah elemen-elemen biaya persediaan yang relatif tetap jumlah totalitasnya dalam jangka pendek dengan tidak memandang adanya variasi yang normal dan jumlah persediaan yang disimpan, misalnya biaya depresiasi atau penyusutan ruang yang digunakan, pajak, biaya pemeliharaan gudang, buruh penjaga gudang dan lain sebagainya.

d. Kebijakan Pembelanjaan

Besar kecilnya persediaan bahab baku untuk mendapatkan dana dari perusahaan akan tergantung dari kebijakan perusahaan. Disamping itu juga dilihat apakah dana yang disediakan itu cukup untuk pembayaran semua bahan yang diperlukan oleh perusahaan atau hanya sebagian saja.

e. Pemakaian Sebenarnya

Besarnya jumlah pemakaian bahan baku dalam proses produksi serta bagaimana hubungannya dengan perkiraan pemakaian yang sudah ada harus senantiasa dianalisa. Dari hasil perhitungan pemakaian bahan baku untuk satu periode sebelumnya, maka perusahaan dapat memperkirakan banyaknya bahan baku yang dibutuhkan atau harus digunakan.

f. Waktu Tunggu (*Lead time*)

Waktu tunggu adalah tenggang waktu yang diperlukan atau yang terjadi saat pemesanan bahan baku dengan datangnya bahan baku itu sendiri. Waktu tunggu sangat diperlukan karena berkaitan erat dengan saat pemesanan berikutnya.

g. Persediaan Pengaman (*Safety Stock*)

Safety stock merupakan persediaan minimal yang harus dipertahankan oleh perusahaan dalam kaitannya dengan kelancaran proses produksi. *Safety stock* sangat penting karena apabila terjadi keterlambatan maka proses produksi masih dapat dilakukan.

h. Titik Pemesanan Kembali (*Reorder Point*)

Untuk menjaga kelancaran proses produksi tidaklah cukup hanya dengan menentukan jumlah bahan baku yang akan dibeli. Selain juga harus ditetapkan juga saat yang tepat untuk pemesanan bahan baku agar bahan baku dapat datang tepat pada waktunya. Bahan baku yang datang terlambat akan menyebabkan terganggunya kelancaran proses produksi. Dan sebaliknya bila datang terlalu awal akan menyebabkan bertambahnya biaya penyimpanan.

3.1.5. Biaya-Biaya Persediaan

Tujuan dari pengendalian persediaan adalah menyediakan bahan baku dalam jumlah yang tepat, dengan *lead time* yang tepat dan biaya yang rendah. Biaya persediaan merupakan keseluruhan biaya operasi atas sistem persediaan. Unsur-unsur biaya yang terdapat dalam persediaan dapat digolongkan menjadi 5 golongan, yaitu (Baroto, 2002):

a. Biaya Pembelian (*purchase cost*)

Biaya pembelian merupakan harga per unit *item* apabila barang tersebut dibeli dari pihak luar. Biaya per unit akan selalu menjadi bagian dari biaya *item* dalam persediaan. Untuk pembelian dari pihak luar, biaya pembelian merupakan harga per unit *item* ditambah dengan biaya pengangkutan. Sedangkan untuk *item* yang diproduksi dalam perusahaan, biaya per unit adalah termasuk biaya tenaga kerja, bahan baku, dan biaya *overhead* pabrik.

b. Biaya Pemesanan (*Order/Procurement Cost*)

Setiap kali suatu bahan dipesan, perusahaan pasti akan menanggung biaya pemesanan (*order cost* atau *procurement cost*). Yang termasuk ke dalam biaya pemesanan, antara lain biaya pengeluaran surat menyurat, biaya pengepakan dan penimbangan, biaya pemeriksaan (inspeksi) penerimaan, biaya pengiriman ke gudang, dan lain sebagainya. Biaya per pesanan (di luar biaya bahan dan potongan kuantitas) tidak akan naik apabila kuantitas pesanan bertambah besar.

c. Biaya Penyiapan (*manufacturing*)

Apabila bahan diproduksi sendiri di dalam pabrik, perusahaan menghadapi biaya persiapan (*setup cost*) untuk memproduksi komponen tertentu. Yang termasuk ke dalam biaya penyiapan adalah biaya mesin menganggur, biaya persiapan tenaga kerja langsung, biaya penjadwalan (*scheduling*), biaya ekspedisi, dan lain sebagainya.

d. Biaya penyimpanan (*holding cost*)

Biaya penyimpanan terdiri atas biaya-biaya yang berhubungan secara langsung dengan kuantitas persediaan. Biaya penyimpanan per periode akan semakin besar apabila kuantitas bahan yang dipesan semakin banyak. Yang termasuk ke dalam biaya-biaya penyimpanan adalah biaya fasilitas penyimpanan (biaya penerangan, pemanas, atau pendingin), biaya kerusakan, biaya modal yaitu alternatif pendapatan atas dana yang diinvestasikan dalam persediaan, biaya asuransi

persediaan, biaya pajak persediaan, dan lain sebagainya.

- e. Biaya kehabisan atau kekurangan bahan (*stockout cost*).
Dari semua biaya yang berhubungan dengan tingkat persediaan, biaya kekurangan bahan adalah yang paling sulit diperkirakan. Biaya kehabisan atau kekurangan bahan merupakan konsekuensi atas kekurangan dari luar maupun dari dalam perusahaan. Kekurangan dari luar terjadi apabila pesanan konsumen tidak dapat terpenuhi. Sedangkan kekurangan dari dalam terjadi apabila departemen tidak dapat memenuhi kebutuhan departemen yang lain. Biaya kekurangan dari luar dapat berupa biaya *backorder*, yaitu biaya kehilangan kesempatan mendapatkan keuntungan. Biaya kekurangan dari dalam dapat berupa penundaan pengiriman maupun *idle* kapasitas. Apabila terjadi, maka harus melakukan *backorder*, atau mengganti dengan *item* lain, atau membatalkan pengiriman. Dalam kasus *backorder* ini, bukan kerugian penjualan yang terjadi, namun merupakan penundaan dalam pengiriman.

3.1.6. Penyebab Fungsi Persediaan

Persediaan merupakan suatu hal yang tidak terhindarkan. Penyebab timbulnya persediaan adalah sebagai berikut (Baroto, 2002):

- a. Mekanisme pemenuhan atas permintaan. Permintaan terhadap suatu barang tidak dapat dipenuhi seketika bila barang tersebut tidak tersedia sebelumnya. Untuk menyiapkan barang ini diperlukan waktu waktu untuk

pembuatan dan pengiriman, maka adanya persediaan merupakan hal yang sulit dihindarkan.

- b. Keinginan untuk meredam ketidakpastian terjadi akibat permintaan yang bervariasi dan tidak pasti dalam jumlah maupun waktu kedatangan, waktu pembuatan yang cenderung tidak konstan antara suatu produk dengan produk berikutnya, waktu tenggang (*lead time*) yang cenderung tidak pasti karena banyak faktor yang tidak dapat dikendalikan. Ketidakpastian ini dapat diredam dengan mengadakan persediaan.
- c. Keinginan melakukan spekulasi yang bertujuan mendapatkan keuntungan besar dari kenaikan harga di masa mendatang.

3.1.7. Sifat dan Unsur-unsur Persediaan

Terdapat 3 (tiga) unsur penting yang akan menjadi dasar bagi pembahasan persediaan, unsur-unsur tersebut adalah (Rahmawati, 2006):

a. Unsur Permintaan (*Demand*)

Apabila permintaan yang akan datang dapat diketahui secara pasti atau tertentu maka permintaan tersebut sifatnya deterministik. Sebaliknya bila permintaan yang akan datang tidak tentu atau tidak diketahui secara pasti sehingga harus ditentukan dengan distribusi probabilitas, maka sifat permintaan adalah probabilistik.

b. Unsur Periode Datangnya Pesanan (*Lead Time*)

Selama pesanan terhadap suatu barang tertentu dikeluarkan maka beberapa waktu kemudian barang

tersebut baru tiba. Selang waktu antara pesanan dikeluarkan sehingga saat datangnya pesanan dikenal dengan istilah "lead time" atau periode datangnya pesanan. Apabila permintaan maupun *lead time* dapat diketahui secara pasti, maka dikatakan bahwa kita berada pada situasi yang deterministik, akan tetapi bila salah satu yaitu permintaan atau *lead time* atau keduanya ditentukan dengan distribusi probabilitas, maka dikatakan sifatnya berada dalam jangkauan probabilistik.

c. Unsur Permintaan Selama Periode Datangnya Pesanan

Apabila karakteristik atau sifat-sifat dan permintaan dan periode datangnya pesanan telah dapat ditunjukkan, maka sifat-sifat dari unit yang diminta selama periode datangnya pesanan dapat segera diperkirakan. Unit yang diminta selama periode datangnya pesanan dapat terjadi tetap atau berubah-ubah tergantung pada sifat permintaan atau tingkat pemakaian selama periode datangnya pesanan dan perilakunya.

3.2. Pengendalian Persediaan Probabilistik

Dalam persediaan jumlah pesanan yang ekonomis sangat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya tingkat permintaan serta selang waktu antara saat pemesanan dikeluarkan hingga saat datangnya pesanan. Jumlah pesanan yang ekonomis tersebut dapat diklasifikasikan dalam dua model yaitu *EOQ* model deterministik dan *EOQ* model probabilistik.

EOQ deterministik mengasumsikan bahwa *demand* maupun *lead time* diketahui secara pasti. Walaupun demikian kadang-kadang besarnya pesanan tidak dapat langsung ditentukan. Hal yang ini disebabkan karena adanya beberapa kendala seperti keterbatasan tempat penampungan bahan dan juga keterbatasan dana (modal kerja) yang disediakan untuk pembelian bahan. Oleh sebab itu besarnya pembelian bahan (jumlah pesanan) harus diasumsikan dengan kendala yang ada.

Namun demikian pada kenyataannya besarnya tingkat permintaan dan periode datangnya pesanan tidak dengan mudah dipastikan. Pengaruh dari lingkungan eksternal dan internal menyebabkan permintaan berfluktuasi, masalah pengangkutan dan mungkin juga tidak tersedianya bahan yang dipesan akan menyebabkan penundaan pengiriman pesanan dari penyalur. Oleh sebab itu, faktor-faktor lingkungan yang berbentuk parameter-parameter model persediaan dapat ditentukan secara probabilitas.

Suatu model dikatakan probabilitik bila salah satu dari *demand* atau *lead time* atau bahkan keduanya tidak dapat diketahui dengan pasti, dimana perilakunya harus diuraikan dengan distribusi probabilitas. Pertimbangan yang sangat penting dalam setiap model probabilitik adalah adanya kemungkinan kehabisan persediaan atau *stock outs*. *Stock outs* atau kehabisan persediaan dapat timbul karena naiknya tingkat pemakaian persediaan yang diharapkan ataupun waktu penerimaan barang yang lebih lama dari *lead time* yang diharapkan.

Peristiwa kehabisan persediaan akan menimbulkan biaya-biaya tertentu seperti kehilangan laba potensial, *good will*, dan lain-lain yang sangat tidak diharapkan manajemen. Oleh karena itu perlu diambil tindakan-tindakan untuk mengurangi atau bahkan mungkin menghindarinya. Untuk menghindarkan diri dari masalah kehabisan persediaan atau *safety stock*. Tetapi, pembentukan *safety stock* akan berakibat pada naiknya biaya persediaan, yaitu biaya simpan untuk cadangan persediaan. Semakin besar cadangan persediaannya maka akan semakin besar pula biaya simpannya.

Pokok perhatian dalam model probabilistik adalah analisis terhadap perilaku persediaan selama *lead time*. *Reorder point* adalah saat dimana pesanan harus dibuat yang mana diharapkan dengan pesanan pada saat tersebut barang akan datang tepat pada waktunya sesuai dengan lamanya periode *lead time*. Pada model probabilistik ini terdapat beberapa kemungkinan yang terjadi pada periode waktu setelah pesanan dibuat yaitu:

- a. Tingkat pemakaian bahan konstan, namun periode datangnya pesanan berubah-ubah atau tidak tentu.
- b. Waktu tunggu konstan, namun tingkat pemakaian bahan berubah-ubah atau tidak tentu.
- c. Baik tidaknya pemakaian maupun tingkat pemakaian bahan berubah-ubah atau tidak tentu.

(Reksohadiprojo, 1995).

3.3. Simulasi

3.3.1. Pengertian Simulasi

Simulasi merupakan teknik yang digunakan dalam penelitian operasional dan teknik-teknik manajemen. Simulasi banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang bersifat probabilistik, yang biasanya sulit didekati dengan analisis matematis (Kelton, 2007).

Kata simulasi (*simulate*) mempunyai arti meniru atau menyerupai. Simulasi merupakan sebuah tiruan dari sebuah cara operasi di dunia nyata. Model simulasi adalah suatu teknik dimana hubungan sebab-akibat dari suatu sistem ditangkap (*capture*) di dalam sebuah model komputer, untuk menghasilkan beberapa perilaku sesuai dengan sistem nyata, (Kelton, 2000).

Ada beberapa kareakteristik model-model simulasi, yaitu (Kelton, 2000):

a. Statik Dinamik

Model simulasi digunakan untuk mempresentasikan keadaan statik maupun dinamik. Model dinamik sering digunakan untuk menggambarkan penjualan produk baru, sedangkan model statik lebih sering digunakan dalam perancangan tata letak ruangan dan fasilitas.

b. Kontinyu-Diskret

Variabel-variabel dalam simulasi dapat berubah dalam 4 cara:

- 1). Secara kontinyu dalam seluruh selang waktu
- 2). Secara kontinyu dalam selang waktu tertentu
- 3). Secara diskret dalam selang waktu
- 4). Secara diskret dalam selang waktu tertentu

Penggunaan variabel bergantung pada simulasi yang dimodelkan, tujuan pemodelan dan jenis fasilitas komputasi yang tersedia.

c. Agregat Detail

Tingkat agregat merupakan salah satu karakteristik yang penting dari model simulasi dan tingkat agregat ini sangat bergantung pada tujuan pemodelannya.

d. Deterministik-Statik

Beberapa kasus memiliki sifat stokastik yang harus dimodelkan secara eksplisit, tetapi seringkali dianggap cukup untuk memodelkan situasi tersebut secara deterministik menggunakan nilai ekspektasi dari variabel.

e. Ukuran selang waktu

Dimensi dari simulasi adalah ukuran dari selang waktu untuk model yang bersifat agregat menggunakan satuan waktu yang relatif besar (tahun, dekade), sedangkan untuk model yang lebih detail biasanya menggunakan satuan waktu yang lebih kecil (hari, menit, detik).

3.3.2. Tahapan simulasi

Untuk melakukan simulasi ada beberapa elemen prosedur atau tahapan simulasi yaitu, (Kelton, 2000):

a. Memformulasikan masalah

Langkah awal ini mencoba mengenali garis besar dari suatu sistem. Pada tahapan ini, perlu dikenali masalah yang ada, objek yang menjadi fokus analisa, variabel yang terlibat, hal-hal yang menjadi kendala, dan ukuran performansi yang akan dicapai.

b. Mengumpulkan data

Pada tahapan ini informasi dan data menunjang pemodelan sistem dikumpulkan dan nantinya diinputkan setelah badan model selesai disusun.

c. Memilih *software* dan mengembangkan model

Pada tahap ini, model mulai disusun dan dikembangkan dengan cara dan bahasa sesuai dengan *software* yang digunakan.

d. Melakukan verifikasi dan validasi model

Verifikasi adalah langkah memastikan bahwa model berlaku benar sesuai dengan konsep dan asumsi yang dibuat dan di *translate* secara benar kedalam bahasa *softwarena*. Verifikasi dilakukan dengan cara meneliti jalannya simulasi untuk setiap bagian model. Validasi adalah langkah untuk memastikan bahwa model benar-benar mempresentasikan sistem nyatanya dan dapat digunakan untuk pembelajaran sistem tersebut.

e. Melakukan analisis dan eksplorasi model

Pada tahap ini sistem dapat dianalisis melalui model yang telah valid. Pada sistem yang bersifat terbuka, dimungkinkan melakukan eksplorasi model dengan melakukan perubahan kondisi input maupun keadaan lainnya.

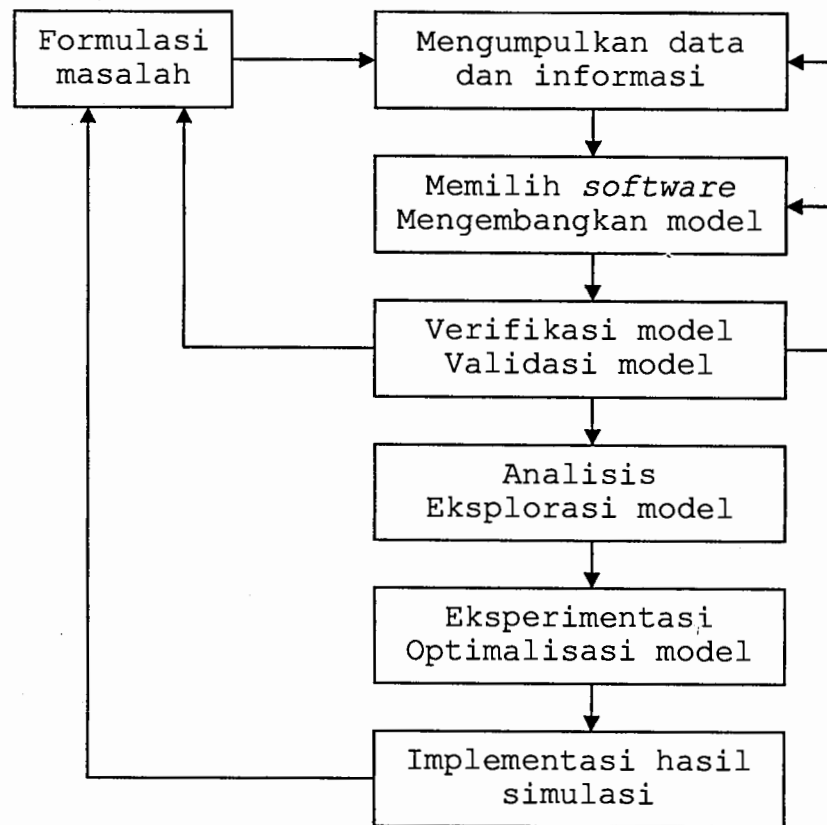
f. Melakukan eksperimen optimasi model.

Pada tahap ini, *output* simulasi, perilaku sistem, dan analisisnya diteliti dan dilakukan eksperimen untuk menjawab pertanyaan formulasi masalahnya. Dengan demikian dapat diperoleh gambaran optimal sistem

melalui modelnya yang dapat dijadikan pertimbangan untuk perbaikan dan perkembangan sistem nyatanya.

g. Mengimplementasikan hasil simulasi

Hasil simulasi perlu disampaikan pada manajemen sebagai masukan perbaikans sistem. Implementasi hasil simulasi dalam dalam sistem nyata perlu terus dipantau atau bila perlu menjadi masukan lagi bagi analisis agar optimasi sistem dapat berkesinambungan.



Gambar 3.1. Tahapan Simulasi (Kelton, 2000)

3.3.3. Keunggulan dan Kelemahan Simulasi

Sebagai salah satu cara mempelajari suatu sistem, simulasi memiliki keunggulan dan kelemahan. Keunggulannya antara lain adalah (Kelton, 2000):

- a. Mampu mengakomodasi sistem yang kompleks dan variabelitas yang relatif tinggi.
- b. Dapat memodelkan berbagai macam tipe sistem.
- c. Dapat melihat performansi sistem suatu saat, bahkan pada kondisi lain.
- d. Lebih leluasa mengendalikan eksperimen.
- e. Tidak merusak sistem yang ada.
- f. Memvisualisasikan realitas sistem.
- g. Menunjang detail sebuah desain.
- h. Hasilnya dapat menjadi masukan perbaikan sistemnya.
- i. Memungkinkan mempelajari sistem dalam *frame* waktu yang relatif panjang dalam waktu relatif singkat.

Sedangkan kelemahan simulasi adalah, (Kelton, 2000):

- a. Sulit mengkontribusikan semua unsur sistem yang kompleks kedalam model simulasi.
- b. Sifatnya lebih cenderung perspektif.
- c. Sebuah model simulasi hanya mampu menghasilkan nilai estimasi saja.
- d. Sulit didapat hasil eksak dari parameteranya.

3.4. Sistem

Sistem merupakan elemen-elemen yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan tertentu (Kelton, 2007).

Beberapa pembelajaran mengenai sistem adalah sebagai berikut (Kelton, 2007):

a. Eksperimen Sistem Aktual vs Eksperimen Model Sistem

Jika eksperimen dengan sistem aktual memungkinkan, maka tidak perlu dipermasalahkan validitas eksperimen tersebut. Namun demikian, eksperimen sistem aktual jarang dilakukan, karena akan memakan biaya yang besar, dan mengandung resiko yang besar. Dengan alasan ini, disusun suatu model yang mempresentasikan sistem aktual, sehingga analisis dimungkinkan untuk bereksperimen dengan model seolah-olah seperti bereksperimen dengan sistem nyatanya. Bereksperimen dengan model mengandung konsekuensi harus melakukan validasi model.

b. Model Fisika vs Model Matematis

Model fisika berupa miniatur yang menunjukkan bentuk fisik sistemnya. Model matematis harus mempresentasikan sistem secara logis. Melalui sistem ini, analisis memanipulasi input kuantitatif untuk dapat melihat perilaku model.

c. Solusi Analitis vs Simulasi

Setelah disusun model matematis, dilakukan analisis untuk memperoleh jawaban dari permasalahan yang ada. Jika model relatif sederhana, dimungkinkan didapat hasil eksak melalui solusi analitis. Namun untuk model yang kompleks, dapat dilakukan simulasi jika solusi analitis sudah sangat sulit atau bahkan tidak mungkin dilakukan.

3.5. Penentuan Jumlah Replikasi

Simulasi yang telah dibuat, tidak cukup jika hanya dijalankan satu kali. Karena belum tentu sudah bisa mempresentasikan sistem yang ada. Oleh karena itu, simulasi perlu dijalankan sebanyak beberapa kali agar dapat mewakili sistem. Untuk menentukan berapa kali suatu simulasi harus dijalankan, maka ditentukan jumlah replikasi agar didapatkan hasil yang sesuai sistem yang sebenarnya. Parameter yang digunakan untuk menentukan jumlah replikasi adalah *average total cost* untuk menentukan jumlah replikasi, terlebih dahulu ditetapkan $\alpha = 0,1$ dan nilai y yang dipakai adalah $0,1$ (Kelton, 2000). Koefisien α merupakan nilai confidence interval. Nilai $\alpha = 0,1$ berarti ada kemungkinan sebanyak $0,1$ nilai mean akan berada diluar range. Jumlah replikasi dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$n_r(y) = \min \left\{ i \geq n; \frac{t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{S^2(n)/i}}{|\bar{x}(n)|} \leq y' \right\} \quad (3.1)$$

$$y' = y / (1+y) \quad (3.2)$$

dimana : $n_r(y)$ = jumlah replikasi
 y = tingkat error
 i = jumlah sample
 α = tingkat kepercayaan
 S = standar deviasi
 $\bar{x}(n)$ = mean sample ke- n

(Law and Kelton, 2007)

3.6. Verifikasi dan Validasi

3.6.1. Verifikasi

Verifikasi model merupakan proses pemeriksaan terhadap suatu model apakah model tersebut telah sesuai dengan yang diharapkan (Kelton, 2000).

3.6.2. Validasi

Validasi model merupakan proses untuk pemeriksaan terhadap suatu model apakah model tersebut telah berperilaku sesuai dengan sistem nyatanya (Kelton, 2000).

3.7. Uji Beda Nyata

Uji beda nyata dilakukan apabila terjadi overlap dalam skenario-skenario yang dibuat. Untuk melakukan pengujian tersebut digunakan *tools* pada *microsoft excel*. Hasil yang diperoleh dikatakan tidak berbeda secara *significant*, dilihat dari " $p(T \leq t)$ *two tail*" yang lebih besar dari 0,05. Berikut langkah-langkah untuk melakukan pengujian beda nyata:

- a. Buka data yang akan diuji pada *microsoft excel* lalu klik *tools data analysis*.
- b. Pilih *t-test paired two sample means*, lalu klik OK.
- c. Isi "*variabel 1 range*" dengan kolom yang berisi data yang akan diuji, lalu isi "*variabel 2 range*" dengan kolom data yang akan di bandingkan kemudian klik OK.