

## 2. TEORI DASAR

### 2.1. Peramalan

Pada dasarnya management permintaan didefinisikan sebagai suatu fungsi pengelolaan dari semua permintaan produk untuk menjamin bahwa penyusun jadwal induk (*master scheduler*) mengetahui dan menyadari semua permintaan produk itu. Secara garis besar aktivitas-aktivitas dalam management permintaan dapat dikategorikan ke dalam dua aktivitas utama, yaitu: pelayanan pesanan dan peramalan. (*Vincent Gaspersz, 2002*)

Dalam suatu perencanaan operasi dari sistem produksi, yang menjadi langkah pertama adalah dengan mengetahui besarnya permintaan di masa datang yang akan masuk ke perusahaan. Tindakan untuk mengetahui besarnya permintaan di masa mendatang disebut tindakan peramalan (*forecasting*). Dengan adanya *forecasting* dari permintaan, maka dapat ditentukan strategi atau kebijakan-kebijakan penjadwalan apa dan bagaimana yang harus dilakukan. Peramalan dibutuhkan pada proses pemasaran, Manajemen Personalia, Keuangan, Pembelian, dan Produksi. (*Elsayed A. Elsayed, 1994*)

Keakuratan dari suatu peramalan bergantung pada keakuratan data masa lalu yang diambil, kestabilan proses data, panjang periode peramalan dan metode peramalan yang dipakai. Langkah pertama untuk mengkatagorikan teknik yang digunakan dalam peramalan adalah dengan mengkatagorikan data kedalam 2 metode peramalan seperti dibawah ini. Metode peramalan ada 2 macam, yaitu:

#### a. Metode kuantitatif

Metode peramalan kuantitatif terdapat 2 kelompok besar, yaitu :

##### – *Univariate (time series)*

Memprediksi masa mendatang hanya berdasarkan data masa lalu.

##### – *Causal (structural)*

Memprediksi suatu variabel berdasarkan variabel-variabel lain yang terbukti ada hubungannya. Variabel yang akan diprediksi disebut variabel tergantung (*dependent variabel*) sedangkan variabel-variabel

lain yang digunakan untuk prediksi disebut variabel bebas (*independent variable*).

b. *Metode Kualitatif*

Merupakan metode peramalan berdasarkan opini para pakar untuk memprediksi kejadian di masa datang. Metode ini digunakan jika data masa lalu tidak ada atau sangat jarang.

(*Elsayed A. Elsayed, 1994*)

Langkah kedua dalam mengklasifikasikan peramalan adalah menurut range dari peramalan. Beberapa periode dari peramalan, yaitu :

a) Peramalan *short-range*

Untuk peramalan ini dapat dikatakan lebih akurat dari *medium-range* atau *long-range*. Periode yang dipakai pada peramalan *short-range* biasanya memakai periode waktu mulai dari 1 jam sampai 1 tahun. Maka dari itu periode data berdasarkan satuan harian, mingguan, atau bulanan dapat dikategorikan sebagai peramalan *short-range*.

b) Peramalan *medium-range*

Periode waktu dari peramalan *medium-range* ini adalah berkisar dari satu sampai lima tahun. Untuk periode 1 tahunan merupakan peramalan yang paling akurat sedangkan selebihnya dapat dianggap kurang akurat.

c) Peramalan *long-range*

Periode waktu yang digunakan dalam peramalan *long-range* adalah lebih dari 5 tahun.

(*Elsayed A. Elsayed, 1994*)

Dalam pemilihan metode peramalan, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Bentuk hasil peramalan yang dikehendaki

Ada 2 jenis, yaitu :

a. “*A Point Forecast*”

Menghasilkan suatu bilangan tunggal sebagai hasil peramalan.

b. “*A Point Predictions*”

Menghasilkan suatu selang yang berisikan bilangan-bilangan kemungkinan hasil ramalan yang kita percayai dengan tingkat kepercayaan tertentu. *Prediction interval forecast* dapat digunakan untuk menentukan jumlah persediaan yang harus dilakukan, memperkirakan minimum penerimaan dari penjualan, dan lain-lain.

## 2. *Time Horizon*

Merupakan rentang waktu peramalan yang akan dilakukan. *Time Horizon* dapat dikategorikan sebagai berikut :

- a. *immediate* ( segera ) : harian / mingguan, kurang dari satu bulan.
- b. jangka pendek : satu – tiga bulan
- c. jangka menengah : lebih dari tiga bulan – satu tahun
- d. jangka panjang : lebih dari satu tahun

Semakin panjang rentang waktu peramalan, maka tingkat kesalahan semakin besar dan perpaduan metode kuantitatif dan kualitatif semakin diperlukan.

## 3. Pola data

Deretan data historis yang berjalan menurut waktu, disebut '*Time series*'. Ada 4 komponen pola data time series, yaitu :

### a. *Trend*

Kecenderungan naik atau turun dari time series selama selang waktu tertentu.

### b. *Seasonal variations* (variasi musiman)

Pola data berulang dari tahun ke tahun atau dengan metode perulangan yang lebih pendek, misalnya 3 bulan atau 6 bulan.

### c. *Cycle* (siklus)

Pengulangan pola data terjadi setelah beberapa tahun, bisa 2 tahun sampai 10 tahun.

### d. *Irregular / random fluctuations*

Fluktuasi yang tidak teratur (random), tidak mempunyai pola, yang sering disebabkan oleh kejadian-kejadian yang tidak terduga.

Dengan mengetahui komponen yang ada pada data-data historis, dapat ditentukan metode peramalan apa yang dapat dipakai.

4. Biaya peramalan yang dibutuhkan

Beberapa metode peramalan membutuhkan data dalam jumlah yang besar, sehingga mengakibatkan timbulnya biaya untuk menyimpan data, mengoperasikan metode peramalan, dan pembelian hardware yang diperlukan untuk mengoperasikan metode peramalan.

5. Tingkat akurasi yang diinginkan

Tingkat akurasi hasil peramalan yang diinginkan dapat bergantung pada situasi, kondisi, dan tujuan peramalan.

6. Ketersediaan data

Metode peramalan yang berbeda dapat memerlukan jumlah data historis yang berbeda., oleh karena itu ketersediaan data baik kuantitas maupun kualitasnya sangat mempengaruhi hasil peramalan.

7. Kemudahan dalam mengoperasikan dan pengertian tentang metode yang digunakan

Metode peramalan yang akan digunakan harus mudah dipahami dan dioperasikan.

Menurut *Vincent Gaspersz* ada sembilan langkah yang perlu diperhatikan untuk menjamin efektivitas dan efisiensi dari sistem peramalan dalam management permintaan. Yaitu :

1. Menentukan tujuan dari peramalan
2. Memilih item *independent demand* yang akan diramalkan
3. Menentukan *horison* waktu dari peramalan (jangka pendek, jangka menengah, atau jangka panjang)
4. Memilih model-model peramalan
5. Memperoleh data yang dibutuhkan untuk melakukan peramalan

6. *Validasi* model peramalan
7. Membuat peramalan
8. Implementasi hasil peramalan
9. Memantau keandalan hasil peramalan

Tujuan utama dari peralaman dalam management permintaan adalah untuk meramalkan permintaan dari item-item independent demand di masa yang akan datang. *Independent demand* didefinisikan sebagai permintaan terhadap material, parts, atau produk, yang bebas atau tidak terkait langsung dengan struktur bill of meterial untuk produk akhir atau item tertentu. (Vincent Gaspersz,2002)

Menurut *Elsayed A. Elsayed* dalam melakukan peramalan, dapat terjadi kesalahan. Definisi dari kesalahan peramalan adalah selisih dari data aktual pada waktu t ( $Y_t$ ) terhadap hasil forecast dari data aktual tersebut ( $\hat{Y}_t$ ), jika dituliskan :

$$e_t = y_t - \hat{y}_t \quad (2.1)$$

Jika kesalahan peramalan menunjukkan *trend*, berarti metode peramalan yang digunakan tidak memperhitungkan trend yang ada dalam pola data masa lalu.

Jumlah keseluruhan kesalahan peramalan dari “n” data series didefinisikan sebagai :

$$\sum_{t=1}^n e_t \quad (2.2)$$

Tidak dapat digunakan sebagai ukuran kesalahan peramalan karena jika plot data *error* menunjukkan pola pola data random yang berarti beberapa *error* bernilai positif dan yang lain bernilai negatif maka jumlah *error* akan mendekati nol, tidak peduli berapapun jumlah error yang terjadi. Nilai *error* (+) dan (-) akan saling meniadakan.

Untuk menghindarinya, maka *error* (-) hanya diperhitungkan besarnya saja ( harga mutlak dari *error* ) sehingga didefinisikan sebagai berikut :

$$|e_t| = |Y_t - \hat{Y}_t| \quad (2.3)$$

Dari error mutlak didapatkan ukuran kesalahan yang disebut *Mean Absolute Deviation* (MAD).

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n} \quad (2.4)$$

MAD berfungsi untuk membangun peta yang berfungsi untuk memonitor sinyal *error* yang mendeteksi perubahan-perubahan dalam data yang mempengaruhi peramalan.

Peta tersebut mempunyai batas bawah dan batas atas yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Batas atas} = 0 + Z_{\alpha/2} (1,25)MAD \quad (2.5)$$

$$\text{Batas bawah} = 0 - Z_{\alpha/2} (1,25)MAD \quad (2.6)$$

Beberapa metode peramalan yang akan dibahas adalah :

### 1. *Trend Analisis*

Digunakan jika data-data yang diplot mengandung noise dan trend.

$$\text{Persamaan : } TR_t = \beta_0 + \beta_1 t \quad (2.7)$$

$$\beta_0 = \frac{\sum t^2 \times \sum Yt - \sum t \times \sum t.Yt}{n \sum t^2 - (\sum t)^2} \quad (2.8)$$

$$\beta_1 = \frac{n \times \sum t.Yt - \sum t \times \sum Yt}{n \sum t^2 - (\sum t)^2} \quad (2.9)$$

### 2. *Multiplikatif Dekomposisi*

Metode *dekomposisi* digunakan untuk meramalkan *time series* yang menunjukkan adanya pola *trend* dan pengaruh musiman. Metode ini adalah metode *intuitif* ( tidak menggunakan pendekatan teoritis ). Ide dasar dari metode ini adalah menguraikan *time series* ke dalam beberapa faktor, yaitu *trend*, *seasonal*, siklus, dan acak.

$$\text{Persamaan : } Y_t = TR_t \times SN_t \times CL_t \times IR_t \quad (2.10)$$

Dimana :

$Y_t$  = data *time series* pada periode t

$TR_t$  = komponen *trend* pada periode t

$SN_t$  = komponen musiman pada periode t

$CL_t$  = komponen siklus pada periode t

$IR_t$  = komponen acak pada periode t

Estimasi dari komponen-komponen diatas diasumsikan sebagai berikut :

$$tr_t = E(TR_t)$$

$$Sn_t = E(SN_t)$$

$$cl_t = E(CL_t)$$

$$ir_t = E(IR_t)$$

Langkah-langkah yang digunakan :

a) Untuk menghilangkan variasi *seasonal* dan acak, digunakan metode *Moving Average* atau *Centered Moving Average*. Efek yang tinggal adalah *trend* dan siklus sehingga  $tr_t \times Cl_t = \text{tetap}$ .

b) Dari model  $Y_t = TR_t \times SN_t \times CL_t \times IR_t$

$$SN_t \times IR_t = Y_t / (TR_t \times CL_t)$$

$$\text{Estimasi } Sn_t \times ir_t = Y_t / tr_t \times cl_t = Y_t / MA_t = Y_t / CMA_t$$

c) Dilakukan proses normalisasi, yaitu :

$$Sn_t = (Sn_t) \left( \frac{L}{\sum_{t=1}^L Sn_t} \right) \quad (2.11)$$

Dimana : L = periode MA

$$Sn_t = \frac{1}{m} \sum_{k=0}^{m-1} Sn_{t+k} + K.L \times ir_t + K.L \quad (2.12)$$

d) Estimasi komponen  $tr_t$  dilakukan peroses *deseasonalisasi*. Indeks deseasonal pada periode  $t = dt$

$$dt = Y_t / Sn_t \quad (2.13)$$

Indeks ini kemudian diplot untuk mengetahui polanya. Jika garis lurus maka diasumsikan adanya trend linier dan dimodelkan dengan regresi linier.

$$TR_t = \beta_0 + \beta_1 t \quad (2.14)$$

Dengan estimasi dari  $TR_t$  adalah  $tr_t$

$$tr_t = b_0 + b_1 t$$

$$b_0 = \left( \sum_{t=1}^n Dt / n \right) - b_1 \left( \sum_{t=1}^n t / n \right) \quad (2.15)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{t=1}^n (\dot{O}_t dt) - (\sum_{t=1}^n \dot{O}_t / n)}{[\sum_{t=1}^n (\dot{O}_t dt) / n - \sum_{t=1}^n \dot{O}_t^2 / n^2]} \quad (2.16)$$

e) Jika tidak berupa garis lurus, maka dapat digunakan persamaan regresi lain yang sesuai.

f) Membuat estimasi CLt dan IRt

$$CL_t \times IR_t = Y_t / (TR_t \times SN_t)$$

g) Menghitung IR t dengan persamaan :

$$ir_t = (cl_t \times ir_t) / cl_t$$

h) Jika tidak ada pola dari komponen acak maka IR t =1 sehingga

$$Y_t = TR_t \times SN_t \times CL_t \quad (2.17)$$

Bila tidak ada siklus maka

$$Y_t = TR_t \times SN_t \quad (2.18)$$

### 3. *Single Exponential*

Persamaan umum MA :

$$F_{n+1} = Y_n/N + F_n - Y_{n-N}/N \quad (2.19)$$

Dimana :

$Y_n$  = data *time series* yang terakhir/terbaru

$Y_{n-N}$  = data *time series* yang terlama dalam periode N

$F_n$  = hasil peramalan terakhir

Misalkan data  $Y_{n-N}$  tidak ada maka digantikan dengan  $F_n$  dan akan berubah menjadi :

$$F_{n+1} = Y_n/N - F_n/N + F_n \quad (2.20)$$

$$F_{n+1} = 1/N(Y_n) + F_n (1-1/N) \quad (2.21)$$

Artinya :

Peramalan bergantung pada pembobotan data terakhir dengan bobot (1/N) dan hasil data peramalan terakhir dengan bobot (1-1/N)

Misalkan :  $1/N = \alpha$ , maka  $F_{n+1} = \alpha (Y_n) + (1-\alpha) F_n$

Bobot : [  $\alpha \rightarrow \alpha(1-\alpha) \rightarrow \alpha(1-\alpha)^2 \rightarrow \alpha(1-\alpha)^3 \dots \dots \dots$  ]

Pada data *time series* ( $Y_n$ ) berkurang secara eksponensial, sehingga metode ini disebut *exponential smoothing*, atau disebut juga *exponentially weighted moving average*.

#### 4. Double Exponential

$$\text{Persamaan } Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \epsilon_t \quad (2.22)$$

Langkah-langkah pengerjaan :

a) Tentukan  $\beta_0$  dan  $\beta_1$  dengan menggunakan regresi linear dari  $n$  data pertama.

b) Hitung  $S_0 = b_0(0) - ((1-\alpha)/\alpha) \times b_1(0)$  (2.23)

$$S_0(2) = b_0(0) - 2 \times ((1-\alpha)/\alpha) \times b_1(0) \quad (2.24)$$

c) Hitung Forecast

$$F_{t+k}^{(t)} = [(2+(k.\alpha)/(1-\alpha)St) - [(1+(k.\alpha)/(1-\alpha))St(2)]] \quad (2.25)$$

d) Lakukan revisi (update) untuk  $S_0$  dan  $S_0(2)$

$$S_1 = \alpha.Y_1 + (1-\alpha)S_0 \quad (2.26)$$

$$S_1(2) = \alpha.S_1 + (1-\alpha)S_0(2) \quad (2.27)$$

e) Ulangi langkah 3 dan 4 sampai selesai

100(1- $\alpha$ )% prediction interval untuk  $Y_{t+k}$  adalah

$$F_{t+k}^{(t)} \pm Z_{\alpha/2}.dk.MAD(t) \quad (2.28)$$

(Elsayed A. Elsayed, 1994)

## 2.2. Sistem Persediaan

Adapun definisi dari *inventory* (persediaan) adalah bahan baku, produk setengah jadi, produk jadi yang berada di dalam sistem produksi pada suatu waktu, yang bersifat sebagai buffer (penyangga) di antara tahap-tahap proses dalam rantai produksi, atau di antara rantai produksi dengan pelanggan. (Elsayed A. Elsayed, 1994)

Secara umum *inventory* adalah *resource* yang belum digunakan (*idle*) yang mempunyai nilai ekonomis di masa mendatang pada saat aktif.

Fungsi dari manajemen *inventory*:

1. Perencanaan *inventory*: menentukan kebutuhan material untuk memenuhi kebutuhan sesuai rencana operasi dan produksi yang telah disusun, yaitu berapa banyak yang harus dipesan atau diproduksi

2. Pengendalian *inventory*: menentukan tingkat *inventory* yang sesuai dimana pemesanan harus dilakukan kembali, persediaan pengaman, pendataan tingkat dan kondisi *inventory* tersebut yang terkait.

(*Elsayed A. Elsayed, 1994*)

Sistem perencanaan dan pengendalian *inventory* yang efektif akan memberikan pemenuhan kebutuhan secara tepat baik waktu, jumlah maupun spesifikasi dengan total biaya persediaan yang optimal. (*Elsayed A. Elsayed, 1994*)

Alasan-alasan tentang perlunya *inventory*:

1. fluktuasi kebutuhan sesuai waktu
2. fluktuasi harga, spekulasi biaya *inventory*
3. ketidakpastian terhadap kebutuhan

Biaya-biaya yang terkait dalam penentuan total biaya *inventory*:

1. Harga ( $P$ ) : harga beli per unit jika item diperoleh dari vendor (supplier luar) atau biaya produksi per unit bila item tersebut diproduksi sendiri.
2. *Capital cost* ( $i.D$ ) : jumlah modal yang terikat pada item yang disimpan, suku bunga  $i\%$  dikalikan terhadap harga beli / produksi ( $D$ )
3. *Carrying Cost* ( *Holding Cost*) ( $H$ ), dapat meliputi:
  - Biaya depresiasi
  - Biaya asuransi dan pajak
  - Biaya pemakaian area/ruang serta fasilitas-fasilitas dalam ruang penyimpanan maupun fasilitas penanganannya baik secara fisik maupun yang berkaitan dengan data/informasi *inventory*
4. *Ordering Cost* : meliputi biaya-biaya persiapan dan peletakan order (pesanan) *inventory*, biaya handling dan pengiriman order, biaya pemeriksaan order yang datang. Jika item diproduksi sendiri maka disebut setup cost, yang meliputi biaya persiapan/setup mesin untuk produksi. Biaya ini ditentukan untuk setiap kali pesanan/setup.
5. *Shortage Cost* : biaya ini timbul jika *inventory* tidak tersedia pada saat dibutuhkan. Biaya ini meliputi, biaya karena kehilangan kesempatan untuk memperoleh keuntungan dari penjualan, biaya karena kehilangan/turunnya reputasi perusahaan (*loss of goodwill*), ketidakpuasan pelanggan, biaya-biaya

administrasi yang terkait dalam usaha untuk mempertahankan permintaan yang tidak dipenuhi langsung, dsb.

(*Elsayed A. Elsayed, 1994*)

Untuk kasus deterministik, *shortage* tidak ada.

Beberapa terminologi dalam sistem *inventory* :

1. *Demand* (permintaan) : dapat bersifat deterministik atau probabilistik, statis atau dinamis. Dalam perhitungannya digunakan laju permintaan yang menyatakan jumlah permintaan per satuan waktu.
2. *Leadtime dan replenishment rate*  
Leadtime menyatakan selang waktu diantara saat peletakan order dan saat item pesanan masuk ke inventory. Lead time ini dapat bersifat deterministik atau probabilistik dan konstan atau berbeda-beda menurut waktu. Replenishment rate menyatakan laju pengisian kembali atau laju bertambahnya inventory.
3. *Reorder level*  
Menyatakan tingkat inventory dimana order harus dilakukan kembali. Reorder level merupakan fungsi dari permintaan selama lead time (lead time demand).
4. *Safety Stock* (cadangan pengaman)  
Menyatakan bagian dari inventory yang digunakan sebagai cadangan untuk mencegah terjadinya kekurangan persediaan (stockout) oleh karena ketidakpastian dalam demand ataupun proses supply. Safety stock juga merupakan fungsi dari leadtime demand.

(*Elsayed A. Elsayed*)

### **2.3. Material Requirements Planning**

Hasil Perencanaan Agregat akan memberikan *Master Production Schedule (MPS)* atau disebut juga jadwal induk produksi untuk produk akhir. *Master Production Schedule* ini berisi jadwal kapan produk akhir harus selesai diproduksi. Perencanaan agregat dengan disagregasinya memberikan perencanaan yang sangat baik untuk sistem produksi dengan *product layout* atau *flowshop*. Hal ini disebabkan karena leadtime produksinya pendek. Tetapi pada sistem produksi jobshop (*process layout*) dimana aliran produk menjadi lebih

kompleks, dan komponen yang berbeda harus berbagi mesin yang sama sehingga timbul antrian yang cukup besar, maka lead time produksinya pada umumnya panjang, sehingga kontrol aliran produk dan utilisasi sumber-sumber yang digunakan menjadi lebih sulit dan lebih rinci.

Motto dari MRP adalah memperoleh material yang tepat, dari sumber yang tepat, untuk penempatan yang tepat, pada waktu yang tepat.

Proses MRP membutuhkan lima sumber informasi utama, yaitu :

1. *Master Production Schedule (MPS)* yang merupakan suatu pernyataan definitif tentang produk akhir apa yang direncanakan perusahaan untuk diproduksi, berapa kuantitas yang dibutuhkan, pada waktu kapan dibutuhkan, dan bilamana produk itu akan diproduksi.
2. *Bill of Material (BOM)* merupakan daftar dari semua material, parts, dan subassemblies, serta kuantitas dari masing-masing yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit produk atau parent assembly.
3. *Item Master* merupakan suatu file yang berisi informasi status tentang material, *parts*, *subassemblies*, dan produk-produk yang menunjukkan kuantitas *on-hand*, kuantitas yang dialokasikan (*allocated quantity*), waktu tunggu yang direncanakan (*planned lead times*), ukuran waktu (*lot size*), stok pengaman, kriteria lot sizing, toleransi untuk scrap atau hasil, dan berbagai informasi penting lainnya, yang berkaitan dengan suatu item.
4. Pesanan-pesanan (*orders*) akan memberitahukan tentang berapa banyak dari setiap item yang akan diperoleh sehingga akan meningkatkan stock-on-hand dimasa mendatang.
5. Kebutuhan-kebutuhan (*requirements*) akan memberitahukan tentang berapa banyak dari masing-masing item itu dibutuhkan sehingga akan mengurangi *stock-on-hand* dimasa mendatang.

(*Elsayed A. Elsayed, 1994*)

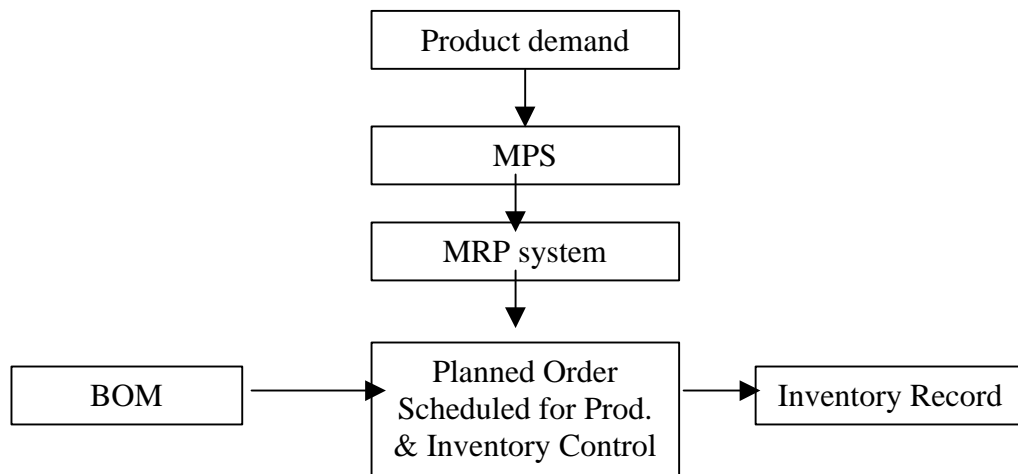
Disamping informasi utama diatas, faktor-faktor perencanaan seperti : horizon perencanaan (*planning horizon*), *length of time buckets*, dan frekuensi perencanaan ulang (*replanning frequency*) juga diperlukan untuk mengoperasikan sistem *MRP*.

Metode *Material Requirements Planning (MRP)* dikembangkan secara spesifik untuk tujuan berhadapan dengan kompleksitas penempatan waktu dan hubungannya dengan inventory dalam lingkungan diskrit. Prinsip dasar pendekatan *MRP* ini berkenaan dengan independent dan dependent demand, yang akan mempengaruhi persediaan dan kebijakan yang dipakai. Model persediaan yang sudah dibahas sebelumnya digunakan untuk mendeskripsikan *demand end product* (produk akhir). Produk akhir ini disebut dengan *independent demand* (demand yang berdiri sendiri), karena berasal dari sumber yang independent di luar sistem produksi. Sedangkan demand untuk *subassemblies, components part* dan bahan baku didapatkan dari perencanaan produksi pada level produk akhir. Kalau perencanaan produksi mingguan dapat menentukan jumlah produk akhir yang akan diproduksi, maka demand untuk komponen dibawahnya akan dapat dihitung dengan mudah. Karena komponen tersebut dihitung dari level di atasnya, maka demand untuk komponen tersebut dinamakan dependent demand.

Sistem *MRP* menggunakan *Manufacturing – oriented explosion* untuk menguraikan kebutuhan produk akhir menjadi kebutuhan terhadap komponen-komponennya. Daftar semua komponen yang mendukung terbentuknya produk akhir yang diperlukan untuk memproduksi 1 unit produk disebut dengan Bill of Material (*BOM*). *BOM* biasanya dituliskan dalam bentuk hirarkis, dengan level atas (level 0) menyatakan produk akhir. Angka dalam tanda kurung yang mengikuti setiap komponen menyatakan kebutuhan komponen tersebut untuk memproduksi 1 unit komponen yang berada pada satu level di atasnya. Karena metode penulisan *BOM* yang membentuk suatu pohon, maka konsep ini disebut *Product Structure Tree*. Dari pohon tersebut kita bisa mengetahui kebutuhan tiap komponen. Penentuan saat kapan komponen-komponen dan bahan baku tersebut diperlukan, serta kapan harus dimulai diproduksi atau dipesan dari vendor (pemasok). Untuk hal tersebut, maka harus diketahui panjang *lead time* produksi atau *lead time ordering* untuk tiap-tiap komponen dan bahan baku.

(*Elsayed A. Elsayed, 1994*)

Secara garis besar elemen-elemen *MRP* dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1 : Elemen-elemen *MRP*

Report dari *MRP* :

- *What to order and how many*
- *When to order*
- *What orders to expedite, deexpedite, cancel*

*Gross Requirement*

Untuk produk akhir, *Gross Requirement* menyatakan *MPS* sedangkan untuk komponen-komponen pada level berikutnya menyatakan jumlah yang dibutuhkan untuk memenuhi *MPS* (produk akhir).  $(GR)_t = \text{planned order release dari komponen level di atasnya (parent) x jumlah kebutuhan untuk 1 unit parent item. (Elsayed A. Elsayed, 1994)}$

*Scheduled Receipts*

Komponen / material yang sudah dipesan dan diharapkan tiba (perencanaan dilakukan pada periode sebelumnya). (Elsayed A. Elsayed, 1994)

*On Hand Inventory*

$$(OI)_t = \text{maks} \{ (OI)_{t-1} - (GR)_{t-1} + (SR)_{t-1}, 0 \} \quad (2.29)$$

$(OI)_t = \text{projected (expected) on hand inventory pada awal periode t}$

$(GR)_t = \text{gross requirement selama periode t}$

$(SR)_t = \text{Scheduled receipts}$

(Elsayed A. Elsayed, 1994)

*Net Requirement (NR)*

Menyatakan jumlah yang harus diterima / diproduksi pada periode tertentu.

$$(NR)_t = \max \{ (GR)_t - (SR)_t - (OI)_t, 0 \} \quad (2.30)$$

(Elsayed A. Elsayed, 1994)

#### *Planned Order Receipts (POR)*

Menyatakan jumlah yang harus diterima / diproduksi pada periode tertentu. Planned order receipts sama dengan net requirement pada periode yang sama, tetapi juga dapat lebih besar (tidak boleh lebih kecil) sesuai dengan lot sizing yang digunakan. Jika kebijakan lot sizing yang digunakan adalah lot for lot, maka planned order receipts akan selalu sama dengan net requirement.

(Elsayed A. Elsayed, 1994)

#### *Planned Order Release (PREL)*

*PREL* menyatakan kapan order terhadap suatu komponen diletakkan / dilepaskan sedemikian sehingga komponen tersebut tersedia pada saat yang dibutuhkan. *PREL* memperhitungkan lead time (produksi atau order).

$$(PREL)_t = (POR)_{t+L} \quad (2.31)$$

(Elsayed A. Elsayed, 1994)

#### *Safety Stock*

Kebutuhan terhadap *safety stock* dalam MRP sangat berkurang, yang disebabkan karena di dalam MRP waktu kebutuhan (kapan komponen dibutuhkan) beserta jumlahnya menjadi dasar utama perencanaan. *Safety stock* dapat digunakan dalam MRP, tetapi hanya pada level *finished product* saja. Sedangkan untuk komponen lain tidak dianjurkan.

Sebagai ganti atau alternatif lain dari *safety stock* adalah *safety leadtime*. Jika pada *safety stock*, penambahan direncanakan untuk periode dimana tingkat *inventory* berada di bawah *safety stock*, maka pada *safety lead time*, penambahan dilakukan pada periode sebelum periode yang sesungguhnya.

#### *Exception Message*

Pemberitahuan atau laporan tentang kondisi-kondisi yang menyimpang dari perencanaan yang telah dibuat. Contoh : order terlambat atau terlalu cepat. *EM* ini memberikan input kepada bagian perencanaan produksi sebagai bahan pertimbangan dalam revisi schedule atau melakukan penekanan lead time sebagai schedule yang dapat disesuaikan kembali. (Elsayed A. Elsayed, 1994)

### *Planning Lead Time*

Merencanakan / mengatur panjang *lead time* (waktu yang dibutuhkan oleh item dari saat order ditetapkan sampai item tersebut masuk stock) dalam *MRP* memegang peranan yang sangat penting, mengingat bahwa penahapan waktu merupakan ciri utama *MRP*.

Jika pada *leadtime* terencana lebih panjang dari yang diperlukan, sehingga akan memperbesar biaya simpan (*inventory holding cost*). Tetapi jika pada *leadtime* terencana lebih pendek dari yang diperlukan maka akan dapat menyebabkan terjadinya *stockout* (kekurangan persediaan). *Excessive expediting leadtime* untuk item yang dibeli disebut *lead time ordering (LTO)* yang menyatakan waktu dari saat *order* diberikan ke supplier sampai dengan saat item tersebut diterima oleh si pemberi order.

Untuk item yang diproduksi di dalam sistemnya sendiri disebut *leadtime manufacturing (LTM)* yang terdiri atas:

- *setup time*
- *Process time*
- *Material Handling move time between operation*
- *Waiting time in queue for process*
- *Waiting time for material handling*

Di dalam sistem *jobshop (process layout)*, *waiting time for process* mempunyai porsi yang sangat besar dalam *leadtime*, karena di dalam sistem ini, jumlah job yang harus dilayani oleh sebuah mesin banyak sekali. Sebaliknya di dalam sistem *flowshop*, *waiting time* cukup kecil porsinya dalam *leadtime* atau dapat dikatakan kurang signifikan. (Elsayed A. Elsayed, 1994)

### *Lot Sizing*

Penentuan teknik *lot sizing* sangat dipengaruhi oleh komponen biaya utama:

- *order cost* (untuk pemesanan ke supplier)
- *setup cost* (untuk produksi)
- *holding cost* (biaya simpan), *carrying cost*

Teknik *lot sizing* ini bertujuan untuk meminimumkan biaya *inventory*.

Beberapa teknik yang dipakai adalah:

a. *Lot for lot*

Tidak pernah ada inventory akhir, hanya ada inventory awal

Tidak pernah ada holding cost

b. *Economic Order Quantity*

Jumlah pemesanan selalu sama.

Untuk kasus deterministik, total biaya persediaan per planning horison dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$TC(Q) = \text{Purchase cost} + \text{order cost} + \text{holding cost} \quad (2.32)$$

$$TC(Q) = P.D + (C.D)/Q + (hQ)/2$$

Dimana:

$Q$  = *lot size* atau jumlah pesanan (unit)

$D$  = total demand per *planning horison*

$C$  = biaya *order per order* (atau biaya setup kalau diproduksi sendiri)

$H$  = biaya simpan per unit per *planning horison*

Dengan menggunakan derivatif total cost terhadap  $Q$ , maka didapatkan:

$$TC(Q) = P.D + (C.D)/Q + (hQ)/2$$

$$DTC/dQ = -(C.D)/Q^2 + h/2$$

Syarat optimal titik kritis  $dTC/dQ = 0$ , maka didapatkan:

$$Q = (2C.D / h)^{1/2} \quad (2.33)$$

c. *Minimum Cost per Periode atau Algoritma Silver Meal*

Teknik ini mencoba mengkombinasikan beberapa periode perencanaan (secara trial dan error) untuk memperoleh rata-rata total biaya yang minimum. Rata-rata biaya disini adalah jumlah *order cost dan holding cost* dari  $n$  periode dibagi dengan  $n$ .

(Elsayed A. Elsayed, 1994)

## 2.4. Job Sequencing

Terdapat dua metode atau teknik penjadwalan, yaitu *backward scheduling* dan *forward scheduling*. Berikut penjelasan mengenai teknik metode yang ada :

1. *Backward Scheduling*, dimulai dengan tanggal atau waktu dimana suatu pesanan yang dibutuhkan itu harus diselesaikan yang ditetapkan oleh MRP, kemudian menghitung mundur (*backward*) guna menentukan waktu yang tepat untuk mengeluarkan pesanan itu.
2. *Forward Scheduling*, dimulai dari start date pada operasi pertama, kemudian menghitung schedule date kedepan (*forward*) untuk setiap operasi (sampai operasi terakhir) guna menentukan *completion date*. Berdasarkan perhitungan ini akan diketahui operations start dates untuk setiap langkah.

(*Vincent Gaspersz,2002*)

Disamping dua metode utama penjadwalan diatas, terdapat variasi lain yang ada dasarnya mengacu pada kedua teknik penjadwalan yang dikemukakan diatas. Variasi lain itu adalah operations scheduling dan block scheduling.

3. *Operations Scheduling* (synonym : *detailed scheduling*), menetapkan operation start and completion dates dengan mempertimbangkan waktu-waktu setup, pelaksanaan, bereaksi, menunggu atau antri.

Pemilihan Teknik-teknik Penjadwalan yang tepat digunakan agar sesuai dengan lingkungan manufacturing, antara lain:

1. Untuk *job shop manufacturing with complex routings* : gunakan *detailed backward scheduling, dispatching system to sequence work*.
2. Untuk *make-to-order and assemble-to-order* manufacturing : gunakan *forward scheduling* untuk membuat janji penyelesaian pesanan kepada pelanggan.
3. Untuk *flow production* : gunakan sistem signal seperti kanban dan *flow control*. Dengan volume yang cukup dan permintaan yang konsisten, mixed-model scheduling dan rate-based scheduling dapat digunakan.
4. Untuk *custom-built products and special projects* : gunakan CPM, PERT, atau *network planning and control technique* yang lain.

Masalah yang ada dalam *job sequencing* merupakan masalah yang menarik dalam analisa produksi dimana telah mendapat perhatian khusus para ahli. *Job sequencing* merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengatur mesin yang digunakan untuk memproses job yang sudah dijadwalkan sehingga performancenya dapat optimal.

Dua macam metode yang dipakai dalam penyelesaian Tugas akhir ini, yaitu :

1. *Shortest Processing Time*

Pesanan-pesanan dengan jumlah setup dan run time yang dibutuhkan pada current work center terkecil adalah yang diprioritaskan untuk dikerjakan terlebih dahulu. Dengan kata lain pesanan-pesanan yang memiliki prioritas lebih tinggi untuk dikerjakan terlebih dahulu pada rantai produksi. Aturan ini dapat menunda pekerjaan – pekerjaan yang mempunyai waktu proses panjang, sehingga direkomendasikan untuk digunakan secara sementara saja, dan bukan merupakan aturan yang tetap dalam menentukan prioritas. Biasanya digunakan untuk perusahaan yang mempunyai utilization paling tinggi.

2. *Earliest Due Date*

Pada metode ini job-job yang mempunyai waktu penyerahan produk ke customer atau sampai ke bagian packing yang dikenal sebagai due date. Tujuan digunakan metode ini adalah untuk meminimalkan waktu keterlambatan perusahaan dalam penyerahan ke customer. Biasanya digunakan untuk perusahaan yang mempunyai nilai rata-rata keterlambatan terkecil.

Bagaimanapun juga aturan-aturan yang berkaitan dengan penetapan prioritas kerja dalam operasi manufaktur harus ditetapkan secara rasional, jelas, dan konsisten dengan tujuan strategik dari perusahaan industry.

Ada empat macam pengukuran efektivitas, yaitu :

a. *Average Completion Time*

Yaitu *Total completion time (flow time)* dibagi dengan jumlah job yang ada.

b. *Utilization*

Yaitu *Total job work (processing) time* dibagi dengan *Total completion time (flow time)*.

c. *Average Number of Jobs in the System*

Yaitu *Total completion time (flow time)* dibagi dengan *Total job work (processing) time*.

d. *Average Job Lateness*

Yaitu Total waktu keterlambatan dibagi dengan jumlah job yang ada.