

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Juliawati dkk, (2019) melakukan penentuan strategi persediaan dengan menggunakan metode *Expected Backorder* (EBO). Permasalahan yang dialami oleh PT. XYZ adalah mengalami *stock out* dalam penjualannya. Permasalahan tersebut mengakibatkan kerugian akibat besarnya waktu *down time*. Bertambahnya waktu *down time* membuat target produksi terhenti dan tidak mencapai target. Menggunakan metode yang digunakan mampu meningkatkan *service level* dengan mengoptimalkan kebijakan persediaan terutama pada perencanaan *safety stock* dan *Reorder Point* yang maksimal.

Bertambahnya permintaan dalam suatu perusahaan memiliki keuntungan dan kerugian jika dilihat dari berbagai sisi. Keuntungan perusahaan didapatkan jika seluruh permintaan dari konsumen dapat dipenuhi. Sedangkan permintaan konsumen yang tidak dapat terpenuhi justru akan merugikan baik konsumen maupun perusahaan itu sendiri. Hal ini berkaitan dengan sistem perencanaan persediaan seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Bkivank dan Vis (2012) yang menggunakan metode *Reorder Point* dan mampu mengurangi biaya *stock out* yang terjadi. Hasil penelitian memberikan solusi terhadap permasalahan biaya *stock out* yang tinggi dengan mengoptimalkan perencanaan persediaan.

Putri (2019) melakukan penelitian di AHASS DAM Cisaranten dan menemukan dua permasalahan utama yang ada pada perusahaan tersebut. *Lost order* dan *dead stock* yang cukup tinggi dapat membuat kerugian yang tinggi karena kehilangan keuntungan dari *lost order* yang terjadi. Hal ini dapat diselesaikan dengan cara meminimalkan terjadinya *lost order* dan *dead stock* dengan cara mengubah *workflow analysis* dan memperbaiki sistem perencanaan persediaan. Penambahan jumlah karyawan menjadi solusi utama dalam mengatasi permasalahan tersebut. Metode yang digunakan adalah *cycle service level*, *optimal order quantity* dan *expected profit*.

Wicaksono dkk, (2020) memiliki solusi dalam penyelesaian masalah pada lamanya siklus *down time* dan terjadinya *lost sales*. Solusi yang diterapkan adalah dengan cara mengubah perancangan kebijakan persediaan, Metode yang digunakan adalah menggunakan metode *Continuous Review*. Metode tersebut mampu

memberikan hasil yang baik dalam upaya peningkatan pelayanan di Depo Lokomotif Sarana Yogyakarta. Shivsharan (2012) juga memiliki permasalahan yang sama dalam menentukan persediaan optimal. Namun Shivsharan menggunakan metode *Lagrangian relaxation* sehingga menghasilkan Simulasi *descret event* pada *Microsoft Excel* pada *perusahaan X* dalam menentukan persediaan.



**Tabel 2.1. Perbandingan Tinjauan Pustaka Berkaitan dengan *Stock Out***

| Penulis               | Karakteristik Kondisi Perusahaan |                                 |  |   |                                 |   |
|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|--|---|---------------------------------|---|
|                       | Jenis Perusahaan                 | Sumber Data                     | Pola Permintaan                            | Solusi  | Metode                          | Alasan Pemilihan Metode   |
| Juliawati dkk, (2019) | Industri manufaktur              | Sistem manajemen persediaan ERP | Permintaan karena pemeliharaan terjadwal   | Perhitungan tingkat persediaan, penentuan tingkat <i>service level</i> pengendalian persediaan berdasarkan <i>backorder</i> | <i>Expected Backorder (EBO)</i> | Kesesuaian konteks penelitian yaitu <i>spare part</i> , perhitungan lebih akurat, lebih fleksibel karena memperhitungkan <i>backorder</i> |
| Wahyuni dkk, (2018)   | Industri otomotif                | Sistem manajemen persediaan ERP | Musiman                                    | Menghitung <i>service level</i> dan meminimalkan biaya akibat <i>backorder</i>  | <i>Continuous Review (s,S)</i>  | Meningkatkan <i>service level</i> , memaksimalkan penggunaan diskon, tepat dalam konteks penelitian industri otomotif                     |
| Qadir dkk, (2017)     | Rumah Sakit                      | Sistem manajemen persediaan ERP | Periodik peningkatan dan penurunan berkala | Pengelompokan persediaan, optimalisasi level persediaan, penyesuaian karakter penilaian                                     | <i>Joint Replenishment</i>      | Efisiensi biaya dengan pengelompokan barang, kompleksitas perhitungan dan implementasi  |

**Tabel 2.1. Lanjutan**

| Penulis               | Karakteristik Kondisi Perusahaan               |                                 |   |   |   |  |
|-----------------------|--|---------------------------------|---|---|---|--|
|                       | Jenis Perusahaan                               | Sumber Data                     | Pola Permintaan                         | Solusi  | Metode  | Alasan Pemilihan Metode  |
| Wicaksono dkk, (2020) | Tempat perawatan dan perbaikan mesin lokomotif | Laporan manual                  | Pemeliharaan rutin dan akibat kegagalan | Pengelolaan persediaan berdasarkan kegagalan, pemantauan dan evaluasi terus menerus, penetapan titik dan jumlah pesanan | <i>Continuous Review (s,S)</i>                                  | Pertimbangan atas kejadian kegagalan, fokus pada suku cadang kritis saja                     |
| Fauziah dkk, (2016)   | Industri otomotif                              | Sistem manajemen persediaan ERP | Musiman                                 | Perencanaan kebijakan persediaan  | <i>Periodic review (R,s,S)</i> dan <i>periodic review (R,S)</i> | Kesesuaian karakteristik produk, fleksibilitas dalam pengendalian                            |
| Sulistiyani (2019)    | Industri tekstil dan pakaian                   | Sistem manajemen persediaan ERP | Musiman mengikuti <i>life cycle</i>     | Perencanaan kebijakan persediaan  | <i>Joint Replenishment Order</i>                                | Kesesuaian karakteristik produk, fleksibilitas dalam pengendalian                            |
| Ali dkk, (2020)       | Industri minyak dan gas                        | Sistem manajemen persediaan ERP | Musiman dan tren jangka panjang         | Penggunaan teknologi otomasi, penentuan level persediaan optimal, penggunaan algoritma otomasi                          | <i>Joint Replenishment Order</i>                                | Keterbatasan penelitian lain, sesuai dengan sumber daya, tepat untuk industri minyak dan gas |

**Tabel 2. 2. Tabel Perbandingan Tinjauan Pustaka Berkaitan dengan Pengelompokan Barang**

| Penulis & Tahun | Karakteristik Penelitian |                       |   |  | Metode  | Hasil  |
|-----------------|--------------------------|-----------------------|---|--|---|--|
|                 | Jenis Industri           | Jenis Pengelompokan   | Parameter Pengelompokan                 | Tujuan Pengelompokan   |   |  |
| Utari (2014)    | Rumah sakit              | Pengelompokan obat    | Frekuensi permintaan                    | Pengendalian persediaan dan optimalisasi pelayanan                     | Analisis ABC dan <i>EOQ (Economic Order Quantity)</i> | Mengetahui penggolongan jenis produk dan jumlah pesanan minimal maksimal produk tersebut |
| Dhiyaa (2018)   | Industri makanan         | Pengelompokan makanan | Frekuensi permintaan, rotasi persediaan | Pengendalian persediaan pengendalian biaya, dan optimalisasi pelayanan | Analisis ABC  | Penghematan biaya pemesanan dan mengetahui pengelompokan barang                          |
| Salaby (2022)   | Toko kelontong           | Pengelompokan makanan | Frekuensi permintaan                    | Optimalisasi pelayanan   | <i>K-means clustering</i>                             | Pengelompokkan makanan berdasarkan jumlah permintaannya                                  |

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Persediaan

Persediaan dapat muncul karena adanya perbedaan jumlah penawaran dengan jumlah permintaan. Banyak faktor yang menyebabkan perbedaan tersebut dan sifatnya berubah-ubah. Berikut merupakan penyebab timbulnya persediaan (Bahagia, 2006):

#### a. Persediaan Cadangan

Menurut Bahagia (2006), persediaan cadangan, atau *safety stock*, adalah jumlah tambahan barang yang disimpan untuk mengantisipasi ketidakpastian dalam permintaan atau waktu pemesanan. Tujuannya adalah untuk mengurangi risiko kekurangan stok yang dapat mengganggu kelancaran operasi dan pelayanan pelanggan. Persediaan cadangan ini berfungsi sebagai *buffer* yang memastikan ketersediaan barang yang cukup, bahkan jika terjadi fluktuasi permintaan yang tidak terduga atau keterlambatan dalam pengiriman, sehingga membantu menjaga kontinuitas bisnis dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

#### b. Persediaan *Lost Size*

Ukuran lot dalam persediaan mengacu pada jumlah barang yang dipesan atau diproduksi dalam satu batch pada satu waktu tertentu. Penentuan ukuran lot bertujuan untuk mengoptimalkan total biaya persediaan, termasuk biaya pemesanan atau pengaturan, biaya penyimpanan, serta biaya akibat kekurangan stok. Dengan menentukan ukuran lot yang tepat, perusahaan dapat menyeimbangkan biaya terkait frekuensi pemesanan dan penyimpanan, sehingga meningkatkan efisiensi operasional sekaligus mengurangi pemborosan dalam pengelolaan persediaan.

#### c. Persediaan Antisipasi

Persediaan antisipasi adalah persediaan yang disimpan untuk menghadapi fluktuasi permintaan atau gangguan dalam rantai pasok. Tujuannya adalah untuk memastikan ketersediaan barang selama periode permintaan yang tinggi atau saat terjadi keterlambatan pengiriman dari pemasok. Dengan menyiapkan persediaan antisipasi, perusahaan dapat menjaga kelancaran operasi dan memenuhi permintaan pelanggan tanpa mengalami kekurangan stok, meskipun ada perubahan mendadak dalam pola permintaan atau hambatan dalam pasokan.

#### d. Persediaan *Pipeline*

*Pipeline inventory* adalah persediaan yang sedang dalam proses pengiriman, baik dari pemasok ke perusahaan maupun antar lokasi dalam rantai pasokan. Jenis persediaan ini mencakup barang yang sedang diproduksi, dalam perjalanan, atau dalam tahap perpindahan lainnya sebelum mencapai tujuan akhir. Pengelolaan *pipeline inventory* yang optimal sangat penting untuk memastikan kelancaran distribusi barang, menghindari kekurangan stok, dan meningkatkan efisiensi operasional dalam manajemen persediaan secara keseluruhan.

e. **Persediaan Lebih**

Persediaan lebih adalah situasi di mana jumlah barang yang disimpan melebihi kebutuhan operasional yang sebenarnya, sering kali disebabkan oleh kesalahan peramalan permintaan atau ketidakpastian pasar. Persediaan yang berlebihan ini dapat mengakibatkan biaya tambahan yang signifikan, seperti biaya penyimpanan, risiko kerusakan atau keusangan barang, dan modal yang tertahan dalam bentuk stok yang tidak terpakai. Oleh karena itu, pengendalian persediaan yang efektif diperlukan untuk memastikan bahwa jumlah barang yang disimpan sesuai dengan kebutuhan aktual, mengoptimalkan biaya, dan meningkatkan efisiensi operasional.

### **2.2.2. Variabel Persediaan**

Pengendalian persediaan dalam prosesnya berkaitan dengan variabel-variabel yang digunakan untuk menentukan jumlah pemesanan. Variabel tersebut juga yang akan menentukan tingkat pelayanan optimal dengan biaya total lebih rendah. Berikut merupakan variabel yang ada dalam sistem pengendalian persediaan:

a. *Demand*

*Demand* atau permintaan adalah variabel kritis yang mencerminkan jumlah barang atau layanan yang dibutuhkan oleh pelanggan dalam suatu periode tertentu. Menurut Chopra dan Meindl (2016), memahami dan memperkirakan permintaan secara akurat adalah esensial untuk mengelola persediaan secara efektif, karena kesalahan dalam peramalan permintaan dapat menyebabkan kekurangan atau kelebihan stok, yang masing-masing dapat mengakibatkan biaya yang signifikan. Permintaan dipengaruhi oleh berbagai faktor termasuk tren pasar, musim, dan perilaku konsumen, sehingga metode peramalan yang tepat harus digunakan untuk mengantisipasi perubahan ini dan memastikan ketersediaan barang yang optimal.

b. *Lead time*



*Lead time* dalam manajemen persediaan mengacu pada durasi waktu yang dibutuhkan sejak pemesanan dilakukan hingga barang diterima dan siap digunakan dalam operasi. Aspek ini sangat penting karena berpengaruh terhadap jumlah stok yang harus disediakan untuk mencegah kekurangan barang. Menurut Silver dkk, (1998), pengelolaan *lead time* yang baik dapat membantu perusahaan mengurangi biaya persediaan, meningkatkan kualitas layanan pelanggan, dan mengoptimalkan proses produksi. Namun, ketidakpastian dalam *lead time* menambah tantangan dalam perencanaan persediaan, sehingga diperlukan stok pengaman untuk mengantisipasi variabilitas tersebut.

c. *Safety Stock*

*Safety stock* adalah komponen penting dalam variabel sistem persediaan yang berfungsi sebagai buffer atau cadangan untuk mengatasi ketidakpastian dalam permintaan dan waktu pengiriman, memastikan ketersediaan produk dan menghindari kekurangan stok. Menurut Chopra dan Meindl (2016), *safety stock* diperlukan untuk mengantisipasi fluktuasi permintaan dan *lead time*, sehingga membantu menjaga kontinuitas operasional dan kepuasan pelanggan. Penentuan tingkat *safety stock* yang optimal memerlukan analisis mendalam terhadap variabilitas permintaan dan waktu pemesanan, serta toleransi risiko perusahaan terhadap kehabisan *stock*. Menurut Tersine (1994) persamaan untuk menghitung *safety stock* dapat dilihat pada Persamaan 2.1. berikut ini.

$$S = Z_{\sigma} \quad 2.1$$

Keterangan:

$S$  = *Safety stock* (unit)

$Z$  = Standar normal deviasi

$\sigma$  = Standar deviasi

d. *Reorder Point*

*Reorder Point*, atau titik pemesanan ulang, dalam manajemen persediaan merupakan batas minimum stok yang memicu dilakukannya pemesanan ulang untuk mencegah kehabisan barang sebelum pengiriman berikutnya tiba. Penentuan *reorder point* melibatkan berbagai variabel, seperti rata-rata permintaan harian, *lead time*, serta *safety stock* untuk mengantisipasi fluktuasi permintaan dan ketidakpastian dalam pengiriman. Silver dkk, (1998) menyatakan bahwa *reorder point* memiliki peran penting dalam menjaga kelancaran operasional dan layanan pelanggan, dengan memastikan



keseimbangan antara stok yang berlebihan dan kekurangan, sehingga ketersediaan produk tetap optimal tanpa menimbulkan biaya yang tidak perlu. Menurut Tersine (1994) persamaan untuk menghitung *reorder point* dapat dilihat pada Persamaan 2.2 berikut ini.

$$B = D \times (T + L) + S \quad 2.2$$

Keterangan:

$B$  = *Reorder Point*

$\bar{D}$  = Rata-rata permintaan

$T$  = *Safety stock*

$L$  = *Lead time*

$S$  = *Safety stock*

e. Jumlah Pesan

Jumlah pesan adalah jumlah unit barang atau bahan baku yang dipesan dalam satu kali pemesanan. Penentuan jumlah pesan yang optimal sangat penting dalam manajemen persediaan untuk memastikan ketersediaan barang secara efisien tanpa menimbulkan biaya yang berlebihan. Penentu jumlah pesan adalah permintaan, biaya persediaan, *lead time*, dan kapasitas penyimpanan. Menurut Tersine (1994) persamaan untuk menghitung jumlah pesan dapat dilihat pada Persamaan 2.3. berikut ini.

$$Q = \sqrt{\frac{2CD}{P}} \quad 2.3$$

Keterangan:

$Q$  = Jumlah pesan

$C$  = Biaya pesan

$D$  = Permintaan

$P$  = Biaya simpan

### 2.2.3. Model Persediaan

Menurut Waters (2003), model persediaan dibagi menjadi dua kategori berdasarkan karakteristik permintaan dan periode kedatangan pesannya. Kedua kategori tersebut adalah sebagai berikut:

a. Deterministik

Dalam model deterministik, waktu kedatangan pesanan dan karakteristik permintaan dapat diketahui dengan pasti. Model ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu model deterministik statis dan dinamis. Perbedaan utama antara keduanya terletak pada jumlah permintaan barang di setiap periode. Pada model deterministik statis, jumlah permintaan sudah diketahui dan bersifat tetap atau konstan. Sementara itu, pada model deterministik dinamis, jumlah permintaan juga diketahui dengan pasti tetapi bervariasi di setiap periode. Metode pengendalian persediaan yang sering digunakan dalam model deterministik meliputi *Economic Order Quantity* (EOQ), *Production Order Quantity* (POQ), *Economic Lot Size* (ELS), dan *Back Order Inventory*.

b. Probabilistik

Pada model probabilistik, waktu kedatangan pesanan dan karakteristik permintaan tidak dapat diprediksi atau diketahui dengan pasti. Hal ini mengharuskan penggunaan pendekatan distribusi probabilitas. Model probabilistik terbagi menjadi dua jenis, yaitu model probabilistik *stationary* dan *non-stationary*. Pada model probabilistik *stationary*, tingkat permintaan bersifat tidak menentu, dan waktu pada setiap periode tidak mempengaruhi permintaan dalam *Probability Density Function* (PDF). Sedangkan pada model probabilistik *non-stationary*, tingkat permintaan juga tidak menentu, tetapi permintaan pada setiap periode bervariasi seiring waktu dalam *Probability Density Function* (PDF). Metode pengendalian persediaan yang umum digunakan untuk model probabilistik ini adalah metode *continuous review* dan *periodic review*.

#### 2.2.4. Metode Penyelesaian Model Persediaan

Sistem terdiri dari elemen-elemen yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan tertentu. Beberapa konsep mengenai sistem menurut Kelton (1991) adalah sebagai berikut:

a. Sistem Aktual dan Model Sistem

Jika eksperimen dilakukan pada sistem aktual, maka tidak ada masalah dengan validitas eksperimen tersebut. Namun, eksperimen terhadap sistem aktual jarang dilakukan karena memerlukan biaya yang besar dan berisiko tinggi. Oleh karena itu, dibuatlah model yang menggambarkan sistem aktual dalam bentuk yang lebih sederhana. Dalam eksperimen dengan model sistem, validasi model menjadi hal yang penting.

b. Model Fisik dan Model Matematis

Model fisik adalah miniatur yang merepresentasikan bentuk fisik suatu sistem. Sedangkan model matematis harus menggambarkan sistem tersebut secara logis. Dalam analisis ini, *input* kuantitatif dimanipulasi untuk mengamati perilaku model.

#### c. Solusi Analitis dan Simulasi

Setelah model matematis disusun, dilakukan analisis untuk mencari solusi terhadap masalah yang ada. Untuk masalah yang relatif sederhana, solusi eksak dapat diperoleh melalui pendekatan analitis. Namun, untuk model yang lebih kompleks, simulasi digunakan jika solusi analitis sangat sulit atau bahkan tidak mungkin dilakukan.

### **2.2.5. Metode Simulasi**

Simulasi adalah teknik yang umumnya digunakan dalam penelitian operasional dan manajemen teknik. Teknik ini sangat berguna, terutama untuk masalah yang bersifat probabilistik, yang umumnya sulit dipecahkan dengan model matematis (Kelton, 2000). Simulasi sering diterapkan untuk menganalisis sistem dan masalah terkait pengambilan keputusan. Saat ini, simulasi banyak diterapkan di bidang bisnis, industri, dan sistem produksi untuk tujuan memprediksi, mendeskripsikan, menganalisis, serta mengidentifikasi dan menentukan solusi optimal.

Simulasi berarti abstraksi atau duplikasi masalah kehidupan nyata dalam bentuk model matematika. Menurut Kelton (2000), simulasi adalah rekayasa ulang operasi dunia nyata. Model simulasi adalah teknik untuk merekam hubungan sebab-akibat suatu sistem dalam model komputer, guna menghasilkan perilaku yang sesuai dengan sistem nyata. Untuk melakukan simulasi, ada beberapa tahapan atau prosedur yang harus dilalui yaitu sebagai berikut:

#### a. Memformulasikan Masalah

Langkah pertama ini bertujuan untuk memahami gambaran umum dari sistem yang akan dianalisis. Pada tahap ini, masalah yang ada, objek yang menjadi fokus analisis, variabel yang terlibat, kendala yang ada, dan ukuran kinerja yang ingin dicapai harus dikenali.

#### b. Mengumpulkan Data

Pada tahap ini, data dan informasi yang diperlukan untuk pemodelan sistem dikumpulkan dan kemudian dimasukkan ke dalam model yang telah disusun.

#### c. Memilih *Software* dan Mengembangkan Model

Pada tahap ini, model mulai dibangun dan dikembangkan dengan menggunakan metode dan bahasa pemrograman yang sesuai dengan perangkat lunak yang dipilih.

d. Melakukan Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi adalah langkah untuk memastikan bahwa model sesuai dengan konsep dan asumsi yang telah dibuat, serta diterjemahkan dengan benar ke dalam perangkat lunak. Verifikasi dilakukan dengan memeriksa jalannya simulasi pada setiap bagian model. Sementara itu, validasi adalah untuk memastikan bahwa model benar-benar mewakili sistem nyata dan dapat digunakan untuk menganalisis sistem tersebut.

e. Melakukan Analisis dan Eksplorasi Model

Pada tahap ini, sistem dianalisis menggunakan model yang telah divalidasi. Untuk sistem yang bersifat terbuka, eksplorasi model bisa dilakukan dengan mengubah kondisi *input* atau situasi lainnya.

f. Melakukan Eksperimen Optimasi Model

Pada tahap ini, output dari simulasi, perilaku sistem, dan analisisnya diperiksa dan eksperimen dilakukan untuk menjawab pertanyaan yang diajukan dalam formulasi masalah. Dengan demikian, gambaran sistem yang optimal diperoleh melalui model tersebut, yang kemudian digunakan untuk memperbaiki sistem nyata.

g. Mengimplementasikan Hasil Simulasi

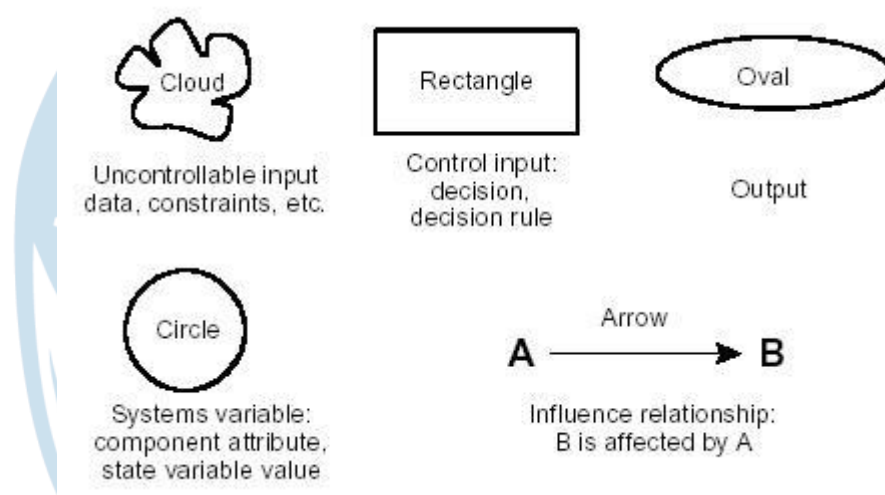
Hasil simulasi perlu disampaikan kepada manajemen sebagai masukan untuk perbaikan sistem. Implementasi hasil simulasi dalam sistem nyata harus terus dipantau dan, jika perlu, hasilnya digunakan sebagai masukan kembali untuk analisis lebih lanjut, sehingga tercipta kesinambungan dalam upaya optimalisasi sistem.

### 2.2.6. Influence Diagram

Menurut Daellenbach dan McNickle (2005), *influence diagram* dapat digunakan sebagai alat untuk memodelkan sistem yang memungkinkan analisis terhadap kompleksitas masalah yang akan diselesaikan. Dalam pembuatan *influence diagram*, terdapat beberapa simbol yang perlu dipahami, antara lain simbol awan (*cloud*) yang menunjukkan variabel *input* yang tidak dapat dikendalikan (*uncontrollable input*), simbol persegi panjang (*rectangle*) yang menunjukkan variabel keputusan yang dapat dikendalikan (*controllable input*), simbol lingkaran (*circle*) yang mewakili variabel sistem, dan simbol oval yang menunjukkan *output*.

Selain itu, dalam pembuatan *influence diagram*, ada beberapa aturan dasar yang perlu diperhatikan, sebagai berikut:

- Simbol lingkaran (*circle*) harus memiliki minimal satu panah yang mengarah ke simbol lingkaran lain, awan (*cloud*), atau persegi panjang (*rectangle*). Selain itu, simbol lingkaran (*circle*) juga harus memiliki minimal satu panah yang keluar menuju simbol lingkaran lain atau oval.
- Tanda panah hanya diperbolehkan keluar dari simbol awan (*cloud*) atau persegi panjang (*rectangle*), dan tidak boleh masuk ke kedua simbol tersebut.
- Tanda panah hanya dapat berakhir pada simbol oval. Selanjutnya, berikut merupakan gambaran simbol yang digunakan dalam pembuatan *influence diagram* dimana dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1. Simbol pada *Influence Diagram* (Daellenbach dan McNickle, 2005)**

### 2.2.7. Penentuan Jumlah Replikasi

Replikasi diperlukan untuk menentukan berapa banyak simulasi yang harus dijalankan. Simulasi yang hanya dilakukan sekali belum tentu mencerminkan kondisi sistem yang sesungguhnya. Oleh karena itu, replikasi perlu dilakukan beberapa kali untuk memastikan hasil yang mewakili sistem yang ada. Dalam menentukan jumlah replikasi, terlebih dahulu ditetapkan nilai  $\alpha = 0,1$  dan nilai  $\gamma$ . Koefisien  $\alpha$  merupakan nilai interval kepercayaan, di mana  $\alpha = 0,1$  menunjukkan bahwa terdapat kemungkinan 0,1 dari nilai rata-rata ( $\mu$ ) berada di luar rentang  $\pm\sigma$ . Sementara itu, koefisien  $\gamma$  menggambarkan penyimpangan nilai dari  $\mu$ . Dengan mengetahui nilai koefisien  $\gamma$ , maka dapat dihitung nilai *relative error* ( $\gamma'$ ) (Kelton,

2000). Berikut adalah perhitungan nilai  $y$  dan relative error ( $y'$ ) dimana dapat dilihat pada Persamaan 2.3 dan Persamaan 2.4.

$$y = \left| \frac{\bar{x} - \mu}{\mu} \right| \quad 2.4$$

$$y' = \left| \frac{\gamma}{1 + \gamma} \right| \quad 2.5$$

$$= \left| \frac{0,1}{1 + 0,1} \right|$$

$$= 0,09$$

Selanjutnya jumlah replikasi didapat dengan tercapainya kondisi, dimana nilai  $t_{i-1,1-a/2}$  diperoleh dari distribusi t.

$$Nr^*(y) = \min \left\{ i \geq n; \frac{t_{i-1,1-\frac{a}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{i}}}{|\bar{x}(n)|} \leq y' \right\} \quad 2.6$$

Keterangan:

- $Nr^*(y)$  = jumlah replikasi
- $y$  = tingkat error
- $i$  = jumlah sampel
- $a$  = *confidence interval*
- $S$  = standar deviasi
- $\bar{x}(n)$  = *mean* sampel ke-n

### 2.2.8. Verifikasi dan Validasi

Verifikasi model adalah proses untuk memeriksa apakah sebuah model telah sesuai dengan yang diinginkan atau diharapkan (Kelton, 1991). Sementara itu, validasi model adalah proses untuk memastikan bahwa model tersebut berperilaku sesuai dengan sistem nyata (Kelton, 1991). Level signifikansi dapat dianggap sebagai tingkat rasio atau kemungkinan  $\mu$  yang berada di luar interval kepercayaan (Harrel, 2000). Nilai *half width* digunakan untuk menentukan batas bawah dan batas atas dari suatu nilai.

### 2.2.9. Uji T Test

Uji t-test adalah salah satu metode statistik yang dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak seperti Microsoft Excel. Terdapat tiga jenis pengujian t-test, yaitu *paired two sample for means*, *two-sample assuming equal*

*variances*, dan *two-sample assuming unequal variances*. Sebelum melakukan uji t-test, langkah pertama adalah menetapkan hipotesis. Menurut Bluman (2012), hipotesis nol (H0) adalah hipotesis yang menyatakan tidak ada perbedaan antara dua parameter yang diuji. Sebaliknya, hipotesis alternatif (H1) adalah hipotesis yang menyatakan adanya perbedaan antara dua parameter tersebut. Perbedaan atau ketidakbedaannya akan ditentukan berdasarkan nilai probabilitas (*p-value*) yang diperoleh dari pengujian. Jika nilai *p-value* lebih kecil dari tingkat kesalahan yang ditetapkan ( $\alpha$ ), maka H0 akan ditolak. Namun, jika nilai *p-value* lebih besar, maka H0 tidak akan ditolak.

### 2.2.10. Half width

*Half width* (*hw*) adalah sebuah interval kepercayaan yang di dalamnya terdapat rentang nilai rata-rata yang benar pada tingkat kepercayaan tertentu. (Harrel, 2000). *Half width* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$hw = \frac{\left(t_{i-1, \frac{\alpha}{2}}\right) S}{\sqrt{n}} \quad 2.7$$

$$\text{Batas atas} = \bar{x} + hw \quad 2.8$$

$$\text{Batas bawah} = \bar{x} - hw \quad 2.9$$

Keterangan:

*hw* = *half width*

$t_{i-1, \frac{\alpha}{2}}$  = nilai yang diperoleh dari t tabel

$\alpha$  = Level signifikansi

*S* = Standar deviasi

*n* = Jumlah replikasi

$\bar{x}$  = Nilai rata-rata

### 2.2.11. Analisis ABC

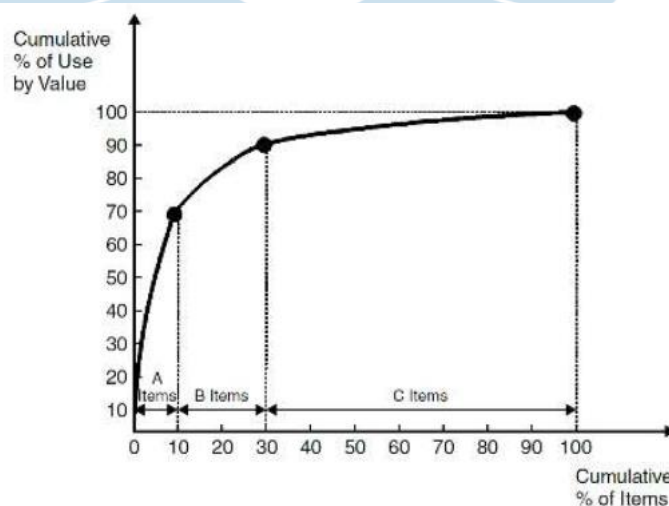
Persediaan dapat terbentuk baik secara sengaja maupun sebagai hasil dari ketidaktepatan informasi, yang berdampak pada performa keuangan perusahaan, sebagaimana diungkapkan oleh Pujawan dan Er (2017). Dalam mengelola persediaan, penting untuk membedakan antara jenis-jenis *item* persediaan berdasarkan karakteristiknya. Metode klasifikasi ABC sering digunakan untuk mengategorikan persediaan berdasarkan nilainya, dari yang tertinggi hingga yang



terendah, ke dalam tiga kategori utama yaitu A, B, dan C oleh Grondys (2009). Kategorisasi ini berakar pada prinsip Hukum Pareto, yang dinamai menurut ekonom Italia Vilfredo Pareto. Melalui analisis ini, manajemen dapat menentukan strategi pengendalian yang paling cocok untuk tiap kategori persediaan dan menetapkan prioritas dalam penanganannya. Persediaan tersebut dibagi menjadi tiga kategori:

- a. *Item A*, yang mencakup beberapa persediaan dengan nilai tinggi yang memerlukan perhatian khusus.
- b. *Item B*, yang terdiri dari persediaan standar yang memerlukan penanganan normal.
- c. *Item C*, yang melibatkan volume besar persediaan dengan nilai rendah yang hanya membutuhkan sedikit penanganan.

Analisis ABC dimulai dengan menghitung total penggunaan *inventory* dalam satu tahun untuk setiap *item*, dengan mengalikan jumlah unit yang digunakan dalam satu tahun dengan nilai per unit. Dari sini, *inventory* dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori berdasarkan nilai penggunaan tahunan. Umumnya, beberapa *item inventory* dengan nilai tinggi sering digunakan, sedangkan banyak *item* dengan nilai rendah jarang digunakan. Klasifikasi ABC dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2. Klasifikasi ABC (Waters, 2003)**

*Spare part* adalah komponen-komponen dari suatu sistem atau mesin yang bekerja bersama untuk menjalankan sistem dan mencapai kinerja yang diinginkan. Oleh karena itu, kerusakan pada salah satu *spare part* dapat mempengaruhi kinerja keseluruhan sistem. *Inventory spare part* adalah sumber daya yang tidak

aktif yang menunggu untuk digunakan dalam proses selanjutnya, yaitu penggantian. Manajemen inventory *spare part* dilakukan untuk menentukan dan mengalokasikan jenis serta jumlah *spare part* yang diperlukan untuk menjaga kelancaran operasional peralatan dalam jangka waktu tertentu dengan biaya yang minimal.

### **2.2.12. K Means Clustering**

*K-Means clustering* adalah algoritma pembelajaran tanpa pengawasan yang digunakan untuk mengelompokkan data menjadi beberapa kelompok (*cluster*) berdasarkan kesamaan antar data oleh Bishop (2006). Tujuan utama algoritma ini adalah untuk meminimalkan jarak total antara *centroid* (pusat) kelompok dan data lainnya. Dimulai dengan memilih jumlah *cluster*  $K$  yang diinginkan dan menetapkan *centroid* awal  $K$  secara acak. Selanjutnya, setiap data diberikan ke *centroid* terdekat berdasarkan jarak geometri. Setelah seluruh data diberikan, *centroid* dihitung ulang menjadi rata-rata dari seluruh data *cluster*. Sampai perubahan posisi *centroid* menjadi kecil atau tidak ada lagi perubahan data yang signifikan, proses iteratif ini berhenti.

Keunggulan utama dari pengelompokan *K-Means* adalah kesederhanaannya dan efisiensi dalam pengelompokan data, terutama untuk dataset yang besar. Dengan kompleksitas komputasi yang rendah, algoritma ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti pengenalan pola, segmentasi pelanggan, dan pengelompokan dokumen. Namun, kelemahan *K-Means* termasuk ketergantungan pada nilai awal *centroid* serta jumlah *cluster*  $K$  yang harus ditentukan sebelumnya. Selain itu, algoritma ini biasanya lebih baik bekerja dengan *cluster* yang berbentuk bulat dan memiliki ukuran yang hampir sama, sehingga mungkin mengalami kesulitan dengan data dengan struktur *cluster* yang kompleks.

Berbagai metode seperti *K-Means++* dapat memperbaiki proses pemilihan *centroid* awal untuk mengurangi kemungkinan konvergensi ke solusi yang buruk Arthur dan Vassilvitski (2007). Selain itu, untuk menentukan jumlah *cluster*  $K$  yang optimal, teknik evaluasi seperti skor *silhouette* dan teknik *elbow* digunakan. Ketika kebutuhan akan analisis data yang lebih kompleks dan akurat meningkat, penelitian telah menggabungkan *K-Means* dengan algoritma lain seperti PCA (*Principal Component Analysis*) untuk meningkatkan kualitas *clustering* dengan mengurangi dimensi data sebelum penerapan *K-Means*.

### 2.2.13. Biaya-Biaya Persediaan

Persediaan suku cadang menimbulkan berbagai biaya yang mempengaruhi manajemen inventaris. Menurut Chopra dan Meindl (2016), biaya-biaya tersebut antara lain:

a. Biaya Pembelian (*Procurement cost*)

Biaya pembelian mencakup harga per unit barang yang dibeli dari pemasok eksternal atau biaya produksi per unit jika barang diproduksi secara internal. Jika barang diperoleh dari pemasok eksternal, biaya ini mencakup harga barang, pengiriman, asuransi, dan biaya lain yang terkait. Faktor seperti kualitas barang, ketepatan waktu pengiriman, dan hubungan dengan pemasok juga mempengaruhi biaya ini. Biaya pembelian berperan penting dalam menentukan harga pokok barang yang dijual (HPP) dan mempengaruhi margin keuntungan perusahaan.

b. Biaya Pemesanan (*Ordering cost*)

Biaya pemesanan mencakup biaya yang dikeluarkan selama proses pemesanan barang. Ini termasuk biaya pengiriman pesanan, biaya penerimaan barang, biaya transportasi, dan lain-lain.

c. Biaya Penyimpanan (*Holding cost*)

Biaya penyimpanan adalah biaya yang muncul akibat penyimpanan barang. Biaya ini mencakup biaya administrasi, asuransi, biaya modal untuk memiliki persediaan, biaya gudang, biaya kerusakan, dan biaya penyusutan.

d. Biaya Kekurangan Persediaan (*Stock out cost*)

Biaya kekurangan persediaan meliputi kerugian yang disebabkan oleh penghentian operasi mesin dan terhentinya proses produksi akibat kekurangan persediaan. Kerugian ini dapat dibagi menjadi tiga jenis: jumlah yang tidak dapat dipenuhi karena berhentinya produksi, waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi stok barang di gudang, dan biaya pengadaan yang diperlukan dalam situasi darurat.

### 2.2.14. Sistem Persediaan Probabilistik

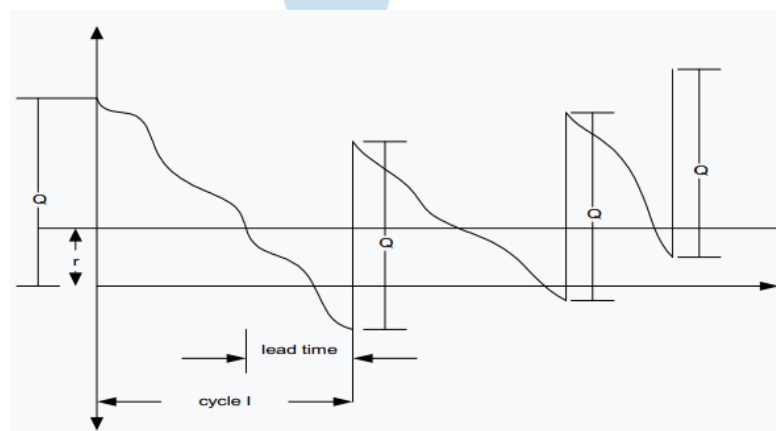
Dalam manajemen persediaan, terdapat situasi di mana permintaan tidak dapat diprediksi dengan pasti, baik dalam hal jumlah maupun probabilitas, seperti yang terjadi pada permintaan spare part. Untuk mengelola persediaan dengan permintaan stokastik, ada dua metode yang digunakan, yaitu sistem *continuous review* dan *periodic review* (Sun dkk, 2008).

a. Model Continuous Review (s, Q)

Sistem persediaan dengan model continuous review melibatkan pemantauan persediaan secara terus-menerus. Ketika persediaan mencapai titik pemesanan ulang, pemesanan harus dilakukan segera. Tujuan utama sistem ini adalah untuk menentukan jumlah pemesanan optimal ( $Q$ ) dan titik pemesanan ulang (*Reorder Point*). Keuntungan dari sistem ini adalah kemungkinan kekurangan atau kelebihan persediaan yang lebih kecil, karena stok selalu dipantau. Namun, pendekatan ini dapat meningkatkan beban kerja yang lebih besar dan membuat pengelolaan menjadi kurang dapat diprediksi.

Sistem *Order-Point, Order-Quantity* ( $s, Q$ ) merupakan model *continuous-review* (di mana  $R = 0$ ), di mana pesanan dengan jumlah tetap  $Q$  dilakukan setiap kali level persediaan mencapai atau turun di bawah titik pemesanan  $s$ . Dalam sistem ini, level persediaan digunakan untuk memicu pemesanan, yang mencakup barang yang sedang dalam proses pengiriman dari pemasok. Misalnya, meskipun ada pengiriman besar yang akan datang besok, tidak perlu melakukan pemesanan hari ini jika persediaan netto cukup.

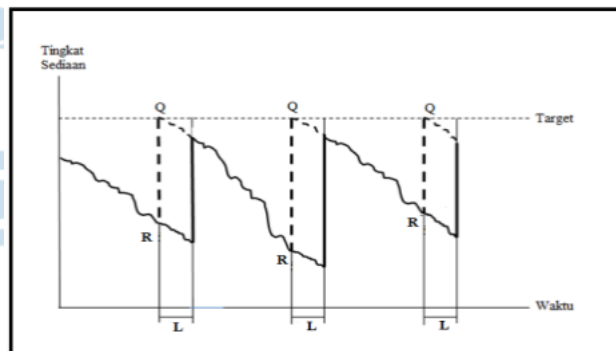
Keuntungan utama dari sistem *fixed order quantity* ( $s, Q$ ) adalah kemudahannya dipahami, terutama dalam bentuk dua-bin, oleh petugas stok. Dalam sistem ini, kesalahan cenderung lebih sedikit, dan kebutuhan produksi untuk pemasok dapat diprediksi dengan lebih baik. Namun, kelemahan utamanya adalah dalam situasi tertentu, seperti transaksi besar yang dapat memicu pengisian sistem ( $s, Q$ ), sistem ini mungkin tidak efektif. Dalam kasus ini, pengisian dengan ukuran  $Q$  mungkin tidak akan meningkatkan posisi persediaan di atas titik pemesanan ulang. Ilustrasi pengelolaan menggunakan metode *continuous review* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3. Siklus Persediaan (Sun dkk, 2008)**

b. Model *Periodic Review*

Pengendalian persediaan dengan model *continuous review* merupakan pengendalian persediaan menggunakan jarak atau interval pesan yang tetap. Model ini meminimumkan frekuensi pesan dan juga kuantitas pemesanan. Pada model ini kuantitas pesanan tergantung pada persediaan gudang pada periode pesanan berlangsung, sehingga adanya perbedaan lot penyasaan yang menyesuaikan dengan kapasitas gudang. Menurut Krajewski (2015), Continuous review System merupakan sistem pengendalian persediaan yang memeriksa persediaan secara berkala daripada terus menerus. Di akhir setiap periode, pesanan baru ditempatkan dan waktu antar pesanan ditentukan. Karena permintaan adalah variabel acak, permintaan total akan berbeda untuk setiap periode. Ukuran lot pesanan (Q) dari sistem P dapat berubah dari satu pesanan ke pesanan lainnya, tetapi waktu antar pesanan tetap. Masalah dengan model ini adalah persediaan pengaman yang digunakan cenderung besar, karena persediaan dapat habis sebelum pemesanan ulang selesai. Namun, metode ini memiliki administrasi yang mudah karena pemesanan berkala atau periodik. Situasi dalam model ini dapat dijelaskan pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.4. Metode Periodic Review Krajewski (2015)**

Gambar 2.1 di atas menunjukkan jumlah pesanan (Q) untuk setiap pesanan dalam metode P pada suatu titik waktu tertentu, sehingga posisi persediaan awal dalam satu periode cukup untuk memenuhi permintaan sampai pesanan diterima pada periode berikutnya. Komponen biaya persediaan model *Continuous review* pada dasarnya hanya berlaku bila pemesanan dilakukan secara periodik. Perumusan ongkos persediaan dengan metode *continuous review* adalah sebagai berikut.

$$T_0 = \frac{2A}{Dh} \quad 2.10$$

Dengan:

$T$  = Periode waktu pesanan

$A$  = Biaya pesan

$D$  = Kebutuhan

$h$  = Biaya simpan/tahun

