

BAB 3

LANDASAN TEORI

1.7. Persediaan

Perencanaan dan pengendalian persediaan merupakan suatu kegiatan penting yang mendapat perhatian khusus dari manajemen perusahaan, karena mempunyai nilai yang cukup besar serta mempunyai pengaruh terhadap besar kecilnya biaya operasional, maka dari itu persediaan merupakan salah satu aset penting dalam perusahaan.

3.1.1. Definisi Persediaan

Persediaan adalah bahan atau barang yang disimpan yang akan digunakan untuk memenuhi tujuan tertentu, misalnya untuk digunakan dalam proses produksi atau perakitan, untuk dijual kembali, atau untuk suku cadang dari suatu peralatan atau mesin. Persediaan dapat berupa bahan mentah, bahan pembantu, barang dalam proses, barang jadi, ataupun suku cadang (Herjanto, 1997). Bisa dikatakan tidak ada perusahaan yang beroperasi tanpa persediaan, meskipun sebenarnya persediaan hanyalah suatu sumber dana yang menganggur, karena sebelum persediaan digunakan berarti dana yang terikat didalamnya tidak dapat digunakan untuk keperluan yang lain.

Sistem pengendalian persediaan dapat didefinisikan sebagai serangkaian kebijakan pengendalian untuk menentukan tingkat persediaan yang harus dijaga, kapan pesanan untuk menambah persediaan harus dilakukan dan berapa besar pesanan harus diadakan. Sistem ini

menentukan dan menjamin tersedianya persediaan yang tepat dalam kuantitas dan waktu yang tepat. Mengendalikan persediaan yang tepat bukan hal yang mudah. Apabila jumlah persediaan terlalu besar mengakibatkan timbulnya dana menganggur yang besar (yang tertanam dalam persediaan), meningkatnya biaya penyimpanan, dan risiko kerusakan barang yang lebih besar. Namun, jika persediaan terlalu sedikit mengakibatkan risiko terjadinya kekurangan persediaan (*stockout*) karena seringkali bahan tidak dapat didatangkan secara mendadak dan sebesar yang dibutuhkan, yang menyebabkan terhentinya proses produksi, tertundanya penjualan, bahkan hilangnya pelanggan. Maka dari itu pengendalian persediaan harus dilakukan sedemikian rupa agar dapat melayani kebutuhan bahan atau barang dengan tepat dan dengan biaya yang rendah.

3.1.2. Fungsi dan Jenis Persediaan

Menurut Herjanto (1997), terdapat beberapa fungsi penting yang dikandung oleh persediaan dalam memenuhi kebutuhan perusahaan, antara lain:

1. Menghilangkan risiko keterlambatan pengiriman bahan baku atau barang yang dibutuhkan perusahaan,
2. Menghilangkan risiko jika material yang dipesan tidak baik sehingga harus dikembalikan,
3. Menghilangkan risiko terhadap kenaikan harga barang atau inflasi,
4. Untuk menyimpan bahan baku yang dihasilkan secara musiman sehingga perusahaan tidak akan kesulitan jika bahan itu tidak tersedia di pasaran,
5. Mendapatkan keuntungan dari pembelian berdasarkan diskon kuantitas,

6. Memberikan pelayanan kepada pelanggan dengan tersedianya barang yang diperlukan.

Kusuma (1999) menyebutkan perencanaan dan pengendalian persediaan berguna untuk menjadikan proses produksi dan pemasaran stabil. Persediaan bahan baku bertujuan untuk mengurangi ketidakpastian produksi akibat fluktuasi pasokan bahan baku. Persediaan penyangga dan komponen berguna untuk mengurangi ketidakpastian produksi akibat kerusakan mesin. Sementara itu persediaan produk jadi berguna untuk memenuhi fluktuasi permintaan yang tidak dapat dengan segera dipenuhi oleh produksi mengingat untuk produksi dibutuhkan bahan baku. Kebutuhan akan persediaan muncul karena adanya waktu anjang (*lead time*) antar operasi yang berurutan, *lead time* pembelian bahan, atau *lead time* pendistribusian barang dari titik produksi ke titik pemasaran. Kebutuhan persediaan akan semakin tinggi jika derajat ketidakpastian waktu aktual pengadaan bahan makin tinggi.

Dilihat dari fungsinya, persediaan dapat dikelompokkan ke dalam 4 (empat) jenis, yaitu (Herjanto, 1997):

1. *Fluctuation Stock*, merupakan persediaan yang dimaksudkan untuk menjaga terjadinya fluktuasi permintaan yang tidak dapat diperkirakan sebelumnya, dan untuk mengatasi bila terjadi kesalahan/penyimpangan dalam prakiraan penjualan, waktu produksi, atau pengiriman barang.
2. *Anticipation Stock*, merupakan persediaan untuk menghadapi permintaan yang dapat diramalkan, misalnya pada musim permintaan tinggi, tetapi kapasitas produksi pada saat itu tidak mampu memenuhi

permintaan. Persediaan ini juga dimaksudkan untuk menjaga kemungkinan sukarnya diperoleh bahan baku sehingga tidak mengakibatkan terhentinya produksi,

3. *Lot-size Inventory*, merupakan persediaan yang diadakan dalam jumlah yang lebih besar daripada kebutuhan pada saat itu. Persediaan dilakukan untuk mendapatkan keuntungan dari harga barang (berupa diskon) karena membeli dalam jumlah yang besar, atau untuk mendapatkan penghematan dari biaya pengangkutan per *unit* yang lebih rendah.
4. *Pipeline Inventory*, merupakan persediaan yang dalam proses pengiriman dari tempat asal ke tempat barang itu akan digunakan. Misalnya, barang yang dikirim dari pabrik menuju tempat penjualan, yang dapat memakan waktu beberapa hari atau minggu.

Disamping perbedaan menurut fungsi, persediaan juga dapat dibedakan menurut jenis dan posisi barang tersebut di dalam urutan pengerjaan produk, sebagai berikut (Assauri, 1980):

1. Persediaan Bahan Baku (*Raw Materials Stock*), yaitu persediaan dari barang-barang berwujud yang digunakan dalam proses produksi, yang dapat diperoleh dari sumber-sumber alam ataupun dibeli dari *supplier* atau perusahaan yang menghasilkan bahan baku bagi pabrik yang menggunakannya. Misalnya, kertas merupakan bahan baku bagi perusahaan percetakan, tetapi kertas juga merupakan barang jadi bagi suatu pabrik yang menghasilkan kertas.
2. Persediaan Bagian Produk atau *Parts* yang dibeli (*Purchased Parts/Components Stock*), yaitu persediaan barang-barang yang terdiri dari *parts* yang diterima

dari perusahaan lain, yang dapat secara langsung dirakit dengan *parts* lain, tanpa melalui proses produksi sebelumnya. Jadi barang yang merupakan *parts* ini tidak mengalami perubahan bentuk dalam operasi. Misalnya pabrik radio, bagian-bagian (*parts*) dari radio tersebut tidak diproduksi dalam pabrik radio tersebut, tetapi diproduksi oleh perusahaan lain, dan kemudian dirakit menjadi barang jadi yakni radio.

3. Persediaan Bahan-bahan Pembantu atau Barang-barang Perlengkapan (*Supplies Stock*), yaitu persediaan barang-barang atau bahan-bahan yang diperlukan dalam proses produksi untuk membantu berhasilnya produksi atau yang digunakan dalam operasional suatu pabrik, tetapi bukan merupakan bagian atau komponen dari barang jadi. Misalnya minyak solar dan minyak pelumas sebagai pelancar jalannya mesin yang digunakan dalam proses produksi.
4. Persediaan Barang Setengah Jadi atau Barang Dalam Proses (*Work In Process/Progress Stock*), yaitu persediaan barang-barang yang merupakan *output* dari tiap-tiap bagian dalam suatu pabrik atau bahan-bahan yang telah diolah menjadi suatu bentuk, tetapi masih perlu diproses kembali untuk kemudian menjadi barang jadi.
5. Persediaan Barang Jadi (*Finished Goods Stock*), yaitu persediaan barang-barang yang telah selesai diproses atau diolah dalam pabrik dan siap untuk dijual kepada pelanggan (distributor atau perusahaan lain).

3.1.3. Sifat dari Unsur-unsur Persediaan

Terdapat 3 (tiga) macam unsur penting yang menjadi dasar dalam pembahasan persediaan. Masing-masing unsur tersebut memiliki sifat tertentu yang akan menentukan karakteristik dari model persediaan. Unsur-unsur tersebut adalah (Siswanto, 1985):

1. 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.

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

Setelah pesanan terhadap suatu barang tertentu dikeluarkan maka beberapa waktu kemudian barang tersebut baru tiba. Selang waktu antara saat pesanan dikeluarkan hingga saat datangnya pesanan, dikenal dengan istilah "*Lead Time*" atau Periode Datangnya Pesanan. Apabila baik permintaan maupun *lead time* dapat diketahui secara pasti, maka dikatakan bahwa kita berada pada situasi yang deterministik, akan tetapi bila salah satu dari permintaan atau *lead time* atau keduanya ditentukan dengan distribusi probabilitas, maka dikatakan bahwa sifatnya berada dalam jangkauan model probabilistik.

3. Unsur Permintaan selama Periode Datangnya Pesanan

Apabila karakteristik atau sifat-sifat dari permintaan dan *lead time* telah dapat ditunjukkan, maka sifat-sifat dari *unit* yang diminta selama *lead*

time dapat segera diperkirakan. *Unit* yang diminta selama *lead time* bisa tetap atau mungkin berubah-ubah tergantung pada sifat permintaan atau tingkat pemakaian selama *lead time* dan perilakunya. Jika permintaan dan *lead time* sifatnya deterministik atau diketahui secara pasti, maka *unit* yang diminta selama *lead time* juga deterministik, begitu pula jika salah satu dari permintaan atau *lead time* adalah probabilistik, maka *unit* yang diminta selama *lead time* juga akan mengikuti distribusi probabilitas.

3.1.4. Biaya-biaya Persediaan

Berkaitan dengan sifat dari unsur-unsur persediaan diatas, maka terdapat beberapa kategori biaya persediaan yang berkaitan dengan penentuan persediaan optimal. Biaya-biaya tersebut adalah (Siswanto, 1985):

1. Biaya Pembelian (*Purchase Cost*)

Yang dimaksud dengan biaya pembelian adalah harga yang harus dibayar untuk setiap *unit* barang. Terdapat dua macam kemungkinan untuk harga barang tersebut. Kemungkinan pertama adalah harga barang per *unit* yang tetap, dan yang kedua adalah harga barang per *unit* yang berubah, kemungkinan yang terakhir ini dijumpai bila diberikan potongan harga tertentu untuk jumlah tertentu.

2. Biaya Pengadaan (*Procurement/Ordering Cost*)

Biaya pengadaan suatu barang dibedakan antara barang yang diperoleh dari *supplier* dan barang yang diperoleh dari sebagian hasil fasilitas yang dimiliki. Biaya yang timbul untuk mengadakan barang yang berasal dari *supplier* dikenal dengan biaya

pemesanan (*ordering cost*), sedangkan biaya yang timbul untuk mengadakan barang yang berasal dari hasil sendiri, yaitu biaya yang harus dikeluarkan sebelum produksi yang sesungguhnya dari barang hasil sendiri tersebut, dikenal dengan biaya persiapan atau biaya permulaan (*setup cost*).

3. Biaya Penyimpanan (*Holding Cost*)

Biaya penyimpanan terdiri dari beberapa komponen, yaitu:

a. Biaya uang yang tertanam dalam persediaan

Uang yang ditanamkan di dalam persediaan sebenarnya juga bisa ditanamkan pada alternatif lain yang akan memberikan pendapatan tertentu. Karena telah terikat dalam persediaan maka kita kehilangan kesempatan untuk menanamkannya pada alternatif lain yang memberikan nilai pendapatan tertentu. Pendapatan tertentu dari alternatif yang lain tersebut merupakan biaya (*opportunity cost*) yang harus ditanggung bila kita menanamkannya pada persediaan, atau dengan kata lain hilangnya kesempatan untuk menanamkannya pada alternatif lain tersebut merupakan *opportunity cost* bagi investasi dalam persediaan.

b. Biaya-biaya gudang

Ruangan yang diperlukan untuk menyimpan persediaan juga memiliki beban biaya yang harus ditanggung oleh persediaan. Beban biaya tersebut wujudnya adalah kesempatan untuk disewakan, jadi juga merupakan *opportunity cost* yang harus ditanggung oleh perusahaan.

c. Biaya-biaya kerusakan persediaan

Beberapa macam persediaan atau jenis-jenis tertentu dari barang yang disimpan sering mengalami kerusakan. Kerusakan tersebut tentu saja mengakibatkan barang menjadi tidak dapat dipakai, baik sebagian maupun seluruhnya, dan hal itu merupakan nilai yang hilang yang harus ditanggung oleh persediaan. Oleh karena itu di dalam menentukan biaya penyimpanan maka nilai yang hilang karena rusaknya persediaan juga harus diperhitungkan.

d. Biaya-biaya asuransi

Apabila barang-barang yang disimpan perlu untuk diasuransikan, maka biaya asuransi harus dimasukkan dalam penetapan biaya penyimpanan.

4. Biaya Kehabisan Persediaan (*Stockout Cost*)

Kadang-kadang karena satu dan lain hal terpaksa pesanan tidak dapat datang pada waktunya sehingga produksi harus berhenti karena kehabisan persediaan. Biaya yang timbul karena kehabisan persediaan dikenal sebagai biaya kehabisan persediaan (*stockout cost*). Biaya kehabisan persediaan harus dibedakan untuk kondisi-kondisi sebagai berikut:

a. Bila perusahaan kehabisan persediaan pada saat menerima pesanan, maka tentu saja pesanan tersebut tidak dapat segera dikerjakan karena tidak tersedianya bahan baku. Sebagai jalan keluarnya, untuk memenuhi pesanan tersebut maka kebutuhan bahan bakunya harus dipenuhi secara darurat agar perusahaan tidak kehilangan kesempatan untuk memperoleh laba dari pesanan

tersebut. Situasi demikian dikenal dengan *back order*. Dengan cara demikian maka perusahaan tidak akan kehilangan kesempatan untuk memperoleh laba meskipun mungkin akan terjadi sedikit penundaan waktu pengiriman. *Back order*, bagaimanapun juga memerlukan suatu tambahan biaya, seperti biaya pengiriman khusus, biaya pesanan khusus, biaya pengepakan khusus dan lain-lain. Biaya-biaya tersebut harus diperhitungkan dalam biaya kehabisan persediaan.

- b. Kehilangan pesanan atau kesempatan mendapatkan laba. Dalam situasi ini *stockout cost* terdiri dari kerugian karena kehilangan laba dari penjualan dan kerugian dari *good will*.

3.1.5. Faktor-faktor yang mempengaruhi Persediaan

Faktor-faktor yang mempengaruhi persediaan bahan untuk perusahaan ada beberapa macam, dan antara satu faktor dengan faktor yang lain saling berhubungan. Faktor-faktor tersebut antara lain (Ahyari, 1977):

1. Perkiraan Kebutuhan Bahan Baku (*Forecast Demand*)

Sebelum pembelian bahan dilaksanakan, maka manajemen harus dapat membuat perkiraan bahan baku yang akan digunakan di dalam proses produksi pada suatu periode. Perkiraan kebutuhan bahan baku ini merupakan perkiraan tentang berapa kebutuhan perusahaan akan bahan baku untuk keperluan proses produksi pada waktu yang akan datang. Perkiraan kebutuhan bahan baku tersebut dapat diketahui dari perencanaan produksi dari periode yang bersangkutan. Perencanaan produksi dapat pula diketahui dari perencanaan penjualan

perusahaan serta tingkat persediaan barang jadi yang dikehendaki oleh manajemen.

2. Harga Bahan

Harga bahan juga menentukan besar kecilnya persediaan bahan. Harga ini merupakan penentu berapa dana yang harus disediakan untuk bahan baku tersebut. Disamping itu harus diperhitungkan juga biaya modal yang ditanam dalam persediaan bahan tersebut.

3. Biaya-biaya Persediaan

Biaya-biaya persediaan hendaknya diperhitungkan juga di dalam penentuan besarnya persediaan. Di dalam membuat analisa tentang biaya-biaya persediaan ini dikenal adanya dua tipe biaya, yaitu biaya-biaya yang semakin besar dengan bertambah besarnya rata-rata persediaan, serta biaya-biaya yang semakin kecil dengan bertambah besarnya rata-rata persediaan.

4. Kebijakan Pembelanjaan (*Financial Policy*)

Kebijakan pembelanjaan ini berhubungan dengan seberapa jauh persediaan bahan tersebut akan mendapatkan dana. Apakah perusahaan akan berusaha untuk memberikan fasilitas yang pertama, kedua, atau yang terakhir untuk dana persediaan bahan. Apakah dana yang tersedia cukup untuk pembiayaan semua persediaan bahan yang diperlukan perusahaan, atau hanya sebagian saja.

5. Kebutuhan Sebenarnya (*Actual Demand*)

Kebutuhan akan bahan yang sebenarnya (pada waktu-waktu yang lalu) ini juga harus diperhatikan. Berapa besar kebutuhan bahan tersebut serta bagaimana hubungannya dengan perkiraan kebutuhan yang telah dibuat untuk periode yang bersangkutan harus

diperhatikan dan dianalisa. Dengan demikian maka akan dapat dibuat perkiraan kebutuhan pemakaian bahan yang lebih mendekati pada kenyataan.

6. Waktu Tunggu (*Lead Time*)

Waktu tunggu adalah tenggang waktu yang diperlukan untuk menunggu datangnya barang setelah pemesanan. Waktu tunggu ini perlu diperhatikan karena hal ini erat hubungannya dengan penentuan saat pemesanan kembali (*reorder*). Dengan diketahuinya waktu tunggu yang tepat maka kelangsungan proses produksi tetap terjamin sedangkan biaya-biaya persediaan dapat ditekan sampai seminimal mungkin.

1.8. Model Persediaan Probabilistik

Dalam pengelolaan persediaan terdapat keputusan penting yang harus dilakukan oleh manajemen, yaitu berapa banyak jumlah barang yang harus dipesan untuk setiap kali pengadaan persediaan, dan/atau kapan pemesanan barang harus dilakukan. Setiap keputusan yang diambil tentunya mempunyai pengaruh terhadap besar biaya persediaan. Untuk pengambilan keputusan tersebut digunakan pendekatan yang sesuai dengan model persediaannya agar biaya total persediaan minimum. Model persediaan dapat dibagi menjadi dua golongan utama, yaitu model deterministik dan model probabilistik. Model deterministik yaitu model persediaan bahan baku dengan parameter-parameter dari sistem persediaan diketahui secara pasti, seperti permintaan (*demand*) dan periode datangnya pesanan (*lead time*) yang konstan. Pengambilan keputusan untuk model deterministik ini dapat menggunakan pendekatan dengan angka-angka atau pendekatan analitis. Dalam kedua pendekatan tersebut,

biaya-biaya yang relevan sebagai dasar penyusunan model matematis EOQ (*Economic Order Quantity*) adalah biaya-biaya penyimpanan dan pemesanan. Selain itu, dalam pendekatan analitis, kadang-kadang untuk model tertentu dibutuhkan pula biaya-biaya yang lain sebagai variabel dari model, hal tersebut dimungkinkan karena terdapat banyak model persediaan yang memiliki spesifikasi berbeda sehingga memerlukan model penyelesaian yang berbeda pula, seperti *EOQ single item* (klasik), *EOQ multi item*, *EOQ back order*, *EOQ quantity discount*, *EOQ constraints*, *EPQ* (*Economic Production Quantity*) *single product*, dan *EPQ multi products*.

Dalam model deterministik seluruh parameter dianggap selalu sama atau tidak berubah, namun pada kebanyakan situasi-situasi nyata, lingkungan tidak dapat dianggap deterministik sepenuhnya. Biaya simpan atau biaya pesan mungkin tidak secara mudah dapat dinyatakan. *Lead time* atau periode datangnya pesanan mungkin tidak dengan mudah dipastikan. Masalah-masalah pengangkutan, hambatan-hambatan, atau tidak tersedianya bahan baku sangat mungkin menyebabkan penundaan-penundaan pengiriman yang tidak dapat dihindarkan oleh *supplier*. Permintaan terhadap produk mungkin tidak mudah diperkirakan, dan bahkan mungkin tidak mengikuti pola pemakaian yang seragam. Pengaruh-pengaruh dari lingkungan eksternal dan internal juga mungkin menyebabkan permintaan berfluktuasi. Oleh karena hal-hal tersebut maka faktor-faktor lingkungan yang membentuk parameter-parameter dari model tidak akan dapat ditentukan secara pasti melainkan lebih bersifat probabilistik.

Model probabilistik adalah model persediaan bahan baku yang salah satu atau lebih parameteranya tidak dapat diketahui dengan pasti dan harus diuraikan dengan distribusi probabilitas. Pertimbangan yang sangat penting di dalam setiap model probabilistik adalah adanya kemungkinan kehabisan persediaan atau *stockouts*. Masalah kehabisan persediaan dapat timbul karena naiknya tingkat pemakaian persediaan yang tidak diharapkan ataupun waktu penerimaan barang yang lebih lama dari *lead time* yang diharapkan. Peristiwa kehabisan persediaan tersebut 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. Masalah kehabisan persediaan dapat dihindari dengan membentuk cadangan persediaan atau lebih dikenal dengan istilah *safety stock*. Namun hal tersebut akan mengakibatkan naiknya biaya persediaan, yaitu biaya simpan untuk cadangan persediaan. Semakin besar cadangan persediaannya maka akan semakin besar pula biaya simpannya. Yang menjadi pokok perhatian dalam model probabilistik adalah analisis terhadap perilaku persediaan selama *lead time*. *Reorder point* adalah saat pesanan harus dibuat dan diharapkan dengan pesanan pada saat tersebut barang akan datang tepat pada waktunya sesuai dengan lamanya periode *lead time*. Namun karena baik *demand* maupun *lead time* mengikuti distribusi probabilitas, maka pada periode waktu setelah pesanan dibuat (*reorder point*), atau selama *lead time* akan terdapat kemungkinan-kemungkinan sebagai berikut:

1. Tingkat pemakaian bahan (*demand*) tetap namun periode waktu datangnya pesanan (*lead time*) berubah-ubah atau tidak tentu,
2. Periode waktu datangnya pesanan (*lead time*) tetap namun tingkat pemakaian bahan (*demand*) berubah-ubah atau tidak tentu,
3. Tingkat pemakaian bahan (*demand*) dan periode waktu datangnya pesanan (*lead time*) berubah-ubah atau tidak tentu.

Pengambilan keputusan dalam menyelesaikan masalah persediaan untuk model probabilistik ini dapat menggunakan pendekatan simulasi (Siswanto, 1985).

1.9. Konsep Simulasi

Simulasi bukan hanya solusi dengan menggunakan model (data atau miniatur) yang dibuat sedemikian rupa untuk menghasilkan nilai tertentu. Dengan simulasi kita dapat menduga perilaku suatu sistem yang kita amati dengan menggunakan data hasil pengamatan yang dilakukan dalam waktu tertentu. Dari data hasil pengamatan itu kita dapat membuat prediksi dan kemudian memutuskan tindakan yang akan kita lakukan. Dalam mempelajari simulasi, terlebih dahulu harus mempelajari tentang sistem (melalui data sampel) sebab dari sistem tersebut kita dapat melakukan uji coba.

3.3.1. Sistem dan Klasifikasi Model

Sistem adalah media atau ruang yang didukung oleh komponen-komponen yang saling terkait satu sama lain dan dibatasi oleh aturan guna mencapai tujuan dan sasaran tertentu. Sistem juga didefinisikan sebagai sekumpulan

atau himpunan (manusia atau mesin) yang saling berinteraksi yang secara bersama-sama menuju ke arah pencapaian tujuan yang telah ditetapkan. Dalam kenyataannya, sistem sangat tergantung pada tujuan, untuk apa sistem tersebut digunakan dan dibangun. Sekumpulan atau himpunan yang membentuk suatu sistem di dalam suatu penelitian yang besar mungkin hanya merupakan satu bagian kecil dari sebuah sistem keseluruhan. Sistem dapat juga didefinisikan sebagai sekumpulan variabel penting yang dapat menjelaskan perilaku sistem yang nyata pada waktu tertentu dan memiliki tujuan tertentu.

Setelah mengenal perilaku data dari sebuah sistem, dan sebelum memodelkannya ke dalam simulasi, kita harus mengenal model dari perilaku data terlebih dahulu. Proses mengenali perilaku data, apakah sama dengan keadaan yang nyata, disebut sebagai model sistem. Pemodelan suatu sistem merupakan suatu proses penyaringan dan penyeleksian yang dilakukan sedemikian rupa terhadap berbagai data sehingga didapatkan beberapa data atau komponen sistem yang dapat dimodelkan, dan yang dianggap kurang penting atau tidak relevan dapat diasumsikan mampu mendukung tujuan yang ingin dicapai. Model yang digunakan untuk mengenal suatu sistem dibedakan berdasarkan data yang diperoleh, sebagai berikut:

1. Model Fisik

Didasarkan pada analogi dari sistem dengan sistem. Dalam pemodelan yang seperti ini atribut atau *field* (data) dari sistem didapatkan dari pengukuran, misalnya jarak yang ditempuh oleh truk dengan beban tertentu dan kecepatan tertentu yang mempengaruhi kemampuan mesin, dengan beban bervariasi dan

kecepatan tertentu seberapa jauh pesawat dapat meninggalkan landasan.

2. Model Matematika

Pada model ini simbol-simbol matematika dan persamaan-persamaan matematika digunakan untuk menggambarkan sistem. Atribut atau *field* dari sistem dipresentasikan oleh aktivitas-aktivitas setiap variabel yang dideklarasikan (diidentifikasi lebih awal) dan kemudian dengan fungsi-fungsi matematika maka dari seluruh variabel tersebut akan dihasilkan aktivitas-aktivitas yang diharapkan.

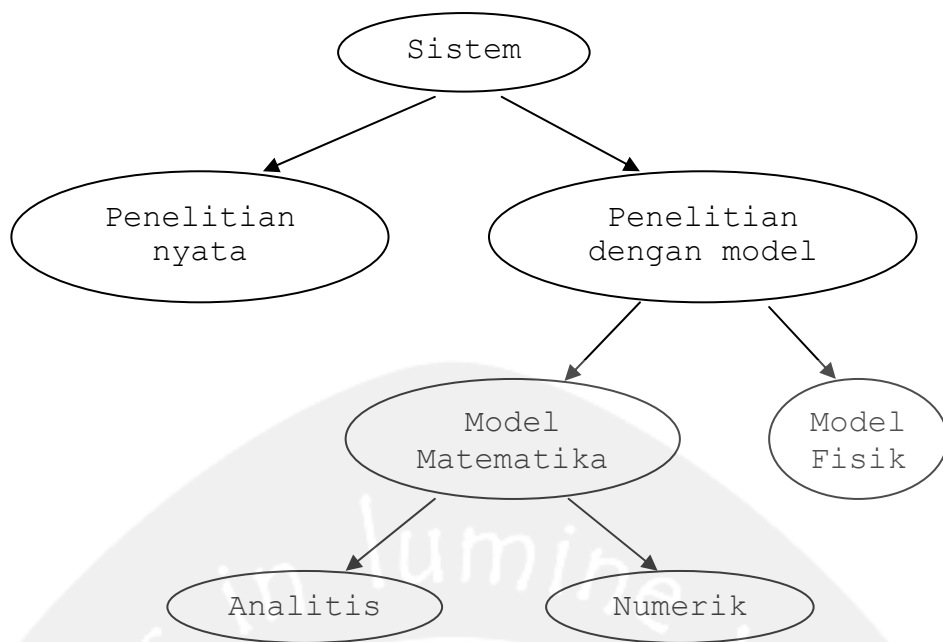
Model matematika dapat dibagi menjadi dua yang masing-masing memiliki perbedaan yang mendasar. Yang pertama sangat dipengaruhi oleh perubahan waktu, disebut model dinamis, dan model yang kedua menunjukkan perilaku sistem secara spesifik pada kondisi tertentu saja, disebut model statis. Cara menganalisis dalam model matematika dibedakan lagi menjadi dua, yaitu:

1. Metode Analitis

Menggunakan metode analitis berarti memakai teori matematika deduktif untuk menyelesaikan model, seperti matematika diferensial, matriks, analisis regresi, dan sebagainya.

2. Metode Numerik

Metode numerik lebih sering menggunakan perhitungan matematika dan statistik untuk melakukan perhitungan angka-angka yang sangat besar dan rumit. Metode ini menggunakan data dengan teknik-teknik khusus dan melibatkan prosedur-prosedur komputasi untuk menyelesaikan persamaan-persamaannya. Teknik khusus tersebut adalah simulasi. (Djati, 2007)



Gambar 3.1. Penelitian dari Sistem (Djati, 2007)

3.3.2. Definisi Simulasi

Simulasi adalah *prototipe* atau miniatur buatan yang merupakan model untuk percobaan sistem yang nyata (Djati, 2007). Simulasi dikenal sebagai suatu metode yang dapat digunakan dalam penyelesaian masalah-masalah operasional suatu perusahaan. Hal ini dikarenakan adanya salah satu keunggulan simulasi yaitu kemampuannya menangani masalah-masalah kompleks yang ada di dunia nyata yang tidak dapat diselesaikan dengan metode-metode analitis. Pendekatan ini memberikan suatu solusi dengan pendekatan sistem sehingga lebih memudahkan pada identifikasi masalah dan pengembangan alternatif solusinya (Law dan Kelton, 2000).

Perilaku variabel-variabel yang ada pada sistem dalam model simulasi dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu *discrete* (tertentu/khusus) dan *continuous*

(terus-menerus/bersambung). *Discrete system* adalah sistem yang variabel-variabelnya berubah hanya pada sejumlah keadaan tertentu dan dapat dihitung pada saat tertentu. *Continuous system* adalah suatu sistem yang variabelnya berubah secara terus-menerus serta dipengaruhi oleh waktu. Model simulasi mampu dengan mudah menjangkau hal-hal yang sangat luas karena hanya membutuhkan asumsi yang lebih sedikit, sehingga dapat digunakan untuk hal-hal yang bersifat kompleks di dalam pengambilan keputusan. Ketika proses dari model tersebut dijalankan maka dapat diketahui perilaku data yang statis dan dinamis. Statis artinya kondisi variabel dan parameter dari komponennya selalu tetap, tidak berubah-ubah, seperti panjang dan lebar suatu jalan atau kuantitas mesin produksi dalam sebuah proses produksi. Sedangkan dinamis artinya kondisi variabel dan parameter dari komponennya selalu berubah-ubah sesuai perubahan waktu (Djati, 2007).

3.3.3. Tahapan Simulasi

Model simulasi yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks memiliki 5 (lima) langkah pokok, yaitu (Djati, 2007):

1. Menentukan sistem atau permasalahan yang akan disimulasikan,
2. Menentukan tujuan simulasi (apa yang harus dipecahkan, dijawab dan disimpulkan atas permasalahan itu) dan hal-hal lain yang mendukung terwujudnya model simulasi,
3. Pengembangan model simulasi dan uji terhadap kebenaran proses perhitungan yang ada di dalamnya,

4. Menentukan model simulasi dengan menentukan lamanya simulasi (dilakukan beberapa kali) dan uji,
5. Analisis hasil dari simulasi.

Law dan Kelton (2000) lebih detail dalam menyebutkan prosedur atau tahapan dalam melakukan simulasi, yaitu:

1. Mempelajari dan merumuskan masalah

Langkah awal ini mencoba mengenali garis besar dari suatu sistem. Pada tahap 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.

2. Mengumpulkan data dan memodelkan sistem

Pada tahap ini informasi dan data yang menunjang pemodelan sistem dikumpulkan yang kemudian di-*input*-kan ke dalam model setelah badan model selesai disusun.

3. Membuat program komputer dan mengembangkan model

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

4. Melakukan verifikasi dan validasi

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

5. Melakukan analisis dan eksplorasi model

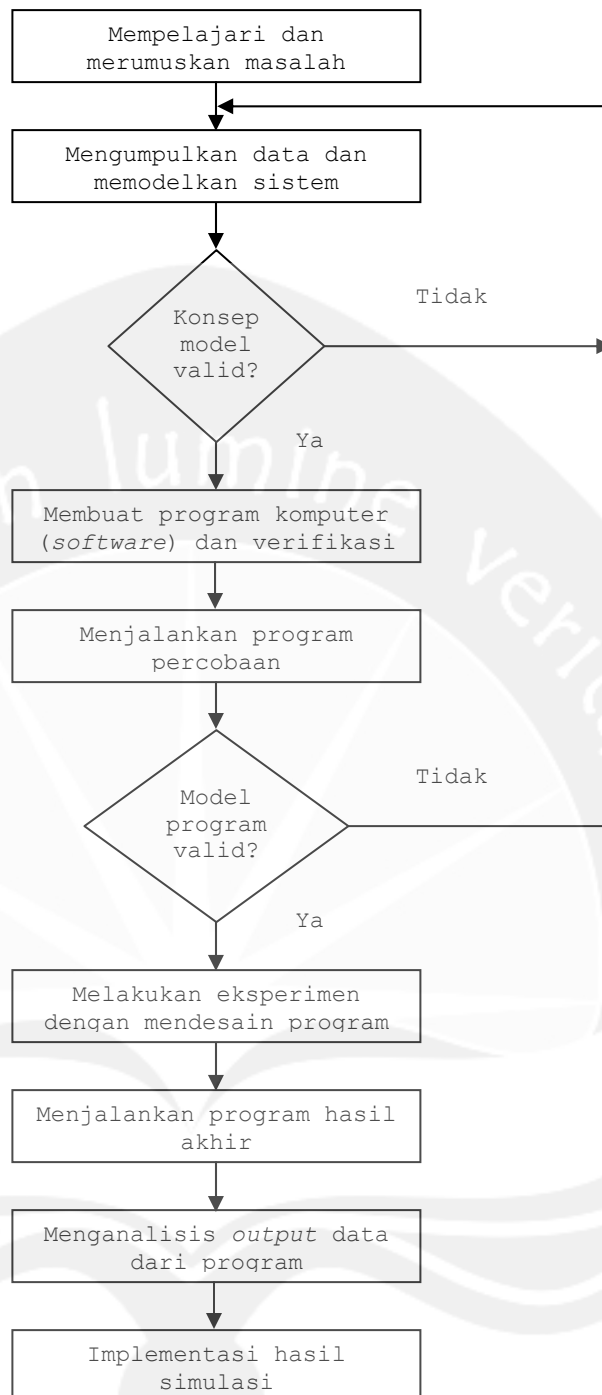
Pada tahap ini sistem dapat dianalisis melalui model yang telah valid. Pada sistem yang bersifat terbuka, dimungkinkan melakukan eksplorasi model dengan melakukan perubahan kondisi *input* maupun keadaan lainnya.

6. 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 pengembangan sistem nyatanya.

7. Mengimplementasikan hasil simulasi

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



Gambar 3.2. Tahapan Simulasi (Law dan Kelton, 2000)

3.3.4. Keuntungan dan Kelemahan menggunakan Simulasi

Keuntungan yang pasti didapatkan dengan menggunakan simulasi adalah dapat mencatat hasilnya dengan pertimbangan yang lebih luas seperti pada penjelasan berikut:

1. Sangat kompleks. Sistem yang digunakan di dunia kerja saat ini menggunakan elemen-elemen stokastik (probabilistik) yang tidak dapat digambarkan dengan jelas dengan menggunakan model matematika tetapi lebih mudah ditaksirkan dengan model analitis. Jadi simulasi sering digunakan sebagai salah satu tipe yang tepat untuk penelitian.
2. Simulasi merupakan salah satu metode yang mampu memberikan perkiraan sistem yang lebih nyata sesuai kondisi operasional dari kumpulan pekerjaan.
3. Sebagai alternatif desain yang diusulkan atau alternatif terhadap kebijakan dari operasional dalam satu sistem (*single system*), sehingga dengan menggunakan simulasi dapat diketahui bahwa sistem tersebut mampu memberikan pelayanan terbaik terhadap pokok kebutuhan yang diperlukan.
4. Simulasi memudahkan pengontrolan lebih banyak kondisi dari suatu percobaan sehingga dimungkinkan untuk dicoba diterapkan secara nyata pada sistem itu.
5. Simulasi menyediakan sarana untuk mempelajari sistem dalam waktu yang cukup lama (lebih ekonomis) dengan proses yang membutuhkan waktu cukup singkat ataupun sebagai alternatif pembelajaran yang lebih rinci dan jelas tentang perilaku suatu sistem nyata yang prosesnya lebih panjang.

Meskipun simulasi memberikan berbagai keuntungan seperti yang disebutkan di atas, hal itu tidak berarti simulasi tidak memiliki kekurangan. Berikut ini beberapa kelemahan ataupun kekurangan dari simulasi:

1. Model simulasi yang bersifat stokastik (probabilistik) hanya menghasilkan perkiraan yang berupa sekumpulan karakteristik yang sebenarnya dari suatu model lewat parameter yang di-*input*-kan. Jadi apabila dijalankan sendiri maka dimungkinkan model membutuhkan sekumpulan parameter yang di-*input*-kan untuk dipelajari. Alasan yang lebih tepat, simulasi umumnya tidak dapat digunakan untuk mengoptimalkan. Simulasi hanya digunakan untuk membandingkan dengan pasti suatu angka, sebab simulasi itu hanya dapat menentukan alternatif desain suatu sistem yang lebih baik.
2. Selain itu dalam model analitik (jika hal tersebut tepat) sungguh lebih mudah menghasilkan karakteristik yang tetap dari suatu model sesuai dengan jenis yang dibutuhkan dari sekumpulan parameter yang di-*input*-kan. Jadi jika memang "benar" maka model analitik lebih mudah dikembangkan (yang dengan demikian maka dapat dikatakan bahwa model analitik lebih baik daripada model simulasi, karena model simulasi hanya mampu menghasilkan nilai *estimate*-nya saja, sulit untuk mendapatkan hasil *exact* dari parameternya).
3. Model simulasi lebih mahal dan membutuhkan waktu untuk pengembangannya.
4. Simulasi menghasilkan kumpulan angka yang banyak dan panjang atau membutuhkan animasi atau pengolahan aplikasi yang sedemikian *user friendly* dan realistis

agar dapat meyakinkan lebih sering membuat kecenderungan untuk mempercayai hasil pengamatan daripada pembuktian.

(Djati, 2007)

1.10. Penentuan Jumlah Replikasi

Running simulasi harus dilakukan lebih dari satu kali untuk menjamin bahwa hasil simulasi dapat merepresentasikan atau menggambarkan keadaan sistem. Frekuensi hasil simulasi suatu model biasa disebut dengan jumlah replikasi. Dibutuhkan n kali replikasi agar didapatkan hasil yang sesuai dengan karakteristik sistem sebenarnya. Parameter yang digunakan untuk menentukan jumlah replikasi adalah *average flowtime*. Untuk menentukan jumlah replikasi, terlebih dahulu ditetapkan nilai α yang digunakan adalah 0,1 dan nilai γ adalah 0,1. Koefisien α merupakan nilai *confidence interval*. Jika nilai α adalah 0,1 berarti ada kemungkinan sebanyak 0,1 nilai *mean* μ akan berada di luar *range* $\bar{x} \pm \sigma$. $\bar{x}$ merupakan rata-rata data yang dimiliki, dan σ adalah standar deviasi data yang dimiliki. Koefisien γ merupakan pernyataan penyimpangan nilai $\bar{x}$ dari *mean* μ . Dengan diketahuinya nilai γ , maka dapat dihitung *relative error* (γ') sebagai berikut:

$$\gamma = \left| \frac{\bar{x} - \mu}{\mu} \right| \dots (3.1)$$

$$\gamma' = \left| \frac{\gamma}{1 + \gamma} \right| = \left| \frac{0,1}{1 + 0,1} \right| = 0,09 \dots (3.2)$$

Selanjutnya jumlah replikasi didapat dengan tercapainya kondisi:

$$n_r^*(\gamma) = \min \left\{ i \geq n; \frac{t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\sigma^2_{(i)} / i}}{|\bar{x}_{(i)}|} \leq \gamma' \right\} \quad \dots (3.3)$$

Keterangan:

n_r^* = jumlah replikasi

$\bar{x}_{(i)}$ = rata-rata *sample* ke- i

γ = *relative error*

α = *confidence interval*

σ = standar deviasi

n = jumlah data

i = jumlah *sample*

$t_{i-1, 1-\alpha/2}$ diperoleh dari tabel distribusi-t
(Law dan Kelton, 2000)

1.11. Verifikasi dan Validasi Model Simulasi

Model simulasi yang dibangun harus dapat dipercaya (*credible*). Representasi sistem nyata yang dapat dipercaya oleh model simulasi ditunjukkan oleh verifikasi dan validasi model (<http://staff.gunadarma.ac.id/hotniars/index.php?stateid=download&id=21520=files>).

Verifikasi adalah proses pemeriksaan apakah logika operasional model (program komputer) sesuai dengan logika diagram alur. Kalimat sederhananya adalah apakah ada kesalahan dalam program (Hoover dan Perry, 1989 dalam <http://staff.gunadarma.ac.id/hotniars/index.php?stateid=download&id=21520=files>). Law dan Kelton (2000) menyebutkan bahwa verifikasi adalah pemeriksaan apakah program komputer simulasi berjalan sesuai dengan yang

diinginkan, dengan pemeriksaan program komputer. Verifikasi memeriksa penerjemahan model simulasi konseptual (diagram alur dan asumsi) ke dalam bahasa pemrograman secara benar.

Validasi adalah proses penentuan apakah model, sebagai konseptualisasi atau abstraksi, merupakan representasi berarti dan akurat dari sistem nyata (Hoover dan Perry, 1989 dalam <http://staff.gunadarma.ac.id/hotniars/index.php?stateid=download&id=21520=files>). Law dan Kelton (2000) menyebutkan bahwa validasi adalah penentuan apakah model konseptual simulasi (sebagai tandingan program komputer) adalah representasi akurat dari sistem nyata yang sedang dimodelkan.

1.12. Input Analyzer pada ARENA 7.01

Pengkajian karakteristik atau perilaku dari sistem yang disimulasikan memerlukan percobaan-percobaan dengan mengubah beberapa bagian dari sistem. Hal itu yang menjadi alasan mengapa dilakukan simulasi, karena apabila langsung diterapkan pada sistem nyata akan sulit atau mahal. Simulasi komputer adalah simulasi yang dilakukan dengan komputer menggunakan perangkat lunak tertentu (Kelton, 2007). Arena adalah salah satu dari banyak perangkat lunak yang dapat digunakan untuk simulasi.

Model simulasi biasanya didukung oleh tipe data yang berhubungan langsung dengan angka acak (*random*), sedangkan tipe data bersifat probabilistik (Djati, 2007). Data yang *random* tersebut tidak dimasukkan begitu saja dalam model, tetapi harus dinyatakan dengan sebuah fungsi distribusi probabilitas (*probability distribution function/pdf*) yang mewakili sejumlah data tersebut. Arena

memiliki fasilitas yang disebut *input analyzer* untuk mencari fungsi tersebut. Sebelum menggunakan *input analyzer*, data harus disimpan dahulu dalam file ber-extension "dst". Law dan Kelton (2000) menyebutkan ada beberapa macam distribusi probabilitas, antara lain:

1. Distribusi Weibull

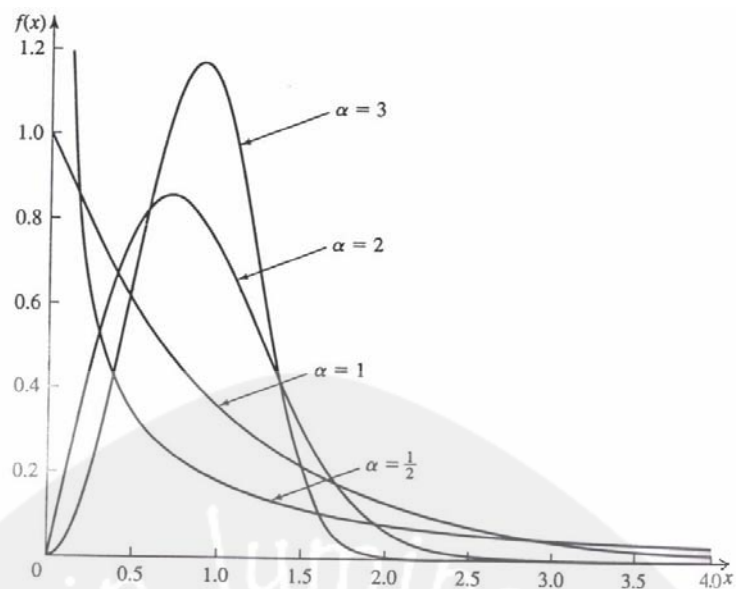
Format distribusi Weibull adalah Weibull(Beta,Alpha) atau Weibull(β,α) dengan kondisi parameter $\alpha > 0$ dan skala parameter $\beta > 0$. Distribusi ini berada diantara 0 sampai $+\infty$ (tak hingga positif). Distribusi Weibull berlaku fungsi distribusi dan fungsi *inverse* sebagai berikut:

$$F(x) = \begin{cases} 1-e^{-(x/\beta)^\alpha} & \text{untuk } x > 0 \\ 0 & \text{untuk } x \text{ yang lain} \end{cases} \dots (3.4)$$

$$F^{-1}(u) = \beta [-\ln(1 - u)]^{1/\alpha} \dots (3.5)$$

dimana algoritma transformasi *inverse* tersebut mengikuti petunjuk:

- a. membangkitkan bilangan random $U \sim U(0,1)$
 - b. membalikkan $X = \beta (-\ln U)^{1/\alpha}$
- dengan U dan $(1 - u)$ adalah distribusi yang sama yaitu $U(0,1)$. Gambar *probability density function* untuk distribusi Weibull dapat dilihat pada gambar 3.3.



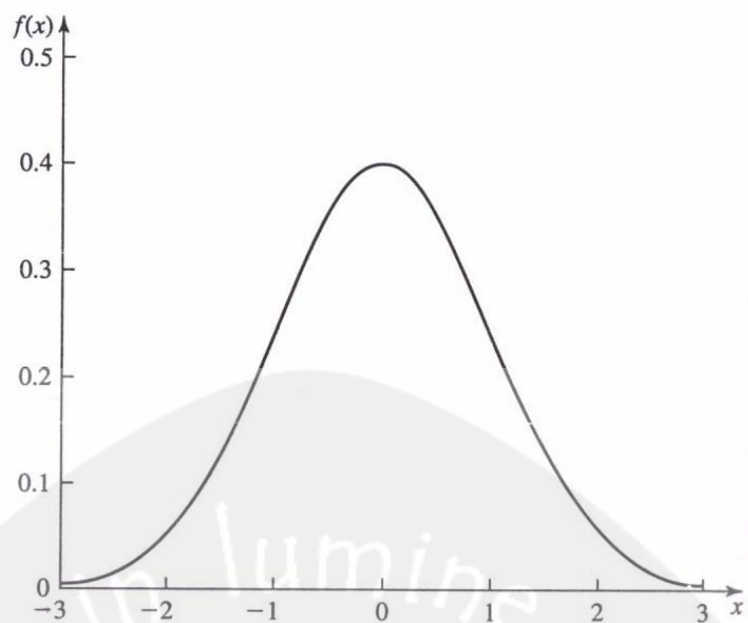
Gambar 3.3. *Probability Density Function* Distribusi Weibull (Law dan Kelton, 2000)

2. Distribusi Normal

Format distribusi Normal adalah $\text{Normal}(\text{Mean}, \text{Standard Deviation})$ atau $\text{Normal}(\mu, \sigma)$ dengan parameter *mean* (μ) merupakan nilai riil dan skala parameter standar deviasi merupakan nilai riil yang positif. Distribusi ini berada diantara $-\infty$ (tak hingga negatif) sampai $+\infty$ (tak hingga positif). *Probability Density Function* untuk distribusi Normal adalah:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)} \quad \text{untuk nilai riil } x \dots (3.6)$$

Gambar *probability density function* untuk distribusi Normal dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Probability Density Function Distribusi Normal (Law dan Kelton, 2000)

3. Distribusi Triangular

Format distribusi Triangular adalah $\text{Triang}(\text{Min}, \text{Mode}, \text{Max})$ atau $\text{Triang}(a, c, b)$ dengan parameter a , b , dan c adalah nilai riil dengan ketentuan $a < c < b$. Distribusi ini berada diantara a sampai b . Distribusi Triangular berlaku fungsi *inverse* sebagai berikut:

$$\text{Jika } X \sim \text{triang}[0, (c - a)/(b - a), 1] \quad \dots (3.7)$$

$$\text{maka } X' = a + (b - a) \quad \dots (3.8)$$

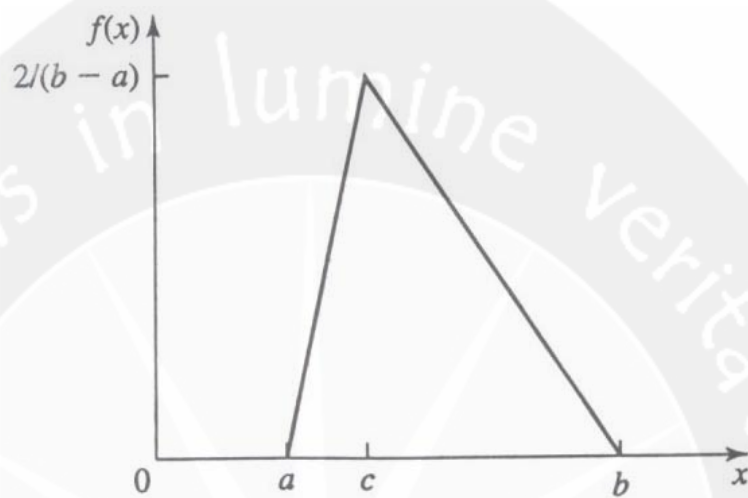
$$F^{-1}(u) = \begin{cases} \sqrt{cu} & \text{jika } 0 \leq u \leq c \quad \dots (3.9) \\ 1 - \sqrt{(1-c)(1-u)} & \text{jika } c \leq u \leq 1 \quad \dots (3.10) \end{cases}$$

dimana algoritma transformasi *inverse* tersebut mengikuti petunjuk (untuk $X \sim \text{triang}(0, c, 1)$):

- a. membangkitkan bilangan random $U \sim U(0,1)$
- b. jika $U \leq c$, $X = \sqrt{cu}$. namun jika sebaliknya, maka

$$X = 1 - \sqrt{(1-c)(1-u)}$$

dengan U dan $(1 - u)$ adalah distribusi yang sama yaitu $U(0,1)$. Gambar *probability density function* untuk distribusi Triangular dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Probability Density Function Distribusi Triangular (Law dan Kelton, 2000)

4. Distribusi m -Erlang

Format distribusi m -Erlang adalah $\text{Erlang}(\text{Mean}, k)$ atau $\text{Erlang}(\beta, m)$ dengan parameter *mean* (β) dari tiap komponen distribusi *exponential* adalah nilai riil positif, dan variabel acak *exponential* (m) adalah bilangan bulat positif, dimana $U_1, U_2, \dots, U_m$ adalah variabel acak *exponential* IID, dengan setiap *mean* (β / m). Distribusi ini berada diantara 0 sampai $+\infty$ (tak hingga positif). Distribusi m -Erlang berlaku fungsi *inverse* sebagai berikut:

dari fungsi distribusi *exponential*:

$$X = -\beta \ln U \quad \dots (3.11)$$

menjadi fungsi distribusi *m*-Erlang:

$$X = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_m \quad \dots (3.12)$$

untuk membangkitkan *exponential*:

$$Y_i = (-\beta/m) \ln U_i \quad \dots (3.13)$$

maka:

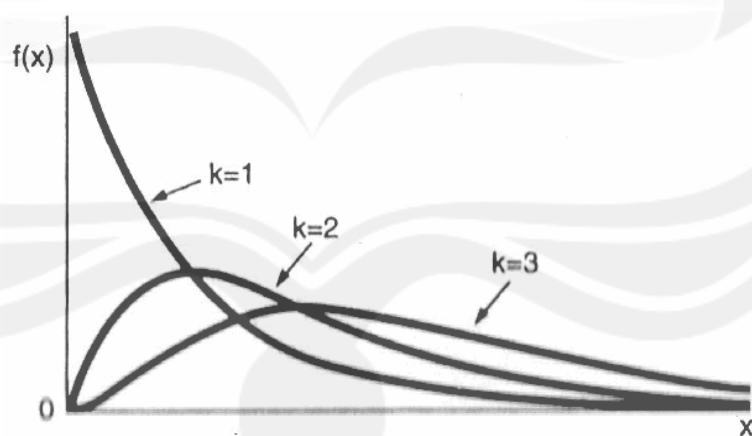
$$X = \sum_{i=1}^m Y_i = \sum_{i=1}^m \frac{-\beta}{m} \ln U_i = \frac{-\beta}{m} \ln \left(\prod_{i=1}^m U_i \right) \quad \dots (3.14)$$

dimana algoritma transformasi *inverse* tersebut mengikuti petunjuk:

a. membangkitkan bilangan random $U_1, U_2, \dots, U_m$ sebagai IID $U(0,1)$

b. membalikkan $X = \frac{-\beta}{m} \ln \left(\prod_{i=1}^m U_i \right)$

Gambar *probability density function* untuk distribusi *m*-Erlang dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Probability Density Function Distribusi m-Erlang (Law dan Kelton, 2000)

5. Distribusi Uniform

Format distribusi Uniform adalah $\text{Uniform}(\text{Min}, \text{Max})$ atau $\text{Uniform}(a, b)$ dengan parameter a dan b adalah nilai riil dengan ketentuan $a < b$. Distribusi ini berada diantara a sampai b . Distribusi Uniform berlaku fungsi *inverse* sebagai berikut:

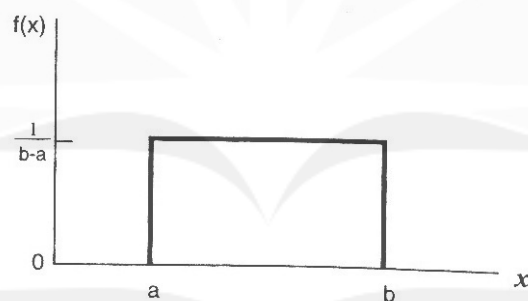
$$F^{-1}(u) = a + (b - a)u \quad \dots (3.15)$$

dimana algoritma transformasi *inverse* tersebut mengikuti petunjuk:

a. membangkitkan bilangan random $U \sim U(0,1)$

b. membalikkan $X = a + (b - a)U$

dengan U dan $(1 - u)$ adalah distribusi yang sama yaitu $U(0,1)$. Gambar *probability density function* untuk distribusi Uniform dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Probability Density Function Distribusi Uniform (Law dan Kelton, 2000)

1.13. Uji Beda Nyata

Uji beda nyata merupakan pengujian data-data pada skenario yang *overlap*. Pengujian tersebut dilakukan menggunakan *data analysis tools* pada *software Microsoft Excel*. Dengan nilai α 0,05, maka jika hasil yang diperoleh, dilihat dari " $P(T \leq t)$ *two-tail*" lebih besar dari 0,05 artinya antar data yang dibandingkan tidak berbeda secara *significant*, sebaliknya jika " $P(T \leq t)$ *two-tail*" lebih kecil dari 0,05 artinya antar data yang dibandingkan sangat berbeda. Langkah-langkah untuk melakukan pengujian beda nyata sebagai berikut:

1. Data-data yang akan diuji dibuka pada *software Microsoft Excel*,
2. Pada *Menu bar*, klik *Tools*, kemudian klik *Data analysis*,
3. Pada *Analysis tools*, pilih "*t-test: paired two sample for means*", kemudian klik OK,
4. Kolom *variable 1 range* diisi dengan data-data yang akan diuji, dan kolom *variable 2 range* diisi dengan data-data yang akan dibandingkan, kemudian klik OK.