Bab 2
Tinjauan Pustaka

2.1. Teori Peramalan (*Forecasting)*

Untuk menyelesaikan masalah di masa datang yang tidak dapat dipastikan, orang senantiasa berupaya menyelesaikannya dengan model pendekatan-pendekatan yang sesuai dengan perilaku aktual data, begitu juga dalam melakukan peramalan.

Peramalan (*forecasting*) permintaan akan produk dan jasa di waktu mendatang dan bagian-bagiannya adalah sangat penting dalam perencanaan dan pengawasan produksi. Suatu peramalan banyak mempunyai arti, maka peramalan tersebut perlu direncanakan dan dijadwalkan sehingga akan diperlukan suatu periode waktu paling sedikit dalam periode waktu yang dibutuhkan untuk membuat suatu kebijaksanaan dan menetapkan beberapa hal yang mempengaruhi kebijaksanaan tersebut.

Peramalan diperlukan disamping untuk memperkirakan apa yang akan terjadi dimasa yang akan datang juga para pengambil keputusan perlu untuk membuat *planning*.

2.1.1 Definisi Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan adalah suatu perkiraan tingkat permintaan yang diharapkan untuk suatu produk atau beberapa produk dalam periode waktu tertentu di masa yang akan datang. Oleh karena itu, peramalan pada dasarnya merupakan suatu taksiran, tetapi dengan menggunakan cara-cara tertentu peramalan dapat lebih daripada hanya satu taksiran. Dapat dikatakan bahwa peramalan adalah suatu taksiran yang ilmiah meskipun akan terdapat sedikit kesalahan yang disebabkan oleh adanya keterbatasan kemampuan manusia.

Sebelum menjabarkan tentang metode peramalan ini, maka terlebih dahulu diuraikan tentang definisi dari peramalan itu sendiri.

Menurut John E. Biegel:

“Peramalan adalah kegiatan memperkirakan tingkat permintaan produk yang diharapkan untuk suatu produk atau beberapa produk dalam periode waktu tertentu di masa yang akan datang”. (John E. Biegel, 1999)

Dalam peramalan (*forecasting*) tidak jarang terjadi kesalahan misalnya saja penjualan sering tidak sama dengan nilai eksak yang diperkirakan. Sedikit variasi dari perkiraan sering dapat diserap oleh kapasitas tambahan, sediaan penjadwalan permintaan. Tetapi, variasi perkiraan yang besar dapat merusak operasi. Ada tiga cara untuk mengakomodasi perkiraan, yaitu: yang pertama adalah mencoba mengurangi kesalahan melakukan pemerakiraan yang lebih baik. Yang kedua adalah, membuat fleksibilitas pada operasi dan yang terakhir adalah mengurangi waktu tunggu yang dibutuhkan dalam prakiraan. Tetapi kemungkinan kesalahan terkecil adalah tujuan yang konsisten dengan biaya prakiraan yang masuk akal.

Menurut Buffa:

“Peramalan atau *forecasting* diartikan sebagai penggunaan teknik-teknik statistik dalam bentuk gambaran masa depan berdasarkan pengolahan angka-angka historis”. (Buffa S. Elwood, 1996)

Menurut Makridakis:

“Peramalan merupakan bagian integral dari kegiatan pengambilan keputusan manajemen”. (Makridakis, 1988)

Organisasi selalu menentukan sasaran dan tujuan, berusaha menduga faktor-faktor lingkungan, lalu memilih tindakan yang diharapkan akan menghasilkan pencapaian sasaran dan tujuan tersebut. Kebutuhan akan peramalan meningkat sejalan dengan usaha manajemen untuk mengurangi ketergantungannya pada hal-hal yang belum pasti. Peramalan menjadi lebih ilmiah sifatnya dalam menghadapi lingkungan manajemen. Karena setiap organisasi berkaitan satu sama lain, baik buruknya ramalan dapat mempengaruhi seluruh bagian organisasi. (Makridakis, 1988)

2.1.2 Peranan dan Kegunaan Peramalan

Beberapa bagian organisasi dimana peramalan kini memainkan peranan yang penting antara lain: (Makridakis, 1988)

a. Penjadwalan sumber daya yang tersedia

   penggunaan sumber daya yang efisien memelukan penjadwalan produksi, tranportasi, kas, personalia dan sebagainya.

b. Penyediaan sumber daya tambahan

   Waktu tenggang (*lead time*) untuk memperoleh bahan baku, menerima pekerja baru, atau membeli mesin dan peralatan dapat berkisar antara beberapa hari sampai beberapa tahun. Peramalan diperlukan untuk menentukan kebutuhan sumber daya di masa mendatang.

c. Penentuan sumber daya yang diinginkan

   Setiap organisasi harus menentukan sumber daya yang ingin dimiliki dalam jangka panjang. Keputusan semacam itu bergantung pada kesempatan pasar, faktor-faktor lingkungan dan pengembangan internal dari sumber daya finansial, manusia, produk dan teknologis. Semua penentuan ini memerlukan ramalan yang baik dan manajer dapat menafsirkan perkiraan serta membuat keputusan yang tepat.

Walaupun terdapat banyak bidang lain yang memerlukan peramalan namun tiga kelompok di atas merupakan bentuk khas dari keperluan peramalan jangka pendek, menengah dan panjang dari organisasi saat ini. Dengan adanya serangkaian kebutuhan itu, maka perusahaan perlu mengembangkan pendekatan berganda untuk memperkirakan peristiwa yang tiak tentu dan membangun suatu sistem peramalan. Pada gilirannya, organisasi perlu memiliki pengetahuan dan keterampilan yang meliputi paling sedikit empat bidang yaitu identifikasi dan definisi masalah peramalan, aplikasi serangkaian metode peramalan, prosedur pemilihan metode yang tepat untuk situasi tertentu dan dukungan organisasi untuk menerapkan dan menggunakan metode peramalan secara formal.

Tiga kegunaan peramalan antara lain adalah:

1. Menentukan apa yang dibutuhkan untuk perluasan pabrik.
2. Menentukan perencanaan lanjutan bagi produk-produk yang ada untuk dikerjakan dengan fasilitas yang ada.
3. Menentukan penjadwalan jangka pendek produk-produk yang ada untuk dikerjakan berdasarkan peralatan yang ada.

2.1.3 Jenis-jenis Peramalan

Situasi peramalan sangat beragam dalam *horizon* waktu peramalan, faktor yang menentukan hasil sebenarnya, tipe pola dan berbagai aspek lainnya. Untuk menghadapi penggunaan yang luas seperti itu, beberapa teknik telah dikembangkan. Peramalan pada umumya dapat dibedakan dari berbagai segi tergantung dalam cara melihatnya.

Dilihat dari jangka waktu ramalan yang disusun, peramalan dapat dibedakan atas dua macam, yaitu:

a. Peramalan jangka panjang, yaitu peramalan yang dilakukan untuk penyusunan hasil ramalan yang jangka waktunya lebih dari satu setengah tahun atau tiga semester. Lebih tegasnya peramalan jangka panjang ini berorientasi pada dasar atau perencanaan.
b. Peramalan jangka pendek, yaitu peramalan yang dilakukan untuk penyusunan hasil ramalan yang dilakukan kurang dari satu setengah tahun atau tiga semester.

Penetapan jadwal induk produksi untuk bulan yang akan datang atau periode kurang dari satu tahun sangat tergantung pada peramalan jangka pendek.

Apabila dilihat dari sifat penyusunannya, maka peramalan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

1. Peramalan subjektif, yaitu peramalan yang didasarkan atas perasaan atau intuisi dari orang yang menyusunnya. Dalam hal ini pandangan atau ketajaman pikiran orang yang menyusunnya sangat menentukan baik tidaknya hasil peramalan.

2. Peramalan objektif, yaitu peramalan yang didasarkan atas data yang relevan pada masa lalu dengan menggunakan teknik-teknik dan metode-metode dalam penganalisaan data tersebut.

Dilihat dari sifat ramalan yang telah disusun, maka peramalan dapat dibedakan atas dua macam, yaitu:

1. Peramalan kualitatif atau teknologis, yaitu peramalan yang didasarkan atas data kualitatif masa lalu. Hasil peramalan yang ada tergantung pada orang yang menyusunnya, karena peramalan tersebut sangat ditentukan oleh pemikiran yang bersifat intuisi, *judgement* (pendapat) dan pengetahuan serta pengalaman dari penyusunnya.Metoda kualitatif dibagi menjadi dua metode, yaitu:
   a. Metode eksploratif

   Pada metoda ini dimulai dengan masa lalu dan masa kini sebagai awal dan bergerak ke arah masa depan secara heuristik, sering kali dengan melihat semua kemungkinan yang ada.
   b. Metode normatif

   Pada metode ini dimulai dengan menetapkan sasaran tujuan yang akan datang, kemudian bekerja mundur untuk melihat apakah hal ini dapat dicapai berdasarkan kendala, sumber daya dan teknologi yang tersedia.

2. Peramalan kuantitatif, yaitu peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat tergantung pada metode yang digunakan dalam peramalan tersebut. Metode yang baik adalah metode yang memberikan nilai-nilai perbedaan atau penyimpangan yang mungkin.

Peramalan kuantitatif hanya dapat digunakan apabila terdapat tiga kondisi sebagai berikut: (Makridakis, 1988)

1. Informasi tentang keadaan masa lalu.
2. Informasi tersebut dapat dikuantifikasikan dalam bentuk data numerik.
3. Dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berkelanjutan pada masa yang akan datang.

Metode peramalan kuantitatif terbagi atas dua jenis model peramalan yang utama, yaitu:

1. Model deret berkala (*time series*), yaitu:

   Metode peramalan yang didasarkan atas penggunaan analisa pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu, yang merupakan deret waktu.

2. Model kausal, yaitu metode peramalan yang didasarkan atas penggunaan analisa pola hubungan antara variabel lain yang mempengaruhinya, yang bukan waktu yang disebut metode korelasi atau sebab akibat.

   Model kausal terdiri dari:

   a. Metode regresi dan korelasi
   b. Metode ekonometri
   c. Metode i*nput* dan *output*

2.1.4 Karakteristik Peramalan Yang Baik

Karakteristik dari peramalan yang baik harus memenuhi beberapa kriteria yaitu dari hal-hal sebagai berikut:

a. Ketelitian/ Keakuratan

   Tujuan utama peramalan adalah menghasilkan prediksi yang akurat. Peramalan yang terlalu rendah mengakibatkan kekurangan persediaan (*inventory*). Peramalan yang terlalu tinggi akan menyebabkan *inventory* yang berlebihan dan biaya operasi tambahan.

b. Biaya

   Biaya untuk mengembangkan model peramalan dan melakukan peramalan akan menjadi signifikan jika jumlah produk dan data lainnya semakin besar. Mengusahakan melakukan peramalan jangan sampai menimbulkan ongkos yang terlalu besar ataupun terlalu kecil. Keakuratan peramalan dapat ditingkatkan dengan mengembangkan model lebih komplek dengan konsekuensi biaya menjadi lebih mahal. Jadi ada nilai tukar antara biaya dan keakuratan.

c. Responsif

   Ramalan harus stabil dan tidak terpengaruhi oleh fluktuasi *demand*.

d. Sederhana

   Keuntungan utama menggunakan peramalan yang sederhana yaitu kemudahan untuk melakukan peramalan. Jika kesulitan terjadi pada metode sederhana, diagnosa dilakukan lebih mudah. Secara umum, lebih baik menggunakan metode paling sederhana yang sesuai dengan kebutuhan peramalan.

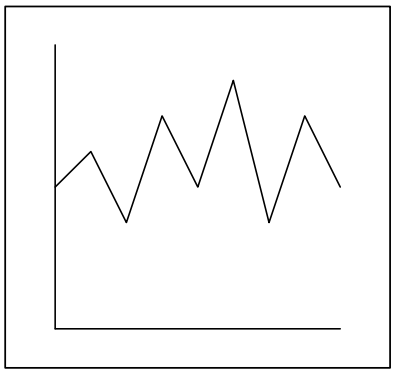
2.1.5 Jenis-jenis Pola Data

Langkah penting dalam memilih suatu metode deret berkala (*time series*) yang tepat adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data, sehingga metode yang paling tepat dengan pola tersebut dapat diuji.

Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu: (Makridakis, 1988)

1. Pola Horizontal (H) atau *Horizontal Data Pattern*

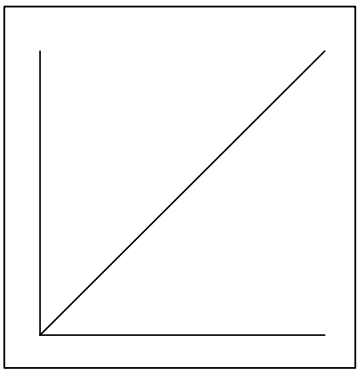
   Pola data ini terjadi bilamana data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata. Suatu produk yang penjualannya tidak meningkat atau menurun selama waktu tertentu termasuk jenis ini. Bentuk pola horizontal ditunjukan seperti gambar 2.1.



Gambar 2.1. Pola Data Horizontal

2. Pola *Trend* (T) atau *Trend Data Pattern*

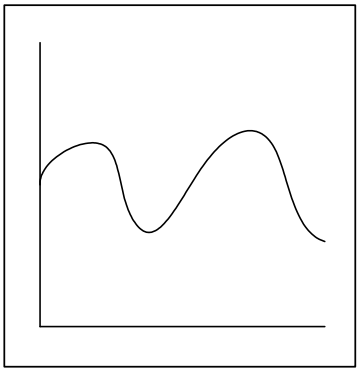
   Pola data ini terjadi bilamana terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data. Contohnya penjualan perusahaan, produk bruto nasional (GNP) dan berbagai indikator bisnis atau ekonomi lainnya, selama perubahan sepanjang waktu. Bentuk pola *trend* ditunjukan seperti gambar 2.2.



Gambar 2.2. Pola Data *Trend*

3. Pola Musiman (S) atau *Seasional Data Pattern*

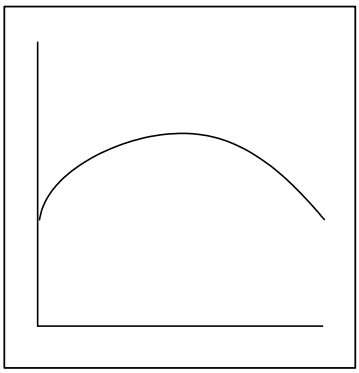
   Pola data ini terjadi bilamana suatu deret dipengaruhi oleh faktor musiman (misalnya kuartal tahun tertentu, bulan atau hari-hari pada minggu tertentu). Penjualan dari produk seperti minuman ringan, es krim dan bahan bakar pemanas ruang semuanya menunjukan jenis pola ini. Bentuk pola *trend* ditunjukan seperti gambar 2.3.



Gambar 2.3. Pola Data Musiman

4. Pola Siklis (S) atau *Cyclied Data Pattern*

   Pola data ini terjadi bilamana datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Contohnya penjualan produk seperti mobil, baja. Bentuk pola siklis ditunjukan seperti gambar 2.4.



Gambar 2.4. Pola Data Siklis

2.1.6 Teknik Peramalan

Teknik peramalan secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu:

A. Metode *Time Series* (Deret Waktu)

Secara garis besar metode time series dapat dikelompokkan menjadi:

1. Metode *Averaging*

Dipakai untuk kondisi dimana setiap data pada waktu yang berbeda mempunyai bobot yang sama sehingga fluktasi random data dapat direndam dengan rata-ratanya, biasanya dipakai untuk peramalan jangka pendek.

Adapun metode-metode yang termasuk didalamnya, antara lain:

a. *Simple Average*

   Rumus yang digunakan:

$$F_{T+n} = \overline{X} = \sum_{i=n}^{T+(n-1)} \frac{X_i}{T} \qquad \text{(Rumus 2.1.)}$$

dimana:

$\overline{X}$ = F = Hasil ramalan

T = Periode

X_i = *Demand* pada periode t

b. *Single Moving Average*

Apabila diperoleh data yang stasioner, metode ini cukup baik untuk meramalkan keadaan.

Rumus yang digunakan:

$$F_{T+n} = \overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + ... + X_n}{T} \qquad \text{(Rumus 2.2.)}$$

dimana:

$\overline{X}$ = F = Hasil ramalan

T = Periode

X_i = *Demand* pada periode t

c. *Double Moving Average*

Jika data tidak stasioner serta mengandung pole *trend*, maka dilakukan *moving average* terhadap hasil *single moving average*.

Rumus yang digunakan:

$$S'_t = \frac{X_t + X_{t-1} + .. + X_{t-1}}{N} \qquad \text{(Rumus 2.3.)}$$

$$S''_t = \frac{S'_t + S'_{t-1} + .. + S'_{t-1}}{N} \qquad \text{(Rumus 2.4.)}$$

$$a_t = 2S'_t - S''_t \qquad \text{(Rumus 2.5.)}$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \qquad \text{(Rumus 2.6.)}$$

2. Metode *Smoothing* (Pemulusan)

Dipakai pada kondisi dimana bobot data pada periode yang satu berbeda dengan data pada periode sebelumnya dan membentuk fungsi *Exponential* yang biasa disebut *Exponential smoothing.*

Adapun metode-metode yang termasuk didalamnya, antara lain:

a. *Single Exponential Smoothing*

Metode ini banyak mengurangi masalah penyimpangan data karena tidak perlu lagi menyimpan data historis. Pengaruh besar kecilnya a berlawanan arah dengan pengaruh memasukan jumlah pengamatan. Metode ini selalu mengikuti setiap *trend* dalam data sebenarnya karena yang dapat dilakukannya tidak lebih dari mengatur ramalan mendatang dengan suatu persentase dari kesalahan terakhir. Untuk menentukan a mendekati optimal memerlukan beberapa kali percobaan.

Rumus yang digunakan:

$$F_{t+1} = F_t + \alpha \times (X_t - F_t) \qquad \text{(Rumus 2.7.)}$$

Dimana: F_{t+1} = Hasil peramalan untuk periode t + 1

a = Konstanta pemulusan

X_t = Data *demand* pada periode t

F_t = Periode sebelumnya

b. *Double Exponential Smoothing* satu parameter dari Browns

Dasar pemikiran dari pemulusan eksponensial linier dari Browns adalah serupa dengan rata-rata bergerak linier, karena kedua nilai pemulusan tunggal dan ganda ketinggalan dari data yang sebenarnya bilamana terdapat unsur *trend*. Persamaan yang dipakai dari metode ini adalah sebagai berikut:

$$S'_t = aX_t + (1\text{-}a)S'_{t-1} \qquad \text{(Rumus 2.8.)}$$

$$S''_t = aS' + (1\text{-}a)S''_{t-1} \qquad \text{(Rumus 2.9.)}$$

$$a_t = S' + (S'_t - S''_t) = 2S'_t - S''_t \quad \text{(Rumus 2.10.)}$$

$$bt = \frac{\alpha}{1-\alpha}(S'_t - S''_t) \quad \text{(Rumus 2.11.)}$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \quad \text{(Rumus 2.12.)}$$

dimana:

X_t = Data *demand* pada periode t

S'_t = Nilai pemulusan I periode t

S''_t = Nilai pemulusan II periode t

S'_{t-1} = Nilai pemulusan pertama sebelumnya (t-1)

S''_{t-1} = Nilai pemulusan kedua sebelumnya (t-1)

a = Konstanta pemulusan

a_t = Intersepsi pada periode t

b_t = Nilai trend periode t

F_{t+1} = Hasil peramalan untuk periode t+1

m = Jumlah periode waktu kedepan yang diramalkan

c. *Double Exponential Smoothing* Dua Parameter dari Holt

Metode pemulusan eksponensial linier dari Holt pada prinsipnya serupa dengan Browns kecuali bahwa Holt tidak menggunakan rumus pemulusan berganda secara langsung. Sebagai gantinya, Holt memutuskan nilai *trend* dengan parameter yang berbeda dari dua parameter yang digunakan pada deret yang asli.

Ramalan dari pemulusan eksponensial linier Holt didapat dengan menggunakan dua konstanta pemulusan dan tiga persamaan, yaitu:

$$S_t = aX_t + (1-a)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad \text{(Rumus 2.13.)}$$

$$b = ß(S_t - S_{t-1}) + (1-ß)b_{t-1} \quad \text{(Rumus 2.14.)}$$

$$F_{t+m} = S_t + b_t m \qquad \text{(Rumus 2.15.)}$$

d. Regresi Linier

Regresi linier digunakan untuk peramalan apabila set data yang ada linier, artinya hubungan antara variabel waktu dan permintaan berbentuk garis (linier). Metode regresi linier didasarkan atas perhitungan *least square error*, yaitu dengan memperhitungkan jarak terkecil kesuatu titik pada data untuk ditarik garis. Adapun untuk persamaan peramalan regresi linier dipakai tiga konstanta, yaitu a, b dan Y. Dengan masing-masing formulasinya adalah sebagai berikut:

$$b = \frac{n\sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n\sum X_i^{\,2} - \left(\sum X_i\right)^2} \qquad \text{(Rumus 2.16.)}$$

$$a = \frac{\sum Y_i}{n} - \frac{b\sum X_i}{n} \qquad \text{(Rumus 2.17.)}$$

$$y = a + b(t) \qquad \text{(Rumus 2.18.)}$$

Dimana:

y = Variabel yang diprediksi

a,b = Parameter peramalan

t = Variabel independen

2.1.7 Ukuran Statistik Standar

Jika X_i merupakan data aktual untuk periode i dan F_i merupakan ramalan (atau nilai kecocokan/*fitted value*) untuk periode yang sama, maka kesalahan didefinisikan sebagai:

$$e_i = X_i - F_i \qquad \text{(Rumus 2.19.)}$$

Dimana:

Ei : kesalahan pada periode ke i

Xi : data aktual periode ke i

Fi : nilai peramalan periode ke i

Jika terdapat nilai pengamatan dan ramalan untuk n periode waktu, maka akan terdapat n buah kesalahan. Ada 2 macam ukuran kesalahan yaitu ukuran statistik dan Ukuran relatif. Dalam menentukan ukuran kesalahan secara statistik ada 4 cara, yaitu:

a. *Mean Error* (ME)

$$ME = \frac{\sum_{t=1}^{n} e_t}{n} \qquad \text{(Rumus 2.20.)}$$

b. *Mean Absolute Deviation* (MAD)

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^{n} |e_t|}{n} \qquad \text{(Rumus 2.21.)}$$

c. *Mean Squared Error* (MSE)

MSE memperkuat pengaruh angka-angka kesalahan besar, tetapi memperkecil angka kesalahan peramalan yang lebih kecil dari satu unit. Adapun rumus yang digunakan yaitu sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^{n} et^2}{n} \qquad \text{(Rumus 2.22.)}$$

d. *Standard Deviation Error* (SDE)

$$SDE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n} et^2}{n-1}} \qquad \text{(Rumus 2.23.)}$$

Sedangkan dalam menentukan kesalahan secara relatif ada 3 macam cara, yaitu:

a. *Percentage Error* (PE)

$$PE_t = \left[\frac{X_t - F_t}{X_t}\right].100 \quad \text{(Rumus 2.24.)}$$

b. *Mean Percentage Error* (MPE)

$$MPE = \frac{\sum_{t=1}^{n} PE_t}{n} \quad \text{(Rumus 2.25.)}$$

c. *Mean Absolute Percentage error* (MAPE)

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{n} |PE_t|}{n} \quad \text{(Rumus 2.26.)}$$

2.1.8 *Tracking Signal*

Untuk mengetahui sejauh mana keandalan dari model yang dipilih, seyogianya kita membangun peta kontrol *tracking signal*. Suatu *tracking signal* yang baik memiliki RSFE (*running sum of the forecast errors*) yang rendah dan mempunyai positif *error* yang sama banyak atau seimbang dengan negatif *error* sehingga pusat dari *tracking signal* mendekati nol. Apabila *tracking signal* telah dihitung, kita dapat membangun peta kontrol *tracking signal* sebagaimana halnya dengan peta-peta kontrol dalam pengendalian proses statistikal (*statistical process control* = SPG), yang memiliki batas kontrol atas (*upper control limit*) dan batas kontrol bawah (*lower control limit*).

Beberapa ahli dalam sistem peramalan seperti George Plossl dan Oliver Wright, dua pakar *production and inventory control*, menyarankan untuk menggunakan nilai *tracking signal* maksimum ± 4 sebagai batas-batas pengendalian untuk *tracking signal*. Dengan demikian apabila *tracking signal* telah berada di luar batas-batas pengendalian, modelramalan perlu ditinjau kembali, karena akurasi peramalan tidak dapat diterima.

2.1.9. Koefisien Korelasi

Selain *tracking signal* untuk mengetahui keandalan suatu peramalan, harus diperhatikan juga nilai dari korelasi yang dimiliki oleh peramalan sebagai batasan yang menegaskan adanya suatu keterkaitan antara kenaikan waktu terhadap jumlah permintaan dimasa yang akan datang.

Sering sekali terjadi bahwa dua variabel dikaitkan satu sama lain, walaupun mungkin tidak selalu benar bahwa nilai suatu variabel bergantung pada, atau disebabkan oleh perubahan nilai variabel yang lain. Pada setiap kejadian, suatu hubungan dapat dinyatakan dengan perhitungan korelasi antara dua variabel. Koefisien korelasi adalah suatu ukuran asosiasi relatif antara dua variabel. Dalam konteks peramalan, koefisien korelasi sangat sering digunakan. Notasi autokorelasi membentuk basis bagi metode *time series* (deret waktu).

Ada dua hal dalam penafsiran korelasi, yaitu tanda – atau + yang berhubungan dengan arah korelasi, serta kuat tidaknya korelasi. Berkenaan dengan besaran angka (nilai), angka korelasi berkisar pada 0 (tidak ada korelasi/ hubungan sama sekali) dan 1 (korelasi sempurna). Sebenarnya tidak ada ketentuan yang tetap mengenai apakah angka korelasi tertentu menunjukkan tingkat korelasi yang tinggi atau lemah. Namun biasa dijadikan pedoman sederhana, bahwa angka korelasi diatas 0,5 menunjukkan korelasi yang cukup kuat, sedangkan dibawah 0,5 menunjukkan korelasi lemah. Selain besar korelasi, tanda korelasi juga berpengaruh pada penafsiran hasil. Tanda – (negatif) pada output menunjukkan adanya arah yang berlawanan antara dua variabel, sedangkan tanda + (positif) menunjukkan arah yang sama antara dua variabel.

Koefisien korelasi dinyatakan dengan r , dan biasanya sudah menjadi suatu kebiasaan menyajikan korelasi ini dalam bentuk kuadrat (R^2) dan statistik ini dikenal sebagai *koefisien determinasi*. Dengan demikian R^2 *(R square)* adalah korelasi kuadrat antara variabel bebas Y dan nilai taksirannya $\hat{Y}$. Koefisien korelasi dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{Cov_{XY}}{S_X S_Y} = \frac{\Sigma (X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})}{\sqrt{\Sigma (X_i - \overline{X})^2}\sqrt{\Sigma (Y_i - \overline{Y})^2}} \qquad \text{(Rumus 2.27.)}$$

dimana :

S_X = Standar deviasi X

S_Y = Standar deviasi Y

$\overline{X}$ = Nilai tengah X

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i \qquad \text{(Rumus 2.28.)}$$

$\overline{Y}$ = Nilai tengah Y

$$\overline{Y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Y_i \qquad \text{(Rumus 2.29.)}$$

Cov_{XY} = Kovarians antara X dan Y

$$Cov_{XY} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y}) \qquad \text{(Rumus 2.30.)}$$

2.2. Perencanaan Produksi

Perencanaan produksi dimaksudkan untuk menentukan orientasi pasar, jenis produk serta rencana penjualan perusahaan. Perencanaan produksi didasarkan pada hasil peramalan yang mempertimbangkan tingkat persediaan sehingga dihasilkan rencana produksi pada tingkat *family* produksi.

2.2.1 Definisi Perencanaan Produksi

Perencanaan produksi adalah menyesuaikan permintaan (*demand*) yang berasal dari peramalan dengan seluruh kemampuan yang ada. Ini disebabkan kemampuan yang terbatas, sehingga tidak dapat begitu saja mengikuti ramalan permintaan. Hal ini disebabkan oleh:

a. Ketidakpastian hasil peramalan itu sendiri.
b. Adanya ongkos yang timbul setiap kali mengubah tingkat produksi atau jika membuat persediaan.

c. Tipe perusahaan manufaktur: (Buffa S. Elwood, 1996)
    1. *Make to stock company*
    2. *Make to order company*
    3. *Make to order and make to stock company*

Perencanaan merupakan suatu fungsi dari manajemen, yang mana dalam perencanaan ditentukan usaha dan tindakan-tindakan yang perlu diambil pimpinan perusahaan serta mempertimbangkan masalah yang akan timbul pada masa yang akan datang.

Barang yang akan direncanakan untuk masa yang akan datang harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Barang itu harus diproduksi pada masa itu.
2. Barang tersebut harus dapat dikerjakan oleh pabrik.
3. Barang tersebut harus dapat memenuhi keinginan pembeli sesuai dengan peramalan baik mengenai harga, kuantitas dan waktu yang diperlukan.

Prosedur penyusunan perencanaan produksi antara satu perusahaan dengan perusahaan yang lain sangatlah bervariasi, tetapi pada umumnya terdiri dari lima langkah, yaitu:

1. Menetapkan unit pengukuran

   Peramalan penjualan pada umumnya disusun dalam nilai uang, sedangkan rencana produksi disusun dalam nilai unit produksi. Karena itu diperlukan faktor konversi yang sesuai untuk mengkonversikan nilai uang tersebut ke dalam unit produk.
2. Menetapkan horison perencanaan

   Horison perencanaan menunjukan panjangnya waktu yang direncanakan untuk melakukan produksi sehingga diperlukan pula perencanaan mengenai material, kapasitas produksi serta fasilitas produksi yang sesuai dengan rencana produksi.

3. Menentukan siklus pemeriksaan pelaksanaan perencanaan produksi.
   Peninjauan ini diperlukan karena sistem produksi yang berjalan adalah suatu sistem yang mudah berubah sebagai akibat adanya perkembangan di berbagai bidang.
4. Mendokumentasikan perencanaan sebagai prosedur yang formal
   Rencana produksi harus tersusun secara formal, memiliki tahapan tertentu serta prosedur dokumentasi dalam bentuk yang mudah dimengerti.
5. Menetapkan pertanggung jawaban yang jelas pada setiap bagian
   Bagian pemasaran bertanggung jawab atas peramalan permintaan, bagian produksi bertanggung jawab atas penyusunan jadwal produksi dan bagian keuangan bertanggung jawab terhadap kebutuhan modal.

Umumnya hambatan yang akan terjadi pada penyusunan rencana produksi berupa kegagalan manajemen dalam memenuhi kebutuhan yang dibutuhkan dalam penyusunan rencana produksi, adanya kesulitan dalam mengkonversikan nilai ke dalam unit produksi serta kurangnya perhatian terhadap masalah persediaan dan peramalan. Bila hambatan ini belum bisa diatasi maka perencanaan produksi manufaktur aktifitas berikutnya tidak dapat dilakukan secara efektif.

Secara garis besarnya, dalam melakukan perencanaan produksi ada beberapa langkah dalam perencanaan produksi setelah diperoleh hasil peramalan, yaitu:

a. *Input* hasil peramalan.
b. Ubah seluruh variabel menjadi satu satuan ukuran
   Menentukan apakah rencana produksi akan dibuat dalam satuan ukuran unit produksi atau berdasarkan jam orang yang tersedia untuk melakukan produksi.
c. Tentukan kebijaksanaan perusahaan dan pilih salah satu atau beberapa model perencanaan. Ada banyak model perencanaan yang bisa digunakan (metode murni, metode campuran, metode transportasi dan lain-lain).
d. Tentukan model mana yang akan dipakai sesuai dengan kriteria.

Periode perencanaan produksi adalah suatu susunan waktu dimana perusahaan menginginkan untuk melaksanakan rencana produksi. Panjang susunan waktu

perencanaan adalah tergantung pada ketepatan untuk meramalkan keadaan pasar dan kemampuan untuk melakukan penyelesaian terhadap perubahan pasar.

Perencanaan agregat adalah hasil perencanaan untuk tenaga kerja dan tingkat produksi yang dituangkan dalam fasilitas perencanaan agregat. Keputusan perencanaan dibuat untuk meminimasi ongkos total guna memenuhi ramalan permintaan.

Pada dasarnya *output* yang dihasilkan dari perencanaan produksi agregat adalah sebagai berikut:

a. Kecepatan produksi setiap periode
   Menyatakan jumlah produk agregat yang dibuat pada periode perencanaan.
b. Jumlah tingkat persediaan
   Satuan produk berupa barang siap jual yang disimpan per periode.
c. Jumlah *back order* (penundaan waktu penyerahan)
   Bila semua kapasitas yang ada tidak dapat memenuhi semua pesanan pada waktu yang dijanjikan, sehingga sebagian pesanan ditunda waktu penyerahannya.
d. Jumlah tenaga kerja
   Dalam hal ini tenaga kerja langsung yang digunakan untuk menghasilkan sejumlah produk (yang menentukan banyaknya produk yang dibuat).
e. Alokasi pemanfaatan waktu kerja
   Berupa jam kerja biasa dan jam kerja lembur.
f. Jumlah pesanan sub kontrak
   Bila kapasitas pabrik termasuk lembur tidak mampu melayani pesanan, maka diserahkan pada perusahaan lain yang sejenis dan apabila biaya lembur lebih besar daripada biaya sub kontrak.

Langkah pelaksanaan dalam rencana produksi agregat:

a. Tentukan batasan perencanaan produksi yang akan dilakukan. Cari informasi mengenai data yang dibutuhkan.
b. Tentukan standar satuan yang akan digunakan dalam perencanaan produksi.

c. Tentukan tenaga kerja yang dibutuhkan dalam kurun perencanaan dengan kriteria ongkos minimum.
d. Rencana jumlah produksi dalam agregat.
e. Jika *item* > 1, lakukan proses disagregasi sesuai dengan faktor konversi.

Tujuan perencanaan produksi yaitu untuk:

1. Mengatur strategi produksi
   a) Memproduksi sesuai *demand*
   b) Memproduksi pada kegiatan konstan
2. Menentukan kebutuhan sumber daya yang meliputi: tenaga kerja, material, fasilitas, peralatan dan dana.
3. Menjadi langkah awal bagi seluruh kegiatan produksi.

Dalam menghadapi *demand* yang berfluktuasi, strategi metode perencanaan produksi agregat yang menghadapi meliputi:

1. Produksi bervariasi mengikuti tingkat demand yang terjadi, yaitu:
   a. Dengan menambah atau mengurangi tenaga kerja, atau mengubah jumlah *shift*.
   b. Dengan melakukan lembur atau mengurangi jumlah waktu kerja.
2. Produksi pada tingkat konstan, yaitu:
   a. Dengan menumpuk jumlah tenaga kerja, tetapi melakukan lembur atau mengurangi jumlah waktu kerja.
   b. Dengan menambah atau mengurangi sub-kontrak.
3. Kombinasi strategi-strategi di atas.
4. Metode program linier (Transprotasi).

Ongkos-ongkos dalam perencanaan aggregat

1. Ongkos Penambahan tenaga kerja.
2. Ongkos pengurangan tenaga kerja.
3. Ongkos lembur dan pengurangan waktu kerja.
4. Ongkos persediaan dan kekurangan persediaan.
5. Ongkos subkontrak.

Metode yang digunakan perencanaan agregat yaitu sebagai berikut:

1. Metode *trial and error*
2. Metode heuristik
    a. Model Koefisien Manajemen
    b. Model Parameterik
    c. *Search Decision Rules*
3. Metode matematis
    a. Model Programa Linier
    b. Model Transportasi
    c. Model Programa Integer Campuran
    d. *Linier Decision Rule*
4. Metode simulasi

2.2.2. Model Transpotasi

Untuk pengerjaan dengan metode transportasi digunakan metode *Least Cost Method* (metode ongkos terkecil), dimana *demand* harus terpenuhi, sebaliknya kapasitas tidak mesti terpenuhi. Prioritas utama yang harus dipenuhi adalah *regular time*, jika ada sisa dilihat ongkos yang paling kecil lalu simpan kelebihan tersebut tetapi harus disesuaikan dengan kapasitas periode yang akan terpilih. Format dari tabel transportasi dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Format transportasi

Periode		1	2	3	4	Kapasitas
1	Regular time					
	Over time					
	Sub Kontrak					
2	Regular time					
	Over time					
	Sub Kontrak					
3	Regular time					
	Over time					
	Sub Kontrak					
4	Regular time					
	Over time					
	Sub Kontrak					
Demand						

2.3. Proses Disagregasi

Pada perencanaan produksi tidak dibahas produk yang akan diproduksi secara rinci melainkan dalam bentuk agregat yaitu suatu ukuran yang mempresentasikan kumpulan beberapa produk. Agar rencana tersebut dapat diimplementasikan, perlu dilakukan disagregasi dalam jumlah produk masing-masing produk individu (*item*). Hasil disagregasi ini menjadi Jadwal Induk Produksi (*Master Production Schedule*).

Dengan kata lain proses disagregasi adalah proses perencanaan yang dibuat untuk seluruh produk yang menggunakan unsur yang sama dan dirinci kedalam masing-masing produk yang berbeda. Hasil yang diperoleh dari proses disagregasi adalah:

a) *Demand* tiap *end item*
b) On hand end item
c) *Master Production Schedule* /Jadwal Induk Produksi

Metode yang digunakan untuk melakukan proses disagregasi baik yang bersifat analitis atau heuritis, antara lain:

a. Pendekatan Hax dan Meal
b. Pendekatan Britan dan Hax
c. Rencana yang lebih tinggi menjadi pembatas atau kendala bagi rencana tingkat rendah
d. Agregat taktis (operasional)
e. Metode Analitik

Yang termasuk ke dalam metode analitik:

a. *Linier Programing Method*
b. *Integer Programing Method*
c. *Family Set Up Method*

2.3.1 Pendekatan "Britan dan Hax"

Britan dan Hak membagi produk kedalam tiga tingkatan:

1. *Item*

   Item adalah produk akhir yang digunakan konsumen, untuk tingkat terendah dalam struktur produk dan suatu jenis produk mungkin terdiri atas banyak *item* yang dibedakan dari warna, kemasan, etiket, merek, dll.

2. Keluarga (*family*)

   Family adalah sekelompok *item* yang menanggung secara bersama-sama ongkos *set up*. Bila suatu mesin sudah disiapkan untuk membuat suatu *item* dari suatu keluarga, maka semua *item* dalam keluarga yang sama untuk dapat diproduksi dengan melakukan perubahan kecil pada saat *set up*.

3. Tipe

   Tipe adalah kelompok beberapa *item* yang memiliki ongkos produksi persatuan yang sama. Adapun ongkos *item* produksi tersebut adalah ongkos buruh langsung, ongkos simpan dan jumlah prodak atau satuan waktu, dsb.

Langkah-langkah proses disagregasi adalah sebagai berikut :

1. Langkah pertama pada prosedur ini menentukan *family* yang akan diproduksi, dengan mempertimbangkan jumlah permintaan dan jumlah produk yang tersedia untuk setiap produk dalam *family*. Suatu *family* atau produk akan diproduksi bila salah satu *item* dari suatu *family* tersebut memenuhi syarat berikut:

$$q_{ij,t} = I_{ij,t-1} - D_{ij,t} = SS_{ij} \qquad \text{(Rumus 2.31.)}$$

   Dimana:

   $I_{ij,t-1}$ = tingkat persedian pada akhir perioda t-1dari *item* j *family* I

   $D_{ij,t}$ = permintaan *item* j *family* I pada perioda t

   SS_{ij} = cadangan pengaman *item* dalam *family* i

   dan *item* yang berjumlah kurang dari *safety stock* I SS_{ij} harus segera dibuat supaya tidak terjadi kekurangan.

2. Menentukan jumlah yang akan diproduksi dari *family* yang terpilih, dengan model *knapsack.*

$$\text{Min} = \sum_{\forall I \in} \frac{h_i . x_i}{2} + \frac{S_i}{x_i} . \sum_{j \in I} k_{ij.} D_{ij} \qquad \text{(Rumus 2.32.)}$$

holding cost *set up* konversi *demand*

subjek to:

$$\text{Min} = \sum_{\forall I \in} x_i = x \qquad \text{(Rumus 2.33.)}$$

$x_i \geq LB_i$

$x_i \leq UB_i$

dimana:

h_i = *Holding cost* untuk *item* dalam *family i*

x_i = Jumlah unit *family* i yang diproduksi

S_i = Ongkos *set up* untuk *family* I

K_{ij} = Faktor konversi untuk unit *item* j dalam *family* i terhadap unit produk agregat

D_{ij} = *Demand* untuk item j dalam *family* i selama masa produksi

x = Jumlah produksi menurut perencanaan *agregat*

LB_i = Batas bawah untuk memproduksi *family*

UB_i = Batas atas untuk memproduksi *family*

Z = Kumpulan dari *family* yang akan diproduksi

3. Menentukan batas atas dan batas bawah

Batas bawah ditentukan oleh kebutuhan untuk memenuhi persediaan cadangan berikutnya. Perhitungan dilakukan dengan:

$$LBi = \sum_{\forall j \in i} \max [\, 0, K_{ij} (D_{ij} - I_{ijt-1} + SS_{ij}) \,] \qquad \text{(Rumus 2.34.)}$$

Batas atas diperlukan untuk menjamin persediaan tidak terakumulasi atau dengan kata lain bila tidak diinginkan akumulasi *inventory* terlalu banyak

sebagai contoh, suatu kebijaksanaan menentukan tidak lebih dari n periode persediaan. Perhitungan batas atas adalah:

$$UBi = \sum_{\forall j \in i} Kij \left[\left(\sum_{k=0}^{n=1} D_{ijt+k} \right) - I_{ijt-1} + SS_{ij} \right] \quad \text{(Rumus 2.35.)}$$

4. Ongkos *setup* untuk tiap *item*

$$\sqrt{SC \times \sum \left(D_{ij} \times K_{ij} \right)} \quad \text{(Rumus 2.36.)}$$

5. Algoritma pertama yaitu melakukan disagregasi *family*.

   Langkah-langkah algoritma, yaitu:

   Buat :set $\beta = 1$, $P^1 = X^*$ dan $Z^1 = Z$ untuk iterasi 1

   Langkah 1

   Menghitung jumlah produk untuk setiap *family* dengan mempertimbangkan ongkos *set up* untuk setiap *family*.

$$Y' == \frac{\sqrt{SC \times \sum \left(D_{ij} \times K_{ij} \right)}}{\sqrt{SC \times \sum \left(D_{ij} \times K_{ij} \right)}} \times \text{rencana agregat}_{(t)} \quad \text{(Rumus 2.37.)}$$

   Langkah 2

   Untuk setiap $i \in z'$

   Jika LB_i = maka buat $Y_1^* = Y_1^B$

   untuk *family* lain teruskan ke langkah ke-3

   Langkah 3

   Bagi *family* lain kedalam dua kelompok

   $Z_+^B = \{i \in Z^B : Y_1^B > UBi\}$ set dari semua *family* dimana $Y_1^B > LBi$

   $Z_-^B = \{i \in Z^B : Y1B > UBi\}$ set dari semua *family* dimana $Y_1^B < LBi$

   Hitung:

$$\triangle^+ = \sum_{i \in Z+B} (Y_1^B - UB_1) \quad \text{(Rumus 2.38.)}$$

$$\triangle^- = \sum_{i \in Z-B} (LBi - Y_1^B) \quad \text{(Rumus 2.39.)}$$

Langkah 4

Bila $\triangle^{+} > \triangle^{-}$, buat Y_i^{*} = UBi untuk semua $i \in Z_{+}^{B}$

Bila $\triangle^{+} < \triangle^{-}$, buat Y_i^{*} = LBi untuk semua $i \in Z_{-}^{B}$

Buat : ß = ß + 1

$Z^{ß+1} = Z^{ß}$ – {Semua *family* yang Y_i^{*} telah diperoleh}

$P^{ß+1} = P^{ß}$ – Y_i^{*} {Untuk semua i yang dijadwalkan dalam iterasi ß}

Bila $Z^{ß+1} = 0$ stop

Bila $\neq 0 \rightarrow$ kembali ke langkah 1 (iterasi 2)

6. Membagi produksi *family* menjadi produk individu, algoritma disagregasi *item* adalah sebagai berikut:

Langkah 1

Untuk setiap *family* i yang diproduksi, tentukan jumlah periode N yang memenuhi.

$$Y_i^{'} < S\ K_{ij}\ \{\sum_{n=1}^{N} D_{ijn} + SS_{ij} - I_{ij,t-1}\} \qquad \text{(Rumus 2.40.)}$$

Langkah 2

Hitung *error* dengan rumus:

$$E_i = \sum_{\forall j \in i} K_{ij} \left[\sum_{n=1}^{N} D_{ij.n} - I_{ij.t-1} + SS_{ij} \right] \qquad \text{(Rumus 2.41.)}$$

Langkah 3

Untuk semua *item* di dalam *family* I, hitung jumlah produksi dengan rumus:

$$Y_i^{*} = (\sum_{n=1}^{N} D_{ij.n} + I_{ij.t-1} - SS_{ij}) - \frac{E_i . D_{ijN}}{\sum_{\forall j \in i} K_{ij} . D_{ijN}} \qquad \text{(Rumus 2.42.)}$$

Bila $y_{ij}^{'} < 0$ untuk setiap *item*, misalnya: j = g, maka buat $y_{ig}^{'} = 0$.

Hilangkan *item* g dari *family* dan persamaan di atas. Ulangi langkah 3.

2.4. *Master Production Schedule* (Jadwal Induk Produksi)

2.4.1 Konsep dasar tentang Aktivitas Jadwal Induk Produksi (MPS)

Pada dasarnya Jadwal Induk Produksi (JIP) merupakan suatu pernyataan tentang produk akhir dari suatu perusahaan industri manufaktur yang merencanakan memproduksi *output* berkaitan dengan kuantitas dan periode waktu. JIP mendisagregasikan dan mengimplementasikan rencana produksi. Aktivitas JIP pada dasarnya berkaitan dengan bagaimana menyusun dan memperbaharui JIP, memproses transakasi dari JIP, memelihara catatan-catatan, mengevaluasi efektivitas dari MPS dan memberikan laporan evaluasi dalam waktu yang teratur untuk keperluan umpan balik dan tinjauan. JIP (*master production schedule*/MPS) pada dasarnya berkaitan dengan aktivitas melakukan empat fungsi utama berikut:

1. Menyediakan atau memberikan *input* utama kepada sistem perencanaan kebutuhan material (*material requirements planning*/MRP).
2. Menjadwalkan pesanan-pesanan produksi dan pembelian (*production and purchase orders*) untuk *item-item* MPS.
3. Menentukan landasan untuk penentuan kebutuhan sumber daya dan kapasitas.
4. Memberikan basis untuk pembuatan janji tentang penyerahan produk (*delivery promises*) kepada pelanggan.

Tugas dan tanggung jawab dari penyusun JIP/MPS adalah membuat perubahan-perubahan pada catatan MPS, mendisagregasikan rencana produksi untuk menciptakan MPS, menjamin bahwa keputusan-keputusan produksi yang ada dalam MPS itu telah sesuai dengan rencana produksi dan yang terpenting adalah mengkomunikasikan hal-hal utama dalam MPS itu kepada bagian-bagian lain yang terkait dalam perusahaan. Selanjutnya sebagai bagian dari proses umpan balik secara umum, penyusun jadwal induk produksi harus memantau performansi aktual terhadap MPS dan rencana produksi dan hasil-hasil operasional untuk diberikan kepada manajemen puncak. Berdasarkan pemantauan ini, penyusun MPS akan mampu melakukan analisis sebab akibat yang memberikan dampak pada MPS apabila terjadi perubahan-perubahan dalam rencana.

Jadwal induk produksi (MPS) dikembangkan agak sedikit berbeda, tergantung jenis industri *make to order* (MTO) atau *make to stock* (MTS) dan jumlah *item* yang diproduksi (sedikit atau banyak). JIP pada industri MTS menggunakan data peramalan permintaan bersih (peramalan bersih dikurangi persediaan ditangan). Jika hanya ada beberapa macam produk akhir yang dibuat, maka JIP-nya merupakan suatu pernyataan tentang kebutuhan-kebutuhan akan produk individu. Bila produk akhir yang dibuat banyak, misalkan lebih dari 500 macam, maka tidak praktis bila kita membuat JIP berdasarkan produk. Dalam hal ini, biasanya dikelompokan menjadi kelompok-kelompok sejenis kemudian perencanaan tersebut didetailkan secara proporsional menjadi satu jadwal untuk satu *item* individu untuk masing-masing kelompok produk sejenis.

Untuk industri bertipe *make to order* (MTO), pesanan yang belum terpenuhi merupakan data permintaan yang dibutuhkan, sehingga pesanan-pesanan dari konsumen akan menentukan JIP-nya. Pada industri dimana ada sedikit komponen-komponen dasar tersebut dan bukan untuk produk-produk akhirnya sebagai contohnya adalah mobil, dimana komponen-komponen dasarnya adalah mesin, transmisi, komponen *body* dan lain-lain.

2.4.2 Horizon Perencanaan, *Lead Time* dan *Production Time Fences*

Berikut ini aspek yang berkaitan dengan manajemen waktu dalam proses MPS.

a. Panjang *horizon* perencanaan

   Horizon perencanaan didefinisikan sebagai periode waktu mendatang terjauh dari jadwal produksi. Biasanya ditetapkan dengan memperhatikan waktu tunggu kumulatif (*cumulative lead time*) ditambah waktu untuk *lot sizing*.

b. Waktu tunggu produksi

   Waktu tunggu didefinisikan sebagai lama waktu menunggu sejak penempatan pesanan sampai memperoleh pesanan itu. Dalam sistem produksi, waktu tunggu berkaitan dengan waktu menunggu diproses, bergerak atau berpindah, *setup* untuk setiap komponen yang diproduksi.

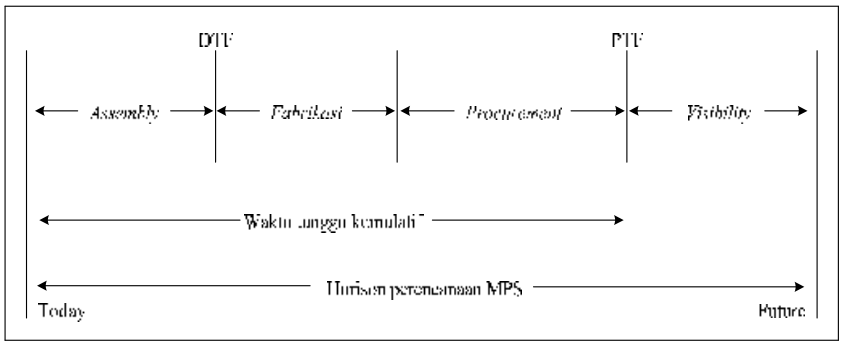
c. *Time fences*

Perubahan-perubahan dalam MPS akan menjadi sulit dan mahal (*costly*) apabila dibuat pada saat mendekati waktu penyelesaian produk. Untuk menstabilkan jadwal dan memberikan keyakinan bahwa perubahan-perubahan telah dipertimbangkan secara tepat sebelum perubahan-perubahan itu disetujui. MPS dapat dibagi ke dalam beberapa zona waktu dengan menetapkan prosedur berbeda dalam mengatur perubahan-perubahan jadwal dalam setiap zona waktu (*time zone*), *time fences* memisahkan zona waktu itu.

Dengan demikian *time fences* dapat didefinisikan sebagai suatu kebijakan atau petunjuk yang ditetapkan untuk mencatat dimana (dalam zona waktu) terdapat berbagai keterbatasan atau perubahan dalam prosedur operasi manufaktur. Batas-batas di antara periode horizon perencanaan akan membantu penyusun MPS dengan cara mengijinkan petunjuk yang berbeda guna mengatur modifikasi jadwal. Perubahan-perubahan terhadap MPS dapat dilakukan dengan relatif lebih mudah apabila mereka terjadi melewati waktu tunggu kumulatif. *Time fences* yang paling umum dikenal adalah *demand time fences* (DTF) dan *planning time fences* (PTF).

Demand time fences (DTF) didefinisikan sebagai periode mendatang dari MPS dimana dalam periode ini perubahan-perubahan terhadap MPS tidak diijinkan atau tidak diterima karena akan menimbulkan kerugian biaya yang besar akibat ketidaksesuaian atau kekacauan jadwal. Sedangkan *planning time fences* (PTF) didefinisikan sebagai periode mendatang dari MPS di mana dalam periode ini perubahan-perubahan terhadap MPS dievaluasi guna mencegah ketidaksesuaian atau kekacauan jadwal yang akan menimbulkan kerugian dalam biaya.

Dalam bentuk yang lebih sederhana, MPS *time fences* dapat diilustrasikan seperti gambar berikut ini:



Gambar 2.5. MPS *Time Fences*

2.4.3 Pemilihan *Item-item* MPS

Faktor utama lain yang perlu diperhatikan dalam mendesain MPS adalah pemilihan *item-item* MPS. Pemilihan *item-item* yang dijadwalkan melalui MPS juga perlu mendapat perhatian khusus. Pemilihan *item-item* ini penting, karena tidak hanya mempengaruhi bagaimana MPS beroperasi, tetapi juga mempengaruhi bagaimana sistem perencanaan dan pengendalian manufakturing secara keseluruhan beroperasi. Terdapat beberapa kriteria dasar yang mengatur pemilihan *item-item* dalam MPS, yaitu:

a. *Item-item* yang dijadwalkan seharusnya merupakan produk akhir, kecuali ada pertimbangan yang jelas menguntungkan untuk menjadwalkan *item-item* yang lebih kecil daripada produk akhir.
b. Jumlah *item-item* MPS seharusnya sedikit, karena manajemen tidak dapat membuat keputusan yang efektif terhadap MPS apabila jumlah *item-item* MPS terlalu banyak.
c. Seharusnya memungkinkan untuk meramalkan permintaan dari *item-item* MPS. *Item-item* yang dijadwalkan harus berkaitan erat dengan *item-item* yang dijual.
d. *Item-item* yang dipilih harus dimasukan dalam perhitungan kapasitas produksi yang dibutuhkan.
e. *Item-item* MPS harus memudahkan dalam penterjemahan pesanan-pesanan pelanggan ke dalam pembuatan produk yang akan dikirim.

2.4.4 Teknik Penyusunan MPS

Bentuk atau format umum dari MPS yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.2. Bentuk Umum dari MPS

Item Number :			*Description* :			
Lead Time :			*Safety Stock* :			
Order Quantity :			DTF :			
			PTF :			
Periode	Past due	1	2	3	……	n
Forecast						
Actual Order						
Project Available Balance						
Available to Promise (ATP)						
Master Schedule						
Planned Order						

Berikut ini penjelasan singkat berkaitan dengan informasi yang ada dalam MPS:

a) *Lead time* adalah waktu (banyaknya periode) yang dibutuhkan untuk memproduksi atau membeli suatu *item.*
b) *Order quantity* adalah banyaknya/jumlah pemesanan.
c) *Safety stock* adalah stok tambahan dari *item* yang direncanakan untuk berada dalam *inventory* yang dijadikan sebagai cadangan pengaman guna mengatasi fluktuasi dalam ramalan penjualan, pesanan-pesanan pelanggan dalam waktu singkat. *Safety stock* merupakan kebijaksanaan manajemen berkaitan dengan stabilisasi dari sistem manufaktur, dimana apabila sistem manufaktur semakin stabil kebijaksanaan stok pengaman ini dapat diminimumkan.
d) *Forecast*
    1. Berupa estimasi terhadap kuantitas *end item* yang akan terjual pada setiap periodenya.
    2. Informasi datang dari bagian pemasaran.
e) *Actual Order*, berupa pesanan konsumen yang sudah diterima sehingga statusnya pasti.

f) *Project Available Balance* (proyeksi persediaan/ *on hand*)
   1. Digunakan untuk merencanakan jumlah yang harus diproduksi.
   2. Dihitung dengan anggapan bahwa penjualan akan sesuai dengan ramalan.

g) *Available to Promise* (ATP)
   1. Merupakan alat yang digunakan untuk menjanjikan jumlah yang bisa dipesan konsumen.
   2. Merupakan bagian dari persediaan yang belum dijanjikan.
   3. Digunakan oleh bagian pemasaran untuk membuat janji penjualan di masa yang akan datang.

h) *Master Schedule* (jadwal produksi)
   1. Berupa keputusan tentang kuantitas yang akan diproduksi dan saat produksi itu memasuki *stock*.
   2. Ditentukan dengan memperhatikan ketersediaan material dan kapasitas.
   3. Total dari *master schedule* untuk setiap individual *part* harus sama dengan total yang dinyatakan dalam rencana produksi.

i) DTF (*Demand Time Fences*) dan PTF (*Planning Time Fences*), *time fences* merupakan perencanaan ke dalam beberapa zona dimana setiap zona mempunyai aturan yang berbeda.

Rumus-rumus yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. PAB (*Project Available Balance*)

   Pada daerah DTF:

$$PAB_t = PAB_{t-1} + MS_t - AO_t \quad \text{(Rumus 2.43)}$$

   Pada daerah PTF:

$$PAB_t = PAB_{t-1} + MS_t - \max(AO_t, F_t) \quad \text{(Rumus 2.44)}$$

   Pada daerah setelah PTF:

$$PAB_t = PAB_{t-1} + MS_t - F_t \quad \text{(Rumus 2.45)}$$

2. ATP (*Available to Promise*)

   Pada periode 1:

$$ATP_t = PAB_{now} + MS_t - ? AO_{sebelum\ ada\ MS\ berikutnya} \quad \text{(Rumus 2.46)}$$

Pada periode selanjutnya:

$$ATP_t = MS_t - ? AO_{sebelum\ ada\ MS\ berikutnya} \quad \text{(Rumus 2.47)}$$

3. PO (*Planned Order*)
   Dihitung apabila PAB minus (negatif), perhitungan kebutuhan tergantung pada periode *net requirement*.

2.5. Rought Cut Capacity Planning (RCCP)

Rought Cut Capacity Planning (RCCP)/ perencanaan kapasitas kasar ini termasuk dalam perencanaan kapasitas jangka panjang. *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP) merupakan kebutuhan kapasitas yang diperlukan untuk melaksanakan MPS. *Horizon* waktu sama dengan MPS, biasanya 1 sampai dengan 3 tahun.

Rought Cut Capacity Planning (RCCP) merupakan urutan kedua dari hierarki perencanaan prioritas kapasitas yang berperan dalam mengembangkan MPS. *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP) melakukan validasi terhadap MPS yang juga menempati urutan kedua dalam hierarki perencanaan prioritas produksi.

Guna menetapkan sumber-sumber spesifik tertentu, khusunya yang diperkirakan akan menjadi hambatan potensial (*potential bottlenecks*) adalah cukup untuk melaksanakan MPS. Dengan demikian kita dapat membantu manajemen untuk melaksanakan *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP), dengan memberikan informasi tentang tingkat produksi di masa mendatang yang akan memenuhi permintaan total itu.

Pada dasarnya *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP) didefinisikan sebagai proses konversi dari rencana produksi dan atau MPS ke dalam kebutuhan kapasitas yang berkaitan dengan sumber-sumber daya kritis seperti:

a. Tenaga kerja
b. Mesin dan peralatan

c. Kapasitas gudang
d. Kapabilitas pemasok material dan *parts*
e. Sumber daya keuangan

Rought Cut Capacity Planning (RCCP) adalah serupa dengan perencanaan kebutuhan sumber daya (*Resource Requirement Planning* = RRP), kecuali bahwa *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP) adalah lebih terperinci daripada RRP dalam beberapa hal, seperti:

a) *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP) didisagregasikan ke dalam *level item*.
b) *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP) didisagregasikan berdasarkan periode waktu harian atau mingguan.
c) *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP) mempertimbangkan lebih banyak sumber daya produksi.

Pada dasarnya terdapat empat langkah yang diperlukan untuk melaksanakan *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP), yaitu:

1. Memperoleh informasi tentang rencana produksi dari MPS.
   Misalkan bahwa informasi yang berkaitan dengan rencana produksi untuk satu bulan tertentu (katakanlah dalam minggu-minggu:32, 33, 34, dan 35) adalah: kelompok A = 720 unit, kelompok produk B = 240 unit, dan kelompok produk C = 160 unit. Selanjutnya kita akan memfokuskan perhatian pada kelompok produk A. Katakanlah bahwa kelompok produk A terdiri dari tiga produk *assembly* (produk 1, produk 2, dan produk 3) serta berdasarkan informasi dari MPS diketahui bahwa produk 1, 2, dan 3 itu telah dijadwalkan.
2. Memperoleh informasi tentang struktur produk dan waktu tunggu (*lead time*).
   Informasi tentang struktur produk biasanya telah ditetapkan pada perencanaan kebutuhan sumber daya RRP, yang berada pada *level* lebih tinggi (*level* 1) dalam hierarki perencanaan kapasitas. Misalkan pada informasi yang berkaitan dengan struktur produk untuk *product family* beserta waktu tunggu telah ditetapkan.

3. Menentukan *bill of resources*.

   Perhitungan terhadap waktu *assembly* rata-rata untuk setiap produk dalam kelompok produk A menggunakan formula berikut:

   Waktu *assembly* rata-rata = unit produk yang diproduksi x (jam standar *assembly*/unit).

Selanjutnya hasil *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP) ditampilkan dalam suatu diagram yang dikenal sebagai *load capacity profile. Load capacity profile* merupakan metode yang umum dipergunakan untuk menggambarkan kapasitas yang dibutuhkan *versus* kapasitas yang tersedia. Dengan demikian *load capacity profile* didefinisikan sebagai tampilan dari kebutuhan kapasitas di waktu mendatang berdasarkan pesanan-pesanan yang direncanakan dan dikeluarkan sepanjang suatu periode waktu tertentu.

Perencanaan kapasitas (*capacity planning*) merupakan salah satu aktivitas manajemen kapasitas. Perencanaan kapasitas adalah proses menentukan tingkat kapasitas yang diperlukan untuk melakukan jadwal produksi (MPS), dibandingkan terhadap kapasitas yang tersedia dan tindakan-tindakan penyesuaian yang diperlukan terhadap tingkat kapasitas atau jadwal produksi.

Jika terjadi kekurangan kapasitas, hasilnya berupa kekurangan pencapaian target produksi, pengiriman produk ke konsumen terlambat dan kehilangan kepercayaan sistem manajemen. Sebaliknya, jika kapasitas berlebihan, mengakibatkan utilitasi sumber rendah, operasi pabrik tidak efisien, biaya tinggi dan berkurangnya *margin* keuntungan.

Jenis perencanaan kapasitas ditinjau dari horizon waktu perencanaan:

1. Perencanaan kapasitas jangka panjang. Ukuran waktu 1-5 tahun ke depan. Isi perencanaan ini adalah:
   a. Fasilitas yang akan dibangun.
   b. Mesin yang akan dibeli.
   c. Produk yang akan dibuat.

2. Perencanaan kapasitas jangka menengah. Untuk kurun waktu bulanan sampai dengan satu tahun ke depan. Isi dalam perencanaan ini adalah:
   a. Tambahan *tooling*
   b. Lembur, tambah *shift*
   c. Sub kontrak
   d. *Alternative routing.*
3. Perencanaan kapasitas jangka pendek. Untuk kurun waktu harian sampai satu bulan ke depan. Titik beratnya lebih pada pengendalian; sudah melihat/mengevaluasi apakah pelaksanaan sudah sesuai dengan perencanaan yang dibuat,

Pengendalian kapasitas adalah monitoring baik *work* input maupun *production* i*nput* untuk menjamin perencanaan kapasitas dapat tercapai.Berikut ini akan diperkenalkan tiga teknik *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP) yaitu:

1. Pendekatan total faktor (*Capacity Planning Using Overall Factor Approach* = CPOF).
2. Pendekatan daftar tenaga kerja (*Bill of Labour Approach* = BOLA).
3. Pendekatan profil sumber (*Resourch Profile Approach* = RPA).

2.5.1. BOLA (*Bill of Labour Approach)*

Jumlah kebutuhan kapasitas yang diperlukan diperoleh dengan mengkalikan waktu operasi yang tercantum pada daftar tenaga kerja dengan jumlah produk dari MPS. Jika perusahaan mempunyai lebih dari satu produk, *lead time* tiap bagian harus ditentukan. Secara umum, jika n adalah jumlah produk, a_{ik} adalah jumlah produk k di stasiun kerja i, b_{jk} adalah jumlah produk k (MPS) pada periode j, maka formula kebutuhan kapasitas stasiun kerja kerja pada periode j adalah:

$$\text{Kebutuhan kapasitas} = \sum_{k=1}^{n} a_{ik} b_{kj} \quad \text{untuk semua ij} \quad \text{(Rumus 2.48)}$$

CPOF (*Capacity Planning Overall Factor)* dan BOLA (*Bill of Labour Approach)* tidak mempertimbangkan *lead time*. Kedua pendekatan ini mengasumsikan bahwa seluruh komponen dibuat bersamaan dengan perakitan.