

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Persediaan meliputi keseluruhan produk dan material yang disimpan oleh suatu organisasi untuk digunakan di masa mendatang. Shukla dkk (2013) menyebutkan bahwa manajemen persediaan sangat penting untuk menentukan jumlah persediaan dan waktu pemenuhan yang optimal agar dapat memenuhi permintaan di masa depan. Salah satu hal yang menjadi perhatian penting dalam manajemen persediaan adalah memutuskan kapan dan berapa jumlah yang dipesan sehingga dapat meminimalkan total biaya persediaan.

Penelitian mengenai persediaan telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu. Wahyudi (2015) dan Sampeallo (2012) pernah melakukan penelitian terkait persediaan produk pada sebuah toko. Penelitian yang dilakukan oleh Wahyudi (2015) bertujuan untuk mengetahui jumlah persediaan produk sandal minimum dan waktu pemesanan produk yang optimal, sedangkan Sampeallo (2012) dalam penelitiannya juga memiliki tujuan untuk mengetahui persediaan minimum untuk produk *furniture* dan menganalisis apakah pembelian saat ini sudah menghasilkan biaya minimum. Metode EOQ (*Economic Order Quantity*) merupakan metode yang digunakan oleh Wahyudi (2015) dan Sampeallo (2012) dalam menentukan jumlah pembelian barang yang optimal, waktu pemesanan kembali (*reorder point*), dan persediaan minimum yang harus ada (*safety stock*). Penelitian yang dilakukan oleh keduanya menghasilkan total biaya persediaan yang lebih optimal.

Selain persediaan produk jadi, penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya adalah penelitian terkait persediaan bahan baku. Darmawan dkk (2015), Arief dan Supriyadi (2018), dan Maskun (2016) melakukan penelitian yang bertujuan untuk merencanakan dan mengendalikan persediaan bahan baku yang optimal dan meminimalkan total biaya persediaan. Metode EOQ (*Economic Order Quantity*) digunakan oleh Darmawan dkk (2015) untuk melakukan pengelolaan persediaan bahan baku tepung pada Usaha Pia Irawan. Berbeda dengan Darmawan dkk (2015), Arief dan Supriyadi (2018) melakukan perencanaan persediaan batubara FX dengan menggunakan metode *Material Requirement Planning* (MRP). Pada metode MRP, jumlah pemesanan bahan baku didasarkan pada kebutuhan bersih yang dihasilkan dari proses *netting*. Maskun (2016) menggunakan metode P (*periodic reviews method*) untuk menentukan tingkat persediaan yang optimum.

Metode P digunakan dalam penelitian karena jumlah permintaan mengikuti bentuk distribusi probabilitas tertentu dan pemesanan selalu dilakukan secara periodik dalam interval waktu tertentu. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Darmawan dkk (2015), Arief dan Supriyadi (2018), dan Maskun (2016) mampu memberikan efisiensi biaya persediaan dengan persentase sebesar 25 - 47%.

Produk yang disimpan sebagai persediaan memiliki karakteristik yang beragam, ada yang bersifat mudah rusak atau tidak mudah rusak dan produk yang terdeteriorasi. Dalam beberapa tahun terakhir, banyak peneliti yang telah melakukan penelitian tentang persediaan produk terdeteriorasi. Deteriorasi didefinisikan sebagai kerusakan, berubah, atau rusak sehingga barang tidak dalam kondisi baik digunakan untuk tujuan awalnya (He dan Huang, 2013). Zat radioaktif, bensin, alkohol, dan biji-bijian merupakan contoh produk yang terdeteriorasi. Selain itu, permintaan untuk beberapa produk mungkin ada hanya untuk jangka waktu terbatas, yang disebut sebagai permintaan musiman. Penelitian untuk persediaan produk terdeteriorasi dengan permintaan musiman pernah dilakukan oleh He dan Huang (2013). Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mempelajari keputusan persediaan yang optimal untuk produk-produk musiman yang terdeteriorasi dan kebijakan investasi teknologi yang dapat mengontrol laju deteriorasi. Model matematis dan algoritma dirancang untuk mendapatkan solusi optimal serta analisis sensitivitas dilakukan untuk mempelajari kepekaan terhadap berbagai parameter. Penelitian untuk persediaan produk musiman juga pernah dilakukan oleh Liu dkk (2018) tentang persediaan produk pertanian yang bersifat mudah rusak pada suatu pedagang grosir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan jumlah pembelian dan persediaan yang optimal dengan mempertimbangkan biaya simpan, prospek harga dan permintaan masa depan, dan penurunan kualitas produk sehingga dapat memaksimalkan total keuntungan. Untuk mendapatkan solusi yang optimal, Liu dkk (2018) juga membangun sebuah model matematis dan melakukan eksperimen numerik dengan analisis sensitivitas.

Penelitian yang dilakukan saat ini mengenai pengendalian persediaan bahan baku beras di UMKM X. Persediaan bahan baku perlu direncanakan dengan tepat agar tidak terjadi penumpukan persediaan dan juga kekurangan bahan baku yang dapat mengakibatkan bertambahnya biaya persediaan. Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data secara langsung yang ada di objek penelitian dan wawancara dengan pemilik. Penelitian akan dilakukan

dengan menggunakan metode P (*periodic reviews method*) seperti dalam penelitian yang pernah dilakukan oleh Maskun (2016), karena pembelian beras dilakukan secara periodik saat masa panen.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Persediaan

Persediaan merupakan sejumlah barang yang disimpan dalam stok (Waters, 2003). Menurut Waters (2003), terdapat perbedaan antara persediaan dengan stok. Stok terdiri dari bahan dan barang yang disimpan oleh suatu perusahaan untuk digunakan di masa mendatang. Namun saat ini istilah persediaan lebih umum digunakan dan kedua istilah tersebut menjadi dapat dipertukarkan.

Persediaan terbentuk ketika perusahaan mendapat bahan atau barang dari *supplier* yang kemudian disimpan sampai digunakan atau dijual. Tahapan pemenuhan dan pengurangan persediaan untuk memenuhi permintaan pelanggan biasanya terulang terus menerus sehingga membentuk suatu siklus persediaan. Siklus persediaan terdiri dari tahapan–tahapan sebagai berikut:

- a. Perusahaan membeli sejumlah bahan atau barang dari *supplier*.
- b. *Supplier* mengirimkan bahan atau barang pada waktu yang telah ditentukan.
- c. Bahan atau barang tersebut akan disimpan untuk memenuhi persediaan apabila tidak segera dibutuhkan.
- d. Pelanggan, baik internal maupun eksternal, membuat permintaan atas barang tersebut.
- e. Pemenuhan permintaan mengakibatkan berkurangnya jumlah persediaan.
- f. Pada saat tertentu, persediaan menjadi sedikit dan sudah waktunya bagi perusahaan untuk melakukan pembelian lagi.

2.2.2. Manajemen Persediaan

American Production And Inventory Society (APICS) mendefinisikan manajemen persediaan sebagai bagian dari manajemen bisnis yang berkaitan dengan perencanaan dan pengendalian persediaan. Peran manajemen persediaan adalah untuk mempertahankan level persediaan yang diinginkan dari produk atau *items* tertentu. Sistem perencanaan dan pengendalian persediaan harus disesuaikan dengan tujuan, fungsi, dan permintaan untuk jenis persediaan tertentu. Menurut Waters (2003), manajemen persediaan merupakan suatu fungsi yang bertanggung jawab terkait keputusan tentang persediaan dalam sebuah

perusahaan. Keputusan tersebut meliputi kebijakan dan prosedur untuk memastikan jumlah barang yang tepat untuk disimpan sehingga tidak menimbulkan kelebihan atau kekurangan persediaan. Manajemen persediaan yang baik dapat meminimalkan biaya sambil tetap memenuhi permintaan pelanggan.

2.2.3. Fungsi Persediaan

Fungsi utama persediaan adalah sebagai *buffer* atau *safety stock*, yaitu untuk mengantisipasi fluktuasi permintaan, kesalahan perkiraan, dan kesalahan atau keterlambatan pengiriman dari *supplier* sehingga permintaan pelanggan dapat dipenuhi (Toomey, 2000). Secara khusus, fungsi persediaan berdasarkan jenisnya adalah sebagai berikut:

a. Persediaan bahan baku

Persediaan berfungsi untuk mengantisipasi *lead time* pemasok yang lama dan tidak pasti.

b. Persediaan barang dalam proses

Persediaan berfungsi untuk mengantisipasi waktu pemrosesan yang tidak pasti, membuat alur kerja setingkat mungkin sambil memungkinkan produksi yang efisien.

c. Persediaan barang jadi

Persediaan berfungsi untuk mengantisipasi permintaan yang tidak pasti, jarak antara gudang distribusi, kendala kendaraan, dan waktu transportasi yang tidak pasti, serta untuk meningkatkan tingkat layanan.

d. Persediaan retail

Persediaan berfungsi untuk mengantisipasi permintaan yang tidak pasti, dan untuk meningkatkan tingkat layanan.

e. Persediaan produk mudah rusak (*perishable items*)

Persediaan berfungsi untuk menggantikan produk yang busuk/rusak/kadaluarsa.

2.2.4. Jenis – Jenis Persediaan

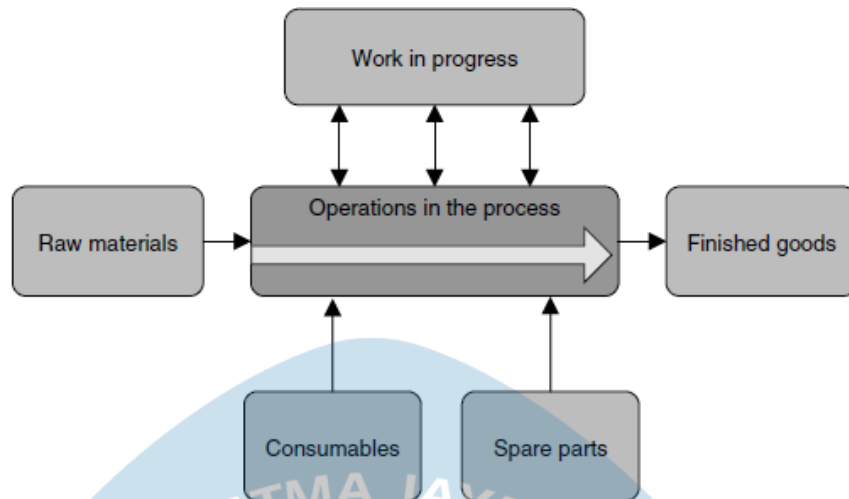
Jenis–jenis persediaan menjadi pertimbangan bagi suatu perusahaan dalam mengelola persediaan. Waters (2003) mengklasifikasikan persediaan berdasarkan ketergantungan pada material lain, posisi dalam rantai pasok, dan karakteristik material.

- a. Berdasarkan ketergantungan pada material lain
- i. Persediaan dependen
Persediaan dependen merupakan persediaan yang kebutuhannya didasarkan pada permintaan barang lain dalam proses manufaktur.
 - ii. Persediaan independen
Persediaan independen merupakan persediaan yang kebutuhannya didasarkan pada permintaan pasar, tidak terkait dengan permintaan barang lain.
- b. Berdasarkan posisi dalam rantai pasok
- i. Persediaan bahan baku (*raw materials*)
Bahan baku yang telah dikirim oleh *supplier* kemudian disimpan sampai dibutuhkan untuk proses produksi.
 - ii. Persediaan barang dalam proses (*work in progress*)
Persediaan WIP merupakan persediaan dalam berbagai tahap penyelesaian dalam proses pembuatan dari bahan mentah sampai dengan operasi yang terakhir sebelum menjadi barang jadi.
 - iii. Persediaan barang jadi (*finished goods*)
Persediaan barang jadi merupakan barang yang disimpan dan menunggu untuk dikirim ke pelanggan.

Pengecer dan pedagang grosir hanya memiliki persediaan barang jadi, sedangkan pabrik memiliki ketiga jenis persediaan. Beberapa jenis persediaan tidak mudah untuk dikelompokkan ke dalam ketiga kategori tersebut, sehingga didefinisikan dua jenis tambahan sebagai berikut:

- i. Persediaan suku cadang (*spare parts*), untuk mesin, peralatan, dll
- ii. Persediaan bahan habis pakai (*consumables*), seperti minyak, kertas, pembersih, dll.

Kedua jenis persediaan tersebut digunakan untuk mendukung proses operasi, namun tidak menjadi bagian dari produk akhir. Jenis persediaan berdasarkan posisi dalam rantai pasok dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Jenis Persediaan (Waters, 2003)

- c. Berdasarkan karakteristik material/produk
 - i. Mudah rusak (*perishable*)
Persediaan untuk jenis bahan baku yang tidak dapat bertahan lama.
 - ii. Tidak mudah rusak (*non-perishable*)
Persediaan untuk jenis bahan baku yang dapat bertahan lebih lama.

Klasifikasi persediaan yang jarang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. *Cycle stock*, merupakan stok normal yang digunakan selama operasi.
- b. *Safety stock*, merupakan cadangan bahan yang disimpan untuk keadaan darurat.
- c. *Seasonal stock*, digunakan untuk mempertahankan operasi yang stabil melalui variasi musiman sesuai permintaan.
- d. *Pipeline stock*, merupakan stok yang sedang dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain.
- e. *Other stock*, terdiri dari semua persediaan yang dimiliki karena beberapa alasan lain.

2.2.5. Biaya Persediaan

Biaya persediaan merupakan salah satu ukuran performansi sistem persediaan. Setiap perusahaan memiliki keinginan untuk meminimalkan biaya persediaan, namun tujuan ini tidak dapat dicapai hanya dengan mengurangi persediaan. Persediaan yang rendah dapat memberikan biaya yang rendah, namun dapat menyebabkan kekurangan persediaan yang mengganggu operasi dan menimbulkan biaya yang sangat tinggi. Total biaya persediaan merupakan jumlah

dari seluruh biaya yang berkaitan dengan persediaan. Menurut Taha (2017), terdapat empat jenis biaya persediaan sebagai berikut:

a. Biaya pembelian (*purchasing cost*)

Biaya pembelian merupakan harga per unit dari suatu barang persediaan. *Supplier* pada umumnya menawarkan harga diskon apabila pesanan melebihi jumlah tertentu. Biaya ini terkait dengan seluruh biaya yang dikeluarkan untuk mendapatkan barang dan dapat ditemukan pada faktur atau nota pembelian.

b. Biaya pemesanan (*setup cost*)

Biaya pemesanan merupakan biaya tetap yang timbul saat melakukan pemesanan ke *supplier*. Biaya ini meliputi biaya dalam penyusunan pesanan, biaya telepon, biaya transportasi atau pengiriman, biaya inspeksi atau pengendalian kualitas, dan biaya penerimaan kiriman.

c. Biaya simpan (*holding cost*)

Biaya simpan merupakan biaya pemeliharaan barang dalam persediaan. Biaya ini meliputi biaya ruang penyimpanan (menyediakan gudang, sewa, tarif listrik), biaya kerusakan, biaya penanganan (pengemasan khusus, pendinginan, pemasangan palet), biaya administrasi (pemeriksaan stok, pembaruan komputer), dan biaya asuransi.

d. Biaya kekurangan persediaan (*shortage cost*)

Biaya kekurangan persediaan merupakan biaya penalti yang timbul saat persediaan habis. Biaya ini meliputi potensi kerugian pendapatan, tambahan biaya pengiriman untuk pemesanan darurat, dan selisih harga pembelian.

Total biaya persediaan dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$\left(\begin{matrix} \text{Total biaya} \\ \text{persediaan} \end{matrix} \right) = \left(\begin{matrix} \text{Biaya} \\ \text{pembelian} \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} \text{Biaya} \\ \text{pemesanan} \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} \text{Biaya} \\ \text{simpan} \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} \text{Biaya} \\ \text{kekurangan} \end{matrix} \right) \quad (2.1)$$

2.2.6. Jenis Pengendalian Persediaan

Pada dasarnya terdapat dua jenis pengendalian persediaan didasarkan pada jenis permintaannya, yaitu pengendalian persediaan untuk permintaan independen dan dependen (Waters, 2003).

a. Permintaan independen

Permintaan independen adalah permintaan yang tidak terkait dengan permintaan barang lain, sehingga permintaan agregat suatu barang sesuai dengan permintaan dari pelanggan. Cara yang dilakukan untuk meramalkan permintaan masa depan adalah dengan memproyeksikan tren historis.

Pengendalian persediaan didasarkan pada model kuantitatif yang menghubungkan perkiraan permintaan, biaya, dan variabel lain untuk menemukan jumlah dan periode pemesanan yang optimal. Model persediaan yang sesuai untuk permintaan independen adalah *fixed order quantity* atau *periodic review*.

Model persediaan untuk permintaan independen dapat dibedakan menjadi dua, yaitu persediaan untuk permintaan yang bersifat deterministik atau probabilistik.

i. Permintaan deterministik

Permintaan deterministik merupakan permintaan yang telah diketahui secara pasti. Metode yang dapat digunakan untuk mengendalikan persediaan dengan permintaan deterministik antara lain, metode EOQ (*Economic Order Quantity*), POQ (*Production Order Quantity*), ELS (*Economic Lot Size*), model EOQ dengan *quantity discount*, dan model *Back Order Inventory*.

Model persediaan untuk permintaan deterministik dibedakan menjadi deterministik statik dan deterministik dinamik.

1. Model persediaan deterministik statik

Model persediaan dengan permintaan bersifat deterministik dan setiap periode memiliki laju permintaan yang sama.

2. Model persediaan deterministik dinamik

Model persediaan dengan permintaan bersifat deterministik dan setiap periode memiliki laju permintaan yang berbeda-beda.

ii. Permintaan probabilistik

Permintaan probabilistik merupakan permintaan yang tidak diketahui secara pasti (bersifat probabilistik). Metode yang dapat digunakan untuk mengendalikan persediaan dengan permintaan probabilistik adalah metode *continous review* dan *periodic review*.

Model persediaan untuk permintaan probabilistik dibedakan menjadi probabilistik statik dan probabilistik dinamik.

1. Model persediaan probabilistik statik

Model persediaan probabilistik statik merupakan model persediaan dengan permintaan mengikuti suatu jenis distribusi probabilitas dan bentuk distribusinya sama untuk setiap periode.

2. Model persediaan probabilistik dinamik

Model persediaan probabilistik dinamik merupakan model persediaan dengan permintaan mengikuti suatu jenis distribusi probabilitas, namun bentuk distribusinya berbeda-beda untuk setiap periode.

b. Permintaan dependen

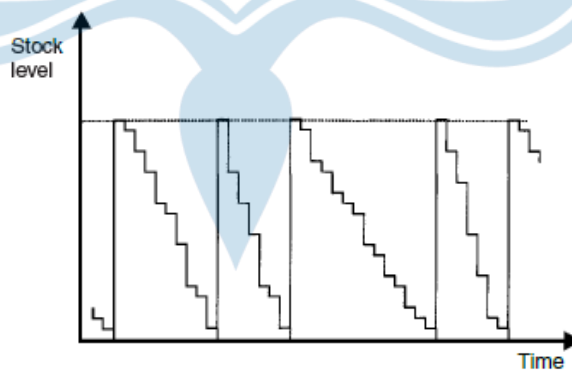
Permintaan dependen adalah permintaan yang terkait dengan permintaan barang lain. Pendekatan yang umum untuk jenis permintaan ini adalah dengan menghubungkan permintaan komponen dengan rencana produksi barang jadi. Metode pengendalian persediaan yang sesuai untuk permintaan dependen adalah metode *Material Requirement Planning* (MRP) dan Just-in-Time.

2.2.7. Model Persediaan Probabilistik

Model persediaan untuk permintaan probabilistik terdiri dari dua jenis model, yaitu model *continuous review* dan model *periodic review*.

a. Model *Continuous Review*

Model *continuous review* merupakan suatu model yang meninjau tingkat persediaan secara terus menerus dan pemesanan ulang dilakukan setiap kali tingkat persediaan turun mencapai *reorder point*. Pada model ini, jumlah yang dipesan setiap kali pemesanan selalu sama, namun waktu antar pemesanan tidak tetap. Persediaan pengaman dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit. Ilustrasi model *continuous review* secara grafis dapat dilihat pada Gambar 2.2.

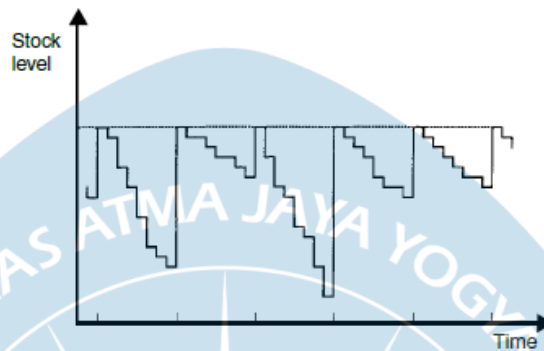


Gambar 2.2. Model *Continuous Review* (Waters, 2003)

b. Model *Periodic Review*

Model *periodic review* merupakan suatu model yang meninjau persediaan setiap jangka waktu tertentu. Pada model ini, jarak waktu antar pemesanan tetap, namun jumlah yang dipesan tidak selalu sama. Hal ini disebabkan oleh

pemakaian atau permintaan yang tidak tetap selama jarak waktu pemesanan tersebut. Persediaan pengaman dibutuhkan untuk mengantisipasi kehabisan persediaan sebelum waktu pemesanan kembali, sehingga jumlah yang dibutuhkan lebih besar apabila dibandingkan dengan model *continuous review*. Ilustrasi model *periodic review* secara grafis dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Model *Periodic Review* (Waters, 2003)

Metode *continuous review* atau *periodic review* tidak dapat dipastikan metode mana yang lebih baik. Masing-masing metode memiliki keunggulan dan memberikan hasil lebih optimal dalam keadaan yang berbeda. Keunggulan metode *periodic review* adalah sebagai berikut:

- a. Metode *periodic review* adalah metode yang sederhana dan mudah untuk dikelola. Tingkat persediaan hanya diperiksa pada interval waktu tertentu dan tidak harus dipantau terus menerus seperti metode *continuous review*.
- b. Kemudahan menggabungkan pesanan untuk beberapa macam produk sehingga pesanan yang lebih besar dapat mendorong *supplier* untuk memberikan potongan harga.

Keunggulan metode *continuous review* adalah sebagai berikut:

- a. Jumlah pesanan yang konstan lebih mudah untuk dikelola. Biaya yang dikeluarkan setiap kali pemesanan sama.
- b. Pesanan dapat disesuaikan dengan kebutuhan setiap barang, tidak seperti metode *periodic review* yang biasanya menggunakan periode yang sama untuk banyak barang yang beragam.
- c. Jumlah stok secara keseluruhan lebih rendah dibandingkan dengan metode *periodic review*.

Penggunaan gabungan dari kedua metode tersebut memungkinkan untuk mendapatkan manfaat dari keduanya. Dua jenis metode gabungan yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

a. *Periodic review with reorder level*

Metode ini mirip dengan metode *periodic review*, namun pemesanan hanya dilakukan jika persediaan yang ada di bawah *reorder level* yang ditentukan. Apabila persediaan yang ada di atas *reorder level* maka pemesanan tidak dilakukan pada periode tersebut dan menunggu sampai periode berikutnya.

b. *Reorder level and target stock*

Metode ini merupakan variasi dari metode *continuous review*, yang berguna ketika ada permintaan dengan jumlah besar dan mungkin mengambil persediaan hingga di bawah *reorder level*. Ketika persediaan berada di bawah *reorder level*, maka dilakukan pemesanan dengan jumlah yang akan meningkatkan persediaan saat ini ke target persediaan. Metode ini disebut juga dengan metode min-max.

2.2.8. Sistem

Sistem merupakan kumpulan entitas yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan tertentu (Schmidt dan Taylor, 1970 dalam Law, 2015). Menurut Law (2015), sistem dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu sistem diskrit dan kontinu.

a. Sistem diskrit

Sistem diskrit merupakan sistem di mana variabel keadaan berubah hanya pada set titik waktu yang diskrit. Contoh sistem diskrit adalah sistem antrian di bank. Jumlah pelanggan di bank berubah ketika pelanggan datang atau pelanggan selesai dilayani.

b. Sistem kontinu

Sistem kontinu merupakan sistem di mana variabel keadaan berubah terus menerus dari waktu ke waktu. Contoh sistem kontinu adalah pesawat terbang yang bergerak di udara, karena posisi dan kecepatan pesawat berubah terus menerus terhadap waktu.

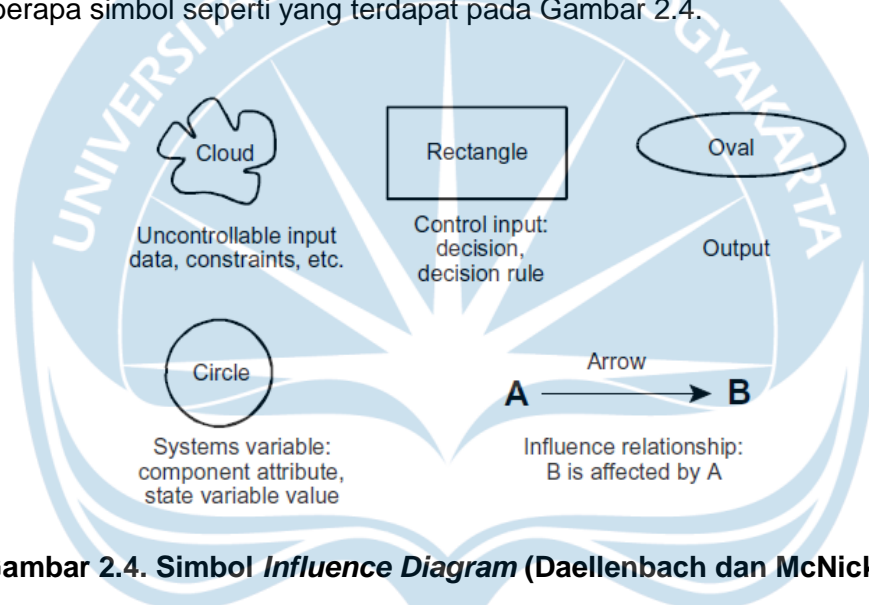
2.2.9. Model

Dalam mempelajari sistem, kadang dimungkinkan untuk bereksperimen dengan sistem aktual, namun hal ini tidak selalu menjadi pilihan dan dapat menimbulkan risiko. Oleh karena itu, dapat dibuat suatu model untuk mempelajari sistem. Model merupakan representasi atau penyederhanaan dari sistem. Model harus dibuat

dengan rinci sehingga memungkinkan penarikan kesimpulan yang valid terkait sistem nyata (Banks dkk, 2014). Model dapat diklasifikasikan menjadi model matematis dan model fisik. Model matematis menggunakan notasi dan persamaan matematis untuk mewakili sistem. Salah satu jenis model matematis adalah model simulasi. Model fisik merupakan objek yang dibuat lebih besar atau lebih kecil.

2.2.10. Influence Diagram

Influence diagram merupakan suatu sarana untuk memodelkan sistem yang dapat membantu dalam mengeksplorasi kompleksitas sebuah sistem dan sarana yang efektif untuk menentukan sistem yang relevan untuk masalah yang dipelajari (Daellenbach dan McNickle, 2005). Dalam membuat *influence diagram*, digunakan beberapa simbol seperti yang terdapat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Simbol *Influence Diagram* (Daellenbach dan McNickle, 2005)

Simbol awan (*cloud*) menunjukkan variabel input yang tidak dapat dikendalikan, sedangkan persegi panjang (*rectangle*) menunjukkan variabel keputusan. Variabel keputusan merupakan input yang dapat dikendalikan. Simbol lingkaran (*circle*) merupakan komponen atau variabel sistem. *Output* ditunjukkan dengan simbol oval. Tanda panah digunakan untuk memberikan arah hubungan pengaruh.

Beberapa aturan dasar yang perlu diperhatikan dalam membuat *influence diagram* adalah sebagai berikut:

- Tanda panah hanya dapat meninggalkan simbol awan atau persegi panjang, tidak boleh memasuki keduanya.
- Tanda panah hanya bisa berakhir pada simbol oval.

- c. Simbol lingkaran harus memiliki setidaknya satu panah masuk yang berasal dari awan, persegi panjang atau lingkaran lain, dan setidaknya satu panah keluar menuju lingkaran lain atau oval.

2.2.11. Simulasi

Simulasi merupakan tiruan dari sistem nyata dari waktu ke waktu. Pada umumnya simulasi dibuat pada komputer dengan perangkat lunak yang sesuai (Kelton dkk, 2015). Perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membuat simulasi adalah *Spreadsheet* dan *Arena*.

Model simulasi digunakan untuk mempelajari perilaku sistem yang berkembang dari waktu ke waktu. Manfaat lain simulasi adalah untuk mempelajari sistem pada tahap desain. Pada tahapan ini, model simulasi dapat digunakan sebagai alat desain untuk memprediksi kinerja sistem yang baru dan sebagai alat analisis untuk memprediksi pengaruh perubahan pada sistem. Simulasi dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan sistem yang kompleks, yang tidak dapat diselesaikan secara matematis.

Model simulasi diklasifikasikan menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

- a. Model simulasi statis atau dinamis

Model simulasi statis atau disebut juga simulasi Monte Carlo, merupakan simulasi yang mewakili sistem pada titik waktu tertentu. Model simulasi dinamis mewakili sistem dari waktu ke waktu.

- b. Model simulasi deterministik atau stokastik

Model simulasi deterministik merupakan model yang memiliki satu set input yang diketahui, tidak memiliki variabel acak. Input ini kemudian akan menghasilkan satu set *output*. Model simulasi stokastik memiliki satu atau lebih variabel acak sebagai input, yang akan menghasilkan keluaran acak. Karena keluaran yang dihasilkan acak, maka ukuran performansi rata-rata digunakan sebagai perkiraan statistik dari karakteristik sistem aktual.

- c. Model simulasi diskrit atau kontinu

Model simulasi diskrit merupakan model yang variabel keadaannya hanya berubah pada satu waktu tertentu, sedangkan pada model simulasi kontinu, variabel keadaan berubah terus-menerus (kontinu) dari waktu ke waktu.

2.2.12. Tahapan Simulasi

Banks dkk (2014) menyebutkan langkah–langkah untuk melakukan simulasi sebagai berikut:

a. Formulasi masalah

Setiap penelitian harus diawali dengan pernyataan masalah. Masalah yang akan diselesaikan harus diidentifikasi dengan jelas.

b. Penetapan tujuan dan rencana penelitian

Menetapkan tujuan yang akan diselesaikan dengan simulasi dan membuat rencana penelitian, meliputi jumlah orang yang terlibat, jumlah hari yang diperlukan, biaya penelitian, dan hasil yang diharapkan pada akhir setiap tahap.

c. Konseptualisasi model

Merancang model yang diawali dengan model sederhana dan membangun model ke kompleksitas yang lebih besar. Kompleksitas model yang dibuat tidak perlu melebihi yang diperlukan untuk mencapai tujuan model.

d. Pengumpulan data

Mengumpulkan data yang sesuai dengan tujuan penelitian

e. Penerjemahan model

Model diterjemahkan ke dalam format yang dapat dikenali komputer. Pemodel harus memutuskan untuk memprogram model dalam bahasa simulasi seperti GPSS/HTM, atau menggunakan *software* khusus simulasi, seperti Arena.

f. Verifikasi

Verifikasi berkaitan dengan membangun model dengan benar. Proses verifikasi berlanjut dengan perbandingan model konseptual dengan representasi komputer. Hal ini dilakukan untuk memeriksa apakah model telah diimplementasikan dengan benar dalam perangkat lunak simulasi.

g. Validasi

Validasi berkaitan dengan membangun model yang benar. Proses validasi dilakukan untuk memastikan bahwa model merupakan representasi akurat dari sistem nyata.

h. Desain eksperimen

Menentukan berbagai macam alternatif yang akan disimulasikan.

i. Menjalankan simulasi dan analisis

Simulasi dijalankan dan menganalisis keluaran simulasi untuk memperkirakan ukuran performansi dari desain sistem yang sedang disimulasikan.

j. Menjalankan ulang simulasi

Melakukan analisis untuk menentukan apakah simulasi perlu dijalankan lagi dan desain yang mengikuti eksperimen tambahan tersebut.

k. Dokumentasi dan pelaporan

Dokumentasi program diperlukan apabila program akan digunakan lagi oleh analis yang sama atau berbeda. Kemudian hasil dari semua analisis harus dilaporkan secara jelas dan ringkas untuk meninjau hasil eksperimen dan solusi yang direkomendasikan untuk masalah.

l. Implementasi

Tahap ini merupakan tahapan akhir, yaitu mengimplementasikan solusi yang direkomendasikan. Keberhasilan fase implementasi tergantung seberapa baik langkah-langkah sebelumnya dilakukan.

2.2.13. Uji ANOVA

Analysis of variance (ANOVA) merupakan uji F yang digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata dari tiga atau lebih populasi (Bluman, 2012). Apabila terdapat tiga populasi, ANOVA hanya dapat menunjukkan apakah ada perbedaan antara tiga populasi, namun tidak dapat menunjukkan letak perbedaannya. Uji statistik lain yang umum digunakan adalah *Scheffe test* dan *Tukey test*.

Uji ANOVA dibedakan menjadi dua, yaitu *one way* ANOVA dan *two way* ANOVA. *One way* ANOVA digunakan apabila hanya terdapat satu variabel, sedangkan *two way* ANOVA digunakan ketika pengujian melibatkan dua variabel. Asumsi yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a. Populasi terdistribusi normal
- b. Sampel harus independen satu sama lain
- c. Populasi memiliki varian yang sama

Prinsip dasar dari uji ANOVA yaitu apabila varian antar rata-rata sampel (*between-group variance*) dan varian dalam sampel (*within-group variance*) relatif sama, maka dapat disimpulkan populasi adalah sama. Langkah-langkah uji *one way* ANOVA adalah sebagai berikut:

a. Nyatakan hipotesis

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

H_1 : Setidaknya satu rata-rata berbeda dari yang lain

b. Cari nilai kritis dari tabel distribusi F dengan $\alpha = 0,05$.

$$d.f.N. = k - 1 \quad (2.1)$$

$$d.f.D. = N - k \quad (2.2)$$

Keterangan:

k = jumlah sampel

N = jumlah nilai dari semua sampel

c. Hitung nilai tes

i. Hitung rata-rata (\bar{X}) dan varians (s^2) dari setiap sampel

ii. Hitung nilai *grand mean* (\bar{X}_{GM}), yaitu rata-rata semua nilai dalam sampel

$$\bar{X}_{GM} = \frac{\sum X}{N} \quad (2.3)$$

d. Hitung varian antar rata-rata sampel (s^2_B)

$$s^2_B = \frac{\sum n_i(\bar{X}_i - \bar{X}_{GM})^2}{k-1} \quad (2.4)$$

e. Hitung varian dalam sampel (s^2_W)

$$s^2_W = \frac{\sum (n_i - 1)s^2_i}{\sum (n_i - 1)} \quad (2.5)$$

f. Hitung nilai F

$$F = \frac{s^2_B}{s^2_W} \quad (2.6)$$

g. Buat keputusan. Keputusan adalah tolak H_0 , jika nilai F hitung lebih besar dari F tabel.

h. Buat kesimpulan

2.2.14. Pemodelan Input

Pemodelan input diperlukan untuk simulasi. Proses pemodelan dimulai dari pengumpulan data hingga analisis. Rossetti (2016) menjelaskan prosedur pemodelan input sebagai berikut:

- Mendeskripsikan proses yang dimodelkan dan menentukan variabel acak yang akan dikumpulkan.
- Membuat rencana untuk mengumpulkan data, melakukan uji coba rencana, dan mengumpulkan data.
- Analisis grafis dan statistik data dengan menggunakan alat analisis statistik untuk mengetahui rata-rata sampel, varians sampel, nilai minimum, nilai maksimum, dan kuartil.
- Membuat hipotesis untuk jenis distribusi data yang mungkin.

- e. Estimasi parameter untuk menganalisis apakah distribusi memberikan model yang baik untuk data.
- f. Memeriksa apakah distribusi probabilitas yang dihipotesiskan memiliki kecocokan dengan data. Uji *goodness of fit* dapat dilakukan melalui uji statistik seperti uji *chi-squared* dan Kolmogrov-Smirnov.

Distribusi probabilitas dibagi menjadi dua jenis, yaitu teoritis dan empiris. Distribusi teoritis menghasilkan sampel berdasarkan rumus matematis, sedangkan distribusi empiris hanya membagi data aktual ke dalam pengelompokan dan menghitung proporsi nilai (pdf) dalam setiap kelompok. Setiap jenis distribusi selanjutnya dibedakan menjadi distribusi kontinu dan diskrit. Distribusi kontinu dapat mengembalikan semua nilai nyata apapun, sedangkan distribusi diskrit hanya bisa mengembalikan besaran yang bernilai bilangan bulat (Kelton dkk, 2015).

Jenis distribusi data dapat ditentukan dengan menggunakan *Input Analyzer*. *Input Analyzer* merupakan alat standar yang menyertai Arena, dirancang khusus untuk menyesuaikan distribusi ke data yang diperoleh, memberikan perkiraan parameter, dan menghitung seberapa baik distribusi tersebut sesuai dengan data. Jenis distribusi kontinu yang didukung Arena untuk digunakan dalam model simulasi adalah distribusi *exponential*, *triangular*, *Weibull*, *beta*, *Erlang*, *gamma*, *lognormal*, *uniform*, dan *normal*. Untuk distribusi diskrit, Arena hanya mendukung jenis distribusi Poisson.

Langkah-langkah untuk menggunakan *Input Analyzer* adalah sebagai berikut:

- a. Membuat *text file* yang berisi data
- b. Jalankan *Input Analyzer*, kemudian lampirkan data dengan klik *File > Data File > Use Existing*. Kemudian *Input Analyzer* akan menampilkan histogram data di bagian atas dan ringkasan karakteristik data di bagian bawah.
- c. Apabila akan menggunakan distribusi teoritis dalam model simulasi, maka pilih *Fit > Fit All*. *Input Analyzer* akan secara otomatis menghitung statistik uji dan menampilkan distribusi yang memiliki nilai *square error* minimum.

Input Analyzer menyediakan tiga ukuran numerik dari uji kecocokan distribusi data (*goodness of fit*), yaitu nilai *square error*, uji hipotesis *chi-square* dan Kolmogrov-Smirnov. *Square error* merupakan rata-rata kesalahan kuadrat untuk setiap sel histogram, yang merupakan kuadrat dari perbedaan antara frekuensi relatif pengamatan dan frekuensi relatif untuk fungsi distribusi probabilitas. Semakin besar nilai *square error* maka semakin jauh distribusi tersebut sesuai dengan data

aktual. Uji hipotesis *chi-square* dan Kolmogrov-Smirnov digunakan untuk menilai apakah distribusi teoritis cocok untuk data. Nilai p hasil uji hipotesis selalu berada di antara 0 dan 1. Nilai p yang lebih besar menunjukkan kesesuaian yang lebih baik. Apabila nilai p kurang dari 0,05 maka menunjukkan bahwa distribusinya kurang sesuai.

2.2.15. Replikasi

Replikasi merupakan pengulangan yang dihasilkan secara independen dari simulasi. Apabila terdapat beberapa ulangan dalam percobaan, setiap ulangan mewakili sampel yang berbeda (Rossetti, 2016). Replikasi dilakukan untuk memperoleh cukup data *output* dari beberapa sampel. Jika simulasi dijalankan sejumlah n replikasi (n_0), maka nilai *half-width* (h_0) dapat digunakan untuk menentukan jumlah replikasi (n) yang diperlukan untuk mendekati *half-width* yang diinginkan (h). Jumlah replikasi yang diperlukan dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

a. *Initial half-width* (h_0)

$$h_0 = t_{\alpha/2, n_0-1} \frac{s_0}{\sqrt{n_0}} \quad (2.7)$$

Ketika simulasi dijalankan dengan Arena, laporan secara otomatis menyediakan *confidence interval* 95% untuk ukuran kinerja, tidak melaporkan nilai standar deviasi, namun langsung melaporkan nilai *half-width* untuk *confidence interval* 95%.

b. Replikasi awal (n_0)

$$n_0 = t_{\alpha/2, n_0-1}^2 \frac{s_0^2}{h_0^2} \quad (2.8)$$

c. Replikasi yang diperlukan (n)

$$n = t_{\alpha/2, n-1}^2 \frac{s^2}{h^2} \quad (2.9)$$

Berdasarkan rasio n_0 terhadap n (persamaan 2.8 dan 2.9) dan mengasumsikan $t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$ sama dengan $t_{\frac{\alpha}{2}, n_0-1}$ dan s^2 sama dengan s_0^2 maka jumlah replikasi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$n = n_0 \left(\frac{h_0}{h} \right)^2 \quad (2.10)$$

2.2.16. Analisis Output

Output dari simulasi dapat dianalisis dengan cara membandingkan dua skenario. Dalam melakukan analisis ini diperlukan metode uji statistik yang sesuai sehingga dapat ditarik kesimpulan yang valid. Pada umumnya dalam melakukan pengujian dua sampel digunakan uji t . Uji z tidak digunakan karena pada banyak situasi standar deviasi populasi tidak diketahui sehingga digunakan uji t . Uji t digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata antara dua sampel independen. Sampel adalah sampel independen ketika tidak berhubungan. Pada uji t juga akan diasumsikan bahwa varians tidak sama. Langkah-langkah uji t adalah sebagai berikut:

a. Nyatakan hipotesis

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

b. Cari nilai kritis (*critical value*) dari tabel distribusi t dengan $\alpha = 0,05$ dan derajat kebebasan merupakan nilai yang lebih kecil dari $n_1 - 1$ atau $n_2 - 1$.

c. Hitung nilai uji (t). Dengan asumsi varians tidak sama, maka digunakan rumus berikut:

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (2.11)$$

d. Buat keputusan. Keputusan adalah tolak H_0 , jika nilai t hitung lebih besar dari t tabel.

e. Buat kesimpulan

Uji t dapat dilakukan dengan perhitungan manual atau dengan bantuan *Microsoft Excel*. Konsep penarikan kesimpulan uji t dengan *Microsoft Excel* sama dengan perhitungan manual.