

# Bahan Ajar

# SISTEM PRODUKSI



**Disusun oleh :**

1. Arya Wirabhuana, ST., M.Sc
2. Tutik Farihah, ST.
3. Dwi Agustina, ST., M.Eng

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**

# DAFTAR ISI

BAB. I.	PERAMALAN PERMINTAAN <i>(FORECASTING DEMAND)</i>	(01)
BAB. II.	ANALISIS PENGAMBILAN KEPUTUSAN <i>(DECISION MAKING ANALYSIS)</i>	(18)
BAB. III.	PERANCANGAN PRODUK <i>(PRODUCT DESIGN)</i>	(42)
BAB. IV.	PERENCANAAN KAPASITAS DAN JADWAL INDUK PRODUKSI <i>(CAPACITY PLANNING AND MASTER PRODUCTION SCHEDULE)</i>	(61)
BAB. V.	KESEIMBANGAN LINTASAN PRODUKSI <i>(ASSEMBLY LINE BALANCING)</i>	(83)
BAB. VI.	PERENCANAAN PROSES <i>(PROCESS PLANNING)</i>	(111)
BAB. VII.	MANAJEMEN KUALITAS <i>(QUALITY MANAGEMENT)</i>	(131)
BAB. VIII.	MANAJEMEN PERSEDIAAN <i>(INVENTORY MANAGEMENT)</i>	(152)
BAB. IX.	PERENCANAAN AGREGAT <i>(AGREGAT PALNNING)</i>	(171)
BAB. X.	PERENCANAAN KEBUTUHAN MATERIAL <i>(MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING)</i>	(186)
BAB. XI.	SISTEM PRODUKSI TEOAT WAKTU <i>(JUST-IN-TIME PRODUCTION SYSTEM)</i>	(202)
BAB. XII.	PENJADWALAN PRODUKSI <i>(PRODUCTION SCHEDULING)</i>	(221)
LAMPIRAN – LAMPIRAN		(230)

# BAB 1

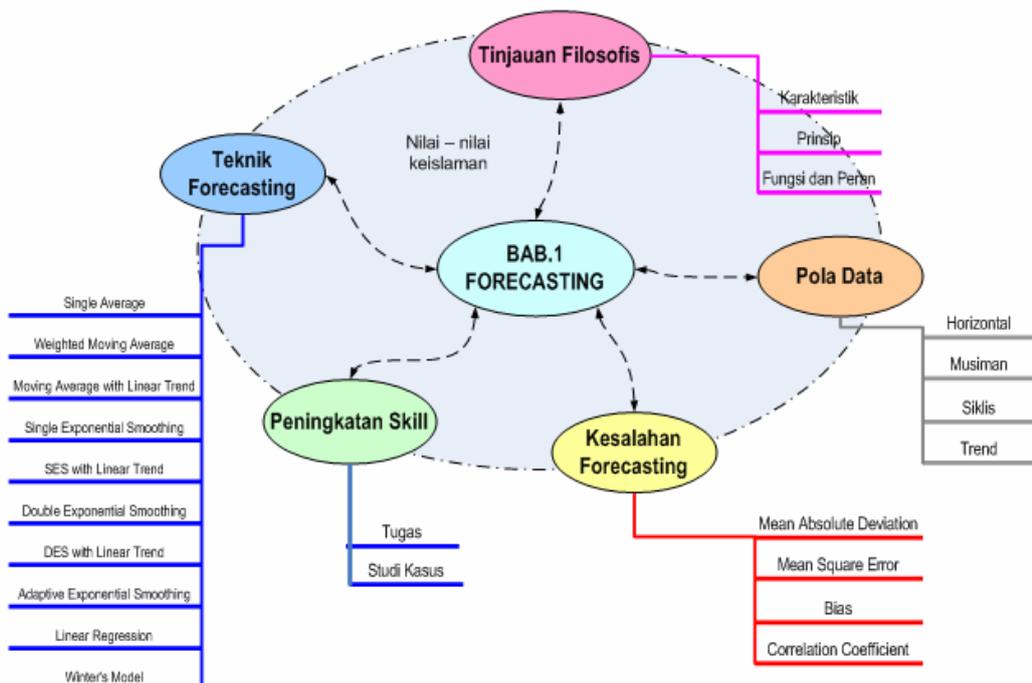
## PERAMALAN PERMINTAAN *DEMAND FORECASTING*

Oleh : Arya Wirabhuana, Tutik Fariyah, dan Dwi Agustina

### I. KOMPETENSI DASAR

1. Mengetahui dan memahami konsep – konsep dan metode Peramalan Permintaan
2. Dapat mengaplikasikan metode peramalan dalam sebuah kasus sederhana

### II. PETA KONSEP MATERI



### **III. CURRENT ISSUE**

Aktivitas peramalan merupakan suatu fungsi bisnis yang berusaha memperkirakan permintaan atau penjualan dan penggunaan produk sehingga produk – produk itu dapat dibuat dalam kuantitas yang tepat sesuai dengan permintaan pasar.

Lebih jauh dapat dikatakan bahwa fungsi peramalan ( forecasting ) adalah sebagai suatu dasar bagi perencanaan. Seperti dasar bagi perencanaan kapasitas, anggaran, perencanaan produksi dan inventori dan lain sebagainya. Aktivitas peramalan hanya boleh dilakukan terhadap independent demand, sedangkan dependent demand harus direncanakan atau dihitung ( tidak diramalkan ).

### **IV. MATERI POKOK**

Peramalan adalah bagian integral aktifitas pengambilan keputusan. Kebutuhan untuk meramal meningkat seiring dengan usaha pihak manajemen mengurangi ketergantungan perubahan lingkungan. Peramalan berperan di beberapa bagian dalam organisasi, antara lain :

1. Menentukan kebutuhan sumber daya yang diperlukan. Semua organisasi harus menentukan sumber apa saja yang diperlukan dalam jangka waktu panjang. Keputusan ini tergantung pada peluang pasar, faktor lingkungan, finansial, tenaga kerja, produk dan sumber teknologi.
2. Penambahan sumber daya. Waktu siklus (lead time) pembelian bahan baku, rekrut tenaga kerja atau pembelian mesin dan peralatan dapat bervariasi dari harian hingga tahunan. Peramalan dibutuhkan untuk menentukan kebutuhan sumber daya dimasa yang akan datang.
3. Penjadwalan sumber daya yang ada. Penggunaan sumber daya membutuhkan penjadwalan. Peramalan kebutuhan produk, material,

tenaga kerja, finansial atau jasa merupakan masukan untuk melakukan penjadwalan.

***Karakteristik peramalan yang baik :***

1. Keakuratan. Tujuan utama peramalan adalah menghasilkan prediksi yang akurat. Peramalan terlalu rendah mengakibatkan kekurangan persediaan, back order, kehilangan penjualan atau kehilangan pelanggan. Peramalan yang terlalu tinggi akan menghasilkan persediaan yang berlebihan dan biaya operasi tambahan.
2. Biaya-biaya untuk mengembangkan model peramalan dan melakukan peramalan akan menjadi signifikan jika jumlah produk dan data lainnya semakin besar. Keakuratan peramalan dapat ditingkatkan dengan mengembangkan model yang lebih kompleks dengan konsekuensi biaya naik. Jadi ada nilai tukar (trade-off) antara biaya dan keakuratan.
3. Penyederhanaan. Keuntungan utama menggunakan peramalan yang sederhana adalah kemudahan untuk melakukan peramalan dan analisisnya.

***Prinsip - prinsip peramalan yang perlu dipertimbangkan adalah :***

1. Peramalan menyebabkan kesalahan (error). Peramalan hanya mengurangi ketidakpastian tetapi tidak menghilangkannya.
2. Peramalan sebaiknya memakai tolak ukur kesalahan peramalan. Pemakai harus tahu besar kesalahan, yang dapat dinyatakan dalam satuan unit atau prosentase (peluang) permintaan aktual akan jatuh dalam interval peramalan.
3. Peramalan famili produk lebih akurat daripada peramalan produk individu (item).
4. Peramalan jangka pendek lebih akurat daripada peramalan jangka panjang, karena dalam jangka pendek kondisi yang mempengaruhi permintaan cenderung tetap atau berubah lambat, sehingga peramalan jangka pendek cenderung lebih akurat.
5. Jika dimungkinkan, hitung permintaan daripada meramal permintaan.

Teknik peramalan dibagi menjadi dua yaitu metode kuantitatif dan metode kualitatif. Metode kuantitatif dibagi menjadi deret berkala (time series) dan metode kausal. Metode time series memprediksi masa yang akan datang berdasarkan data masa lalu. Tujuan peramalan deret waktu ini adalah untuk menentukan pola data masa lalu dan mengextrapolasi pola tersebut untuk masa yang akan datang.

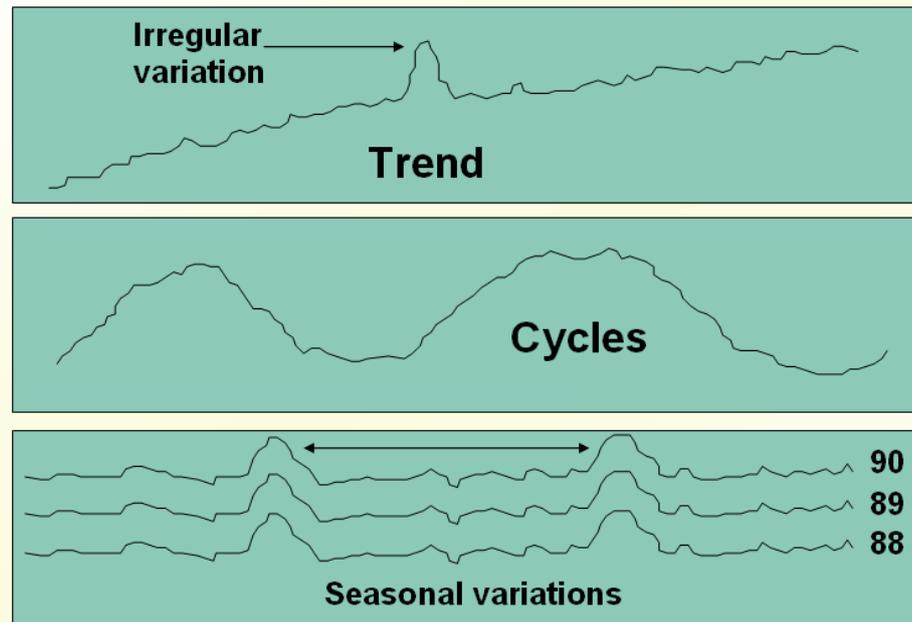
Metode kausal menggunakan faktor yang diramal memiliki hubungan sebab akibat terhadap beberapa variabel independen. Tujuan metode kausal yaitu menentukan hubungan antar faktor dan menggunakan hubungan tersebut untuk meramal nilai - nilai variabel independen.

Peramalan kuantitatif dapat diterapkan dengan syarat :

1. Tersedianya informasi masa lalu.
2. Informasi ini dapat dikuantifikasikan dalam bentuk data numerik.
3. Diasumsikan pola data masa lalu akan berlaku sama untuk masa yang akan datang.

Langkah penting dalam menentukan metode deret waktu yaitu menentukan pola data masa lalu untuk menentukan metode deret waktu yang sesuai. Empat jenis pola data yang ada yaitu stasioner, musiman (seasonal), siklis dan trend.

1. Horizontal. Pola data ini timbul jika data berfluktuasi konstan pada nilai tertentu.
2. Musiman. Pola data ini timbul, jika sekumpulan data dipengaruhi faktor musiman (mingguan, bulanan atau perempat tahunan).
3. Siklis. Pola data ini timbul, jika data - data dipengaruhi fluktuasi ekonomi jangka panjang.
4. Trend. Pola data ini timbul jika ada kenaikan / penurunan data dalam waktu jangka panjang



## TEKNIK - TEKNIK PERAMALAN

Berikut ini diuraikan beberapa teknik peramalan permintaan berbasis metoda kuantitatif yang populer, antara lain :

### 1. Rata - rata (Single Average)

Metode rata - rata secara sederhana menghitung rata-rata dari data yang tersedia (sejumlah T).

Peramalan metode rata - rata yaitu :

$$F(t) = A$$

$$f(t + \tau) = F(t).$$

Metode sederhana ini cocok jika data - datanya tidak memiliki trend dan tidak mengandung faktor musiman.

### 2. Weighed moving average

Istilah moving average menggambarkan prosedur jika ada data baru, rata - rata baru dapat dihitung dan data masa lalu dihapus. Karakteristik

moving average yaitu peramalannya dipengaruhi 'T' periode masa lalu dan jumlah data tiap waktu tetap. Persamaannya adalah

$$F(t) = \sum W(i) A(I) / \sum W(I) \text{ dimana } I = (t - m + 1) \text{ ke-} t$$

$$f(t + \tau) = F(t)$$

Nilai default dari setiap weigh adalah  $1/m$ .

### 3. Moving Average with linear trend

Metode ini akan efektif jika trend linear dan faktor random error tidak besar.

Persamaan dari metode, ini adalah ;

$$F(t) = \sum W(i) A(I) / \sum W(I) \text{ dimana } I = (t - m + 1) \text{ ke-} t$$

$$T(t) = 12 \sum (I A (t-(m-1)/2+i) / m / (m^2 - 1))$$

$$\text{dimana } I = -(m - 1) / 2 \text{ ke } (m - 1) / 2$$

$$f(t + \tau) = F(t) + T(t) (t + \tau)$$

### 4. Single exponential smothing

Peramalan single exponential smothing dihitung berdasarkan hasil peramalan ditambah dengan peramalan periode, sebelumnya. Jadi, kesalahan peramalan sebelumnya digunakan untuk mengoreksi peramalan berikutnya.

Persamaannya adalah

$$F(0) = A(I)$$

$$F(t) = \alpha A(t) + (1 - \alpha)F(t - 1)$$

$$f(t + \tau) = F(t)$$

Semakin besar  $\alpha$  smoothing yang dilakukan semakin kecil. Sebaliknya, semakin kecil  $\alpha$  smoothing yang dilakukan semakin besar. Masalah yang dihadapi dalam melakukan peramalan dengan metode ini adalah mencari  $\alpha$  optimum, karena akan memberi MSE, MAPE atau pengukuran lainnya minimum.

### 5. Single exponential smoothing with linear trend

Persamaan metode ini adalah :

$$F(0) = A(I)$$

$$T(0) = 0$$

$$F(t) = \alpha A(t) + (1 - \alpha) (F(t-1) + T(t-1))$$

$$T(t) = \beta (F(t) - F(t-1)) + (1 - \beta) T(t-1)$$

$$f(t + \tau) = F(t) + \tau T(t)$$

### 6. Double exponential smoothing

$$F(0) = F(0) = A(I)$$

$$F(t) = \alpha A(t) + (1 - \alpha) F(t-1)$$

$$F(t) = \alpha F(t) + (1 - \alpha) F(t-1)$$

$$f(t + \tau) = F(t)$$

### 7. Double exponential smoothing with linear trend

Persamaan metode, ini adalah :

$$F(0) = F(0) = A(I)$$

$$F(t) = \alpha A(t) + (1 - \alpha) F(t-1)$$

$$F(t) = \alpha F(t) + (1 - \alpha) F(t-1)$$

$$\gamma = \tau \alpha / \beta$$

$$f(t + \tau) = (2 + \gamma) F(t) - (1 + \gamma) F(t)$$

### 8. Adaptive exponential smoothing

Metode ini akan memulai dari sebuah penetapan smoothing konstan ( $\alpha$ ). Dalam tiap – tiap periode

$$F(0) = A(I)$$

$$F(t) = \alpha A(t) + (1 - \alpha) F(t-1)$$

### 9. Linear Regression

Persamaan dari metode ini adalah

$$b = \frac{\sum I A(I) - n A(N+1)/2}{\sum I^2 - n(n+1)^2 / 4}$$

dimana  $I = 1$  ke- $n$

$$a = A - b (n + 1) / 2$$

$$f(t) = a + b t$$

Untuk linear regresi, TSFC mengandung solusi untuk model linear sebagai berikut:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n + \varepsilon$$

Dimana Y adalah variabel dependen, X adalah variabel independen.  $b_0, \dots$  adalah parameter regresi dari  $\varepsilon$  adalah deviasi random.

### 10. Winter's model

$$F(0) = A(I)$$

$$T(0) = 0$$

$$F(t) = \alpha A(t) / I(t - m) + (1 - \alpha) F(t - 1) + T(t - 1)$$

$$T(t) = \beta (F(t) - F(t - 1)) + (1 - \beta) T(t - 1)$$

$$I(t) = \gamma A(t) / F(t) + (1 - \gamma) I(t - m)$$

$f(t + \tau) = (F(t) + \tau T(t)) / I(t + \tau - m)$  Dalam metode ini, jika tidak diberikan input faktor seasional, maka default dari faktor seasional akan melakukan setting inisialisasi dengan mengikuti nilai

$$I(t) = m A(t) / \sum_{i=1}^m A(i), \text{ dimana } I = 1 \text{ ke-} m, t = 1, \dots, m$$

### Notasi FORECASTING :

$t$  Periode waktu,  $t = 1, 2, \dots, n$

$\tau$  Waktu dari  $t$

$n$  Periode rata - rata bergerak atau panjang perputaran seasional

$\alpha$  Parameter smoothing pertama

$\beta$  Parameter trend smoothing

$\gamma$  Parameter seasional smoothing

$A(t)$  Data aktual dalam periode  $t$

$f(t)$  Peramalan untuk periode  $t$

$I(t)$  Trend untuk periode  $t$

$F(t)$  Nilai smoothed untuk periode  $t$

$W(t)$  Weight untuk periode  $t$

$f(t)$  Indek seasional untuk periode  $t$

$e(t)$  Kesalahan (deviasi) untuk periode  $t$ , yaitu  $f(t) - A(t)$

$A$  Rata - rata dari data aktual

$V$  Variasi dari data aktual untuk periode  $N$

N Nomer periode dimana  $e(t)$  dapat dicari, I, e, mempunyai kedua  $f(t)$  dan  $A(t)$

### **KESALAHAN PERAMALAN**

Jika beberapa model peramalan cocok untuk kondisi tertentu, maka perlu ditentukan model mana yang lebih baik (tidak bisa) atau jika hanya terdapat satu model yang cocok maka perlu model lain sebagai pembanding untuk melihat keefektifan model tersebut. Proses ini disebut dengan kesalahan peramalan.

Kesalahan peramalan pada periode  $t$  adalah selisih dari data aktual  $A(t)$  dan hasil peramalan  $f(t)$ .

**Perhitungan kesalahan peramalan dalam TSFC adalah :**

**MAD: Mean absolute error (deviasi)**

$$\text{MAD} = \sum_t [e(t)] / N$$

**MSD: Mean square error (deviasi)**

$$\text{MSD} = \sum_t e(t)^2 / N$$

**Bias: Mean error (deviasi)**

$$\text{Bias} = \sum_t e(t) / N$$

**$R^2$  : Multiple corelation coefficient**

$$R^2 = 1 - N * \text{MSD} / ((N - 1) V)$$

## **V. SUPLEMEN**

**BEBERAPA CONTOH PENYELESAIAN PERMASALAHAN PERAMALAN PERMINTAAN** (*Diambil dari Student CD Buku Operations Management, karya William F Stevesson, McGrawHill International 2005*)

## 1. Moving Average

A manufacturing company has monthly demand for one of its products as follows:

Month	Demand
February	520
March	490
April	550
May	580
June	600
July	420
August	510
September	610

Develop a three-period moving average forecast and a three-period weighted moving average forecast with weights of 0.50, 0.30, and 0.20 for the most recent demand values, in that order. Calculate MAD for each forecast, and indicate which would seem to be most accurate.

### **Solution:**

*Step 1.* Compute the 3-month moving average using the formula

$$MA_3 = \sum_{i=1}^3 \frac{D_i}{3}$$

For May, the moving average forecast is

$$MA_3 = \frac{520 + 490 + 550}{3} = 520$$

*Step 2.* Compute the 3-month weighted moving average using the formula

$$WMA_3 = \sum W_i D_i$$

For May, the weighted average forecast is

$$\begin{aligned} WMA_3 &= (0.50)(520) + (0.30)(490) + (0.20)(550) \\ &= 517.00 \end{aligned}$$

The values for both moving average forecasts are shown in the following table:

Month	Demand	MA <sub>3</sub>	WMA <sub>3</sub>
February	520	—	—
March	490	—	—
April	550	—	—
May	580	520.00	517.00
June	600	540.00	553.00
July	420	576.67	584.00
August	510	533.33	506.00
September	610	510.00	501.00
October	—	513.33	542.00

Step 3. Compute the MAD value for both forecasts:

$$MAD = \frac{\sum |D_t - F_t|}{n}$$

The MAD value for the 3-month moving average is 80.0, and the MAD value for the 3-month weighted moving average is 75.6, indicating there is not much difference in accuracy between the two forecasts, although the weighted moving average is slightly better.

## 2. Exponential Smoothing

A computer software firm has experienced the following demand for its "Personal Finance" software package:

Period	Units
1	56
2	61
3	55
4	70
5	66
6	65
7	72
8	75

Develop an exponential smoothing forecast using  $\alpha = 0.40$  and an adjusted exponential smoothing forecast using  $\alpha = 0.40$  and  $\beta = 0.20$ . Compare the accuracy of the two forecasts using MAD and cumulative error.

### Solution:

Step 1. Compute the exponential smoothing forecast with  $\alpha = 0.40$  using the following formula:

$$F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha)F_t$$

For period 2, the forecast (assuming  $F_1 = 56$ ) is

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \alpha D_1 + (1 - \alpha)F_1 \\
 &= (0.40)(56) + (0.60)(56) \\
 &= 56
 \end{aligned}$$

For period 3, the forecast is

$$\begin{aligned}
 F_3 &= (0.40)(61) + (0.60)(56) \\
 &= 58
 \end{aligned}$$

The remaining forecasts are computed similarly and are shown in the accompanying table.

*Step 2.* Compute the adjusted exponential smoothing forecast with  $\alpha = 0.40$  and  $\beta = 0.20$  using the formula

$$\begin{aligned}
 AF_{t+1} &= F_{t+1} + T_{t+1} \\
 T_{t+1} &= \beta(F_{t+1} - F_t) + (1 - \beta)T_t
 \end{aligned}$$

Starting with the forecast for period 3 (since  $F_1 = F_2$ , and we will assume  $T_2 = 0$ ),

$$\begin{aligned}
 T_3 &= \beta(F_3 - F_2) + (1 - \beta)T_2 \\
 &= (0.20)(58 - 56) + (0.80)(0) \\
 &= 0.40 \\
 AF_3 &= F_3 + T_3 \\
 &= 58 + 0.40 \\
 &= 58.40
 \end{aligned}$$

The remaining adjusted forecasts are computed similarly and are shown in the following table:

Period	$D_t$	$F_t$	$AF_t$	$D_t - F_t$	$D_t - AF_t$
1	56	—	—	—	—
2	61	56.00	56.00	5.00	5.00
3	55	58.00	58.40	-3.00	-3.40
4	70	56.80	56.88	13.20	13.12
5	66	62.08	63.20	3.92	2.80
6	65	63.65	64.86	1.35	0.14
7	72	64.18	65.26	7.82	6.73
8	75	67.31	68.80	7.68	6.20
9	—	70.39	72.19	—	—
				35.97	30.60

*Step 3.* Compute the MAD value for each forecast:

$$\begin{aligned} \text{MAD}(F_t) &= \frac{\sum |D_t - F_t|}{n} \\ &= \frac{41.97}{7} \\ &= 5.99 \\ \text{MAD}(AF_t) &= \frac{37.39}{7} \\ &= 5.34 \end{aligned}$$

Step 4. Compute the cumulative error for each forecast:

$$\begin{aligned} E(F_t) &= 35.97 \\ E(AF_t) &= 30.61 \end{aligned}$$

Because both MAD and the cumulative error are less for the adjusted forecast, it would appear to be the most accurate.

### 3. Linear Regression

A local building products store has accumulated sales data for 2 × 4 lumber (in board feet) and the number of building permits in its area for the past ten quarters:

Quarter	Building permits <i>x</i>	Lumber sales (1,000s of board feet) <i>y</i>
1	8	12.6
2	12	16.3
3	7	9.3
4	9	11.5
5	15	18.1
6	6	7.6
7	5	6.2
8	8	14.2
9	10	15.0
10	12	17.8

Develop a linear regression model for these data and determine the strength of the linear relationship using correlation. If the model appears to be relatively strong, determine the forecast for lumber given ten building permits in the next quarter.

#### **Solution:**

Step 1. Compute the components of the linear regression equation,  $y = a + bx$ , using the least squares formulas

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{92}{10} = 9.2 \\ \bar{y} &= \frac{128.6}{10} = 12.86 \\ b &= \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \\ &= \frac{(1,170.3) - (10)(9.2)(12.86)}{(932) - (10)(9.2)^2} \\ b &= 1.25 \\ a &= \bar{y} - b\bar{x} \\ &= 12.86 - (1.25)(9.2) \\ a &= 1.36 \end{aligned}$$

Step 2. Develop the linear regression equation:

$$\begin{aligned} y &= a + bx \\ y &= 1.36 + 1.25x \end{aligned}$$

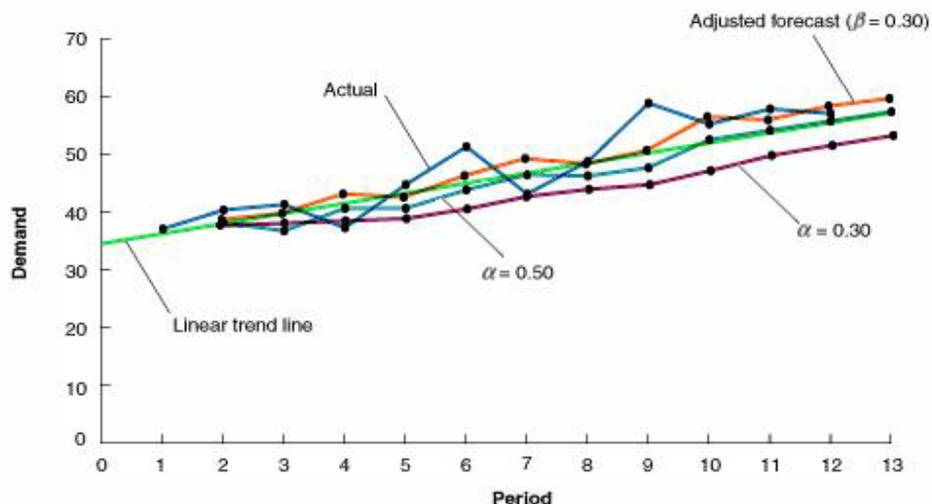
Step 3. Compute the correlation coefficient:

$$\begin{aligned} r &= \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \\ &= \frac{(10)(1,170.3) - (92)(128.6)}{\sqrt{[(10)(932) - (92)^2][(10)(1,810.48) - (128.6)^2]}} \end{aligned}$$

Thus, there appears to be a strong linear relationship.

Step 4. Calculate the forecast for  $x = 10$  permits.

$$\begin{aligned} y &= a + bx \\ &= 1.36 + 1.25(10) \\ &= 13.86, \text{ or } 13,860 \text{ board feet} \end{aligned}$$



## VI. TUGAS

PT. Delta Snack memproduksi berbagai jenis produk makanan yang tergolong dalam family product, yakni terbuat dari tepung terigu dan bahan – bahan pelengkap lainnya. Berdasarkan inset pasar didapat 3 produk yang dinyatakan cukup potensial untuk diproduksi dan dikembangkan sesuai dengan keinginan konsumen. Tiga produk tersebut adakah biscuit A, biscuit B dan biscuit C.

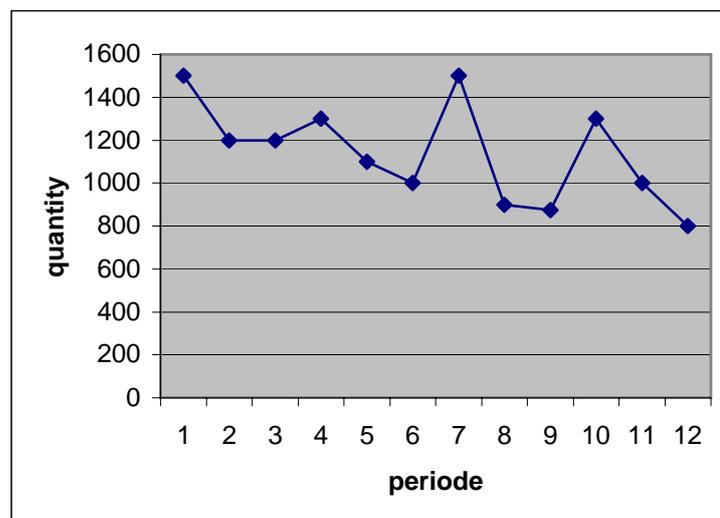
Dari data penjualan selama 12 periode, PT. Delta Snack ingin mengetahui penjualan 3 periode mendatang dengan menggunakan metode forecasting.

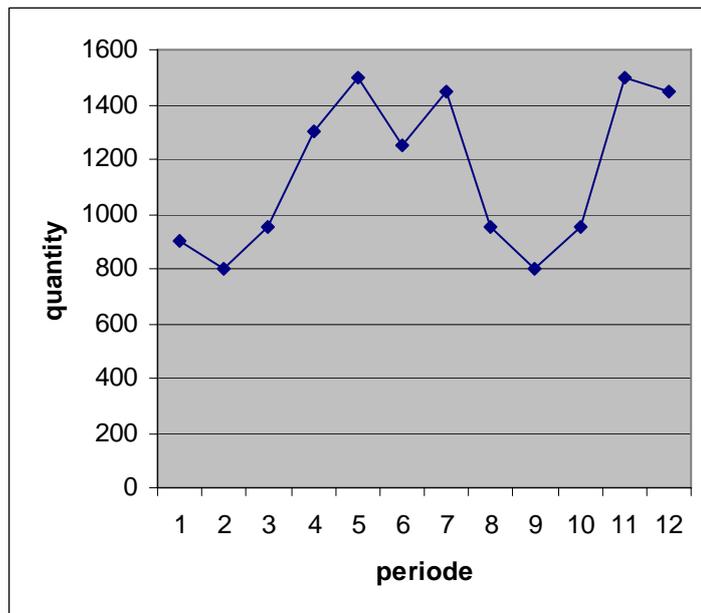
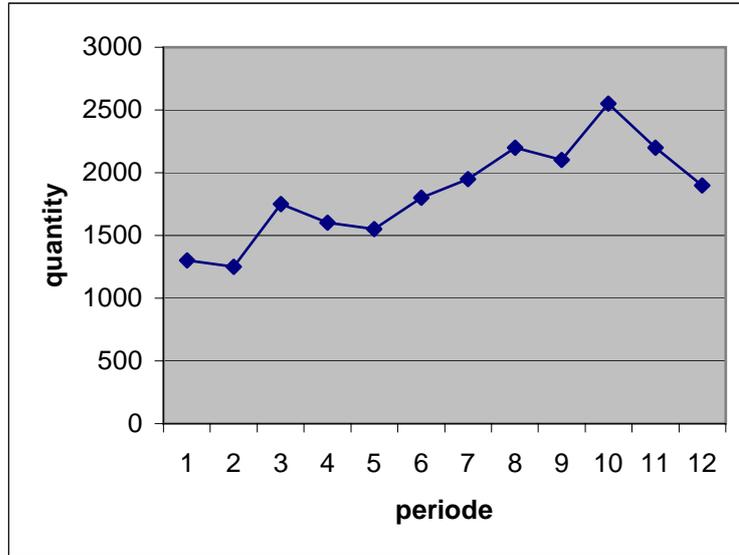
Plot data dari tiga jenis produk :

Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Biscuit A	1500	1200	1200	1300	1100	1000	1500	900	875	1300	1000	800

Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Biscuit B	1300	1250	1750	1600	1550	1800	1950	2200	2100	2550	2200	1900

Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Biscuit C	900	800	950	1300	1500	1250	1450	950	800	950	1500	1450





**Tugas :**

- a. Berapakah penentuan hasil peramalan yang kita inginkan
- b. Berapa besarkah kemungkinan terjadi kesalahan peramalan
- c. Bagaimana akurasi peramalan yang telah kita lakukan

**VII. GLOSSARIUM**

Telah Jelas

## VIII. DAFTAR PUSTAKA

1. Stevenson, William J. (2005). *Operations Management*. McGraw-Hill International
2. Groover, M. P. (2001). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. New Jersey. Prentice Hall International, Inc.

# BAB 2

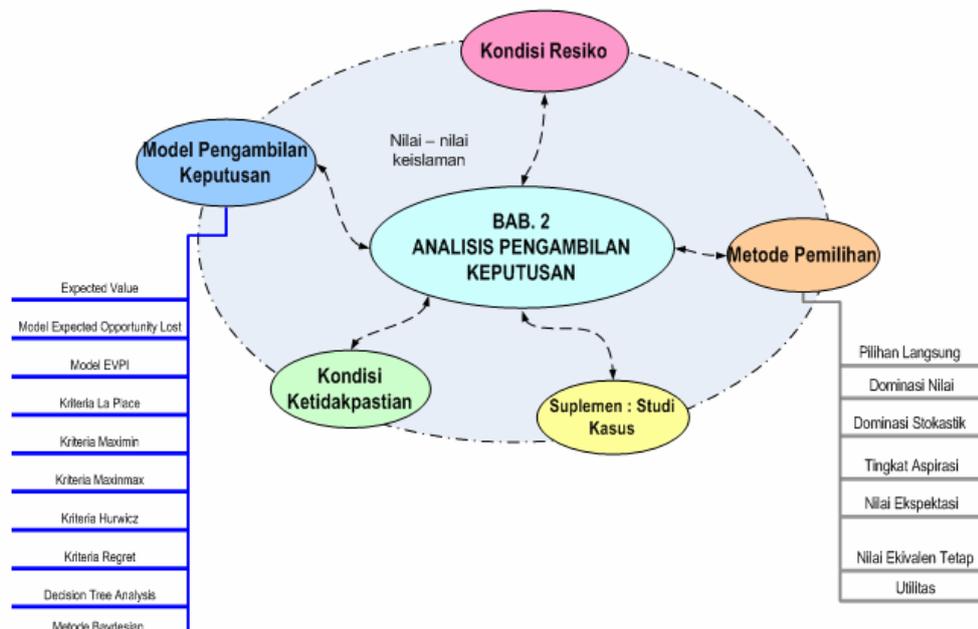
## ANALISIS PENGAMBILAN KEPUTUSAN *DECISION MAKING ANALYSIS*

*Oleh : Arya Wirabhuna, Tutik Farihah, dan Dwi Agustina*

### I. KOMPETENSI DASAR

1. Mengetahui dan memahami konsep – konsep metode pengambilan keputusan secara kuantitatif
2. Dapat mengaplikasikan metode pengambilan keputusan dalam sebuah studi kasus yang sederhana

### II. PETA KONSEP MATERI



### **III. CURRENT ISSUE**

Proses pengambilan keputusan sangat dikenal secara umum dan secara sadar maupun tidak pernah dilakukan oleh setiap orang pada keadaan dan kesempatan yang berbeda satu dengan yang lainnya. Namun demikian pada hakekatnya keputusan yang diambil oleh seseorang akan mempunyai makna, tujuan maupun akibat yang sangat bervariasi tergantung dari banyak faktor, seperti tingkat kepentingan dari masalah yang sedang dihadapi, lingkungan eksternal pada proses pengambilan keputusan dan kondisi internal individu pengambil keputusan itu sendiri. Pengambilan keputusan bagi sebagian orang merupakan suatu seni karena banyak mengkombinasikan faktor yang bersifat kualitatif yang dikombinasikan dengan situasi dimana keputusan nantinya akan berperan. Memang sangat tidak mungkin suatu pengambilan keputusan dapat seluruhnya dipelajari sehingga seseorang nantinya akan mampu memunculkan suatu keputusan yang baik, tepat dan bermakna karena banyaknya faktor yang terlibat didalamnya serta adanya keterbatasan tingkat kemampuan dari pengambil keputusan itu sendiri.

Dalam pembicaraan ini pengambilan keputusan yang akan dibahas difokuskan pada jenis keputusan yang dapat didekati dengan analisis kuantitatif atau dengan pendekatan suatu metoda dengan melibatkan beberapa asumsi masalah yang bersifat kualitatif yang diusahakan untuk dapat ditransfer menjadi masalah yang terkuantifikasi. Dengan demikian analisis keputusan dapat diartikan sebagai suatu prosedur logis dan kuantitatif pada proses dan pengambilan keputusan dengan yang terjadi pada situasi yang kompleks, dinamis, dan tidak pasti, serta adanya persaingan yang disebabkan oleh adanya keterbatasan sumber.

#### IV. MATERI POKOK

##### Model Keputusan Pada Kondisi Resiko dan Ketidakpastian

Beberapa model keputusan yang sederhana dapat digunakan pada kondisi yang melibatkan resiko (disertai beberapa nilai kemungkinan) dan ketidakpastian. Formulasi masalah dalam proses pengambilan keputusan akan lebih mudah disajikan dalam bentuk tabel *pay-off* yang menggambarkan keadaan nilai tunggal kejadian kombinasi antara alternatif yang akan diambil serta kondisi yang terjadi. Dalam pembuatan *pay-off matrix*, harus benar-benar dipahami perbedaan antara alternatif dan kondisi, untuk itu acuan paling mudah adalah: keadaan disebut alternatif jika kondisinya dapat dikendalikan (*controlable*) oleh pengambil keputusan, sedangkan jika sebaliknya / tidak dapat dikendalikan (*uncontrolable*) maka disebut dengan kondisi.

##### Model Keputusan dan Kondisi Resiko

Untuk menyelesaikan persoalan dalam pengambilan keputusan maka dapat dilakukan tindakan awal sebagai berikut :

- identifikasi tindakan yang tersedia.
- pendugaan probabilitas
- membuat *pay off* matriks.

##### Metode Expected Value

Metoda ini mendasarkan perhitungannya atas hasil perkalian antara nilai probabilitas terhadap nilai pada setiap sel perpotongan antara alternatif dan kondisi pada tabel *pay-off*. Sebagai contoh perhatikan matriks sebagai berikut :

Alternatif	Kondisi 1 (P=0.5)	Kondisi 2 (P=0.5)
Investasi		
A	-1000000	1060000
B	20000	30000

Secara sederhana alternatif tersebut diatas dapat dihitung dengan nilai harapan (*Expected Value*) sebagai berikut :

$$E(A) = -1000000(0.5) + 1060000(0.5) = 30000$$

$$E(B) = 20000(0.5) + 30000(0.5) = 25000$$

Dari hasil yang diperoleh, secara logika akan dipilih alternatif A karena memberikan hasil yang lebih besar dari alternatif B. Namun dalam keadaan nyata keputusan tersebut terasa tidak realistik karena investasi yang terlibat pada alternatif A sangat besar jika dibanding B (ingat hubungan antara tingkat investasi terhadap hasil dan resiko) untuk itu perlu dipertimbangkan aspek lainnya seperti : suku bunga, resiko dan sebagainya.

### Metode EOL (Expected Opportunity Loss)

Prinsip yang digunakan dalam metoda EOL adalah meminimumkan kerugian karena adanya pemilihan alternatif tertentu. Dengan demikian dari matrik pay-off awal yang berisi keuntungan yang dialami harus dilakukan transformasi ke matriks kerugian (*Opportunity Loss Matrix*). Hal yang perlu diperhatikan dalam penyusunan matriks kerugian adalah dalam penyusunan pay-off dilakukan dengan mengidentifikasi tindakan terbaik untuk tiap kondisi/peristiwa. Sebagai contoh perhatikan contoh pay-off matriks sebagai berikut :

Alternatif	Kondisi 1 (P=0.4)	Kondisi 2 (P=0.6)
A	50000	- 10000
B	15000	60000
C	100000	10000

Jika matriks ini dirubah ke OLM, maka pada setiap kondisi dipilih alternatif terbaik kemudian dicari selisih antara alternatif terbaik dan alternatif yang akan dihitung. Dengan demikian hasil OLM menjadi :

(dalam ribuan)

Alternatif Investasi	Kondisi 1 (P=0.4)	Kondisi 2 (P=0.6)
A	50	70
B	85	0
C	0	50

$$EOL_A = 0.4(50000) + 0.6(70000) = 62000$$

$$EOL_B = 0.4(85000) + 0.6(0) = 34000$$

$$EOL_C = 0.4(0) + 0.6(50000) = 30000$$

Dengan demikian disimpulkan bahwa alternatif yang dipilih adalah C, karena meminimumkan kerugian. Perhatikan pada OLM pada setiap kolom kondisi selalu terdapat nilai nol yang mencerminkan alternatif terbaik seandainya pada kondisi tersebut terjadi.

Prinsip yang digunakan dalam metoda EOL adalah meminimumkan kerugian karena adanya pemilihan alternatif tertentu. Dengan demikian dari matrik pay-off awal yang berisi keuntungan yang dialami harus dilakukan transformasi ke matriks kerugian (*Opportunity Loss Matrix*). Hal yang perlu diperhatikan dalam penyusunan matriks kerugian adalah dalam penyusunan pay-off dilakukan dengan mengidentifikasi tindakan terbaik untuk tiap kondisi/peristiwa. Sebagai contoh perhatikan contoh pay-off matriks sebagai berikut :

Alternatif	Kondisi 1 (P=0.4)	Kondisi 2 (P=0.6)
A	50000	- 10000
B	15000	60000
C	100000	10000

Jika matriks ini dirubah ke OLM, maka pada setiap kondisi dipilih alternatif terbaik kemudian dicari selisih antara alternatif terbaik dan alternatif yang akan dihitung. Dengan demikian hasil OLM menjadi :

(dalam ribuan)

Alternatif Investasi	Kondisi 1 (P=0.4)	Kondisi 2 (P=0.6)
A	50	70
B	85	0
C	0	50

$$EOL_A = 0.4(50000) + 0.6(70000) = 62000$$

$$EOL_B = 0.4(85000) + 0.6(0) = 34000$$

$$EOL_C = 0.4(0) + 0.6(50000) = 30000$$

Dengan demikian disimpulkan bahwa alternatif yang dipilih adalah C, karena meminimumkan kerugian. Perhatikan pada OLM pada setiap kolom kondisi selalu terdapat nilai nol yang mencerminkan alternatif terbaik seandainya pada kondisi tersebut terjadi.

### Metode EVPI (Expected Value of Perfect Information)

Merupakan selisih antara informasi yang sempurna dengan resiko yang mungkin terjadi pada suatu kondisi. Secara cepat sebenarnya nilai EVPI selalu sama dengan nilai EOL paling optimal. Pada perhitungan diatas diperoleh nilai EOL optimal sebesar 30.000, maka hal tersebut dapat pula dihitung sebagai berikut :

$$EV (\text{Sempurna}) = 0.4(100000) + 0.6(60000) = 76000$$

$$EV (\text{alternatif C}) = 0.4(100000) + 0.6(10000) = 46000$$

$$EVPI = 76000 - 46000 = 30000$$

Jika dimisalkan untuk memperoleh tambahan informasi seseorang harus mengeluarkan biaya tambahan, maka jumlah maksimum biaya yang dibayarkan untuk memperoleh informasi yang sempurna sebesar nilai EOL minimum.

### Keputusan Dalam Kondisi Ketidakpastian

Dalam kondisi ketidakpastian, maka persoalan yang diberikan tidak disertai dengan besarnya nilai kemungkinan yang terjadi. Perhatikan contoh soal dan pay-off matrix berikut ini :

Misalkan terdapat dana sebesar 100.000 yang akan diinvestasikan pada 3 alternatif yaitu : saham, obligasi atau tabungan.

Alternatif	Pertumbuhan		
	Cepat	Normal	Lambat
Saham	10000	6500	- 4000
Obligasi	8000	6000	1000
Tabungan	5000	5000	5000

### Kriteria La Place

Kriteria La Place mendasarkan pada asumsi bahwa semua peristiwa (kondisi) mempunyai peluang kejadian yang sama. Oleh karena nilai probabilitas tidak diketahui, maka nilai probabilitas masing-masing kondisi sebesar  $1/$  jumlah kondisi. Dengan demikian dari persoalan diatas, maka besarnya probabilitas adalah  $1/3$  karena terdapat 3 peristiwa/kondisi.

$$EV_{\text{Saham}} = 1/3(10000) + 1/3(6500) + 1/3(-4000) = 4.167$$

$$EV_{\text{Obligasi}} = 1/3(8000) + 1/3(6000) + 1/3(1000) = 4.167$$

$$EV_{\text{Tabungan}} = 1/3(5000) + 1/3(5000) + 1/3(5000) = 4.167$$

Berdasarkan kriteria La Place, maka penggunaan modal untuk saham, obligasi dan tabungan adalah sama menguntungkan.

### Kriteria Maximin

Penggunaan kriteria ini mendasarkan pada asumsi pengambil keputusan bersifat '*risk avoider*'. Prosedur yang dilakukan adalah :

- Dipilih nilai terkecil untuk setiap alternatif
- Diantara alternatif terpilih diambil nilai terbesar sebagai pilihan terbaik.

Alternatif	Pay Off Terkecil
Saham	- 4000
Obligasi	1000
Tabungan	5000 (*)

Dengan demikian alternatif terpilih berdasar kriteria Maximin adalah alternatif tabungan.

### Kriteria Maximax

Kriteria Maximax mendasarkan pada asumsi pengambil keputusan bersifat '*risk taker*' (optimistik). Prosedur yang digunakan adalah :

- Dipilih nilai terbesar untuk masing-masing alternatif

Diantara alternatif terpilih diambil nilai terbesar sebagai pilihan yang terbaik.	Pay Off Terkecil
Saham	10.000 (*)
Obligasi	8.000
Tabungan	5.000

Dengan demikian berdasar kriteria Maximax seorang pengambil keputusan akan memilih alternatif saham.

### Kriteria Hurwicz

Kriteria ini merupakan kompromi antara kriteria Maximin dan Maximax karena diasumsikan pengambil keputusan jarang sebagai '*risk avoider*' atau '*risk taker*' yang sempurna. Untuk itu diberikan koefisien optimisme '**a**'.

Alternatif	Maximax	Maximin
Saham	10.000	- 4.000
Obligasi	8.000	1.000
Tabungan	5.000	5.000

Jika diketahui  $a = 0.6$ , maka nilai tiap alternatif adalah :

$$\text{Saham} = 10000(0.6) + (-4000(0.4)) = 4400$$

$$\text{Obligasi} = 8000(0.6) + 1000(0.4) = 5200$$

$$\text{Tabungan} = 5000(0.6) + 5000(0.4) = 5000$$

Sehingga dapat disimpulkan berdasar kriteria Hurwicz akan dipilih alternatif obligasi.

### Kriteria Regret (Minimax Regret)

Kriteria ini mengasumsikan bahwa pengambil keputusan mengalami kerugian bila suatu peristiwa terjadi. Prosedur yang digunakan adalah :

- Hitung '*Opportunity Loss*' pada pay off matrix.
- Pilih nilai maximal tiap alternatif, kemudian pilih yang minimal sebagai yang terbaik.

(dalam ribuan)

Alternatif	Cepat	Normal	Lambat	pay off terbesar
Saham	0	0	9	9
Obligasi	2	0.5	4	4 (*)
Tabungan	5	1.5	0	5

Dengan demikian berdasarkan kriteria Minimax Regret, kesimpulan yang diambil adalah menanamkan investasi pada bentuk obligasi.

## Decision Tree Analysis

*Decision tree* sering disebut dengan pohon keputusan atau diagram pohon merupakan suatu model diagram yang menggambarkan hubungan antara beberapa alternatif tindakan serta peluang kejadian yang menyertainya dan ditujukan untuk mempermudah pengambilan keputusan. Keuntungan yang diperoleh dengan digambarkannya suatu persoalan dengan diagram pohon adalah kemudahan untuk memahami keseluruhan persoalan secara simultan. namun demikian dalam diagram pohon data yang disertakan umumnya merupakan data tunggal hasil perhitungan (biaya, keuntungan, jumlah unit produksi dsb), sehingga sulit bagi pengambil keputusan untuk melakukan evaluasi ulang atas proses terjadinya data yang digunakan untuk analisis perhitungan yang dilakukan. Pada diagram pohon dikenal adanya 3 buah simbol yang sering digunakan yaitu :

- : simpul keputusan / tindakan
- O : simpul kejadian tidak pasti
- : biaya yang dikeluarkan untuk melaksanakan keputusan.

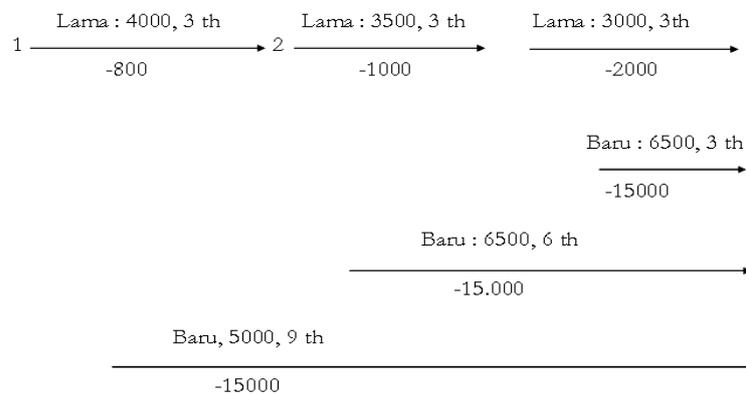
Bagi seorang pengambil keputusan jika dalam analisisnya bertemu dengan simpul keputusan maka diharuskan membuat pilihan atas tawaran alternatif yang tersedia. Sedangkan simpul kejadian tidak pasti menggambarkan peluang kejadian yang menyertai setiap alternatif yang ditawarkan dan akan dijadikan pertimbangan dalam pemilihan alternatif. Aturan yang sering digunakan dalam penggambaran diagram keputusan adalah pemberian nilai keuntungan diatas garis lurus penghubung antar simpul serta nilai kerugian dibawah garis lurus penghubung.

Diagram pohon dalam proses penghitungannya dilakukan secara '*rolling back*' artinya perhitungan dilakukan dari bagian paling belakang (ekor) secara berurutan ke arah depan (simpul keputusan) untuk setiap alternatif. dari keseluruhan hasil perhitungan akhir pada setiap alternatif yang terjadi pengambil keputusan akan menentukan pilihannya. Walaupun secara teoritis keputusan terbaik selalu diusahakan pada hasil terbaik dengan nilai tertinggi

(untuk keuntungan) dan terendah (untuk biaya), namun dalam prakteknya seorang pengambil keputusan kadang-kadang memilih selain yang terbaik karena beberapa pertimbangan yang sifatnya non-kuantitatif. Masalah *'intangible benefit / cost'* walaupun secara teoritis nilainya dapat diperoleh dengan pendekatan beberapa metoda, namun akurasi nilai yang diperoleh tidak selalu dapat memuaskan pengambil keputusan.

### Penggunaan Diagram Pohon Dalam Persoalan Deterministik

Suatu persoalan dimana variabel penyusunnya bersifat deterministik umumnya akan lebih mudah diselesaikan. Pada persoalan seperti ini tentu saja jika dinyatakan dalam diagram pohon tidak akan melibatkan simpul kejadian tidak pasti. Berikut ini terdapat persoalan pemilihan penggunaan mesin yang menawarkan pilihan apakah akan tetap menggunakan mesin yang lama atau melakukan penggunaan mesin baru (peremajaan mesin).



Simpul	Monetary Outcome	Pilihan
3	Lama : 3 juta (3) - 2 juta = 7.0 juta Baru : 6.5 juta (3) - 15 juta = 4.5 juta	Lama
2	Lama : 7 juta + 3.5 juta (3) - 1 juta = 16.5 juta Baru : 6.5 juta (6) - 15 juta = 24.0 juta	Baru
1	Lama : 24 juta + 4 juta (3) - 0.8 juta = 35.2 juta Baru : 5 juta (9) - 15 juta = 30.0 juta	Lama

Penyajian perhitungan secara 'rolling back' dalam bentuk tabelnya akan dimulai dari simpul ke-3 kemudian berurutan ke arah depan. penghitungan dalam bentuk tabel ini akan lebih digunakan karena akan diketahui urutan

pilihan dari setiap simpul keputusannya (lihat kolom paling kanan). Dari persoalan deterministik diatas akhirnya dapat diambil **kesimpulan** : *sebaiknya menggunakan mesin yang lama selama 3 th, kemudian mengganti dengan mesin yang baru untuk waktu 6 tahun*. Harus diingat bahwa pengambilan kesimpulan selalu dinyatakan dalam kurun waktu selama 9 tahun sesuai dengan lama perbandingan mesin pada soal.

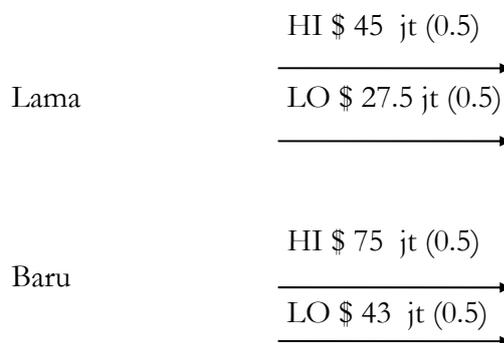
Jika persoalan deterministik tersebut dikombinasikan dengan waktu maka dalam proses perhitungannya akan memasukkan unsur 'time value of money'. Untuk perhitungan pada kasus demikian disarankan dihitung dalam basis nilai sekarang (*present value*) sehingga akan lebih mudah dalam pembandingannya. Perhitungan juga dilakukan pada setiap simpul dengan melakukan pilihan terbaik untuk pertimbangan pada simpul didepannya. Jika diasumsikan tingkat suku bunga sebesar 25 % per-tahun maka jawaban dapat ditampilkan dalam bentuk tabel menjadi sebagai berikut :

Kesimpulan yang diperoleh adalah : *sebaiknya menggunakan mesin yang lama untuk keputusan ke 1,2 dan 3 (artinya mesin lama digunakan terus menerus selama 9 thn)*.

Simpul Keputusan	Alter-natif	Monetary Outcome	Pilihan
3	Lama	$\$ 3 \text{ jt } (P/A,3) - \$ 2 \text{ jt}$ $3 \text{ jt } (1.95) - 2 \text{ jt} = 3.85 \text{ jt}$	Lama
	Baru	$\$ 6.5 \text{ jt } (3) - 15 \text{ jt} = 4.5 \text{ jt}$	
2	Lama	$\$3.85\text{jt}(P/F,3)+\$3.5\text{jt}(P/A,3)-1\text{jt}$ $3.85(0.512) + 3.5(1.95)-1 = 7.89 \text{ jt}$	Lama
	Baru	$\$6.5\text{jt}(P/A,6) - \$15\text{jt} = 4.20 \text{ jt}$	
1	Lama	$\$7.89\text{jt}(P/F,3)+\$4\text{jt}(P/a,3)-\$0.8\text{jt}$ $7.89(0.512) + 4(1.95) - 0.8 = 11.05 \text{ jt}$	Lama
	Baru	$\$0.5\text{jt}(P/A,9) - \$15 \text{ jt} = 2.30 \text{ jt}$	

### Penggunaan Metoda Bayes Dalam Diagram Pohon

Dalam pengambilan keputusan melalui diagram pohon karena juga melibatkan kejadian tak pasti (probabilistik) maka kualitas keputusan dapat diperbaiki dengan melakukan tambahan informasi sehingga dapat dibentuk probabilitas posterior. Untuk ini perhatikan persoalan yang ditampilkan dalam diagram pohon sebagai berikut :



*Catt : HI : demand tinggi*  
*LO : demand rendah*

Persoalan sederhana ini jika diselesaikan dengan cara mencari *Expected Monetary Value* adalah :

$$\text{Lama} = \$ 45 \text{ jt}(0.5) + \$27.5(0.5) - 10 \text{ jt} = 26.25 \text{ juta}$$

$$\text{Baru} = \$ 75 \text{ jt}(0.5) + \$43(0.5) - 35 \text{ jt} = 24.0 \text{ juta}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka dipilih alternatif tetap menggunakan mesin yang lama. Walaupun demikian kita dapat mendekati persoalan tersebut dengan metoda Bayesian dengan menetapkan probabilitas-probabilitas yang terjadi.

Masalah penentuan nilai probabilitas yang terjadi ini dapat diperoleh melalui studi tambahan atau menggunakan jasa konsultan yang relevan untuk menjamin adanya suatu arah perkiraan probabilitas yang lebih akurat. Jika

dihasilkan perkiraan keyakinan dari hasil penelitian lanjutan adalah sebagai berikut:

$$P(h|H) = 0.70 \quad \text{Ket : Prediksi demand :}$$

$$P(h|D) = 0.20 \quad h = \text{Tinggi (High)}$$

$$P(d|H) = 0.30 \quad d = \text{Rendah (Low)}$$

$$P(d|D) = 0.80 \quad \text{Aktual demand :}$$

$$H = \text{Tinggi (High)}$$

$$D = \text{Rendah (Low)}$$

Dengan set probabilitas bersyarat tambahan ini maka dapat digunakan metoda Bayes untuk mencari nilai probabilitas posterior sebagai berikut :

$$P(H|h) = \frac{P(h|H).P(H)}{P(h|H).P(H) + P(h|D).P(D)} = \frac{P(h|H).P(H)}{P(h)}$$

$$= \frac{0.7(0.5)}{0.7(0.5) + 0.2(0.5)} = \frac{0.35}{0.45} = 0.78$$

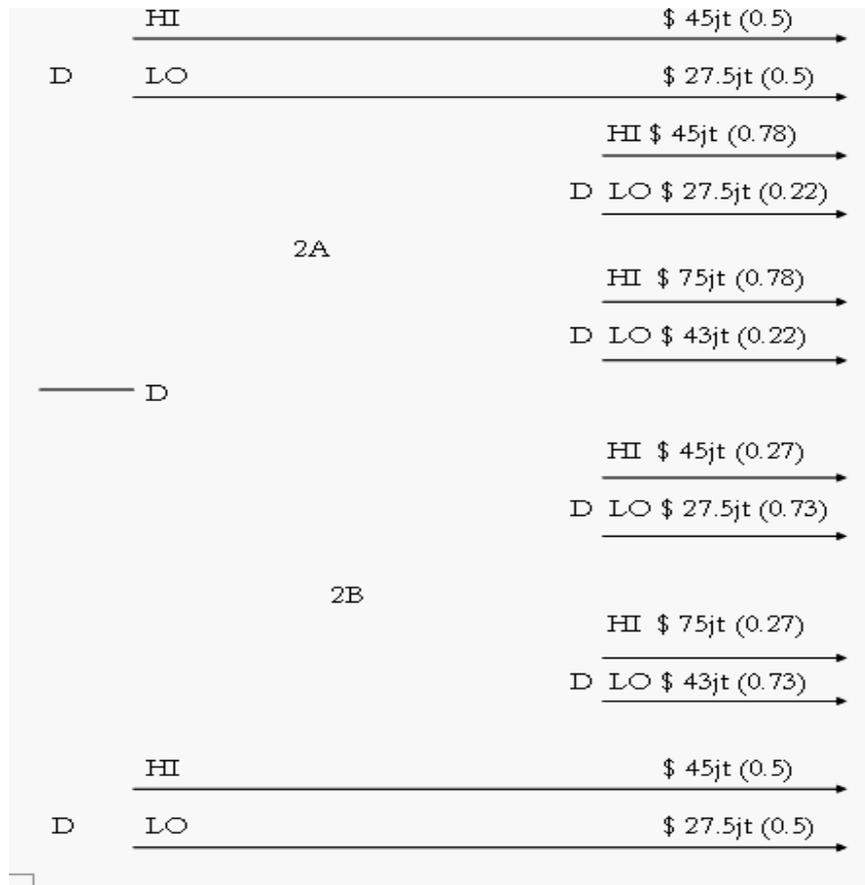
$$P(D|h) = \frac{P(h|D).P(D)}{P(h)} = \frac{0.2(0.5)}{0.45} = 0.22$$

$$P(H|d) = \frac{P(d|H).P(H)}{P(d|H).P(H) + P(d|D).P(D)} = \frac{P(d|H).P(H)}{P(d)}$$

$$= \frac{0.3(0.5)}{0.3(0.5) + 0.8(0.5)} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27$$

$$P(D|d) = \frac{P(d|D).P(D)}{P(d)} = \frac{0.8(0.5)}{0.55} = 0.73$$

Dari probabilitas posterior tersebut maka bentuk diagram pohon awal dapat ditambahkan satu cabang alternatif (dengan tambahan informasi), dengan demikian pengambil keputusan sekarang mempunyai 3 alternatif yang dipertimbangkan. Diagram selengkapnya menjadi sebagai berikut.



Jika diasumsikan bahwa dalam upaya melakukan studi tambahan memerlukan biaya \$ 0.1 juta, maka tabel hasil perhitungan diagram pohon hasil perbaikan adalah sebagai berikut :

Kep	Alter-native	Monetary Outcome	Pilihan
2A	Lama Baru	$\$45jt(0.78)+\$27.5jt(0.22)-\$10jt = 31.13 jt$ $\$75jt(0.78)+\$43jt(0.22)-\$35jt = 31.13jt$	Baru
2B	Lama Baru	$\$45jt(0.27)+\$27.5jt(0.73)-\$10jt$ $\$75jt(0.27)+\$43jt(0.73)-\$35jt$	Lama
1	Studi Lanjutan Ttp Lama Ttp Baru	$\$32.95jt(0.45)+\$21.20jt(0.55)-0.1jt = 26.40jt$ (lihat tabel sebelum perbaikan) = 26.25jt (lihat tabel sebelum perbaikan) = 24.00jt	Studi Lanjutan

Dari tabel hasil perhitungan diatas ternyata dengan adanya set probabilitas tambahan hasil informasi lanjutan dapat dihasilkan kesimpulan yang berbeda dari awalnya. Kesimpulan dari persoalan diatas adalah *dipilih alternatif dengan melakukan studi lanjutan karena dapat memberikan keuntungan yang lebih besar.* Penggunaan metoda Bayes untuk analisis perbaikan dalam diagram pohon dapat dilakukan dengan baik jika akurasi informasi tambahan dapat dipertanggungjawabkan.

### **Metoda Pemilihan Nilai Dalam Analisis Keputusan**

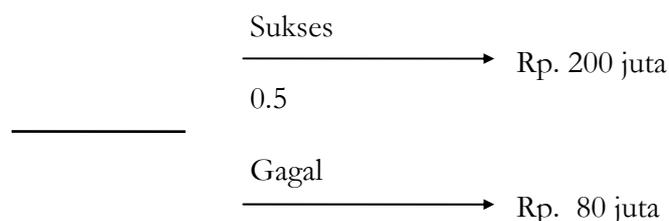
Dalam pelaksanaan analisis suatu keputusan, persoalan seringkali didekati dengan melakukan perhitungan nilai yang ada. Namun demikian nilai seringkali juga tidak selalu bersifat deterministik, untuk itulah beberapa metoda yang dapat digunakan dalam penilaian untuk perbandingan beberapa alternatif adalah sebagai berikut :

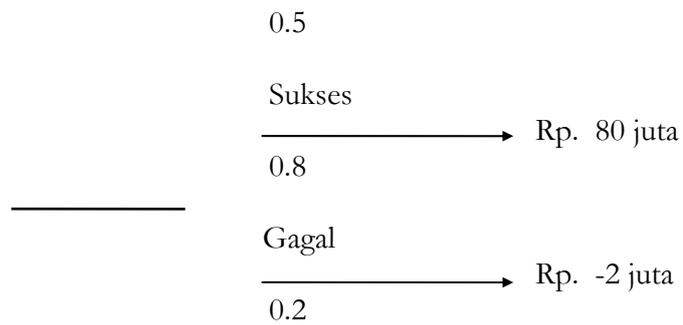
#### **Pilihan Langsung**

Adalah metoda yang digunakan untuk menentukan pilihan diantara beberapa alternatif dengan membandingkan secara langsung antar alternatif yang ada kemudian menentukan pilihan berdasarkan intuisi pengambil keputusan. Metoda ini terdiri atas :

#### **Dominasi Nilai**

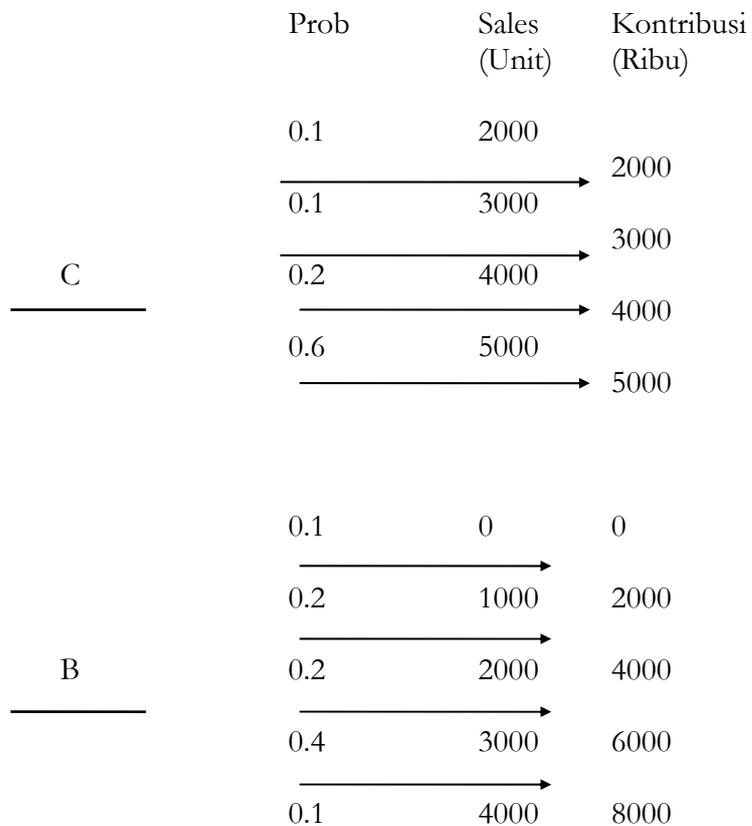
adalah kondisi nilai pada suatu alternatif selalu lebih baik dari alternatif yang lainnya. (Misalnya : alternatif A mendominasi alternatif B). Contoh Dominasi Nilai :





**Dominasi Stokastik**

adalah dominasi yang secara probabilistik antara alternatif satu terhadap lainnya. Contoh Dominasi Stokastik :



	0.1	0	0
	0.3	1000	2000
C	0.3	2000	4000
	0.2	3000	6000
	0.1	4000	8000

### **Tingkat Aspirasi**

Adalah pilihan langsung berdasarkan suatu target yang harus dicapai.  
 Contoh tingkat aspirasi :

Produk	Kemungkinan
A	0.9
B	0.7
C	0.6

### **Nilai Ekspektasi**

Adalah menentukan pilihan diantara beberapa alternatif dengan melakukan penghitungan nilai harapan (ekspektasi) yang ada.

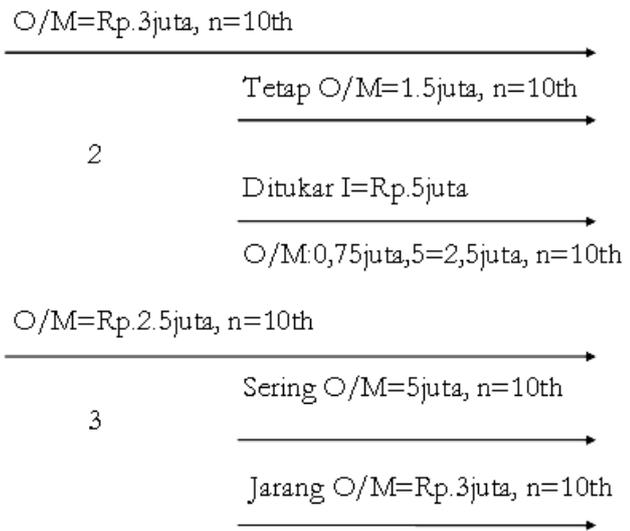
### **Nilai Ekuivalen Tetap**

Adalah penentuan pilihan berdasarkan nilai tertentu dimana pengambil keputusan merasa tidak berbeda antara menerima hasil yang dicerminkan dalam ketidakpastian dengan menerima dalam kepastian pada suatu nilai tertentu.

### **Utilitas**

Adalah melakukan pilihan pada banyak alternatif sehingga dilakukan pentahapan pilihan pada setiap alternatif penyusunnya. (misalnya : melakukan analisa bertahap pada diagram keputusan). Untuk setiap tahap, dapat dilakukan cara pilihan langsung, nilai ekspektasi, ekspektasi utility dll.

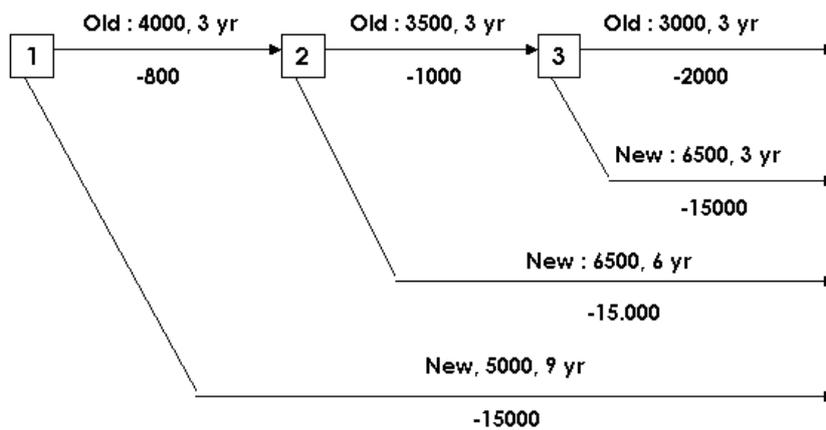
1



$i = 10\%$

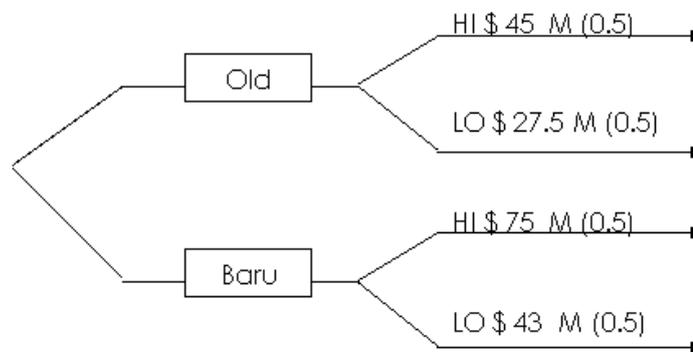
## V. SUPLEMEN

Contoh Pengambilan Keputusan berdasarkan Decision Tree dengan Deterministik Node



Node	Monetary Outcome	Alt
3	Old : 3 M (3) - 2 M = 7.0 M New : 6.5 M (3) - 15 M = 4.5 M	Old
2	Old : 7 M + 3.5 M (3) - 1 M = 16.5 M New : 6.5 M (6) - 15 M = 24.0 M	New
1	Old : 24 M + 4 M (3) - 0.8 M = 35.2 M New : 5 M (9) - 15 M = 30.0 M	Old

### Contoh Pengambilan Keputusan dengan Decision Tree Bayesian



Notes: HI : high demand  
LO : low demand

#### ***Expected Monetary Value:***

$$\text{Old} = \$ 45 \text{ M}(0.5) + \$ 27.5(0.5) - 10 \text{ M} = \mathbf{26.25 \text{ M}}$$

$$\text{New} = \$ 75 \text{ M}(0.5) + \$ 43(0.5) - 35 \text{ M} = 24.0 \text{ M}$$

Posterior probability:

$$P(h | H) = 0.70 \quad \text{Notes : Prediction of demand :}$$

$$P(h | D) = 0.20 \quad h = \text{High}$$

$$P(d | H) = 0.30 \quad d = \text{Low}$$

$$P(d | D) = 0.80 \quad \text{Actual demand :}$$

H = High

D = Low

$$P(H|h) = \frac{P(h|H).P(H)}{P(h|H).P(H) + P(h|D).P(D)} = \frac{P(h|H).P(H)}{P(h)}$$

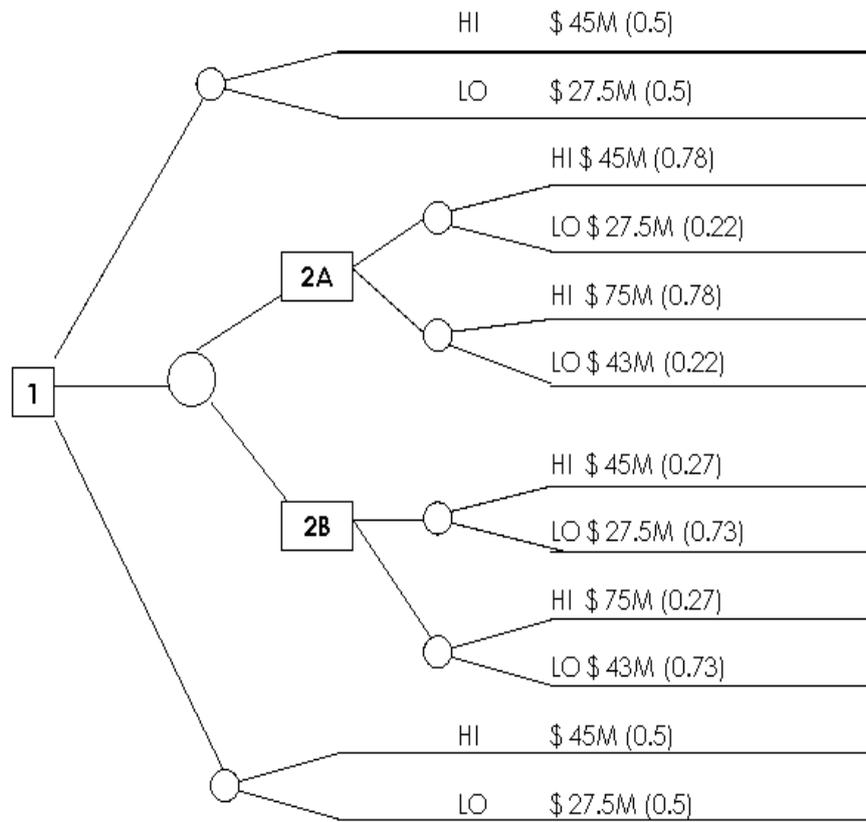
$$= \frac{0.7(0.5)}{0.7(0.5) + 0.2(0.5)} = \frac{0.35}{0.45} = 0.78$$

$$P(D|h) = \frac{P(h|D).P(D)}{P(h)} = \frac{0.2(0.5)}{0.45} = 0.22$$

$$P(H|d) = \frac{P(d|H).P(H)}{P(d|H).P(H) + P(d|D).P(D)} = \frac{P(d|H).P(H)}{P(d)}$$

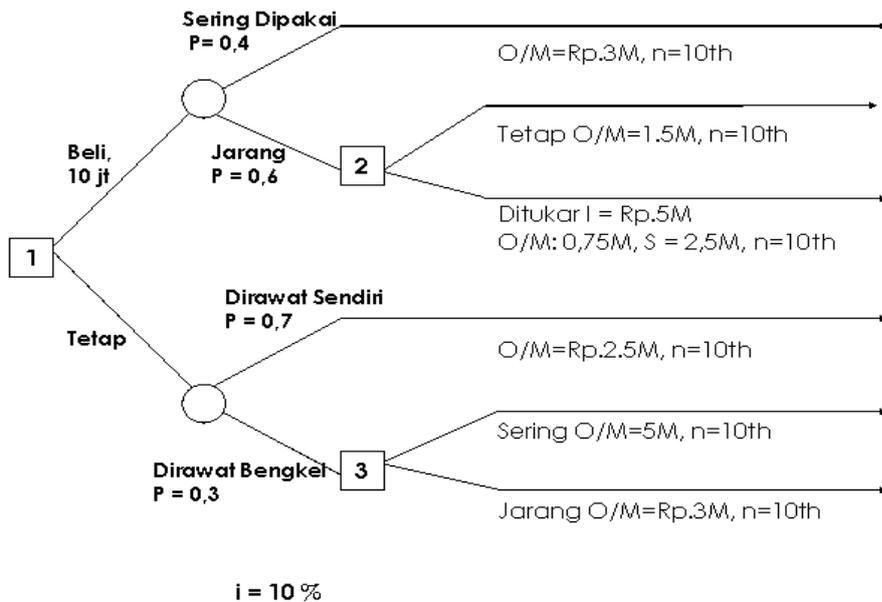
$$= \frac{0.3(0.5)}{0.3(0.5) + 0.8(0.5)} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27$$

$$P(D|d) = \frac{P(d|D).P(D)}{P(d)} = \frac{0.8(0.5)}{0.55} = 0.73$$



Node		Monetary Outcome	Alt
2A	Old	$\$45M(0.78)+\$27.5M(0.22)-\$10M = 31.13 M$	New
	New	$\$75M(0.78)+\$43M(0.22)-\$35M = 31.13M$	
2B	Old	$\$45M(0.27)+\$27.5M(0.73)-\$10M$	Old
	New	$\$75M(0.27)+\$43M(0.73)-\$35M$	
1	Add Study	$\$32.95M(0.45)+\$21.20M(0.55)-0.1M = \mathbf{26.40M}$	Add Study
	Old	(check the Table) = 26.25M	
	New	(check the Table) = 24.00M	

### Contoh Pengambilan keputusan menggunakan Decision Tree



Simpul	Alternatif	Ekspektasi AW	Pilihan
3	Sering	$5 M (P/A, 10) = 30,72$	Jarang
	Jarang	$3 M (P/A, 10) = 18,43$	
2	Tetap	$1,5 M (P/A, 10) = 9,22$	Ditukar
	Ditukar	$5 M + 0,75 M (P/A, 10) - 2,5 M = 7,11 M$	
1	Beli	$10 M + \{3 M (P/A, 10)\} \cdot 0,4 + 7,11 M (0,6) = 21,64 M$	Tetap
	Tetap	$2,5 M (P/A, 10) \cdot 0,7 + 18,43 M \cdot 0,3 = 16,28$	

## VI. TUGAS

### Kasus 1:

Seorang petani mempunyai alternatif pilihan komoditas sebagai berikut:

	Kondisi Musim		
	Jelek	Normal	Baik
Tebu	75.000	125.000	225.000
Padi	115.000	160.000	200.000
Palawija	100.000	170.000	215.000
Buah-buahan	60.000	200.000	325.000

Tentukan pilihan dengan:

- Kriteria La Place
- Kriteria Maximin
- Kriteria Maximax
- Kriteria Hurwicz (dengan koef: 0,7)
- Kriteria Regret

### Kasus 3

Panitia malam pengumpulan dana sedang menghadapi tiga alternatif pilihan untuk menentukan tema lawakan Asmuni cs yang akan dipentaskan di sebuah hotel berbintang, yaitu tema horor (X), percintaan (Y) atau perjudian (Z). Untuk itu Asmuni cs telah mempunyai tarif pertunjukan untuk masing-masing tema berturut-turut yaitu: Rp 8 juta; Rp 10,5 juta dan Rp 7 juta. Panitia memperkirakan ada korelasi antara tema lawakan dan besarnya dana yang terkumpul. Perkiraan dana terkumpul adalah Rp 60 juta (horor); Rp 85 juta (percintaan) dan Rp 70 juta (perjudian). Menurut panitia penyelenggara keberhasilan pengumpulan dana tsb berfluktuasi tergantung jumlah kursi yang terisi saat pertunjukan berlangsung, yaitu: Sangat Berhasil semua kursi terisi penuh sehingga 100% perkiraan dana dapat terkumpul (O1); Berhasil sehingga hanya 75% dana terkumpul (O2); Cukup Berhasil sehingga 50%

dana terkumpul (O3) dan Gagal sehingga hanya 35% dana terkumpul (O4). Sebagai rasa solidaritasnya kelompok lawak Asmuni cs menyampaikan ke panitia bahwa jika dana tidak terkumpul penuh 100% maka mereka akan menyumbangkan 25% dari tarif pertunjukan mereka untuk malam dana tersebut.

## **VII. GLOSSARIUM**

Telah Jelas

## **VIII. DAFTAR PUSTAKA**

1. Stevenson, William J. (2005). *Operations Management*. McGraw-Hill International
2. Groover, M. P. (2001). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. New Jersey. Prentice Hall International, Inc.

# BAB 3

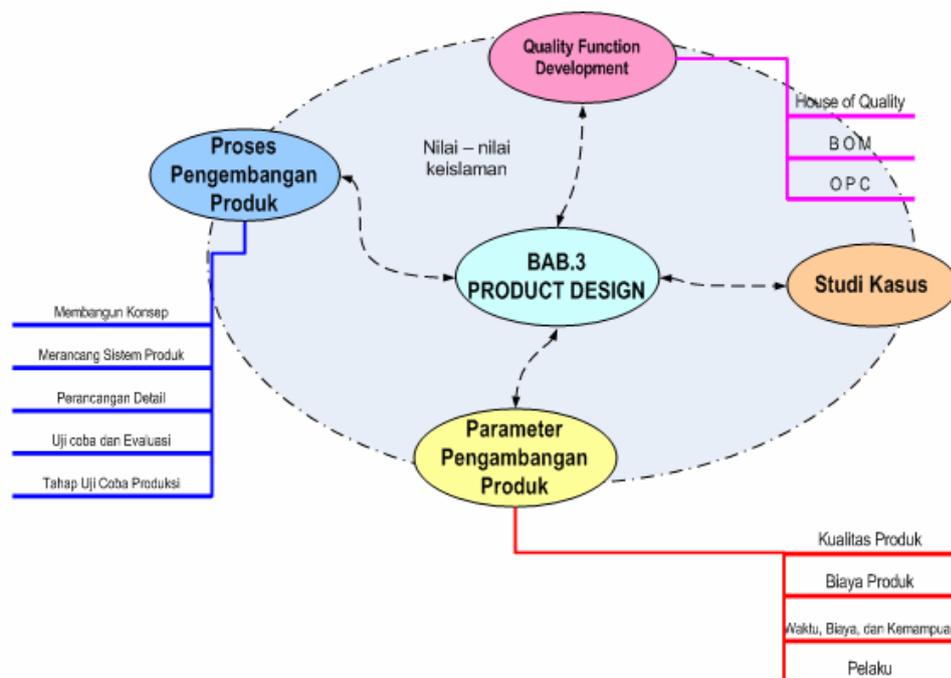
## PERANCANGAN PRODUK *PRODUCT DESIGN*

*Oleh : Arya Wirabhuna, Tutik Farihah, dan Dwi Agustina*

### I. KOMPETENSI DASAR

1. Mengetahui dan memahami konsep dasar perancangan produk
2. Dapat mengaplikasikan konsep perancangan produk dan QFD pada studi kasus sederhana

### II. PETA KONSEP MATERI



### III. CURRENT ISSUES

Pengembangan produk merupakan salah satu sarana bagi perusahaan untuk mampu bersaing dengan perusahaan lain yang membuat produk sejenis. Mengapa? Karena untuk setiap produk baru yang dihasilkan akan memiliki suatu kelebihan dari produk lain yang sejenis sehingga dikatakan produk itu memiliki competitive value (nilai keunggulan). Namun seiring dengan berjalannya waktu, teknologi dari hari ke hari makin canggih, banyak perusahaan sejenis melengkapi produknya dengan keunggulan – keunggulan yang ada pada produk lain sejenis, maka nilai keunggulan dari produk kita akan menjadi competitive necessity (kebutuhan bersaing), artinya nilai keunggulan produk kita tersebut sudah menjadi kebutuhan bagi pasar produk sejenis, bila suatu produk sejenis tidak memiliki keunggulan – keunggulan tersebut, maka dikatakan bahwa produk tersebut sudah ketinggalan jaman. Disinilah letak pentingnya suatu pengembangan produk sebagai sarana untuk mampu bersaing dengan perusahaan lain, bahkan menjadi pemimpin pasar. Siapa yang mampu menciptakan produk baru dengan keunggulan – keunggulan orisinal, dialah yang akan menguasai pasar.

Secara sederhana, dapat dijelaskan bahwa pengembangan produk adalah suatu rangkaian kegiatan yang di mulai dengan mengetahui peluang pasar dan berakhir pada proses produksi, penjualan dan pengiriman barang sampai ke tangan konsumen. Melihat dari definisi di atas, kita dapat menangkap bahwa sasaran utama kita adalah konsumen, baik itu sasaran sebagai sarana mengetahui kebutuhan pasar maupun sasaran akan produk yang kita buat.

### IV. MATERI POKOK

#### **Parameter keberhasilan proses penembangan produk**

Konsumen adalah orang – orang yang nantinya akan menilai produk kita. Segala upaya kita lakukan agar konsumen merasa puas akan produk kita, karena kepuasan konsumen adalah keuntungan bagi kita. Dari sudut pandang penanam modal yang berfikir profit oriented, ada 5 hal yang erat

hubungannya dengan laba, yang mana hal – hal ini jugalah yang menjadi parameter kesuksesan pengembangan produk kita. 5 hal tersebut adalah: kualitas produk, biaya produk, waktu pengembangan, biaya pengembangan, dan kemampuan pengembangan.

### **Kualitas Produk**

Produk yang berkualitas adalah produk yang memiliki spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan konsumen sehingga menyebabkan konsumen merasa puas. Dalam hal pengembangan produk, apakah produk pengembangan kita berkualitas, setidaknya indikasinya dapat kita ketahui dari jawaban atas pertanyaan berikut: seberapa bagus produk yang dihasilkan dari hasil pengembangan? ; apakah produk ini mampu memuaskan konsumen? ; apakah produk ini andal?. Kualitas produk terlihat pada besarnya pangsa pasar dan harga yang bias terjangkau oleh konsumen.`

### **Biaya Produk**

Biaya produksi merupakan seberapa besar laba yang dapat diterima perusahaan atas volume penjualan dan harga penjualan. Biaya produksi meliputi biaya pembelian peralatan dan juga biaya produksi per unit produk

### **Waktu, Biaya, dan Kemampuan Pengembangan Produk**

Waktu pengembangan mengacu pada seberapa besar respon perusahaan memiliki kekuatan bersaing dan mampu mengembangkan teknologi sama pentingnya dengan seberapa cepat perusahaan menerima kembali modal atas usaha pengembangan ini. Biaya pengembangan mengacu pada seberapa besar modal yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk mendanai pengembangan produk Kemampuan pengembangan disini mengacu pada asset yang dimiliki perusahaan yang dapat digunakan dalam rangkaian kegiatan pengembangan produk secara lebih efektif dan efisien, dan indikasinya dapat kita ketahui dari jawaban atas pertanyaan : “ Apakah kemampuan tim pengembang serta perusahaan akan lebih baik untuk

mengembangkan produk dimasa depan sebagai hasil dari pengalaman mereka pada proyek pengembangan produk saat ini ?”

### **Pelaku Perancangan dan Pengembangan Produk**

Siapakah yang akan melaksanakan rangkaian kegiatan pengembangan produk ini ? mengingat pada definisi pengembangan produk diatas, bahwa pengembangan produk dimulai dari mengetahui kebutuhan pasar, lalu merancang produknya, lalu memproduksinya dan mendistribusikannya maka pengembangan produk ini adalah usaha bersama dari beberapa orang yang memiliki latar belakang pendidikan atau kemampuan yang berbeda. Sekurang-kurangnya mereka terdiri atas orang yang mampu dalam bidang pemasaran, design produk, produks

### **Proses Pengembangan Produk**

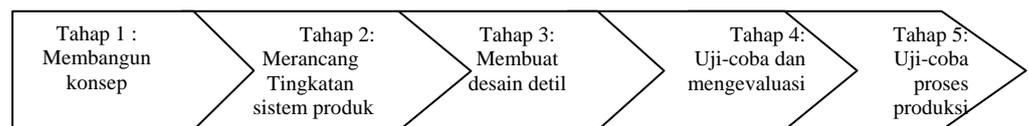
Proses pengembangan produk merupakan urutan dari langkah-langkah perusahaan dalam memahami / menyusun, merancang dan mengkomersialkan suatu produk.

Suatu proses pengembangan produk yang baik adalah sangat diperlukan, mengingat pada beberapa alasan sbb :

1. Jaminan kualitas : suatu proses pengembangan produk menjelaskan tahapan yang akan dilalui dan melakukan checkpoint selama kurun waktu pengembangan tersebut. Dengan selalu melakukan pengawasan terhadap proses pengembangan produk diharapkan kualitas daripada produk yang dihasilkan dapat terjamin.
2. Koordinasi : suatu proses pengembangan dapat berlaku sebagai *master plan* yang akan menjelaskan apa, kapan, dan bagaimana suatu tim kecil dapat memberikan masukan terhadap usaha pengembangan ini.
3. Rencana : dalam suatu proses pengembangan terdapat hubungan antar aktivitas (kegiatan) selama proses pengembangan terdapat hubungan antar aktivitas (kegiatan) selama proses pengembangan berlangsung, termasuk waktu yang diperlukan tiap aktivitas. Sehingga dengan demikian dapat diketahui jadwal untuk seluruh kegiatan, kapan dimulainya suatu

kegiatan dan berakhirnya suatu kegiatan atau proyek pengembangan produk ini.

4. Manajemen : suatu proses pengembangan merupakan suatu perbandingan terhadap produk sejenis dari perusahaan lain terhadap keunggulannya (*benchmarking*). Dengan melakukan perbandingan ini pihak manajemen akan mengetahui letak permasalahan.
5. Improvisasi : sistem dokumentasi yang baik terhadap organisasi proses pengembangan produk akan membantu dalam mengetahui peluang pengembangan.
6. Adapun proses pengembangan produk itu sendiri tersendiri atas beberapa tahapan seperti skema yang tergambar berikut ini

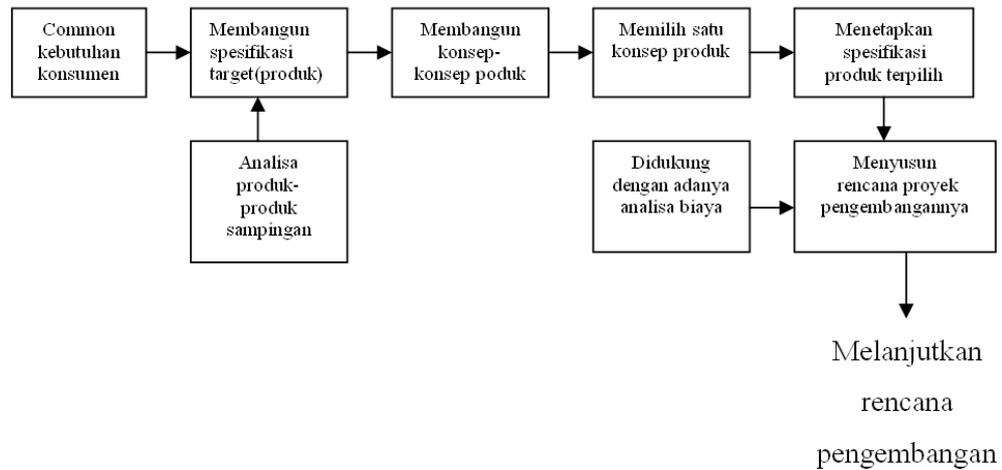


Dan penjelasan setiap tahap akan dibahas lebih lanjut secara terpisah,sbb:

### **Membangun Konsep (Concept Development)**

Dalam tahapan ini, kebutuhan pasar sasaran dapat diketahui, juga perlu membangun dan mengevaluasi alternative konsep produk dan pada akhirnya terpilih satu konsep produk yang akan dikembangkan. Suatu konsep adalah suatu deskripsi tentang bentuk, fungsi, dan fungsi tambahan produk(features). Seringkali pula pada tahap ini dibentuk satu rangkaian tentang spesifikasi produk, analisa produk pesaing dan analisis ekonomi.

Adapun proses pengembangan konsep dapat dijelaskan urutannya sbb:



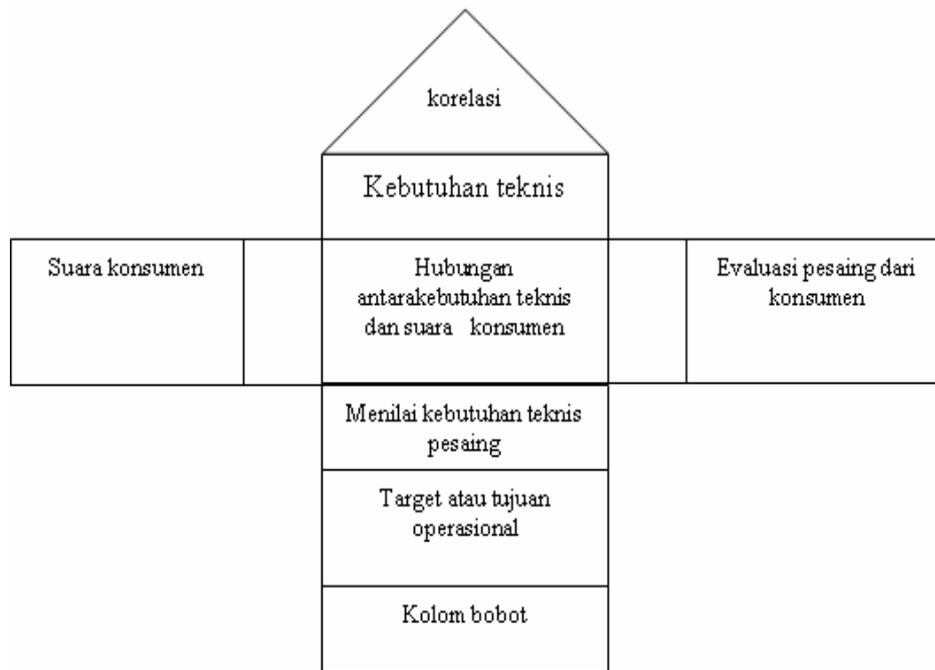
Dari melihat skema ini, secara sederhana dapat dikatakan bahwa proses pengembangan konsep ini diawali dengan mengidentifikasi kebutuhan konsumen hingga kita mengetahui spesifikasi produk yang akan dikembangkan dan memilih satu konsep produk dari berbagai alternative konsep produk. Dilanjutkan dengan menetapkan spesifikasi tiap part penyusun produk dan menyusun rencana proyek pengembangannya dengan mempertimbangkan biaya dan waktu.

Untuk pengerjaan 4 tahap pertama dari proses pengembangan konsep ini (yaitu: dari mengidentifikasi kebutuhan konsumen hingga memilih satu konsep produk dari berbagai alternative konsep produk), kita dapat menggunakan suatu konsep yang kita kenal dengan nama “Qualitative Function Development” disingkat “QFD”.

Orang Jepanglah yang mengenalkan tentang konsep QFD ini untuk merencanakan kualitas yang terkait dengan unsure-unsur produk. Mereka membangun konsep ini dengan 8 langkah utama sebagaimana telah diuraikan

Dan dari konsep dasar diatas, disusunlah satu bentuk bangunan yang secara identik tersusun atas komponen-komponen penyusun diatas, dengan maksud agar setiap komponen dapat terlihat jelas hubungannya dengan komponen

yang lain. Bentuk baru dari QFD ini menyerupai sebuah bangunan rumah, sehingga kita mengenalnya dengan “House of Quality”.



Dalam menyusun “House of Quality” ada beberapa langkah yang harus ditempuh secara berurutan, sbb:

1. Mengetahui kebutuhan konsumen
2. Melakukan survey terhadap konsumen untuk mengetahui derajat kepentingan dan evaluasi pesaing.
3. Membangun matriks konsumen
4. Membangun matriks kebutuhan teknis
5. Menganalisa matriks dan memilih prioritas atribut yang akan dikembangkan
6. Membandingkan konsep-konsep desain awal dan memilih yang terbaik.
7. Membangun matriks perencanaan unit produk untuk prioritas permintaan desain.

Melihat langkah-langkah dalam menyusun QFD diatas, terdapat kesesuaian dengan 4 langkah pertama dalam mengembangkan konsep (concept development) yang telah disebut pada butir V. Sehingga, dengan demikian

dapat dikatakan bahwa QFD dapat digunakan sebagai sarana menentukan konsep produk yang dikembangkan.

### **Merancang Sisten Produk (System Level Design)**

Tahapan ini meliputi pendefinisian arsitektur produk dan pembagian produk atas komponen – komponennya, juga pendefinisian skema perakitan terakhir untuk produk tersebut. Outputnya berupa komponen penyusun produk, spesifikasi tiap komponen produk dan precedence diagram yang menggambarkan keterkaitan aktivitas pada lini perakitan.

Arsitektur produk adalah suatu skema yang menunjukkan bagaimana elemen-elemen fungsional dari suatu produk disusun dalam chunk dan bagaimana chunk-chunk itu berinteraksi. Chunk adalah suatu istilah yang digunakan untuk menggambarkan suatu kelompok komponen yang melakukan fungsi tertentu pada produk itu.

Terdapat 2 macam arsitektur produk, yaitu:

1. Arsitektur produk modular: bahwa setiap chunk melakukan satu atau sedikit fungsi dari keseluruhan fungsi penyusun produk. Dan interaksi yang terjadi antara chunk didefinisikan dengan baik dan umumnya fundamental pada fungsi-fungsi utama produk. Contoh: produk central processing unit (CPU) terdiri atas item-item yang berdiri sendiri tapi memiliki hubungan yang jelas satu sama lain, yaitu antara hard disk, floppy disk, sound cards, ds. terpisah namun saling bekerjasama. Keuntungannya: mudah untuk dibongkar-bongkar, dimodifikasi, tanpa mempengaruhi yang lain.
2. Arsitektur produk integral: bahwa setiap chunk melaksanakan lebih dari 1 elemen fungsional produk. Serta interaksi antar chunk tidak didefinisikan secara jelas dan mungkin kurang penting terhadap fungsi-fungsi utama dari produk.

Dan berikut ini adalah langkah-langkah membuat arsitektur produk:

1. Buat skema produk, berupa skema yang meliputi elemen-elemen fisik dan fungsional.
2. Kelompokkan elemen-elemen tersebut untuk dijadikan chunk.
3. Membuat lay-out geometri kasar.
4. Mengidentifikasi interaksi-interaksi yang bersifat fundamental dan incidental.
  - Interaksi fundamental, merupakan interaksi yang direncanakan dan seharusnya dipahami dengan baik bahkan untuk permulaan pembuatan skema.
  - Interaksi incidental, merupakan interaksi yang muncul karena implementasi fisik khusus dari elemen-elemen fungsional atau karena pengaturan geometric dari chunk-chunk yang ada.

### **Perancangan Detail (Detail Design)**

Tahap ini meliputi spesifikasi lengkap mengenai bentuk geometri produk dan komponennya, bahan yang digunakan, serta ukuran dan toleransinya dari seluruh part penyusun komponen dan produknya, serta standar ukuran untuk part yang dibeli atau dipesan, termasuk pula proses pengerjaan dan peralatan maupun mesin yang digunakan untuk seluruh part, rencana proses produksi untuk lini produksi maupun perakitan.

### **Uji Coba dan Evaluasi**

Tahap ini meliputi pembuatan produk percontohan(prototype) untuk dievaluasisebelum dilakukan proses produksi. Dikenal ada 3 macam pembagian prototype ini, yaitu:

- a. Berdasarkan alam/sifatnya, ada 2 macam:
  - Prototype fisik: merupakan obyek yang dapat dilihat dan dipegang(tangible)
  - Prototype analitik: merupakan prototype nan-tangible, seperti model matematika,3dvideo image, simulasi dll.

- b. Berdasarkan cakupannya, ada 2 macam:
- Prototype terfokus: menggambarkan hanya sebagian dari produk, untuk memenuhi kepentingan tertentu.
  - Prototype komprehensif: menggambarkan seluruh bagian produk, meliputi seluruh fungsi dan features.
- c. Merupakan istilah yang kerap digunakan, ada 2 macam:
- $\alpha$  prototype : prototype yang dibuat untuk melihat part dari produk yang diharapkan, part memiliki bentuk geometrid an material yang identik dengan akandiproduksi, tetapi prototype ini tidak dibuat seperti proses yang sebenarnya. Tujuan dari  $\alpha$  prototype ini adalah untuk melihat apakah produk dapat bekerja seperti yang diharapkan.
  - $\beta$  prototype : prototype yang dibuat sesuai dengan proses sesungguhnya tetapi mungkin tidak dirakit dengan proses perakitan yang seharusnya. Tujuan dari  $\beta$  prototype ini adalah untuk melihat performansi dan keandalan produk dalam rangka mengidentifikasi perubahan-perubahan yang perlu dilakukan untuk produk akhir.

### **Tahap Uji Coba Produksi (Production Warm-Up)**

Tahap ini bertujuan untuk melatih para pekerja dan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi ketika produk itu dicoba untuk dibuat.

## **V. SUPLEMEN**

### **CONTOH PERANCANGAN PRODUK RAK COMPACT DISK MENGUNAKAN QFD**

#### **Tahap Pengembangan Konsep**

##### **1. Survey**

Survey dilakukan terhadap pelajar/mahasiswa, para karyawan yang bekerja diperusahaan dan pengguna lainnya. Survey penilaian konsumen berupa angket pertanyaan mengenai produk rak CD, yang intinya sebagai berikut :

Tentang bentuk sebuah rak CD dan bahan

- Faktor dalam memilih rak CD/keinginan terhadap produk
- Bahan
- Estetika

Spesifikasi rak CD

- Adanya pengaruh warna atau tidak
- Bahan Baku
- Dimensi/ukuran rak CD/bentuk
- Keawetan produk
- Kemudahan dalam merawat rak CD dan penggunaan
- Kapasitas

Bagaimanakh konsumen membandingkan produk kita dan produk pesaing atas hal spesifikasi Bahan Baku, Dimensi, Keawetan, Fasilitas Kemudahan.

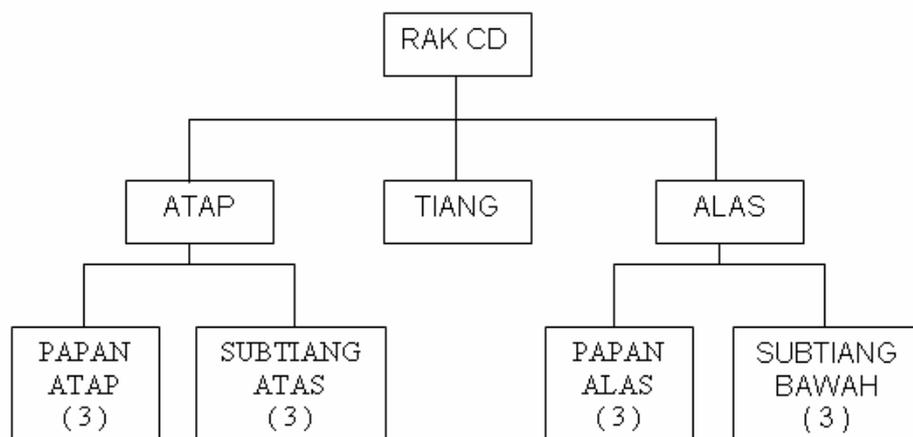
## 2. Rating Kepentingan Konsumen & House of Quality

Kebutuhan Konsumen	No Kons	rata Bobot	Keluhan	Evaluasi Pesaing Dari Konsumen					Goal	Sales Point	Improvement Ratio	Kolom Bobot	Tindakan
				1	2	3	4	5					
Bahan Baku	1	5.7				●	▲		4.5	1.2	1.4	10	A
Bentuk Rak	2	7.1				●	▲		4.5		1.4	10	B
Dimensi/Ukuran	3	6.9				●	▲		4	1.2	1.2	10	
Warna	4	6.3				●	▲		4		1.4	8	C
Kapasitas	5	7.4				●	▲		4	1.2	1.1	9	C
Kemudahan	6	7.2				●	▲		4		1.3	9	C
Mudah dibersihkan	7	6.8				●	▲		4	1.2	1.2	10	
Keawetan	8	8				●	▲		4.5		1	8	A

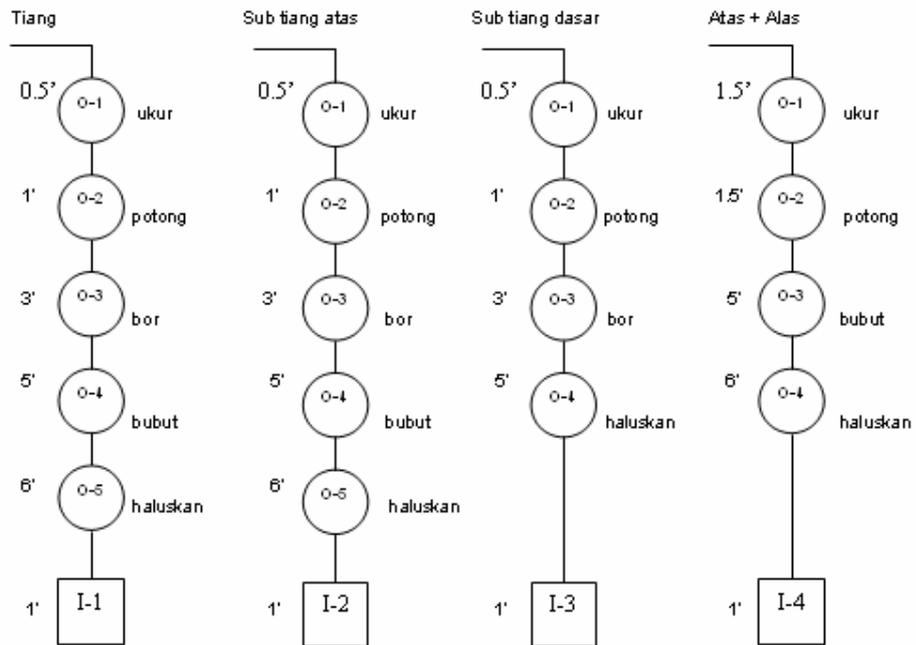


No	Nama Part	Ukuran Toleransi
1	Sub tiang atas	Ukuran diameter kecil $\pm$ sd 0.5mm
2	Sub tiang bawah	Ukuran lubang $\pm$ 0.5mm Ukuran lubang $\pm$ 0.5mm
3	Tiang	Lubang atas diameter $\pm$ sd 0.5mm
4	Pasak	Diameter $\pm$ 0.5mm

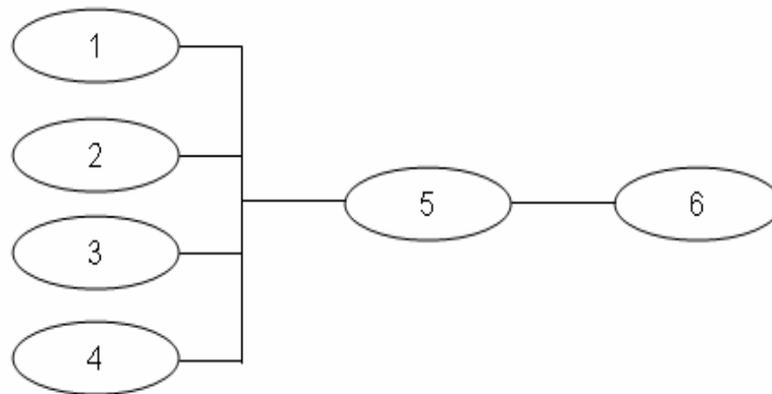
**B.O.M  
(BILL OF MATERIAL)**



Operation Process Chart:



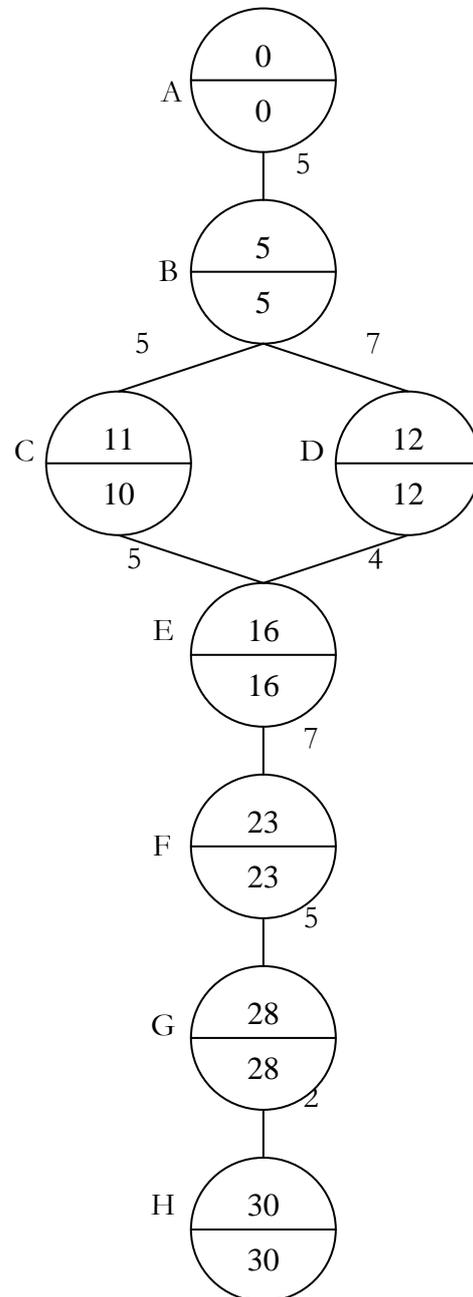
### PRECEDENCE DIAGRAM PRODUK



### KETERANGAN PRECEDENCE DIAGRAM

No	Task	Producersor	Time
1	Membuat papan atas / bawah	~	8 menit
2	Membuat subtiang atas	~	9.5 menit
3	Membuat sub tiang bawah	~	9.5 menit
4	Membuat tiang	~	9.5 menit
5	Menghaluskan	1,2,3,4	6 menit
6	Merakit	5	

## Manajemen Proyek



Keterangan :

A : Dept. Pengukuran Bahan Baku

B : Dept. Pemotongan

C : Dept. Pembubutan Material Rak

D : Dept. Pembubutan Material Penyangga

E : Dept. Penghalusan

F : Dept. Pengecatan

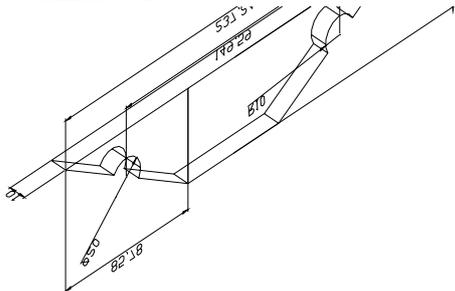
G : Dept. Perakitan

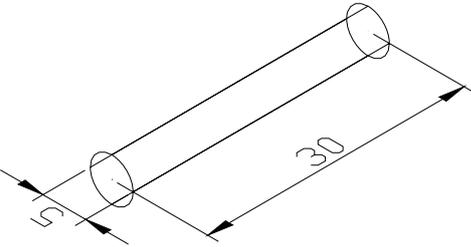
H : Selesai

Jalur kritis adalah A-B-D-E-F-G-H dengan total waktu pemrosesan =30 hari/100 #

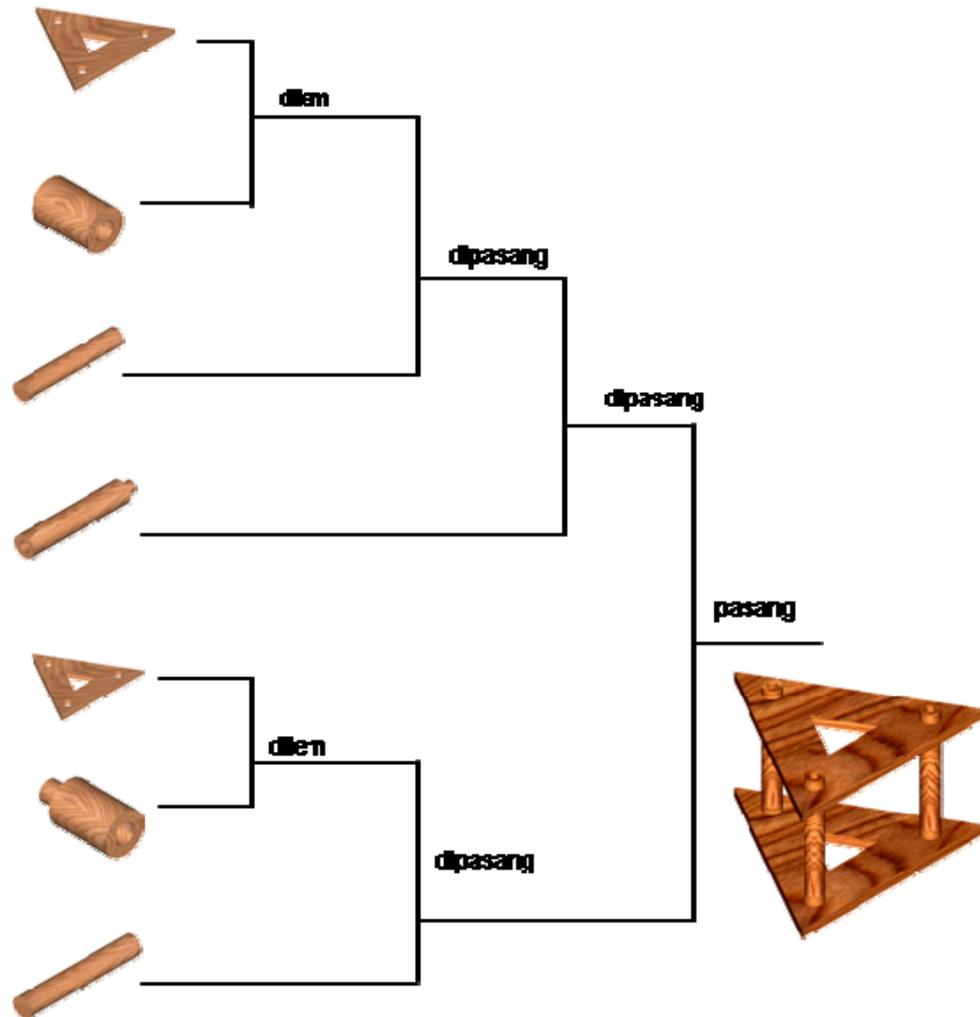
### Tahap Perancangan Detail (Detail Design)

#### a. Spesifikasi Geometri Tiap Komponen Produk

No	Nama Komponen	Bentuk Geometri
1	ALAS / ATAP  terdiri dari 3 item	Satuan = milimeter 
2	TIANG 	Satuan = milimeter

4	<p>SUB TIANG ATAS</p> 	<p>Satuan = millimeter</p>
5	<p>SUB TIANG BAWAH</p> 	<p>Satuan = millimeter</p>
5	<p>PASAK</p> 	<p>Satuan = millimeter</p> 

### b. Assembling Chart



## VI. TUGAS

Buatlah sebuah proyek perancangan dan pengembangan salah satu produk dari pilihan berikut :

1. Trolley Supermarket
2. Meja Komputer
3. Keyboard Komputer
4. Kemasan Minuman
5. Kursi Penumpang Pesawat Terbang
6. Setrika Listrik, atau
7. Pilihan sendiri.

## **VII. GLOSSARIUM**

Telah Jelas

## **VIII. DAFTAR PUSTAKA**

1. Stevenson, William J. (2005). *Operations Management*. McGraw-Hill International
2. Groover, M. P. (2001). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. New Jersey. Prentice Hall International, Inc.

# BAB 4

## PERENCANAAN KAPASITAS DAN JADWAL INDUK PRODUKSI

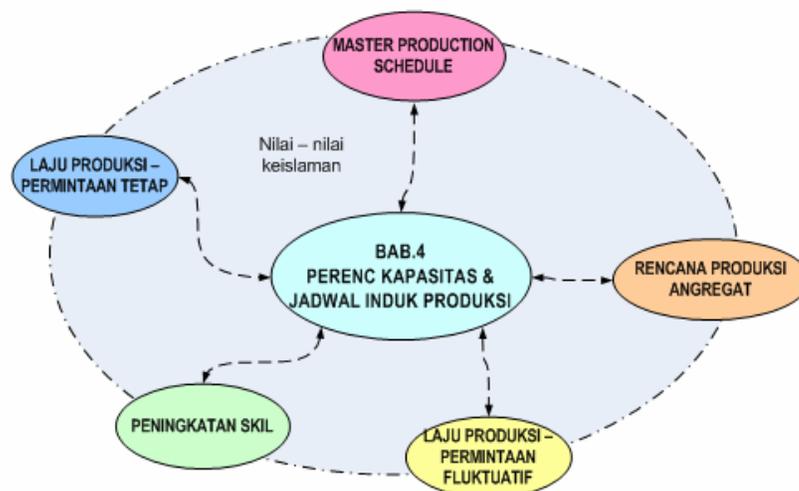
### *CAPACITY PLANNING AND MASTER PRODUCTION SCHEDULE*

*Oleh : Arya Wirabhuana, Tutik Farihah, dan Dwi Agustina*

#### I. KOMPETENSI DASAR

1. Mengetahui dan Memahami konsep – konsep dasar Perencanaan Kapasitas dan Jadwal Induk Produksi
2. Dapat Merencanakan Kapasitas Produksi dan Membuat Jadwal Induk Produksi

#### II. PETA KONSEP MATERI



### III. CURRENT ISSUES

Dalam bentuk yang sederhana, antara keadaan pasar yang diwakili oleh pelanggan dan fasilitas produksi terdapat hubungan interdependensi yang pada akhirnya membuat mekanisme yang iteratif diantara keduanya. Permintaan pasar akan mendorong fasilitas produksi untuk memproduksi produk yang diinginkan, guna memenuhi kebutuhan pasar. Jika ada tambahan permintaan pasar, maka proses ini kembali berulang sampai pasar jenuh dengan produk tersebut, artinya tingkat kebutuhan pasar akan produk tersebut menurun atau bahkan hilang sama sekali. Kadang, dalam beberapa keadaan siklus proses diatas berlangsung sangat cepat tergantung pada perilaku sistem yang belaku. Seperti pada kasus restaurant dan toko kue cepat saji (*Misalnya McDonald's & Dunkin Donuts*), setiap kedatangan pembeli akan mengakibatkan penambahan permintaan akan suatu produk yang harus segera diproduksi, sedang hal tersebut hanya berlangsung dalam waktu yang sangat singkat. Namun, dalam kasus lain hal siklus dapat berlangsung dalam waktu yang sangat lama, seperti pada perusahaan perakitan kendaraan, yang membutuhkan waktu yang tidak sedikit untuk merespon perubahan tingkat permintaan yang terjadi. Mobil merupakan produk yang kompleks, yang tidak dapat diproduksi segera setelah ada permintaan. Berbagai macam komponen pembuat kendaraan/ mobil harus diproduksi terlebih dahulu, bahan baku harus dibeli sebelumnya, oleh karena itu untuk membuat proses produksi tersebut lancar yang tepat diperlukan perencanaan yang matang.

Sebagian besar produk terdiri dari banyak entitas. Mereka tersusun dari berbagai sub perakitan dan part-part tambahan. Ada yang dibuat sendiri atau dibeli/sub kontrak. Langkah pertama yang sangat penting dalam produksi adalah perencanaan produksi. Sebuah perencanaan produksi akan menentukan spesifikasi dan jumlah produk final yang diproduksi, sub perakitan serta berbagai macam komponen dan bahan baku yang dibutuhkan untuk setiap waktu dalam rentang

produksi. Dua hal yang penting dalam perencanaan produksi adalah mengestimasi jumlah produk akhir yang diproduksi serta Jadwal Produksi Induk (***Master Production Schedule / MPS***) untuk menentukan rencana produksi secara detail.

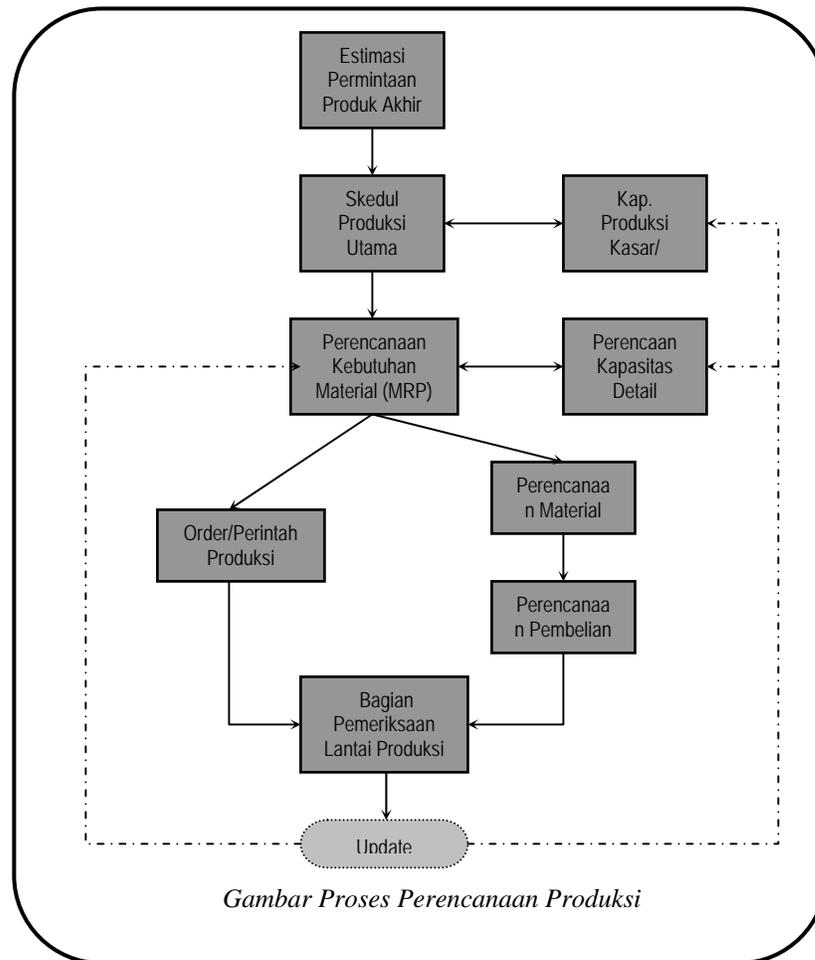
Estimasi produk final yang harus dihasilkan didapatkan dari pendekatan metode peramalan/forecasting pada permintaan pasar. Hasil peramalan tersebut dengan dibantu oleh Daftar Struktur Material (***Bill of Materials/ BOM***) akan menuntun kita guna mengetahui berapa kebutuhan setiap sub perakitan (*sub assembly*), komponen tambahan (*Additional part & supplies*), dan bahan baku. Dalam hal ini kita membedakan permintaan/*demand* dalam dua kategori yaitu permintaan bebas/*Independent Demand* dan permintaan terikat/*Dependent demand*. Permintaan Independen artinya bahwa kebutuhan akan suatu item dalam proses produksi tidak memiliki hubungan dengan kebutuhan item lain (*Perlu diperhatikan bahwa yang dimaksud disini tidak sama dengan arti independen secara statistik*). Oleh karenanya permintaan akan produk final merupakan permintaan independen karena tidak tergantung dengan kebutuhan item lain dalam produksi walaupun tergantung dari kondisi pasar. Dilain pihak permintaan dependen mengimplikasikan bahwa dalam penentuannya tergantung pada item lain (*tergantung pada produk akhir dan struktur produk*). Yang perlu dicatat disini bahwa peramalan/ *forecasting* dilakukan untuk permintaan independen namun kita perlu merencanakan Permintaan Dependen.

Proses produksi/manufaktur hanya terjadi jika item dependen dibutuhkan dalam produksi tersebut. Oleh karenanya model persediaan yang biasa digunakan untuk memodelkan sistem persediaan item independen harus dimodifikasi guna item dependen.

MPS merupakan rencana pengiriman/transfer setiap item pada organisasi manufaktur. Hal tersebut mencakup jumlah pasti dan waktu yang tepat kapan produk akhir selesai diproduksi dan siap untuk dikirimkan ke pasar. Jumlah produk akhir ditentukan berdasarkan peramalan permintaan walaupun tidak mesti sama persis dengan hasil peramalan tersebut. MPS harus memperhatikan batasan - batasan / *Constraint* yang ada pada proses manufaktur tersebut serta persediaan produk akhir yang dimiliki. Batasan utama dalam produksi adalah **Kapasitas**. Untuk mengukur tingkat feasibilitas MPS harus menentukan kapasitas sementara yang merupakan perkiraan kasar kapasitas maksimum dari suatu sistem manufaktur. Kapasitas Produksi sementara ini dikenal juga dengan nama *rough-cut capacity Planning*. Jika Kapasitas sementara yang ditentukan tidak mencukupi maka MPS diubah..

MPS dapat diderivasikan menjadi suatu bentuk perencanaan yang menunjukkan skedul/jadual untuk setiap komponen dan item dari suatu produk final yang kemudian dikenal sebagai Perencanaan Kebutuhan Material (*Material Requirement Planning/MRP*). MRP menetapkan jumlah material yang dibutuhkan dan waktu untuk setiap fase dari proses produksi. Proses perencanaan yang menggunakan sistem MRP disebut juga sebagai Proses Perencanaan Kapasitas secara detail/rinci.

Jika kita lihat pada gambar berikut terlihat bahwa perencanaan produksi memiliki struktur hierarki dari mulai estimasi permintaan produk akhir hingga proses MRP. Dalam hal ini Estimasi permintaan produk akhir mewakili keadaan pasar dan MRP merupakan kebijakan operasional yang harus dilaksanakan dalam kegiatan produksi harian guna memenuhi kebutuhan dependen yang berupa material atau item sebuah produk.



#### IV. MATERI POKOK

MPS merupakan suatu pernyataan tentang produk akhir (item master) dari suatu perusahaan industri manufaktur yang memproduksi suatu produk serta kaitannya dengan kuantitas dan periode waktu produksi. MPS mendisagregasikan dan mengimplementasikan rencana produksi. Apabila rencana produksi yang merupakan hasil dari proses perencanaan produksi dinyatakan dalam bentuk agregat, MPS yang merupakan hasil dari proses penjadwalan produksi induk dinyatakan dalam konfigurasi spesifik item yang ada dalam Item master dan Bill Of Material (BOM) files.

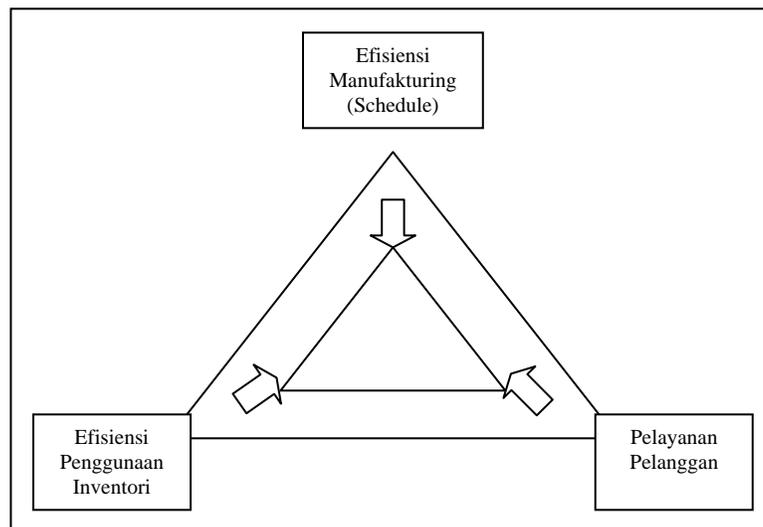
Penjadwalan produksi induk pada dasarnya berkaitan dengan aktivitas melakukan empat fungsi utama :

1. Menyediakan atau memberikan input utama kepada sistem perencanaan kebutuhan material dan kapasitas, dimana sistem tersebut merupakan perencanaan sesudah kegiatan penyusunan MPS selesai dilakukan.
2. Menjadwalkan pesanan-pesanan produksi dan pembelian untuk item-item MPS.
3. Memberikan landasan untuk penentuan kebutuhan sumber daya dan kapasitas.
4. Memberikan basis untuk pembuatan janji tentang penyerahan produk kepada pelanggan.

MPS membutuhkan beberapa input utama, yaitu :

1. Data Permintaan Total, data tersebut berkaitan dengan ramalan penjualan dan pesanan-pesanan.
2. Status Inventori, berkaitan dengan On Hand Inventory, stok yang dialokasikan untuk penggunaan tertentu (allocated stock), pesanan-pesanan produksi dan pembelian yang dikeluarkan (release production and purchase orders), dan firm planned orders. MPS harus mengetahui secara akurat berapa banyak inventori yang tersedia dan menentukan berapa banyak yang harus dipesan.
3. Rencana Produksi (Aggregat Planning), memberikan sekumpulan batasan kepada MPS. MPS harus menjumlahkannya untuk menentukan tingkat produksi, inventori dan sumber-sumber daya lain dalam rencana produksi itu.
4. Data perencanaan, berkaitan dengan aturan-aturan tentang Lot Sizing yang harus digunakan, shrinkage faktor, stok pengaman, dan waktu tunggu dari masing-masing item yang biasanya tersedia dalam file induk dari item.

Pertimbangan dalam mendesain MPS perlu diberikan pada faktor-faktor yang mengendalikan perencanaan dan penjadwalan produksi, dimana terdapat suatu trade off dari faktor-faktor dalam sistem industri manufaktur, yaitu : faktor-faktor efisiensi (schedule), efisiensi penggunaan inventori (inventory cost), dan pelayanan pelanggan (customer delivery and quality). Trade-off dari ketiga faktor utama itu dalam sistem industri manufaktur harus dikelola secara seimbang untuk memperoleh manfaat yang besar. Interaksi dari ketiga faktor tersebut di atas dapat digambarkan sebagai suatu segitiga sama sisi seperti ditunjukkan dalam gambar berikut:



### **Disagregasi dari Rencana produksi Agregat**

Produksi yang simulatan yang mencakup beberapa macam tipe produk seringkali tidak dimungkinkan. Bila salah satu item diproduksi maka yang lain harus menunggu untuk dijadwalkan sampai quantities tertentu dari item yang sedang diproduksi mencukupi untuk mengcover tingkat permintaan selama selang waktu siklus tertentu. Hal ini berkaitan dengan keterbatasan fasilitas produksi dimana beberapa macam produk harus diproduksi dalam mesin yang sama dengan setting mesin yang berbeda. Dengan demikian kegiatan produksi harus

direncanakan mencakup frekuensi setup dari fasilitas produksi untuk produk yang berbeda-beda.

Dalam kasus diatas maka jadwal produksi merupakan jadwal alokasi waktu fasilitas produksi (production plant-hours schedule) bukan rencana jadwal produksi untuk item produk secara individual. Dalam rencana produksi agregat, kuantitas produksi biasanya dinyatakan dalam bentuk jam kerja manusia (man-hours) untuk level family produk, dengan demikian disagregasi dari rencana produksi didasarkan pada kapasitas man-hours yang tersedia untuk kemudian dijadwalkan sesuai dengan tingkat demand dari masing-masing item produk secara terpisah.

Setup cost dan holding cost secara spesifik merupakan trade off dari permasalahan disagregasi untuk penyusunan master production schedule. Dalam satu sisi alokasi inventory yang besar akan memberikan cadangan produk yang cukup untuk mengcover permintaan dalam siklus yang panjang. Dengan demikian frekuensi setup fasilitas produksi rendah dan biaya setup dapat ditekan namun biaya inventory akan meningkat. Situasi sebaliknya akan menghasilkan waktu siklus produksi yang pendek sehingga akan meningkatkan biaya setup, namun biaya inventory akan turun.

### **Laju produksi dan permintaan tetap**

Dalam bagian ini disagregasi dilakukan dengan asumsi laju produksi dan permintaan tetap untuk setiap produk. Kasus yang akan dipecahkan adalah disagregasi yang optimal dengan fungsi tujuan maksimasi waktu siklus. Akan diilustrasikan beberapa prinsip yang dapat digunakan untuk mencari solusi yang baik untuk beberapa kondisi produksi dan permintaan dari item produk.

Jika terdapat lebih dari dua produk, tujuan kita untuk meminimasi ongkos setup time pertahun. Kita menganggap lima produk yang mana inventory, rata-rata permintaan, rata-rata produksi dan waktunya diketahui. Level inventory dan rata-rata dinyatakan dalam unit jam kerja (man-hours). Produk-produk disusun dalam urutan run out, yang mengindikasikan waktu dimana total demand besarnya sama inventory awal yang dicadangkan sehingga stock out terjadi. Produk dengan run out yang besar akan mempunyai waktu tunggu yang lama untuk dijadwalkan, sementara run out yang kecil harus diprioritaskan untuk sesegera mungkin masuk dalam jadwal produksi.

Kasus ini diselesaikan dengan formulasi Linier programming dengan fungsi tujuan untuk maksimasi waktu siklus (T). Urutan penjadwalan menjamin bahwa produk dengan run out kecil diprioritaskan terlebih dulu dalam jadwal Induk produksi. Batasan siklus produksi menjamin bahwa waktu produksi yang dialokasikan untuk produk ke-i cukup untuk mencover permintaan dalam siklus T.

$$Rn_i = t_o + \frac{I_o}{D_i}$$

Rni = Runout produk – i

To = waktu siklus dimulai

Di = Demand produk – i

Dalam horizon perencanaan yang panjang laju produksi sebagai hasil dari Rencana Agregat nilainya tidak selalu sama dengan demand total ada periode yang sama. Hal ini disebabkan adanya keterkaitan antar periode dalam perencanaan dengan kemampuan kapasitas produksi yang tertentu dan terbatas yang menghasilkan perimbangan kapasitas produksi tiap periode. Sebagai akibatnya akan terjadi kelebihan atau kekurangan pasokan produksi terhadap permintaan, yang dikompensasikan dengan perubahan inventory pada akhir siklus produksi.

Dalam kasus ini perubahan inventori akan diseimbangkan pada tiap produk sesuai dengan tingkat permintaan pasar periode tersebut. Sehingga inventori untuk tiap produk akan berubah sebesar porsi demand produk-I terhadap total demand.

$$PD_i = \frac{D_i}{\sum_o D_i} \quad \text{dengan} \quad Pdi = \text{porsi demand produk } i$$

Formulasi LP :

Max T

Subject to

!batasan urutan run out

$S_i \leq R_{n_i}$

!batasan siklus produksi

$P * (s_i - s_{i-1}) - D_i * T - PD_i * I + PD_i * S = 0$

end

### **Demand dan Production rates yang berubah**

Laju produksi dan tingkat permintaan konstan sangat jarang ditemukan dalam kenyataan. Biasanya hal ini diasumsikan bahwa dalam sepanjang interval waktu satu bulan atau satu periode laju permintaan dan produksi cenderung konstan. Asumsi ini merupakan hasil dari peramalan permintaan dalam periode bulanan, dan untuk situasi seperti itu cara di atas dapat digunakan.

Kebanyakan rencana produksi Agregat tidak memberikan solusi optimal dengan laju Produksi dan Demand yang konstan. Juga dalam sebuah situasi nyata peramalan permintaan merupakan estimasi dari situasi yang penuh ketidakpastian, sementara data peramalan permintaan digunakan untuk menyusun siklus produksi dalam horizon perencanaan.

Formulasi Linier programming biasa tidak memberikan solusi yang memuaskan dalam masalah ini. Dalam LP koefisien dan variable mempunyai sifat kontinyu dan linier. Sifat kontinuitas dan linieritas ini tidak dimiliki dalam kasus disagregasi dengan produksi dan permintaan yang bervariasi. Solusi didapatkan dengan pendekatan iterative dari LP untuk menyeimbangkan P dan D yang bervariasi pada nilai tertentu yang konvergen.

Prosedur heuristik untuk langkah pertama adalah menentukan cycle time maksimal untuk siklus pertama, diikuti dengan perataan laju produksi dan permintaan selama siklus berlangsung.

Berikut susunan prosedur iterasi perhitungan :

**Langkah I :** Menentukan T estimasi seperti berikut:

$$T = r_{[n]} + \frac{1}{n} r_{[n]}$$

- Runout : untuk  $r_{[n]} \leq t$ ,  
 $t = 1, 2, 3, \dots, T$ , waktu dimana terjadi perubahan Demand dan produksi

$$R_n = t_0 + \frac{I_0}{D_1}$$

- Runout : untuk  $r_{[n]} \geq t$ ,

$$R_n = t + \frac{I_0 - (D_1 \times (n - t_0))}{D_2}$$

**Langkah II** : penetapan sebuah harga awal untuk jumlah produksi dan tingkat permintaan seperti berikut :

- $\overline{P_T} = \frac{1}{T} \int_0^T P_t dt$

- $\overline{D_{iT}} = \frac{1}{T} \int_0^T D_{iT} dt$

- $\overline{P_T}$  = Jumlah rata-rata produksi selama T

- $\overline{D_{iT}}$  = Jumlah rata-rata permintaan untuk produk I selama T

**Langkah III** : gunakan  $\overline{P_T}$  dan  $\overline{D_{iT}}$  dalam program linear:

Max T

Batasan

- $t_{[i]} \leq r_{[i]}, \quad \forall i$

- $(t_{[i+1]} - t_{[i]}) \frac{\overline{P_t}}{D_{[i]T}} \geq T, \quad [i] = [1], [2], \dots, [n-1]$

**Langkah IV :**gunakan harga  $T$  dan  $t_i$  dari langkah 3 untuk menghitung rata-rata laju produksi dan tingkat permintaan. Laju produksi bervariasi dari satu produk harus mencukupi kebutuhan permintaan selama siklus

$$\overline{P}_{[i]} = \frac{\int_{t_{[i]}}^{t_{[i+1]}} P_t dt}{t_{[i+1]} - t_{[i]}}$$

dimana  $\overline{P}_{[i]}$  adalah produksi rata-rata selama siklus, laju produksi ini berlangsung dalam interval  $t_{[i]}$  sampai  $t_{[i]} + T$ .

**Langkah V:** menyelesaikan linear programming

Max  $T$

Batasannya

- $t_{[i]} \leq r_{[i]}, \quad \forall i$
- $\frac{\overline{P}_{[i]}}{D_{[i]}}(t_{[i+1]} - t_{[i]}) \geq T, \quad [i] = [1], [2], \dots, [n-1]$

**Langkah VI :** Dengan nilai  $T$  dan  $t_{[i]}$  yang baru, kembali ke langkah 4. Dilanjutkan untuk iterasi 5 sampai didapat dua nilai konsekutif dari  $T$  dengan nilai yang sama atau konvergen. Algoritma ini dengan cepat akan memberikan nilai yang konvergen.

## V. SUPLEMEN

### Contoh Kasus

Diketahui data inventory awal, Permintaan dan laju produksi untuk 2 bulan sbb :

Produk	A	B	C	D	E
Inv awal	170	150	210	120	50
Demand 1	300	300	600	600	800
Demand 2	420	275	700	500	920

Produksi 1	2900
Produksi 2	3200

### Laju Produksi dan Permintaan konstan

Untuk siklus yang pertama merupakan kasus Disagregasi dengan Laju produksi dan permintaan konstan, run out dari masing-masing

Produk	A	B	C	D	E
Inv awal	170	150	210	120	50
Demand	300	300	600	600	800
Run out	0.5667	0.5	0.35	0.2	0.0625
Produksi	2900				

### Urutan Penjadwalan

Produk	E	D	C	B	A
IO	50	120	210	150	170
DEMAND	800	600	600	300	300
RUNOUT	0.0625	0.2	0.35	0.5	0.5667
PORSI D	0.307692	0.307692	0.230769	0.115385	0.115385

Formulasi matematis dari kasus diatas ;

```

Max T
Subject to
!batasan urutan run out
Se <= 0.0625
Sd <= 0.2
Sc <= 0.35
Sb <= 0.5
Sa <= 0.5667
Fa - T - Se = 0
!batasan siklus produksi
2900 sd - 2900 se - 800 T - 0.307692I + 0.307692 S = 0
2900 sc - 2900 sd - 600 T - 0.307692I + 0.307692I S = 0
2900 sb - 2900 sc - 600 T - 0.230769I + 0.230769 S = 0
2900 sa - 2900 sb - 300 T - 0.115385I + 0.115385 S = 0
2900 Fa - 2900 sa - 300 T - 0.115385I + 0.115385 S = 0
end

```

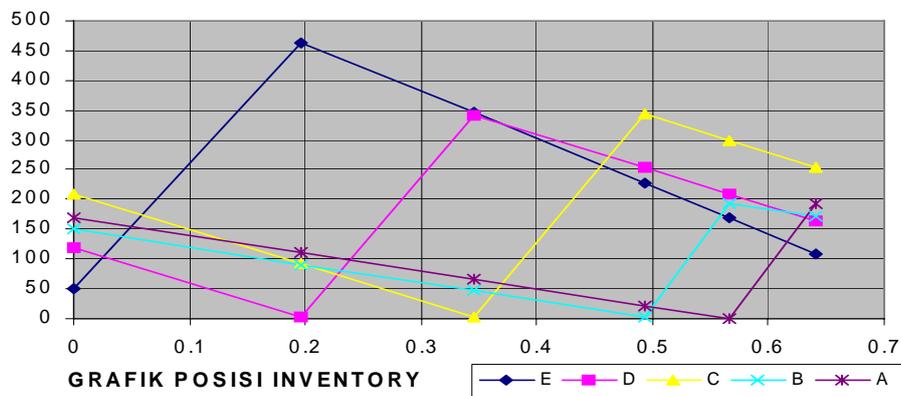
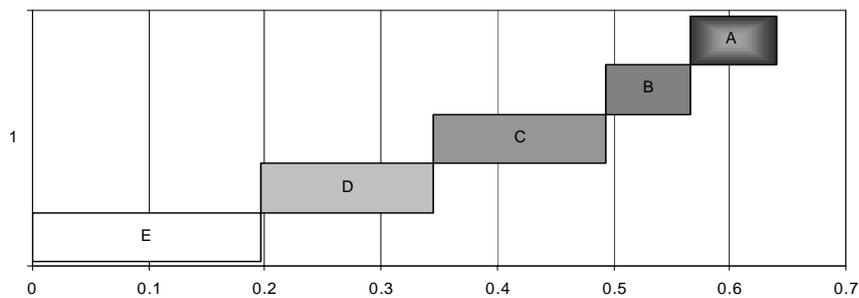
LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2  
 OBJECTIVE FUNCTION VALUE

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
1)	0.640586	
T	0.64057971	0.000000
SE	0.000000	1.129346
SD	0.197101449	0.000000
SC	0.344927536	0.000000
SB	0.492753623	0.000000
SA	0.566666667	0.000000
FA	0.64057971	0.000000
I	192.173913	0.000000

Sehingga posisi inventori selama siklus T didapat dalam table dibawah

TIME	E	D	C	B	A	TOTAL
0	50	120	210	150	170	700
0.197101	463.913	1.73913	91.73913	90.86957	110.8696	759.1304
0.344928	345.6522	341.7391	3.043478	46.52174	66.52174	803.4783
0.492754	227.3913	253.0435	343.0435	2.173913	22.17391	847.8261
0.566667	168.2609	208.6957	298.6957	194.3478	0	870
0.64058	109.1304	164.3478	254.3478	172.1739	192.1739	892.1739

MASTER SCHEDULE



Posisi inventory

- Pada saat produksi : :  $I_t = I_{t-1} + P \times (s_t - s_{t-1}) - D \times (s_t - s_{t-1})$
- Diluar waktu produksi :  $I_t = I_{t-1} - D \times (s_t - s_{t-1})$

Contoh Perhitungan posisi inventory Untuk produk E :

- Inventory awal  $I_0$  pada  $t = 0$  sebesar 50 mh.
- Produksi (P) dimulai pada  $t = 0$  dan selesai pada  $t = 0,197101$ , sehingga produk E yang diproduksi sebesar  $2900 \times (0,197101 - 0) = 571.593$
- Demand (D) untuk produk E dari  $t = 0$  sampai  $t = 0,197101$  sebesar  $800 \times (0,197101 - 0) = 157.680$
- Posisi inventori pada  $t = 0,197101$  sebesar  $(P - D + I_0) = 463,913$
- Untuk  $t = 0,344928$ , produk e tidak diproduksi sehingga posisi inventori sebesar inventori pada periode sebelumnya ( $t = 0,197101$ ) dikurangi besarnya demand selama selang waktu dari  $t = 0,197101$  sampai  $t = 0,344928$ , yaitu sebesar  $463,6522 - 800 \times (0,344928 - 0,197101) = 227,3913$
- Untuk  $t$  selanjutnya posisi inventori akan menurun sebesar demand pada selang waktu  $t$  tersebut.

### Laju Produksi dan Permintaan Berubah

- Setelah siklus pertama selesai, siklus selanjutnya telah melampaui periode 1 masuk ke periode 2 dengan Laju P dan D yang berbeda. Data pada  $t = 0,64058$  (melanjutkan siklus pada P dan D konstan).

produk	A	B	C	D	E
Inv awal	192.1739	172.1739	254.3478	164.3478	109.1304
Demand 1	300	300	600	600	800
Demand 2	420	275	700	500	920
Produksi 1	2900				
Produksi 2	3200				

Produk	E	D	C	A	B
Inv awal	109.1304	164.3478	254.3478	192.1739	172.1739
Demand 1	800	600	600	300	300
Demand 2	920	500	700	420	275
D rata	859.4316	550.4737	649.5263	359.4316	287.6184
Run out	0.776993	0.914493	1.055280	1.200828	1.233992
Porsi Demand	0.317546	0.203391	0.239989	0.132804	0.106270
Produksi 1	2900				
Produksi 2	3200				
P rata	3048.579				

- Langkah 1 : Menentukan T estimasi untuk iterasi 1 :

$$\begin{aligned}
 T &= (r_{[n]} - t_0) + \frac{1}{n} (r_{[n]} - t_0) \\
 &= (1.233992 - 0.64058) + \frac{1}{5} (1.233992 - 0.64058) \\
 &= 0.560248 + \frac{1}{5} (0.560248) = 0.712095
 \end{aligned}$$

- Langkah 2 : Menentukan nilai rata-rata produksi dan permintaan :

$$\bar{P}_T = \frac{1}{T} \int_0^T P_t dt = \frac{1}{0.712095} \left[ \int_{0.640579}^1 2900 dt + \int_1^{1.233992} 3200 dt \right] = 3048.579$$

$$\bar{D}_{iT} = \frac{1}{T} \int_0^T D_{it} dt$$

$$\bar{D}_E = \frac{1}{0.712095} \left[ \int_{0.640579}^1 800 dt + \int_1^{1.233992} 920 dt \right] = 859,4316$$

$$\bar{D}_D = 550,4737$$

$$\bar{D}_C = 649,5263$$

$$\bar{D}_A = 359.4316$$

$$\bar{D}_B = 287.6184$$

- Langkah 3 : Menghitung LP awal.

#### FORMULASI MPS

```

MAX T
SUBJECT TO
!batasan starting time
se >= 0.640579
se <= 0.776993
sd <= 0.914493
sc <= 1.05528
sa <= 1.200828
sb <= 1.233992
Fa - T - Se = 0
!batasan siklus produksi
3048.579 sd - 3048.579 se - 859.4316 T - 0.317546 I = 0
3048.579 sc - 3048.579 sd - 550.4737 T - 0.203391 I = 0
3048.579 sb - 3048.579 sc - 649.5263 T - 0.239989 I = 0
3048.579 sa - 3048.579 sb - 359.4316 T - 0.132804 I = 0
3048.579 Fa - 3048.579 sa - 287.6184 T - 0.10627 I = 0
end

```

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP      3
      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
    1)      0.6268662

```

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
T	0.626866	0.000000
SE	0.640579	0.000000
SD	0.839638	0.000000
SC	0.967137	0.000000
SA	1.200828	0.000000
SB	1.117578	0.000000
FA	1.267445	0.000000
I	214.449341	0.000000

- Langkah 4 : Menghitung  $\bar{P}_{[t]}$  dan  $\bar{D}_{[t]}$  dengan menggunakan T dan  $t_i$

$$\bar{D}_{iT} = \frac{1}{T} \int_0^T D_{it} dt$$

$$\bar{D}_e = \frac{1}{0.66462} \left[ \int_{0.64058}^1 800 dt + \int_1^{1.26745} 920 dt \right] = 851.1966$$

$$\bar{D}_d = 557.3362$$

$$\bar{D}_c = 642.6638$$

$$\bar{D}_a = 351.1966$$

$$\bar{D}_b = 289.334$$

$$\bar{P}_{IT} = \frac{1}{t_i - t_o} \int_{t_o}^{t_i} P_{it} dt$$

$$\bar{P}_e = 2900$$

$$\bar{P}_d = 2900$$

$$\bar{P}_c = \frac{1}{1.200828 - 0.967137} \left[ \int_{0.967137}^1 2900 dt + \int_1^{1.200828} 3200 dt \right] = 3157.812$$

$$\bar{P}_a = 3200$$

$$\bar{P}_b = 3200$$

```

MAX T
SUBJECT TO
!batasan starting time
se >= 0.640579
se <= 0.776993
sd <= 0.914493
sc <= 1.05528
sa <= 1.200828
sb <= 1.233992
Fa - T - Se = 0
!batasan siklus produksi
2900 sd - 2900 se - 851.1965 T - 0.317546 I = 0
2900 sc - 2900 sd - 557.3361 T - 0.203391 I = 0
3157.812 sb - 3157.812 sc - 642.6638 T - 0.239989 I = 0
3200 sa - 3200 sb - 351.1966 T - 0.132804 I = 0
3200 Fa - 3200 sa - 289.3340 T - 0.10627 I = 0
end

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0  
OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.6235639

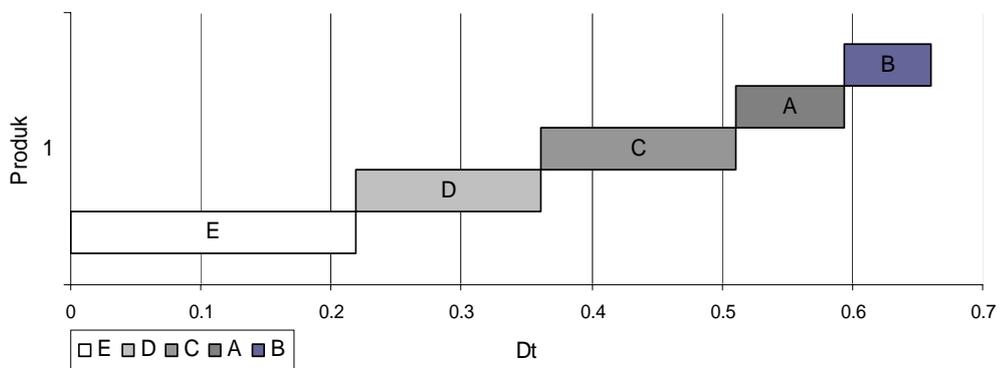
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
T	0.623564	0.000000
SE	0.640579	0.000000
SD	0.846469	0.000000
SC	0.980953	0.000000
SA	1.200828	0.000000
SB	1.123727	0.000000
FA	1.264143	0.000000
I	208.805176	0.000000

Setelah perhitungan pada iterasi ke-5 didapatkan hasil optimal yang konvergen yang ditampilkan dalam tabel dibawah ini.

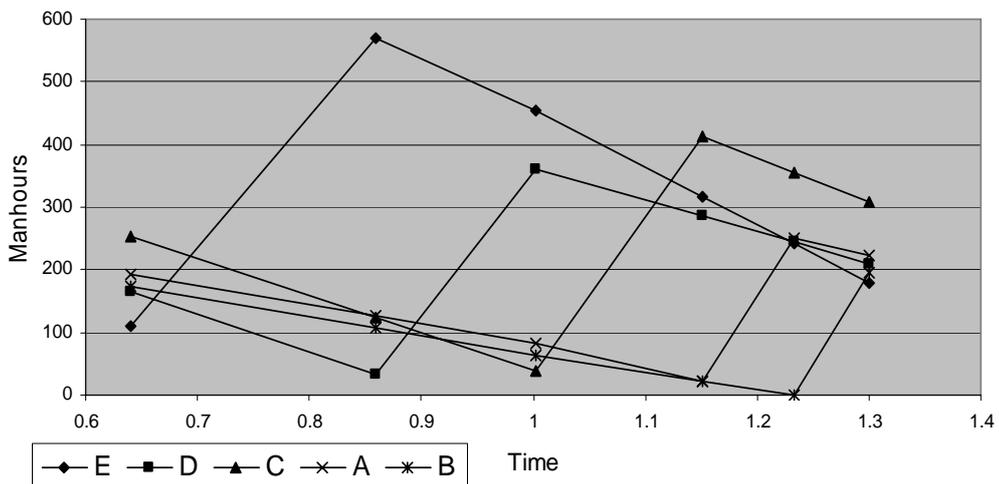
Tabel Posisi Inventori

TIME	E	D	C	A	B	TOTAL
0.640579	109.13040	164.34780	254.34780	192.17390	172.17390	892.17380
0.859609	569.09443	32.92950	122.92950	126.46475	106.46475	957.88295
1.001522	455.38160	359.93762	37.62966	83.70827	63.92899	1000.58615
1.151453	317.44481	284.97197	412.45790	20.73713	22.69789	1058.30970
1.233832	241.65639	243.78262	354.79280	249.74996	0.04374	1090.02550
1.300855	179.99516	210.27108	307.87665	221.60026	196.08624	1115.82939

Grafik MPS



GRAFIK POSISI INVENTORI



Posisi inventory

- Pada saat produksi : :  $I_t = I_{t-1} + P_t \times (s_t - s_{t-1}) - D_t \times (s_t - s_{t-1})$
- Diluar waktu produksi :  $I_t = I_{t-1} - D_t \times (s_t - s_{t-1})$

Contoh Perhitungan posisi inventory

Untuk produk D :

- Inventory awal  $I_0$  pada  $t = 0.640579$  sebesar 164.34780 mh.
- Selama selang  $t = 0.640579$  sampai  $t = 0.859609$  produk D tidak diproduksi sehingga inventori pada  $t = 0.859609$  sebesar  $I_0$  dikurangi demand pada periode yang bersangkutan :

$$= I_0 - D_1 \times (t_1 - t_0)$$

$$= 164.34780 - 600 \times (0.859609 - 0.640579) = 32.92950 \text{ mh.}$$

Inventory  $I_t$  pada  $t = 0.859609$  sebesar 32.92950 mh.

- Produksi (P) dimulai pada  $t = 0.859609$  dan selesai pada  $t = 1.001522$ , sehingga produk D yang diproduksi sebesar :

$$= 2900 \times (1 - 0.859609) + 3200 \times (1.001522 - 1) = 412.0043$$

Demand (D) untuk produk E dari  $t = 0.859609$  sampai  $t = 1.001522$  sebesar

$$= 600 \times (1 - 0.859609) + 500 \times (1.001522 - 1) = 84.9956$$

- Posisi inventori pada  $t = 1.001522$  sebesar

$$= (P - D + I_0)$$

$$= 412.0043 - 84.9956 + 32.92950 = 359.93762$$

- Selama selang  $t = 1.001522$  sampai  $t = 1.151453$  produk D tidak diproduksi sehingga inventori pada  $t = 1.151453$  sebesar  $I_{t-1}$  dikurangi demand pada periode yang bersangkutan :

$$= I_{t-1} - D_1 \times (t_1 - t_0)$$

$$= 359.93762 - 500 \times (1.151453 - 1.001522) = 284.97197 \text{ mh.}$$

Inventory  $I_t$  pada  $t = 1.151453$  sebesar 284.97197 mh.

## VI. TUGAS

1. Jelaskan yang dimaksud dengan perencanaan produksi dan apakah input dan hal yang mendasarinya ?

2. PT. Pantja Motor merupakan perusahaan yang memegang lisensi penuh untuk memproduksi dan memasarkan kendaraan bermotor dengan merk ISUZU di Indonesia. Diskusikan perbedaan dan hubungan antara permintaan akan kendaraan ISUZU Panther dan kebutuhan akan bahan baku/material yang diperlukan untuk memproduksi kendaraan tersebut.

## **VII. GLOSSARIUM**

Telah Jelas

## **VIII. DAFTAR PUSTAKA**

1. Stevenson, William J. (2005). *Operations Management*. McGraw-Hill International
2. Groover, M. P. (2001). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. New Jersey. Prentice Hall International, Inc.

# BAB 5

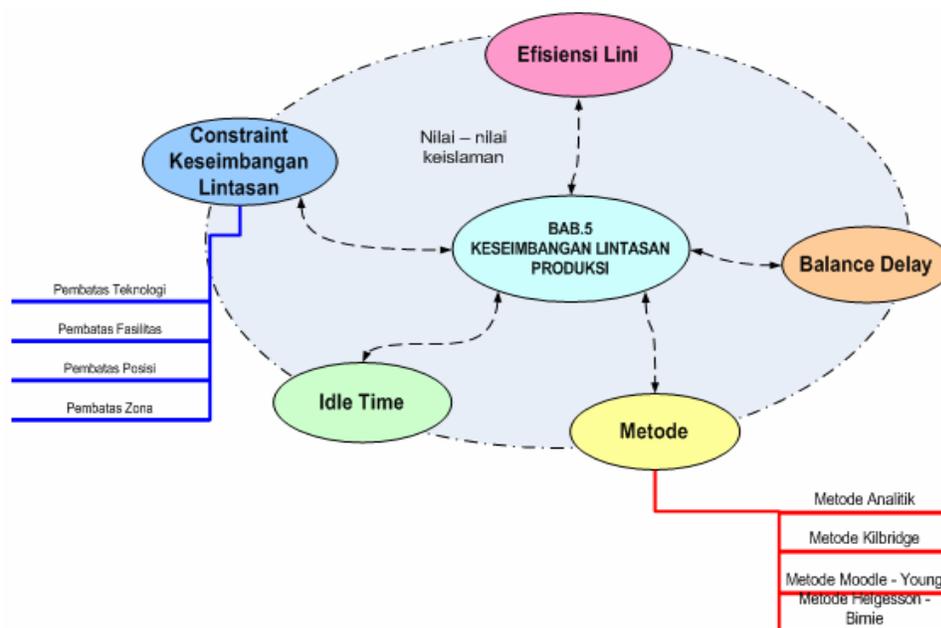
## KESEIMBANGAN LINTASAN PRODUKSI *ASSEMBLY LINE BALANCING*

Oleh : Arya Wirabhuana, Tutik Fariyah, dan Dwi Agustina

### I. KOMPETENSI DASAR

1. Mengetahui dan Memahami Konsep Keseimbangan Lintasan Produksi bagi peningkatan Produktifitas Kinerja Sistem Manufaktur
2. Dapat Mengaplikasikan berbagai teknik Penyeimbangan Lintasan dalam dunia Praktis dan studi kasus sederhana.

### II. PETA KONSEP MATERI



### III. CURRENT ISSUES

*Assembly line* atau lini perakitan adalah bagian dari lini produksi yang material bergerak secara kontinu dengan rata – rata laju kedatangan material berdistribusi uniform melewati stasiun kerja yang mengerjakan perakitan. Sebagai contoh, lini perakitan mobil, lini perakitan mesin cuci, lini perakitan komputer, lini perakitan produk mainan, dan lain – lain. Secara sederhana, lini perakitan dapat digambarkan sebagai berikut :



Pada lini perakitan, secara garis besar, ada dua masalah yang harus diperhatikan, yaitu

1. Menyeimbangkan beban kerja
2. Menjaga lini perakitan beroperasi secara kontinu.

Lini perakitan yang baik adalah lini perakitan yang dapat memenuhi dua kriteria di atas. Secara teknis, usaha untuk memenuhi dua kriteria di atas adalah dengan mendistribusikan elemen kerja ke setiap stasiun kerja dengan acuan waktu siklus / *Cycle Time* (CT). Apabila hal ini tercapai secara sempurna, maka lini perakitan akan menjadi seimbang untuk setiap beban stasiun kerjanya (yaitu selama CT) dan beroperasi secara kontinu, yaitu dengan laju sebesar CT.

*Cycle Time* didefinisikan sebagai rata – rata waktu yang dibutuhkan untuk merakit satu unit produk jadi. Pengukuran CT dilakukan dengan kondisi bahwa pekerja bekerja dengan normal. Pada lini perakitan, salah satu tool yang digunakan dalam

material handling adalah konveyor. Tipe – tipe konveyor yang sering dipakai dalam lini perakitan adalah konveyor sabuk, rantai, *overhead*, dan *screw*.

#### IV. MATERI POKOK

Pada usaha penyeimbangan lini perakitan, kriteria – kriteria yang digunakan sebagai pembanding antara kondisi awal dengan kondisi setelah usaha penyeimbangan tersebut dilakukan adalah :

##### 1. Efisiensi lini :

Efisiensi lini didefinisikan sebagai rasio antara waktu yang digunakan dengan waktu yang tersedia. Dari definisi ini, dapat dikatakan bahwa apabila waktu yang digunakan sama dengan waktu yang tersedia, maka efisiensi lini akan mencapai 100 %. Sebaliknya, apabila waktu yang digunakan lebih kecil dari waktu yang tersedia, maka di dalam lini terjadi *idle*.

Sebelum lini diseimbangkan, dari *precedence diagram*, dapat diketahui besarnya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan semua elemen kerja. Berkaitan dengan waktu yang tersedia, lini akan mencapai keseimbangan apabila setiap daerah pada lini mempunyai waktu yang sama, sehingga rumus untuk menghitung efisiensi lini sebelum diseimbangkan adalah :

$$\text{Eff} = \frac{\sum ti}{R \times T} \times 100\%$$

dengan :  $t_i$  = waktu proses elemen kerja yang ada di jalur terpanjang.

$R$  = jumlah daerah yang terbentuk dari *precedence diagram*

$T$  = waktu terbesar dari semua elemen kerja.

Pendistribusian elemen kerja – elemen kerja yang ada sehingga membentuk stasiun kerja dilakukan dengan berdasarkan waktu siklus (CT), sehingga waktu yang tersedia di setiap stasiun kerja adalah sebesar CT, dan waktu yang tersedia dalam lini perakitan secara total adalah CT dikalikan dengan stasiun kerja yang

terbentuk, sehingga rumus untuk menentukan efisiensi lini perakitan setelah diseimbangkan adalah :

$$\text{Eff} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{CT \times N} \times 100\%$$

$n$  = jumlah elemen kerja yang ada  
 $CT$  = *Cycle Time* atau waktu siklus  
 $N$  = jumlah stasiun kerja yang terbentuk

Usaha penyeimbangan yang baik adalah usaha yang dapat menaikkan efisiensi lini perakitan bila dibandingkan dengan sebelum diseimbangkan, atau dengan kata lain, efisiensi setelah diseimbangkan lebih besar dari efisiensi sebelum diseimbangkan.

## 2. Balance delay :

*Balance delay* didefinisikan sebagai rasio antara waktu *idle* dalam lini dengan waktu yang tersedia. Nilai *balance delay* semakin mendekati 0, semakin baik, karena hal ini menunjukkan bahwa waktu *idle* yang terdapat dalam lini perakitan juga semakin mendekati 0.

Sebelum lini diseimbangkan, rumus untuk menentukan *balance delay* lini perakitan adalah :

$$BD = \frac{RxT - \sum_i t_i}{RxT} \times 100\%$$

dengan :  $t_i$  = waktu proses elemen kerja yang ada di jalur terpanjang.  
 $R$  = jumlah daerah yang terbentuk dari *precedence diagram*  
 $T$  = waktu terbesar dari semua elemen kerja.

Setelah diseimbangkan, maka waktu yang tersedia dalam lini perakitan adalah sama dengan CT dikalikan dengan jumlah stasiun kerja yang terbentuk. Sehingga rumus untuk menentukan *balance delay* lini perakitan setelah diseimbangkan adalah sebagai berikut :

$$BD = \frac{CT \times N - \sum_{i=1}^n ti}{CT \times N} \times 100\%$$

n = jumlah elemen kerja yang ada

CT= *Cycle Time* atau waktu siklus

N= jumlah stasiun kerja yang terbentuk

Penentuan *balance delay* lini perakitan, baik sebelum atau sesudah penyeimbangan dapat pula menggunakan formula 1 – Efisiensi lini perakitan.

Usaha penyeimbangan yang baik adalah usaha yang dapat menurunkan *balance delay* lini perakitan bila dibandingkan dengan sebelum diseimbangkan, atau dengan kata lain, *balance delay* setelah diseimbangkan lebih kecil dari *balance delay* sebelum diseimbangkan.

### 3. Idle time :

*Idle time* didefinisikan sebagai waktu menganggur yang terkandung dalam lini perakitan. Besarnya *idle time* dapat dihitung dengan cara mengurangi waktu yang tersedia dengan waktu yang digunakan. Sebelum diseimbangkan, penentuan besarnya *idle time* lini perakitan menggunakan formula :

$$Idle = R \times T - \sum_i ti$$

dengan : ti = waktu proses elemen kerja yang ada di jalur terpanjang.

R = jumlah daerah yang terbentuk dari *precedence diagram*

T = waktu terbesar dari semua elemen kerja.

Sedangkan formula untuk menentukan *idle time* lini perakitan setelah diseimbangkan adalah :

$$Idle = CT \times N - \sum_{i=1}^n ti$$

n = jumlah elemen kerja yang ada

CT= *Cycle Time* atau waktu siklus

N= jumlah stasiun kerja yang terbentuk

Usaha penyeimbangan yang baik adalah usaha yang dapat menurunkan *idle time* lini perakitan bila dibandingkan dengan sebelum diseimbangkan, atau dengan kata lain, *idle time* setelah diseimbangkan lebih kecil dari *idle time* sebelum diseimbangkan.

Pada sebuah usaha untuk menyeimbangkan lini perakitan, ada kalanya menghasilkan beberapa alternatif solusi, yang apabila dilihat dari 3 kriteria di atas, sama – sama baiknya. Parameter yang digunakan untuk memilih solusi yang terbaik adalah indeks penghalusan (*Smoothing Indeks / SI*). Formula untuk menentukan besarnya SI adalah sebagai berikut :

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^N (ST_{\max} - ST_i)^2}$$

$ST_{\max}$  : Waktu terbesar dari stasiun kerja  $S_i$  : Waktu stasiun kerja  $i$  yang terbentuk

$N$  : Jumlah stasiun kerja yang terbentuk

Nilai SI yang semakin kecil menunjukkan tingkat kesimbangan beban kerja setiap stasiun kerja yang tinggi.

#### **4. Batasan dalam Penyelesaian Masalah Penyeimbangan Lintasan**

Untuk menyeimbangkan suatu lini perakitan / produksi, ada beberapa faktor yang menjadi pembatas yaitu :

##### *1. Pembatas teknologi*

Pembatas ini disebut juga *precedence constraint*, yaitu pembatas proses pengerjaan yang tertentu. Sebagai contoh : suatu proses tidak mungkin dikerjakan apabila proses sebelumnya belum selesai dikerjakan atau suatu proses harus dilakukan langsung segera setelah penyelesaian suatu proses

tertentu. Urutan proses serta ketergantungannya digambarkan dalam diagram ketergantungan dan *Operation Proces Chart* (OPC).

2. *Pembatas fasilitas*

Pembatasan ini adalah berkaitan dengan adanya fasilitas produksi yang tidak dapat dipindahkan.

3. *Pembatas Posisi*

Pembatas yang berkaitan dengan orientasi produk terhadap operator tertentu.

4. *Pembatas Zona (Zoning Constraint)*

Pembatas zona terdiri atas *Positive Zoning Constraint (PZC)* dan *Negative Zoning Constraint (NZC)*. *PZC* berarti elemen – elemen pekerjaan tertentu harus ditempatkan saling berdekatan dalam stasiun kerja yang sama, sedangkan *NZC* berarti elemen – elemen pekerjaan tertentu harus ditempatkan saling berjauhan.

**5. Metode Penyeimbangan Linatasan / Lini Perakitan**

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyeimbangkan lini perakitan. Secara umum dibagi menjadi 2 metode dasar yaitu :

1. *Metode Analitik*

Merupakan metode yang dapat menghasilkan suatu solusi yang optimal.

2. *Metode Heuristik*

Metode yang dapat menghasilkan solusi terbaik, tetapi belum tentu optimal. Beberapa metode Heuristik yang umum digunakan :

1. Metode Kilbridge – Wester Heuristic
2. Metode Moodle – Young
3. Metode Helgeson – Birnie / Positional – Weight Technique
4. Metode IUFF
5. Metode Rank and Assiggn Heuristic

## V. SUPLEMEN

### Contonh dan Penjelasan Cara Penghitungan Penyeimbangan Lintasan

#### a. Kilbridge – Wester Heuristic

Pada metode ini, pengelompokan elemen kerja dimulai dari elemen kerja yang mempunyai elemen kerja pendahulu yang paling sedikit. Langkah – langkah pengelompokan elemen kerja menggunakan metode ini adalah :

1. Buat precedence diagram.
2. Tentukan CT dengan cara mencoba – coba faktor dari total waktu elemen kerja – elemen kerja yang ada. Setelah CT ditentukan, kemudian tentukan jumlah stasiun kerja yang mungkin terbentuk, menggunakan rumus :

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{CT},$$

N : jumlah stasiun kerja

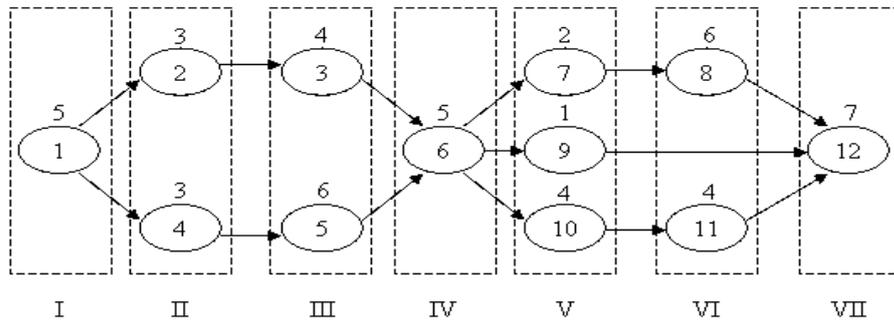
$t_i$  : elemen kerja ke-i

3. Distribusikan elemen kerja pada setiap stasiun kerja dengan aturan bahwa total waktu elemen kerja yang terdistribusi pada sebuah stasiun kerja tidak boleh melebihi CT.
4. Keluarkan elemen kerja yang telah didistribusikan pada stasiun kerja, dan ulangi langkah 3 sampai semua elemen kerja yang ada terdistribusi ke stasiun kerja.

#### Contoh kasus:

Sebuah precedence diagram perakitan diketahui sebagai berikut :

Sebagai hasil langkah 1 (pemetaan elemen kerja pada daerah – daerah) adalah sebagai berikut :



Mencari kemungkinan CT yang bisa dipakai :

$$\text{Total waktu} = \sum_{i=1}^n t_i = 50.$$

Faktor dari total waktu : 2 x 5 x 5, atau 10 x 5, atau 2 x 25, atau 1 x 50.

Dipilih salah satu faktor yang akan digunakan sebagai CT, yaitu 10.

Kemungkinan stasiun kerja yang terbentuk :

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{CT} = \frac{50}{10} = 5$$

Pengelompokan elemen kerja berdasarkan CT :

**Tabel.** Pengelompokan Elemen Kerja

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$t_i$	Waktu SK	CT – Waktu SK
I	1	5	8	2
	2	3		
II	4	3	9	1
	5	6		
III	3	4	9	1
	6	5		
IV	7	2	7	3
	9	1		
	10	4		
V	8	6	10	0
	11	4		
VI	12	7	7	3

Dari hasil pengelompokan di atas, dapat dilakukan sebuah analisa, bahwa jika elemen kerja 8 dipindah ke stasiun kerja IV, elemen kerja 10 dipindah ke stasiun kerja 5, dan elemen kerja 9 dipindah ke stasiun kerja VI, maka didapat :

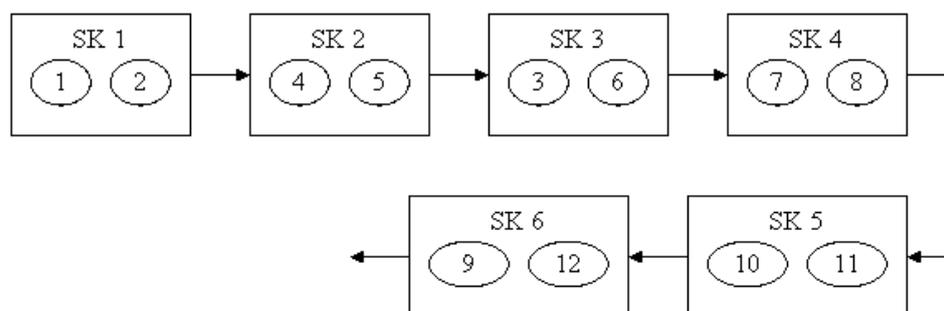
**Tabel.** Pengelompokan Elemen Kerja (Perbaikan)

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$t_i$	Waktu SK	CT – Waktu SK
I	1	5	8	1
	2	3		
II	4	3	9	0
	5	6		
III	3	4	9	0
	6	5		
IV	7	2	8	1
	8	6		
V	10	4	8	1
	11	4		
VI	9	1	8	1
	12	7		

Waktu stasiun kerja terbesar adalah 9, sehingga CT diubah menjadi 9.

Pada kondisi yang telah diperbaiki, beban kerja setiap stasiun kerja lebih seimbang dibandingkan dengan kondisi penyeimbangan sebelum diperbaiki. Sehingga ditetapkan pengelompokan elemen kerja setelah diperbaiki di atas sebagai lini perakitan yang terbentuk.

Gambar lini perakitan yang terbentuk :



Perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah diseimbangkan :

### 1. Efisiensi

Sebelum diseimbangkan :  $Eff = \frac{34}{7 \times 7} \times 100\% = 69,4\%$

Setelah diseimbangkan :  $Eff = \frac{50}{9 \times 6} \times 100\% = 92,6\%$

Terjadi kenaikan efisiensi dari kondisi sebelum diseimbangkan.

### 2. Balance Delay

Sebelum diseimbangkan :  $BD = \frac{15}{7 \times 7} \times 100\% = 30,6\%$

Setelah diseimbangkan :  $BD = \frac{4}{9 \times 6} \times 100\% = 7,4\%$

Terjadi penurunan *balance delay* dari kondisi sebelum diseimbangkan.

### 3. Idle time

Sebelum diseimbangkan :  $Idle = 15$

Setelah diseimbangkan :  $Idle = 4$

Terjadi penurunan *idle time* dari kondisi sebelum diseimbangkan.

### b. Metode Helgeson – Birnie / Positional – Weight Technique

Dengan menggunakan contoh kasus metode sebelumnya, dan dengan  $CT = 10$  : Hitung bobot setiap elemen kerja, dengan hasil sebagai berikut :

**Tabel.** Bobot Posisi Setiap Elemen Kerja

Elemen Kerja	Bobot Posisi (PW)	Elemen Kerja	Bobot Posisi (PW)
1	34	7	15
2	27	8	13
3	24	9	8
4	29	10	15
5	25	11	11
6	20	12	7

Ranking setiap elemen kerja berdasarkan PW masing – masing, dengan hasil sebagai berikut :

**Tabel.** Ranking Setiap Elemen Kerja Berdasarkan PW

Ranking	Elemen Kerja	Bobot Posisi (PW)
1	1	34
2	4	29
3	2	27
4	5	25
5	3	24
6	6	20
7	7	15
8	10	15
9	8	13
10	11	11
11	9	8
12	12	7

Kemudian pengelompokan elemen kerja pada stasiun kerja berdasarkan ranking elemen kerja dilakukan, dengan hasil sebagai berikut :

**Tabel.** Pengelompokan Elemen Kerja Berdasarkan Ranking Elemen Kerja

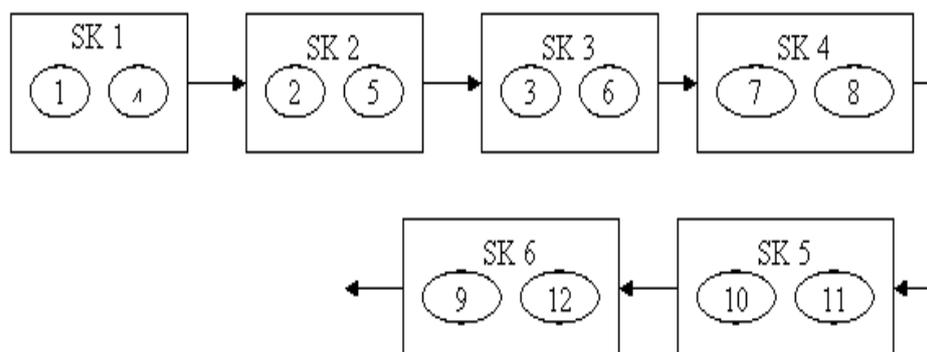
Stasiun Kerja	Elemen	Ti	Waktu SK	Slack Time
1	1	5	8	2
	4	3		
2	2	3	9	1
	5	6		
3	3	4	9	0
	6	5		
4	7	2	6	4
	10	4		
5	8	6	10	0
	11	4		
6	9	1	8	2
	12	7		

Dari hasil pengelompokan di atas, terlihat bahwa terjadi ketidak seimbangan yang sangat besar, terutama pada stasiun kerja 4 dan stasiun kerja 5, sehingga dilakukan perbaikan dengan cara menukar tempat elemen kerja 10 dengan elemen kerja 8, sehingga pengelompokan elemen kerja yang terjadi adalah sebagai berikut :

**Tabel.** Pengelompokan Elemen Kerja Berdasarkan Ranking Elemen Kerja

Stasiun Kerja	Elemen	Ti	Waktu SK	Slack Time
1	1	5	8	1
	4	3		
2	2	3	9	0
	5	6		
3	3	4	9	0
	6	5		
4	7	2	8	1
	8	6		
5	10	4	8	1
	11	4		
6	9	1	8	1
	12	7		

Karena T terbesar dari stasiun kerja yang terbentuk = 9, maka ganti CT menjadi 9 dan juga hitung *slack time* yang baru. Adapun gambar lini perakitan yang terbentuk adalah sebagai berikut :



Perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah diseimbangkan :

### 1. Efisiensi

Sebelum diseimbangkan :  $Eff = \frac{34}{7 \times 7} \times 100\% = 69,4\%$

Setelah diseimbangkan :  $Eff = \frac{50}{9 \times 6} \times 100\% = 92,6\%$

Terjadi kenaikan efisiensi dari kondisi sebelum diseimbangkan.

### 2. Balance Delay

Sebelum diseimbangkan :  $BD = \frac{15}{7 \times 7} \times 100\% = 30,6\%$

Setelah diseimbangkan :  $BD = \frac{4}{9 \times 6} \times 100\% = 7,4\%$

Terjadi penurunan *balance delay* dari kondisi sebelum diseimbangkan.

### 3. Idle time

Sebelum diseimbangkan :  $Idle = 15$

Setelah diseimbangkan :  $Idle = 4$

Terjadi penurunan *idle time* dari kondisi sebelum diseimbangkan.

## C. Metode Moodie - Young

Metode ini terdiri dari 2 fase yaitu :

Fase 1 : Pada fase ini, dari precedence diagram kemudian dibuat matrik P dan F, yang menggambarkan elemen kerja pendahulu ( P ) dan elemen kerja sesudahnya ( F ) untuk semua elemen kerja yang ada. Apabila ada 2 elemen yang bisa dipilih, maka dipilih elemen yang mempunyai waktu yang terbesar.

Fase 2 : Pada fase ini, dilakukan re-distribusi elemen kerja ke setiap stasiun kerja hasil dari fase 1. Fase 2 ini dilakukan dengan beberapa langkah :

- Identifikasi waktu stasiun kerja terbesar dan waktu stasiun kerja terkecil.
- Tentukan GOAL, dengan rumus :  

$$GOAL = (waktu\ SK\ max - waktu\ SK\ min) / 2$$
- Identifikasi sebuah elemen kerja yang terdapat dalam stasiun kerja dengan waktu yang paling maksimum, yang mempunyai waktu lebih kecil dari GOAL, yang elemen kerja tersebut apabila dipindah ke stasiun kerja dengan waktu yang paling minimum tidak melanggar *precedence diagram*.
- Pindahkan elemen kerja tersebut.
- Ulangi evaluasi sampai tidak ada lagi elemen kerja yang dapat dipindah.

Contoh penggunaan metode ini adalah :

Dengan menggunakan contoh kasus metode sebelumnya

Langkah pertama adalah membangun matrik P dan F sebagai berikut :

Elemen	P matrik			Elemen	F matrik		
1	0	0	0	1	2	4	0
2	1	0	0	2	3	0	0
3	2	0	0	3	6	0	0
4	1	0	0	4	5	0	0
5	4	0	0	5	6	0	0
6	3	5	0	6	7	9	10
7	6	0	0	7	8	0	0
8	7	0	0	8	12	0	0
9	9	0	0	9	12	0	0
10	6	0	0	10	11	0	0
11	10	0	0	11	12	0	0
12	8	9	11	12	0	0	0

Pengelompokan eleme kerja mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

1. Tandai elemen yang mempunyai nilai pada P matriks semuanya 0, kemudian terapkan elemen kerja tersebut pada sebuah stasiun kerja. Jika

ada dua elemen kerja yang mempunyai nilai pada P matriks semuanya 0, maka pilih elemen kerja kerja dengan waktu yang terbesar.

2. Tandai elemen kerja yang ada pada F matriks yang sesuai dengan elemen kerja yang telah ditempatkan pada sebuah stasiun kerja sebagai hasil langkah 1. kemudian ganti dengan angka 0 elemen kerja pendahulu yang ada pada P matriks yang sesuai dengan elemen kerja penerus yang ada pada F matriks.
3. Teruskan langkah sampai semua elemen kerja sudah ditempatkan pada sebuah stasiun kerja dengan total waktu yang mendekati atau sama dengan CT dan tidak melebihi CT.
4. Jika CT ditetapkan sebesar 10, maka pengelompokan elemen kerja yang terjadi adalah sebagai berikut ( hasil fase 1 ) :

#### Pengelompokan Elemen Kerja Hasil Fase 1

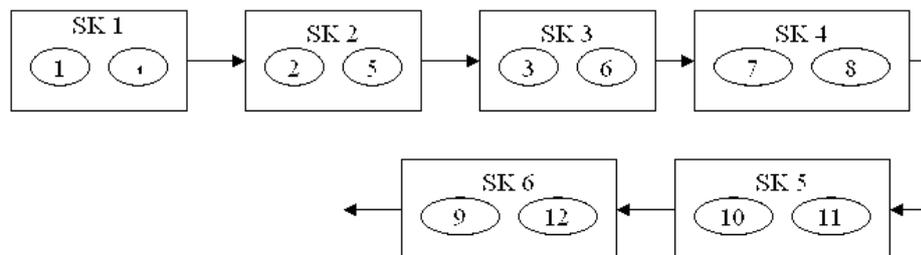
Stasiun Kerja	Elemen	Ti	Waktu SK	Slack Time
1	1	5	8	2
	2	3		
2	4	3	9	1
	5	6		
3	3	4	9	1
	6	5		
	10	4		
4	11	4	10	0
	7	2		
5	8	6	7	3
	9	1		
6	12	7	7	3

Setelah masuk fase 2, dan dilakukan perubahan untuk perbaikan selanjutnya, maka didapat solusi sebagai berikut :

Pengelompokan Elemen Kerja Hasil Fase 2

Stasiun Kerja	Elemen	Ti	Waktu SK	Slack Time
1	1	5	8	1
	2	3		
2	4	3	9	0
	5	6		
3	3	4	9	0
	6	5		
4	10	4	8	1
	11	4		
5	7	2	8	1
	8	6		
6	9	1	8	1
	12	7		

Karena T terbesar dari stasiun kerja yang terbentuk = 9, maka ganti CT menjadi 9 dan juga hitung *slack time* yang baru. Adapun gambar lini perakitan yang terbentuk adalah sebagai berikut :



Perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah diseimbangkan :

**a. Efisiensi**

Sebelum diseimbangkan :  $Eff = \frac{34}{7 \times 7} \times 100\% = 69,4\%$

Setelah diseimbangkan :  $Eff = \frac{50}{9 \times 6} \times 100\% = 92,6\%$

Terjadi kenaikan efisiensi dari kondisi sebelum diseimbangkan.

**b. Balance Delay**

Sebelum diseimbangkan :  $BD = \frac{15}{7 \times 7} \times 100\% = 30,6\%$

Setelah diseimbangkan :  $BD = \frac{4}{9 \times 6} \times 100\% = 7,4\%$

Terjadi penurunan *balance delay* dari kondisi sebelum diseimbangkan.

**c. Idle Time**

Sebelum diseimbangkan : *Idle* = 15

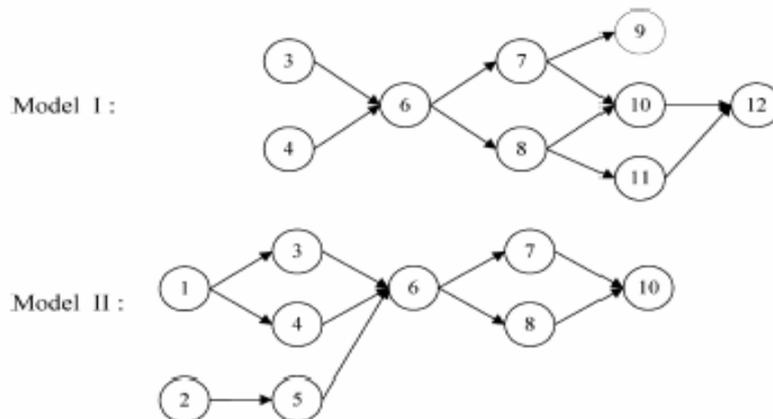
Setelah diseimbangkan : *Idle* = 4

Terjadi penurunan *idle time* dari kondisi sebelum diseimbangkan.

**Mixed Model Assembly Line Balancing**

Perbedaan karakteristik antara Mixed Model modern dan model tradisional dapat dijelaskan seperti di bawah ini :

1. Precedence diagram dari seluruh tipe model dapat diakumulasikan dalam satu kombinasi precedence diagram.
2. Setiap elemen kerja dari kombinasi precedence diagram dikerjakan sedikitnya satu model.
3. Durasi elemen kerja diketahui dan tergantung dari tipe model.
4. Selang waktu pada lini perakitan tidak sama, namun pengeblokan dan pengurangan dapat dilakukan.
5. Stasiun pertama tidak pernah kekurangan dan stasiun terakhir tidak pernah di block.
6. Kebijakan pada lini produksi adalah “Make To Order”
7. Sebuah elemen kerja yang digunakan bersama-sama untuk beberapa model, dibatasi dengan kasus yang nyata untuk stasiun yang sama pada seluruh model.



- Asumsi yang pertama menyatakan bahwa sekelompok model yang sama dirakit dalam lini perakitan.
- Asumsi yang kedua mendefinisikan tentang kombinasi precedence diagram yang merupakan gabungan dari seluruh elemen kerja yang dibutuhkan oleh seluruh model.
- Asumsi yang ketiga berhubungan dengan penentuan karakteristik dari sebuah model, dimana waktu elemen kerja diketahui dan dapat berbeda untuk model yang berbeda pula.
- Asumsi yang keempat berhubungan dengan penjabaran teori (lini topology). Produk bergerak sepanjang lini perakitan dalam selang waktu yang tidak sama, yang berarti bahwa waktu pada stasiun kerja tidak dibatasi oleh cycle time di luar lini yang dapat mengemblok dan mengurangi.
- Asumsi yang kelima memungkinkan lini perakitan untuk beroperasi tanpa adanya pengaruh dari luar, yaitu selalu ada bahan baku untuk stasiun pertama dan selalu ada tempat penyimpanan untuk produk akhir.
- Asumsi keenam, urutan kedatangan dari beberapa model lini perakitan ditentukan oleh pesanan konsumen.
- Asumsi ketujuh, yaitu perakitan pada Line Balancing dengan tradisional mixed model mengasumsikan bahwa sebuah elemen kerja yang digunakan bersama-sama untuk beberapa model selalu dikerjakan pada stasiun yang sama.

Pada model usulan ini (Mixed model modern) batasannya tidak valid untuk seluruh elemen kerja, tetapi membatasi elemen kerja yang nyata sesuai dengan beberapa faktor yang nanti kita bahas. Alasan untuk menerapkan batasan ini pada sistem tradisional adalah

1. Spesialisasi, pembagian pekerjaan di antara para pekerja dimana setiap pekerja mengerjakan sebuah pekerjaan yang kecil. Kesimpulan dari batasan ini adalah pekerjaan yang memuaskan dari setiap stasiun kerja akan menjaga kekonstanan (sejauh memungkinkan).
2. Pembelajaran, jumlah elemen kerja perakitan untuk setiap pekerja tetap kecil/sedikit sehingga perbaikan pengerjaan dapat dilaksanakan dalam waktu yang relatif singkat, jika pembelajaran lebih cepat.
3. Biaya peralatan, penugasan dari elemen kerja perakitan yang sama untuk sebuah stasiun tunggal mengurangi penggandaan perakitan peralatan.

Metodologi yang diajukan disini didasarkan pada klasifikasi elemen kerja menjadi dua jenis, yang diberi notasi sebagai elemen kerja  $E$  dan  $E^o$ . Elemen kerja  $E$  merupakan elemen kerja yang harus ditugaskan pada stasiun yang sama pada tiap model yang membutuhkan elemen kerja ini. Elemen kerja semacam ini biasanya dikaitkan dengan kebutuhan peralatan yang biayanya relatif mahal untuk mengerjakan elemen kerja tersebut. Sehingga penempatan elemen kerja semacam ini pada stasiun yang berlainan membutuhkan jumlah peralatan yang lebih banyak, konsekuensinya akan menaikkan biaya. Sedangkan elemen kerja  $E^o$ , dilain pihak merupakan elemen kerja yang dapat ditugaskan pada stasiun yang berbeda untuk model yang berbeda. Tipe elemen kerja seperti ini biasanya elemen-elemen kerja manual atau yang membutuhkan peralatan yang tidak begitu mahal sehingga peningkatan jumlah peralatan tidak menaikkan biaya secara mencolok. Hal ini memberikan keleluasaan untuk menempatkan elemen kerja ini pada stasiun kerja secara terpisah pada masing-masing model. Sebagai hasilnya lintasan yang dirancang lebih fleksibel dan memberikan solusi yang lebih seimbang.

*Formulasi matematis*

Notasi

- $d_{jk}$  durasi dari elem kerja  $k$  ( $k = 1, \dots, K$ ) dari model  $j$  ( $j = 1, \dots, J$ )
- $p_{ij}$  durasi dari model  $j$  pada stasiun  $i$
- $\underline{P}$  himpunan dari durasi model pada stasiun yang berbeda  $\underline{P} = \{p_{ij}\}$
- $IP_k$  himpunan dari immediate predecessors dari elemen kerja  $k$
- $E$  himpunan dari elemen kerja dimana setiap elemen kerja hanya dapat tugaskan pada satu stasiun kerja yang sama untuk setiap model.
- $M$  parameter yang nilainya besar
- $x_{ijk}$  zero-one variable (biner) yang bernilai 1 jika elemen kerja  $k$  dari model  $j$  ditugaskan pada stasiun kerja  $i$  ( $i = 1, \dots, I$ ) dan 0 jika tidak.
- TP Assembly line troughput.

***Fungsi tujuan. Maximasi Line Troughput***

$$\text{Max } \{TP = f(\underline{P})\}$$

**Constrain.1.** Memastikan penugasan dari setiap elemen kerja  $k$  dari model  $j$  hanya pada satu stasiun  $i$ .

$$\sum_{i=1}^I x_{ijk} = 1 \quad j = 1, \dots, J; \quad k = 1, \dots, K;$$

(c1)

**Constrain.2.** Precedence Constraint. Yang menjamin jika satu elemen kerja  $k$  tertentu ditugaskan pada stasiun  $i$ , setiap predecessors telah ditugaskan pada stasiun  $i$  atau stasiun sebelumnya.

$$x_{ijk} \leq \sum_{i=1}^I x_{ijh} \quad j = 1, \dots, J; \quad k = 1, \dots, K; \quad i = 1, \dots, I,$$

$\forall h \in IP_k$  (c2)

**Constrain.3.** Setiap waktu stasiun dari setiap model dihitung.

$$p_{ij} = \sum_{k=1}^K x_{ijk} d_{jk} \quad i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J$$

(c3)

**Constarin.4.** *Assignment constraint*, berkaitan dengan penugasan dari elemen kerja E. Jika Setiap elemen kerja E harus ditugaskan pada stasiun yang sama untuk semua tipe model yang membutuhkan elemen kerja ini. Sesuai dengan constrain ini, jika elemen kerja g adalah tipe elemen E, ditugaskan pada stasiun i untuk model j, maka tidak boleh ditugaskan pada stasiun yang lain untuk semua model.

$$M(1 - x_{ijg}) - \sum_{f=1}^J \sum_{l \neq i} x_{lfg} \geq 0 \quad \forall g \in E; i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J;$$

$l = 1, \dots, I$

(c4)

**Constraint.5.**

$$x_{ijk} \in (0,1)$$

(c5)

## Ukuran performansi dari Mixed Model Assembly Line Balancing

### 1. Smoothed Station

Ukuran dari tk fluktuasi waktu assembly yang dibutuhkan oleh tiap model pada stasiun yang berbeda-beda selama shift

$$\min \sum_{i=1}^I \alpha_j \sum_{j=1}^J |P_j^* - P_{ij}|$$

### 2. Minimum Idle Time

- Shift duration constrain

$$\sum_{j=1}^J N_j p_{ij} \leq T$$

- Total waktu assembly,  $Wt$

$$W_T = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J N_j p_{ij}$$

- Idle Time

$$IT = T - W_T$$

### 3. Station CV (Coefficient of Variation)

Ukuran variasi waktu pada station diantara model yang berbeda-beda

- Proporsi model j

$$\alpha_j = \frac{N_j}{\sum_{k=1}^K N_k}$$

- Bobot waktu rata-rata model pada stasiun I

$$P_i^* = \sum_{j=1}^J \alpha_j p_{ij}$$

- Coefficient of Variation pada stasiun I

$$CV_i = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^J \alpha_j (p_{ij} - p_i^*)^2}{J}}}{P_i^*}$$

### 4. Model Variability

Menyatakan keseimbangan dari satu model terhadap model yang lain. Yang diukur adalah jumlah bobot dari variasi masing-masing model.

$$\text{Min} \sum_{j=1}^J \alpha_j \sum_{i=1}^I (P_{ij} - p_{*j})^2$$

#### Notasi

$P_{*j}$  rata-rata waktu yang dibutuhkan oleh stasiun pada model  $j$  ( $j = 1, \dots, J$ ).

$P_{ij}$  waktu yang dibutuhkan untuk model  $j$  pada stasiun  $i$  ( $i = 1, \dots, I$ )

$p_{*j}$  waktu stasiun rata-rata dari model  $j$  untuk tiap unit

$p_i^*$  bobot model rata-rata pada stasiun  $i$  untuk tiap unit

$p_{ij}$  waktu assembly yang dialokasikan dari model  $j$  pada stasiun  $i$

- $N_j$  jumlah unit dari model  $j$  yang dibutuhkan setiap shift  
 $T$  durasi shift  
 $W_t$  waktu assembly total yang ditugaskan pada shift  
 $\alpha_j$  Proporsi demand dari model  $j$

## VI. TUGAS

Tingkatkanlah produktifitas kinerja Sistem Assembly berikut dengan data waktu operasi untuk tiap stasiun kerja (SK) nya sebagai berikut :

### Produk Lampu Duduk Tiang Ganda ( LDTG )

SK	Elemen Kerja	Waktu Operasi					KET
		1	2	3	4	WB	
1	1. Memasang kabel pada steker	0.92	0.59	0.51	0.5	0.63	
	2. memasang kabel pada fitting	1.54	2.03	1.5	1.44	1.63	

SK	Elemen Kerja	Waktu Operasi					KET
		1	2	3	4	WB	
2	3. Memasang fitting pada dasar dudukan	0.5	0.23	0.37	0.35	0.36	
	4. memasang dasar dudukan pada tiang penyangga	0.05	0.01	0.01	0.01	0.02	
	5.						

SK	Elemen Kerja	Waktu Operasi					KET
		1	2	3	4	WB	
3	6. Memasang tiang utama pada dasar lampu	11.39	5.95	7.32	8.49	8.29	
	7. memasang tempat pensil pada dasar lampu	2	1	2	1.15	1.54	
	8. Memasang tiang penyangga pada lengan	5	4.06	5.11	4.38	4.64	
	9. memasang lengan pada tiang utama	3	4.18	4.31	5.01	4.13	

SK	Elemen Kerja	Waktu Operasi					KET
		1	2	3	4	WB	
4	10. Memasang rumah fitting pada fitting	0.03	0.08	0.03	0.07	0.05	
	11. Memasang lampu pada fitting	0.09	0.14	0.07	0.09	0.10	
	12. Memasang kap lampu	0.18	0.20	0.10	0.12	0.15	

### Lampu Dinding Lengan Ganda ( LDLG )

SK	Elemen Kerja	Waktu Operasi					KET
		1	2	3	4	WB	
1	1. Memasang kabel pada steker	0.45	0.58			0.51	
	2. memasang kabel pada fitting	1.22	1.55			1.38	

SK	Elemen Kerja	Waktu Operasi					KET
		1	2	3	4	WB	
2	3. Memasang fitting pada dasar dudukan	1	0.46			0.73	
	4. memasang dasar dudukan pada tiang penyangga	1.05	1.06			1.05	
	5.						

SK	Elemen Kerja	Waktu Operasi					KET
		1	2	3	4	WB	
3	6.						
	7.						
	8. Memasang tiang penyangga pada lengan	50	40.11			45.05	
	9. Memasang lengan pada tiang utama	30.27	35.05			32.65	

SK	Elemen Kerja	Waktu Operasi					KET
		1	2	3	4	WB	
4	10. Memasang rumah fitting pada fitting	0.04	0.02			0.03	
	11. Memasang lampu pada fitting	0.09	0.18			0.08	
	12. Memasang kap lampu	0.14	0.12			0.13	

### Lampu Dinding Lengan Tunggal ( LDLT )

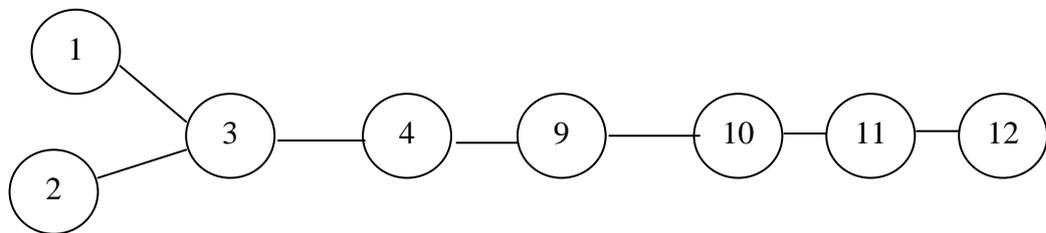
SK	Elemen Kerja	Waktu Operasi					KET
		1	2	3	4	WB	
1	1. Memasang kabel pada steker	1.25	1.29	1.12	1.17	1.2075	
	2. Memasang kabel pada fitting	2.15	2.24	1.01	1.22	1.655	

SK	Elemen Kerja	Waktu Operasi					KET
		1	2	3	4	WB	
2	3. memasang fitting pada dasar dudukan	65	53	57		58.33	
	4. Memasang dasar dudukan pada lengan	2	2	2		2	
	5.						

SK	Elemen Kerja	Waktu Operasi					KET
		1	2	3	4	WB	
3	6.						
	7.						
	8.						
	9. Memasang lengan pada tiang utama	60	50	55		56.67	

SK	Elemen Kerja	Waktu Operasi					KET
		1	2	3	4	WB	
4	10. Memasang rumah fitting pada fitting	10.96	15.52	10.80		12.43	
	11. Memasang lampu pada fitting	13.61	20.50	11.00		15.04	
	12. Memasang kap lampu	16.52	21.00	13.00		50.52	

#### Precedenc Diagram LDLG



## VII. GLOSSARIUM

Beberapa terminologi yang digunakan dalam analisis lini perakitan adalah :

1. **Produk** : adalah produk yang mengalir melewati stasiun kerja – stasiun kerja dalam lini perakitan sampai stasiun kerja yang terakhir. *Throughput* dari lini perakitan diukur dari jumlah produk yang dikeluarkan dalam suatu waktu. Elemen kerja : pekerjaan yang harus dilakukan dalam suatu kegiatan perakitan. Stasiun kerja : lokasi – lokasi tempat elemen kerja dikerjakan.
2. **Waktu siklus** : biasa disingkat dengan CT (*cycle time*). CT didefinisikan sebagai waktu antar kedatangan dua produk jadi. Nilai minimum dari CT yang diijinkan adalah harus lebih besar dari waktu terbesar dari elemen kerja. Waktu SK : didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh sebuah stasiun kerja untuk mengerjakan semua elemen kerja yang didistribusikan pada stasiun kerja tersebut. Besarnya waktu SK tidak boleh melebihi CT.

3. ***Delay time*** : didefinisikan sebagai selisih antara CT dengan waktu SK. *Delay time* merupakan waktu menganggur yang terjadi di setiap stasiun kerja.
4. ***Precedence diagram*** :: Diagram yang menggambarkan urutan dan keterkaitan antar elemen kerja perakitan sebuah produk.

#### **VIII. DAFTAR PUSTAKA**

1. Stevenson, William J. (2005). *Operations Management*. McGraw-Hill International
2. Groover, M. P. (2001). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. New Jersey. Prentice Hall International, Inc.

# BAB 6

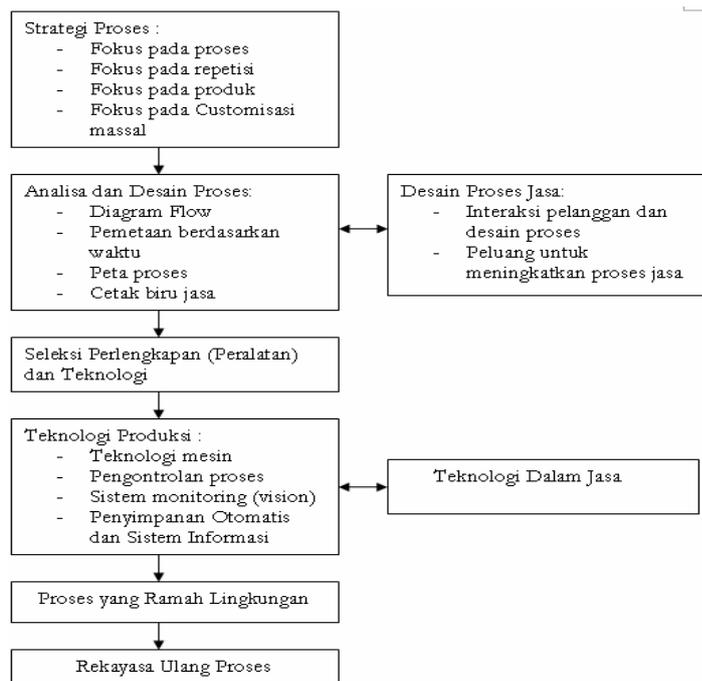
## PERENCANAAN PROSES *PROCESS PLANNING*

*Oleh : Arya Wirabhuna, Tutik Farihah, dan Dwi Agustina*

### I. KOMPETENSI DASAR

1. Mahasiswa mampu untuk mengidentifikasi dan mendefinisikan: Fokus Proses, Fokus Repetisi, Fokus Produk, Rekayasa Ulang Proses, Isu-isu dalam Proses Jasa, Isu-isu Lingkungan.
2. Mahasiswa mampu untuk menjelaskan dan menggambarkan: : Analisa Proses, Desain Jasa, Manufaktur Hijau, dan Teknologi Produksi

### II. PETA KONSEP MATERI



### III. CURRENT ISSUES

Perusahaan computer Dell: “ Bagaimana kita dapat membuat proses pembelian komputer menjadi lebih baik?”

- Menjual *custom-build* Personal Computer (PC) langsung kepada pelanggan
- Mengintegrasikan Web ke dalam setiap aspek bisnis
- Beroperasi dengan inventori untuk enam hari
- Membuat/merakit komputer secara cepat, harga rendah dan jika hanya ada pesanan
- Memfokuskan penelitian pada desain software untuk membuat instalasi dan konfigurasi PC secara cepat dan sederhana.

### IV. MATERI POKOK

#### Strategi Proses :

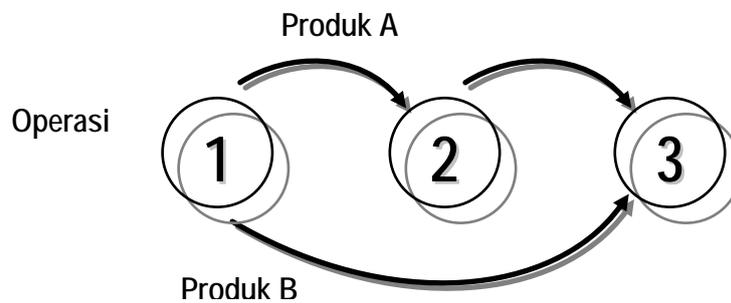
- Melibatkan penentuan bagaimana memproduksi sebuah produk atau menyediakan jasa
- Tujuan
  - Memenuhi atau melampaui kebutuhan konsumen
  - Memenuhi tujuan ongkos dan manajerial
- Memiliki efek jangka panjang
  - Fleksibilitas produk dan volume
  - Ongkos dan kualitas

#### Tipe-tipe Strategi Proses:

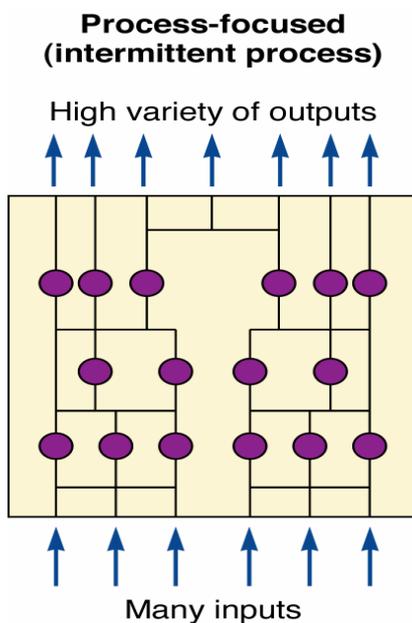
- Strategi proses yang mengikuti sebuah rangkaian kesatuan (*continuum*)
- Dalam sebuah fasilitas yang disediakan, beberapa strategi dapat digunakan
- Strategi-strategi di atas dapat diklasifikasikan sebagai: strategi fokus pada proses, fokus pada repetisi, fokus pada produk dan *mass customization*.

## 1. Strategi Fokus kepada Proses

- Fasilitas diatur berdasarkan proses
- Proses-proses yang serupa dikelompokkan Contoh: semua mesin drill dikelompokkan dalam satu grup
- Volume produk rendah, variasi produk tinggi
- *Jumbled' flow* (alurnya campuran/tidak beraturan)
- Nama lain: Intermittent process, Job shop
- Diaplikasikan dalam: rumah sakit, bank, bengkel



Aliran Proses pada Strategi Fokus kepada Proses



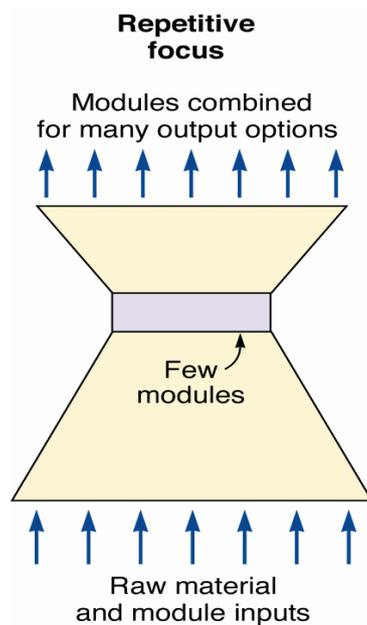
## Pro dan Kontra Strategi Fokus kepada Proses

- ◆ Keuntungan

- ◆ Fleksibilitas produk lebih besar
- ◆ Peralatan dengan pemakaian/fungsi yang lebih umum
- ◆ Investasi modal awal yang lebih rendah
- ◆ Kerugian
  - ◆ Ongkos Variabel yang tinggi
  - ◆ Membutuhkan personel dengan keahlian yang lebih tinggi
  - ◆ Perencanaan dan kontrol produksi yang lebih rumit
  - ◆ Utilisasi peralatan yang rendah (5% to 25%)

## 2. Strategi Fokus pada Repetisi

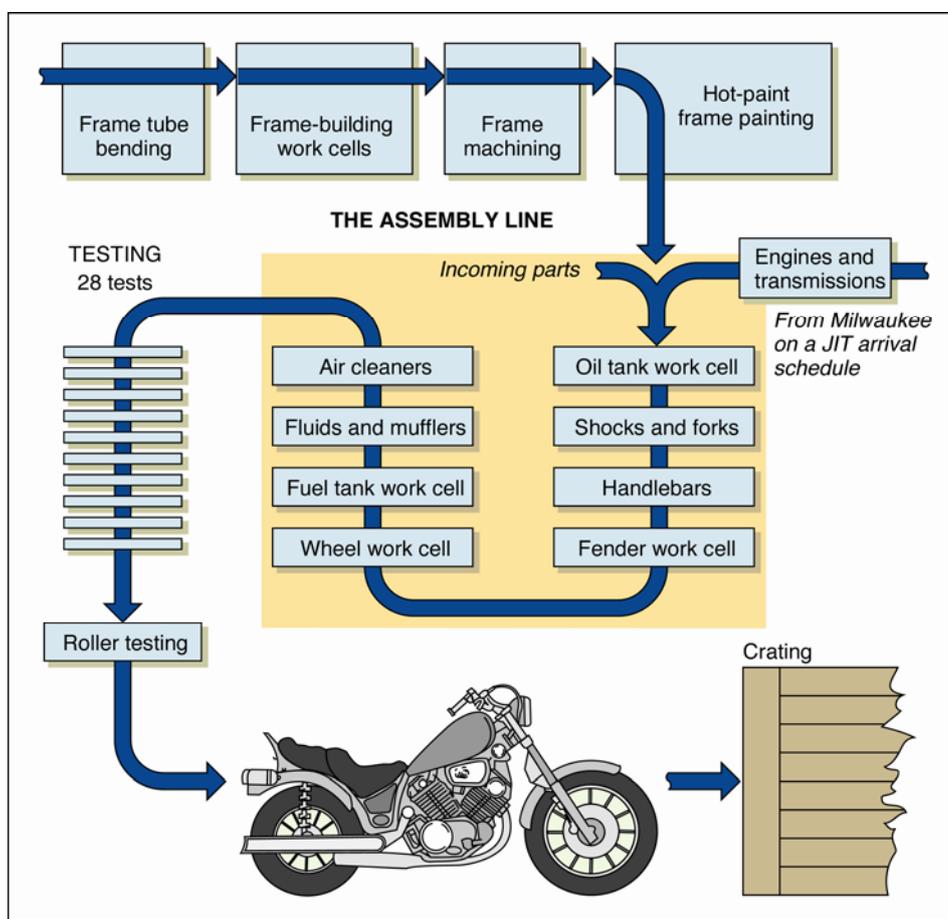
- ◆ Fasilitas diatur berdasarkan lintas perakitan
- ◆ Dicitrakan dengan penggunaan modul
  - ◆ Komponen dan rakitan dibuat lebih dulu
- ◆ Modul dikombinasikan untuk berbagai pilihan output
- ◆ Nama lain : Lintas perakitan, lintas produksi
- ◆ Contoh aplikasi: Mesin cuci, fast food



Pertimbangan penggunaan strategi fokus pada repetisi

- ◆ Lebih terstruktur daripada focus kepada proses, tapi kurang terstruktur jika dibanding dengan fokus kepada produk
- ◆ Memungkinkan quasi-customization
- ◆ Menggunakan modul, memanfaatkan keuntungna ekonomi dari proses yang kontinyu, dan keuntungan umum dari volume rendah dan model dengan banyak variasi

Diagram Flow untuk Proses Produksi Harley Davidson, York, PA.

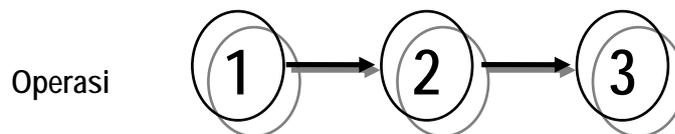


### 3. Strategi Fokus kepada Produk

- ◆ Fasilitas diatur berdasarkan produk
- ◆ Volume produk tinggi, variasi produk rendah
- ◆ Ditemukan pada

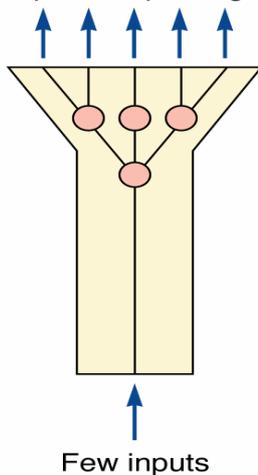
- ◆ Pembuatan unit diskrit (*discrete unit manufacturing*)
- ◆ Manufaktur dengan proses yang kontinyu
- ◆ Nama lain : produksi lintas aliran, produksi kontinyu
- ◆ Contoh aplikasi: produksi soft drink, lampu pijar, kertas

Produk A & B



**Product-focused  
(continuous process)**

Output variations in size,  
shape, and packaging

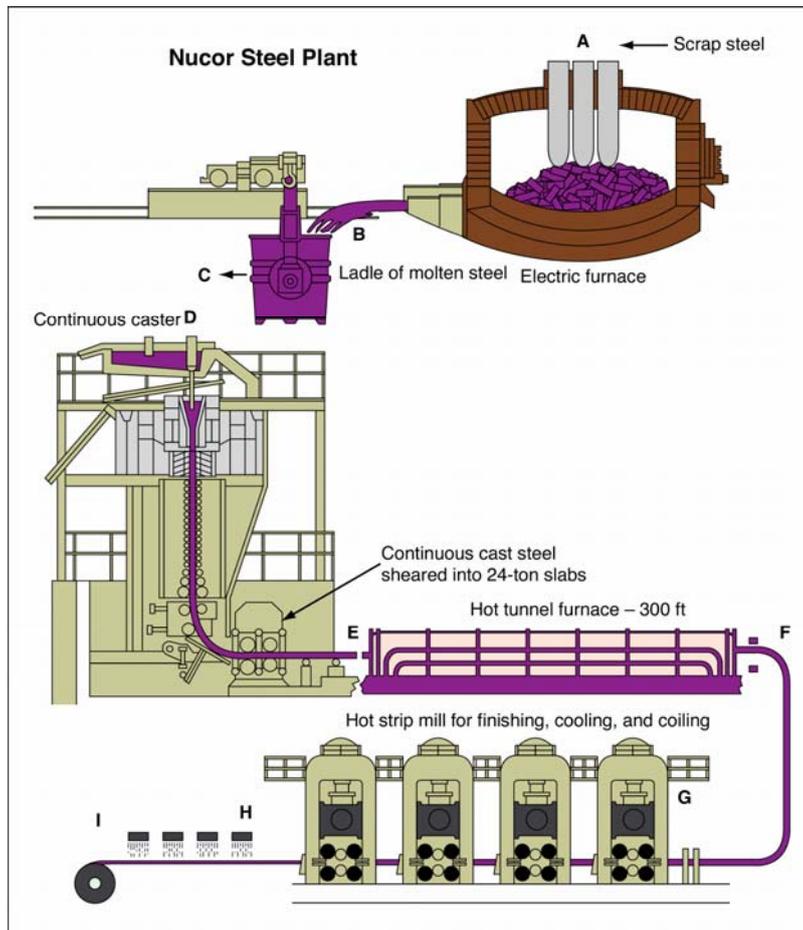


Pro dan kontra Strategi Fokus kepada Produk

- ◆ Kelebihan
  - ◆ Variabel cost per unit yang lebih rendah
  - ◆ Keahlian kerja yang lebih spesifik
  - ◆ Perencanaan dan control produksi yang lebih mudah
  - ◆ Utilisasi peralatan yang lebih tinggi (70% to 90%)
- ◆ Kerugian

- ◆ Fleksibilitas produk yang lebih rendah
- ◆ Peralatan dengan sepsialisasi yang lebih
- ◆ Investasi modal lebih besar

Diagram Flow untuk proses pembuatan Baja di perusahaan NUCOR.

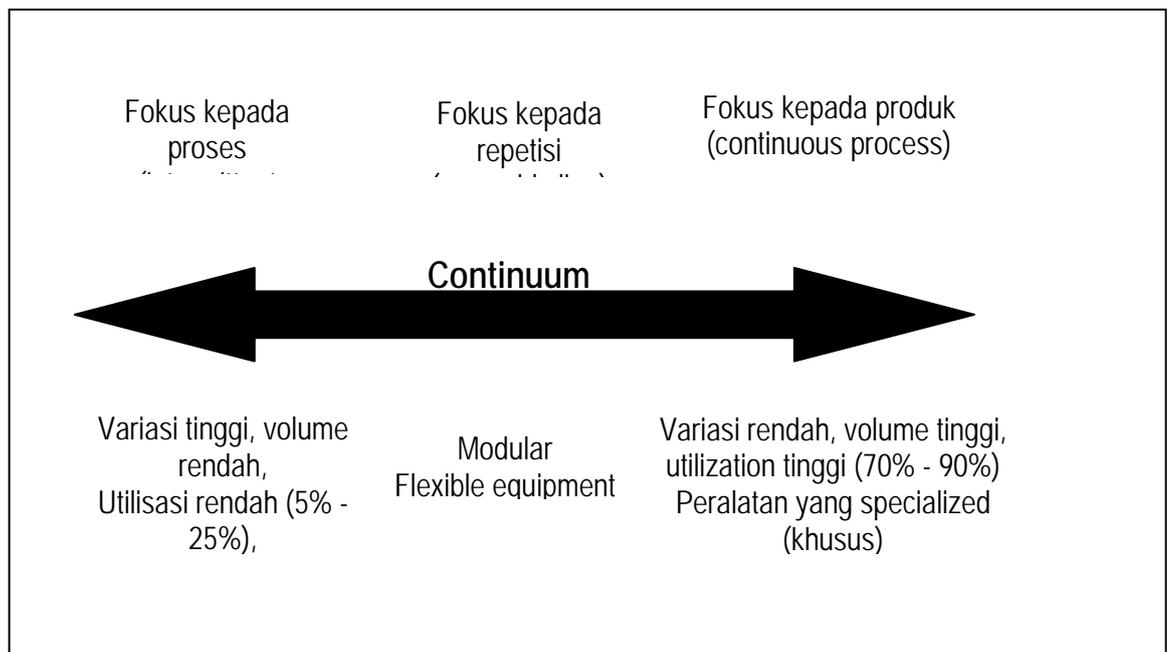


#### 4. Mass Customization

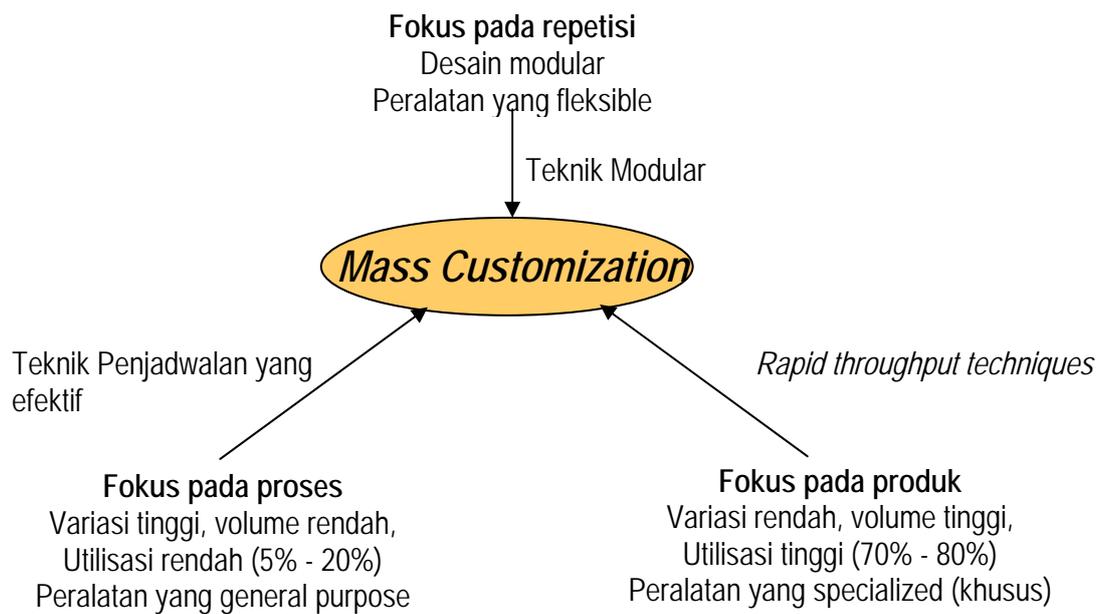
- ◆ Menggunakan teknologi dan imajinasi untuk secara cepat memproduksi secara massal untuk mengakomodasi keinginan konsumen yang unik.
- ◆ Dalam mass customization, ketiga mode proses di atas menjadi sangat fleksibel .
- ◆ Mass Customization – lebih banyak pilihan dari strategi yang lainnya

Item	Jumlah Pilihan	
	Awal 1970	Awal abad 21
Model kendaraan	140	260
Style kendaraan	18	1,212
Tipe sepeda	8	19
Judul/jenis software	0	300,000
Web sites	0	30,727,296
Film dan hiburan	267	458
Judul buku baru	40,530	77,446
Saluran TV	5	185
Sereal sarapan	160	340
Item/jenis barang di supermarket	14,000	150,000

### Rangkaian Proses



## Volume dan Variasi Produk



### Perbandingan antara 4 strategi di atas:

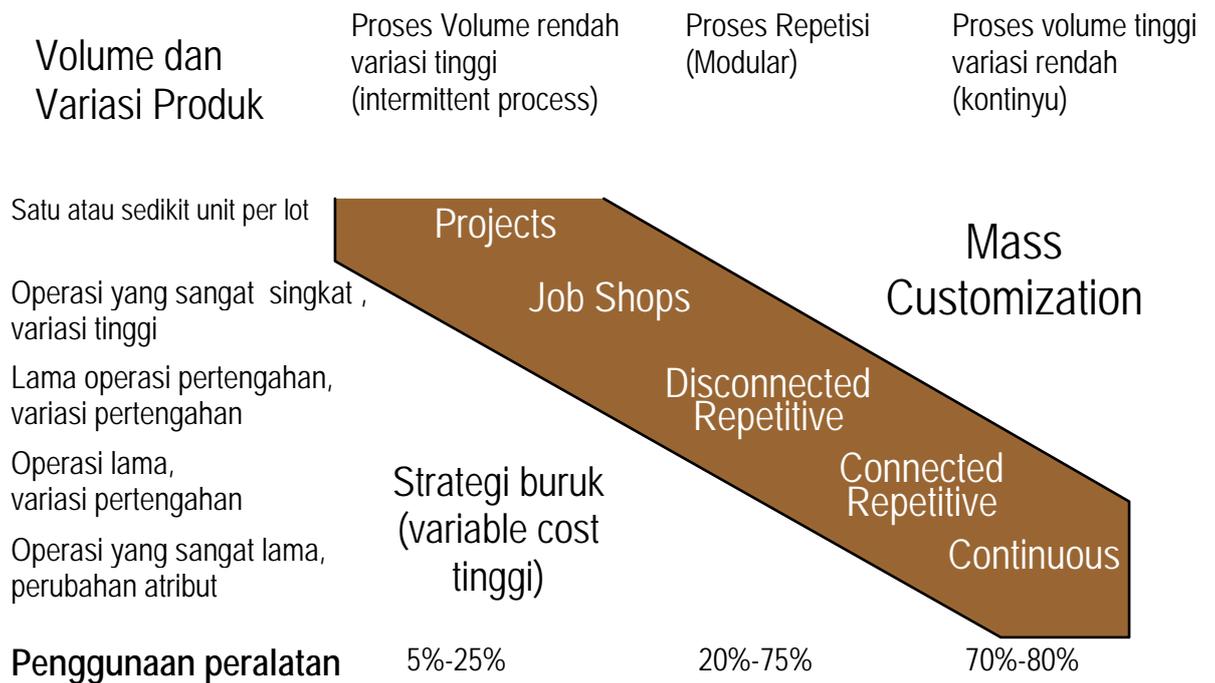
<u>Fokus kepada Proses</u>	<u>Repetitive Focus</u>	<u>Product focus</u>	<u>Mass Customization</u>
(Volume sedikit, Variasi tinggi)	(Modular)	(Volume tinggi, variasi rendah)	(Volume tinggi, variasi banyak)
1. Kuantitas sedikit, variasi produk banyak	Produksi jangka panjang ( <i>Long runs</i> ), produk-produk yang terstandardisasi,	Kuantitas banyak, tidak banyak variasi produk	Kuantitas besar, variasi produk banyak.

	menggunakan modul		
2. Peralatan dengan general-purpose	Peralatan khusus digunakan untuk membantu pada lintas perakitan	Peralatan dengan tujuan khusus (special purpose)	Pertukaran/peralihan yang cepat pada peralatan yang fleksibel
3 Operator dengan banyak skill	Pekerja dengan kemampuan sedang (modestly trained)	Operator dengan skill tidak begitu banyak (less broadly skilled)	Operator yang fleksible untuk customisasi
4 Banyak instruksi karena perubahan-perubahan pekerjaan	Pengurangan instruksi kerja	Sedikit work order dan instruksi kerja	Oder yang khusus, memerlukan banyak instruksi
5 Bahan mentah relative tinggi terhadap nilai produk	Menggunakan teknik <i>Just in Time</i>	Bahan mentah rendah relatif terhadap nilai produk	Bahan mentah rendah relative terhadap nilai produk
6 Work in process (WIP) tinggi relative terhadap output	Menggunakan teknik Just In Time (JIT)	WIP rendah relative terhadap output	WIP tergantung pada JIT, Kanban dan Lean production
7 Unit bergerak lambat dalam pabrik	Pergerakan diukur dalam jam dan hari	Unit bergerak cepat dalam pabrik	Barang bergerak cepat dalam pabrik
8 barang jadi merupakan pesanan (made to order) bukan untuk stok	Barang jadi dibuat berdasarkan peramalan	Barang jadi dibuat berdasarkan peramalan, kemudian menjadi stok	Barang jadi dibuat berdasarkan pesanan

9 Penjadwalan kompleks dan concern dengan trade-off antara inventori, kapasitas, dan pelayanan konsumen	Penjadwalan berdasarkan pada pembuatan model dari berbagai peramalan	Penjadwalan relative mudah, concern dengan pemenuhan tingkat output untuk memenuhi hasil peramalan	Penjadwalan canggih/modern untuk mengakomodasi customisasi
10 Ongkos tetap (fixed costs) rendah, ongkos variable (variable cost) tinggi	Fixed cost tergantung pada fleksibilitas fasilitas	Fixed cost tinggi dan variable cost rendah	Fixed cost tinggi, variable cost harus rendah
11 Ongkos tergantung pada pekerjaan, diperkirakan sebelum melakukan pekerjaan tapi hanya dapat diketahui setelah pekerjaan selesai	Ongkos biasanya diketahui berdasarkan pengalaman	Karena fixed cost yang tinggi, ongkos tergantung pada penggunaan kapasitas	Fixed cost yang tinggi dan variable cost yang berubah-ubah

Volume and Variasi Produk

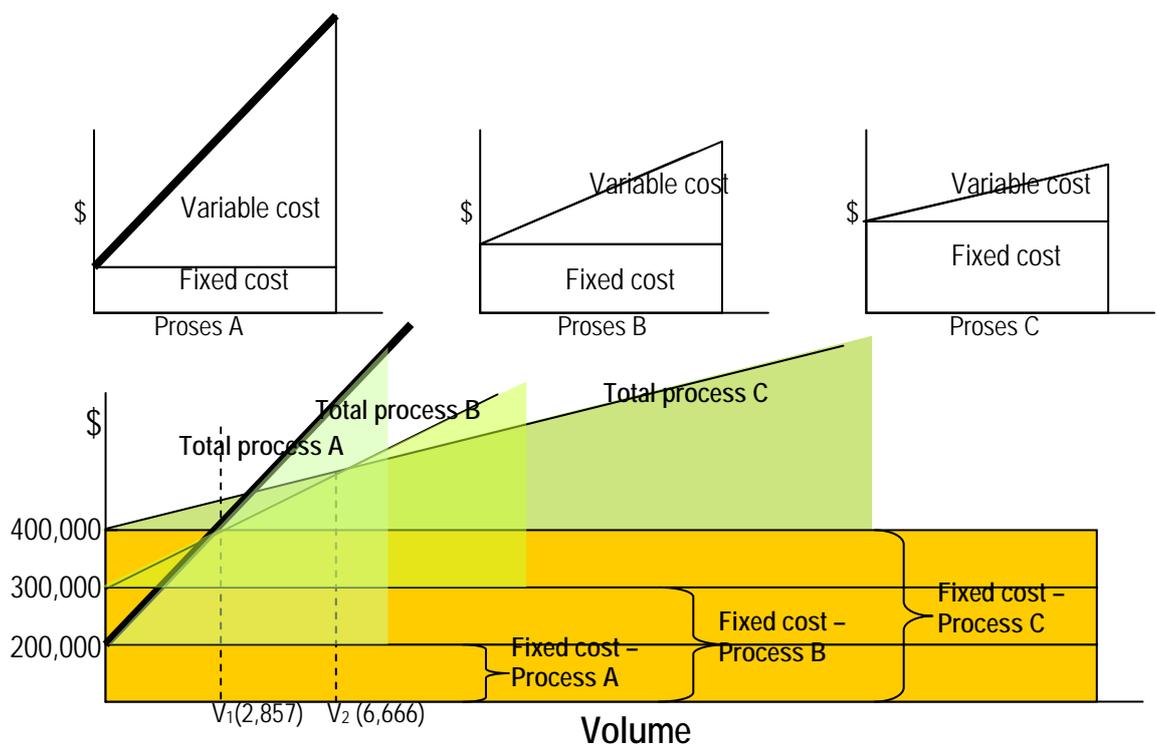
---



### Pertanyaan untuk Analisis dan Desain Proses

- ◆ Apakah proses didesain untuk meraih kompetensi unggulan (competitive advantage) dalam hal diferensiasi, respon, atau ongkos rendah?
- ◆ Apakah proses mengeliminasi langkah-langkah yang tidak menambah nilai?
- ◆ Apakah proses memkasimalkan customer value sebagaimana yang dirasakan oleh pelanggan?
- ◆ Apakah proses akan menyelesaikan dengan baik pesanan?

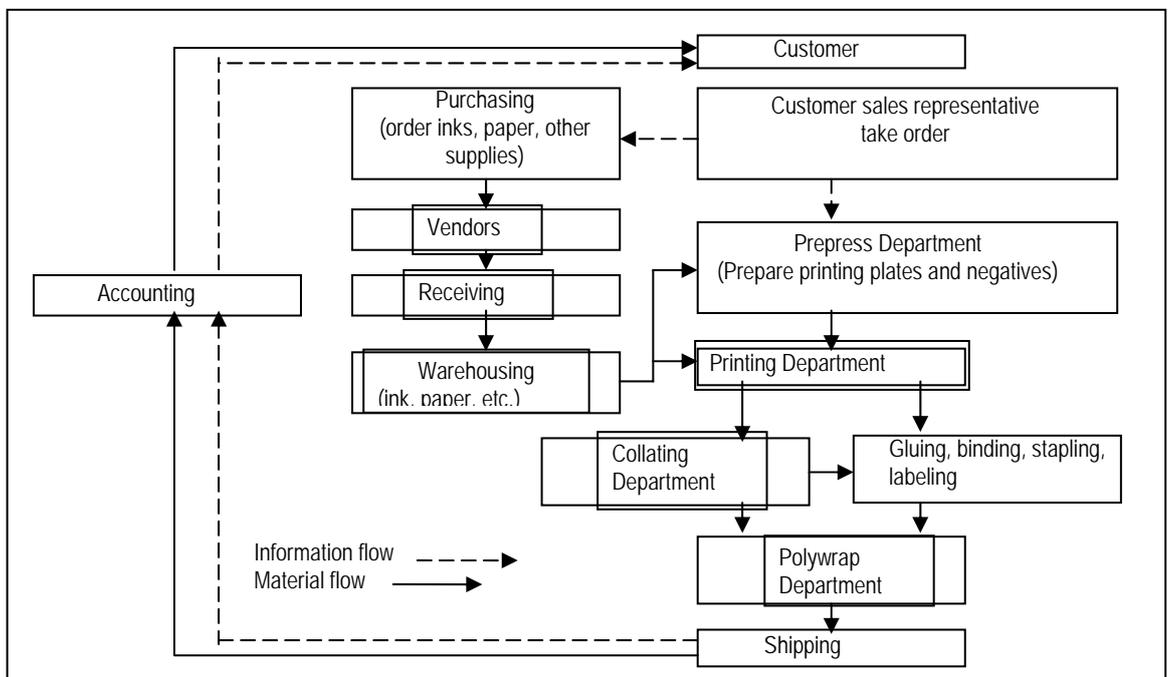
## Peta Crossover



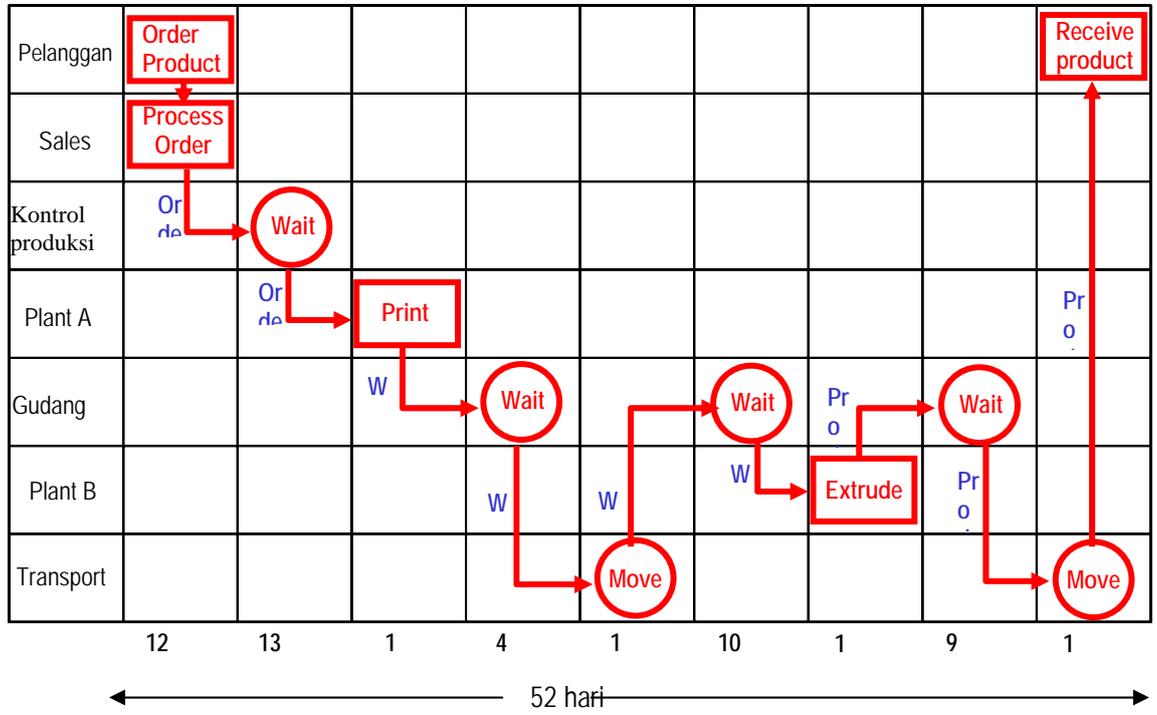
## Alat untuk Desain Proses

- ◆ Diagram flow
- ◆ Peta proses
- ◆ Fungsi-waktu/Peta proses
- ◆ Analisis aliran kerja

Diagram Aliran proses produksi



### Contoh Peta Fungsi Waktu



### Contoh Peta Proses

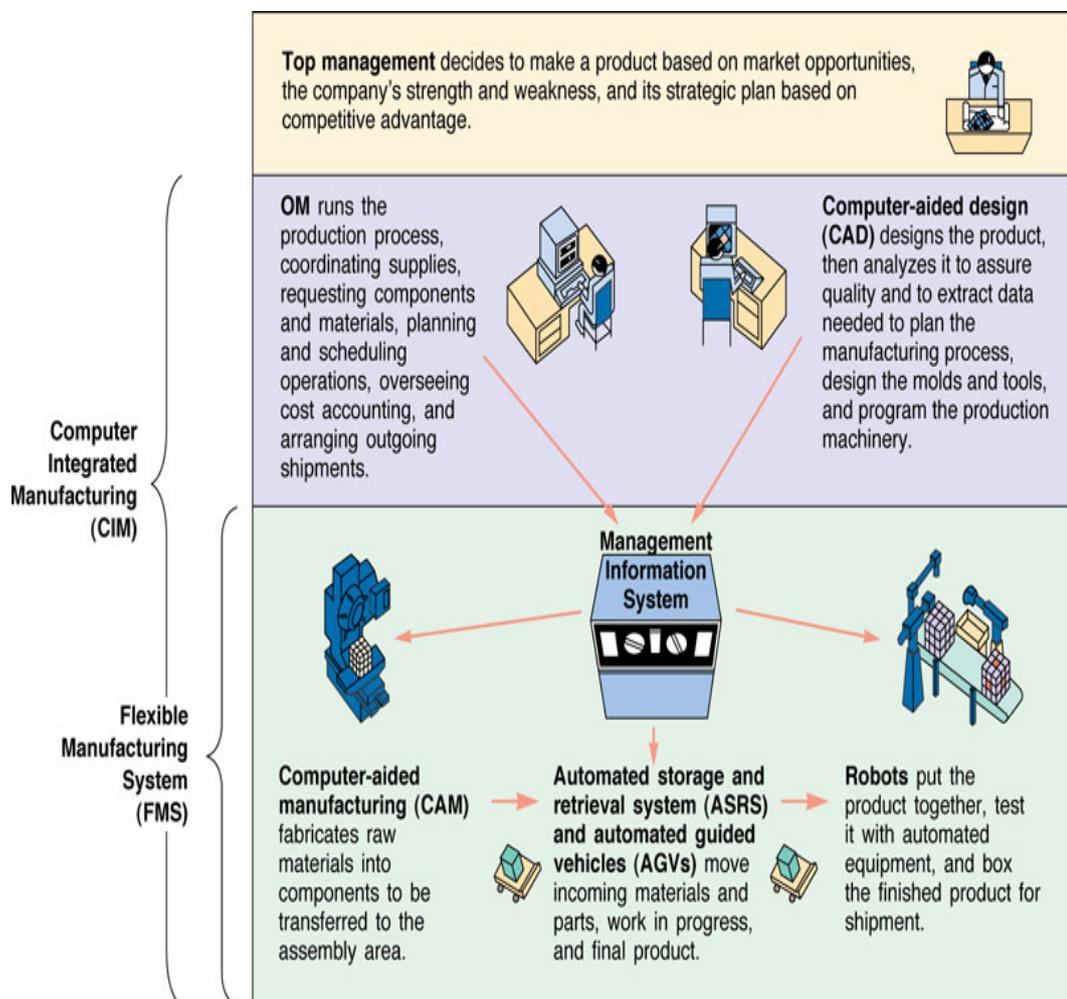
SUBJEK: Permintaan Pembelian Alat			
Jarak (m)	Waktu (menit)	Simbol	Deskripsi
		● ⇒ □ D ▽	Menulis pesanan
		○ ⇒ □ ○ ▽	Di meja
75		○ ⇒ □ D ▽	Ke penjual
		○ ⇒ ■ D ▽	Memeriksa

○ = Operasi; ⇒ = Transport; □ = Inspeksi;  
D = Delay; ▽ = Storage

#### Area Teknologi

- ◆ Teknologi permesinan
- ◆ Sistem identifikasi otomatis (Automatic identification systems (AIS))
- ◆ Kontrol Proses
- ◆ Vision system
- ◆ Robot
- ◆ Automated storage and retrieval systems (ASRS)
- ◆ Sistem manufaktur fleksibel (Flexible manufacturing systems (FMS))
- ◆ Computer-integrated manufacturing (CIM)

## Computer Integrated Manufacturing



Faktor-faktor yang Mempengaruhi Alternatif Proses:

- ◆ Fleksibilitas produksi
  - ◆ Volume produk
  - ◆ Variasi produk
- ◆ Teknologi
- ◆ Ongkos
- ◆ Sumber daya manusia
- ◆ Kualitas
- ◆ Ketangguhan (reliability)

## V. SUPLEMEN

1. Stevenson, William J. (2005). *Operations Management*. McGraw-Hill International
2. [www.prenhal.com/heizer](http://www.prenhal.com/heizer)

## VI. TUGAS

### Soal 1:

Perusahaan Taggart Custom Machine Shop memiliki kontrak untuk membuat 130.000 unit produk baru. James Taggart, sang Direktur, telah menghitung ongkos untuk ketiga alternative proses. Manakah proses yang dipilih untuk menyelesaikan kontrak tersebut?

	General Purpose Equipment (GPE)	Flexible Manufacturing (FMS)	Dedicated Automation (DA)
Fixed Costs	\$150,000	\$350,000	\$950,000
Variable Costs	\$10	\$8	\$6

### Soal 2:

Selesaikan soal 1 di atas dengan metode grafik.

**Soal 3:**

Gunakan solusi analitis yang diperoleh pada soal 1 dan solusi grafik pada soal 2 untuk menentukan volume dimana masing-masing proses sebaiknya digunakan.

**Soal 4:**

Jika Taggart Custom Machine dapat meyakinkan pada pelanggannya untuk memperpanjang kontrak sampai 1 atau 2 tahun lagi, maka apakah implikasinya bagi keputusannya saat ini?

**VII. GLOSARIUM**

Telah Jelas

**VIII. DAFTAR PUSTAKA**

1. Groover, M. P. (2001). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. New Jersey. Prentice Hall International, Inc.
2. Fogarty, D.W., Blackstone, J.H., and Hoffmann, T.R. (1991). *Production and Inventory Management*. South Western Publishing, Co. Ohio.
3. Heizer, J. and Render, B. (2004). *Principle of Operations Management..* Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey.
4. Stevenson, William J. (2005). *Operations Management*. McGraw-Hill International



## MANAJEMEN KUALITAS *QUALITY MANAGEMENT*

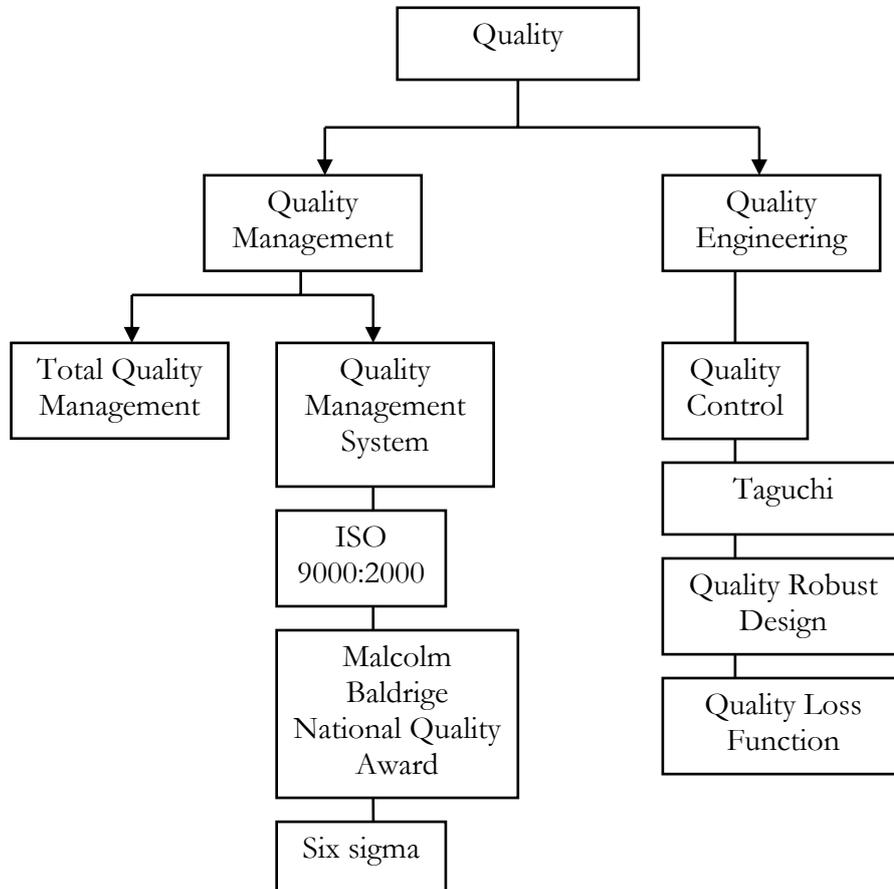
*Oleh : Arya Wirabhuana, Tutik Fariyah, dan Dwi Agustina*

### **I. KOMPETENSI DASAR**

Mahasiswa mampu untuk :

- mendefinisikan dan menjelaskan
  - Konsep kualitas,
  - Malcolm Baldrige National Quality Award,
  - ISO (International Standard Organization) dan
  - Konsep Taguchi.
  
- Menggambarkan dan menjelaskan
  - Pentingnya kualitas
  - Total Quality Management (TQM)
  - Diagram Pareto
  - Peta Proses
  - Produk-produk dengan kualitas rendah (Quality robust products)
  - Inspeksi
  - Pemikiran Deming, Juran, dan Crosby

## II. PETA KONSEP



## III. SENARAI

Motorola:

- ◆ Secara agresif mulai menjalankan program pendidikan secara mendunia (*worldwide education program*) untuk memastikan para tenaga kerjanya memahami kualitas dan kontrol proses statistik (*statistical process control*).
- ◆ Menentukan dan menyebarluaskan tujuan perusahaan
- ◆ Memberlakukan partisipasi pekerja secara luas dan teamwork.

## **IV. MATERI POKOK**

### **Definisi Kualitas**

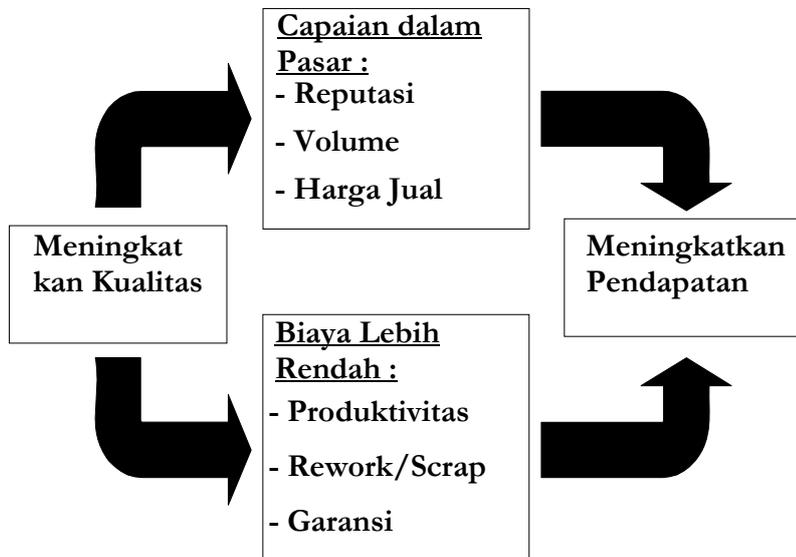
- ◆ ASQC (American Society of Quality Control): Karakteristik produk dan fitur yang mempengaruhi kepuasan konsumen
- ◆ Berdasarkan pengguna: Apa yang konsumen katakan
- ◆ Berdasarkan Produsen: Derajat dimana produk sesuai dengan spesifikasi desain
- ◆ Berdasarkan produk: Level/tingkat karakteristik produk yang terukur

### **Dimensi Kualitas untuk Barang**

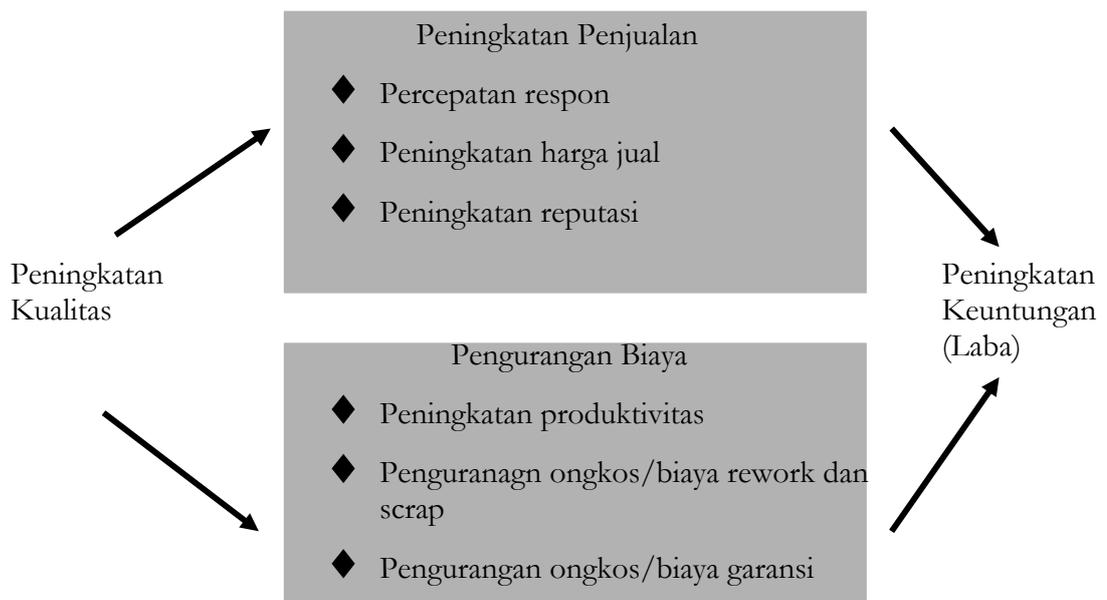
- ◆ Operasi
- ◆ Ketahanan dan keawetan
- ◆ Kesesuaian
- ◆ Pelayanan
- ◆ Ketertampakan
- ◆ Kualitas yang dirasakan konsumen

### **Pentingnya Kualitas**

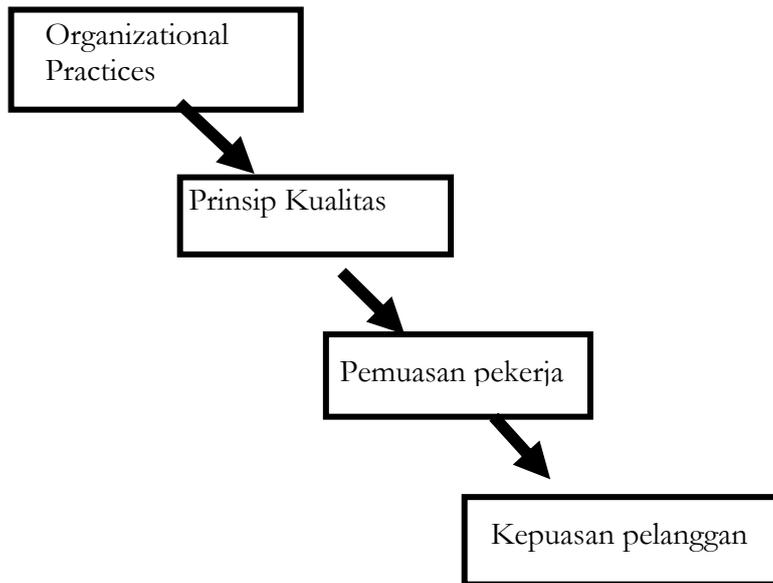
- ◆ Ongkos dan pangsa pasar
- ◆ Reputasi perusahaan
- ◆ Kelayakan produk
- ◆ Implikasi internasional



**Bagaimana Pengaruh Kualitas**



**Aliran aktivitas yang dibutuhkan untuk mencapai Total Quality Management**



### 1. Perilaku Organisasi

- ◆ Kepemimpinan
- ◆ Misi
- ◆ Prosedure operasi yang efektif
- ◆ Dukungan staf
- ◆ Training

*Hasil: Apakah yang penting dan apa yang harus dipenuhi/diraih*

### 2. Prinsip Kualitas

- ◆ Fokus kepada pelanggan
- ◆ Perbaikan yang berkelanjutan
- ◆ Pemberdayaan pekerja
- ◆ Benchmarking
- ◆ Just-in-time
- ◆ Alat TQM

*Hasil: Bagaimana cara mengerjakan apa yang penting dan harus terpenuhi*

### 3. Pemenuhan Pekerja

- ◆ Pemberdayaan
- ◆ Komitmen organisasi

*Hasil: Perilaku pekerja sehingga mereka dapat mencapai apa yang penting dan apa yang harus terpenuhi.*

### 4. Kepuasan Pelanggan

- ◆ Memenangkan pesanan
- ◆ Pelanggan membeli ulang

*Hasil: Organisasi yang efektif dengan keunggulan berkompetisi*

### Malcom Baldrige National Quality Award

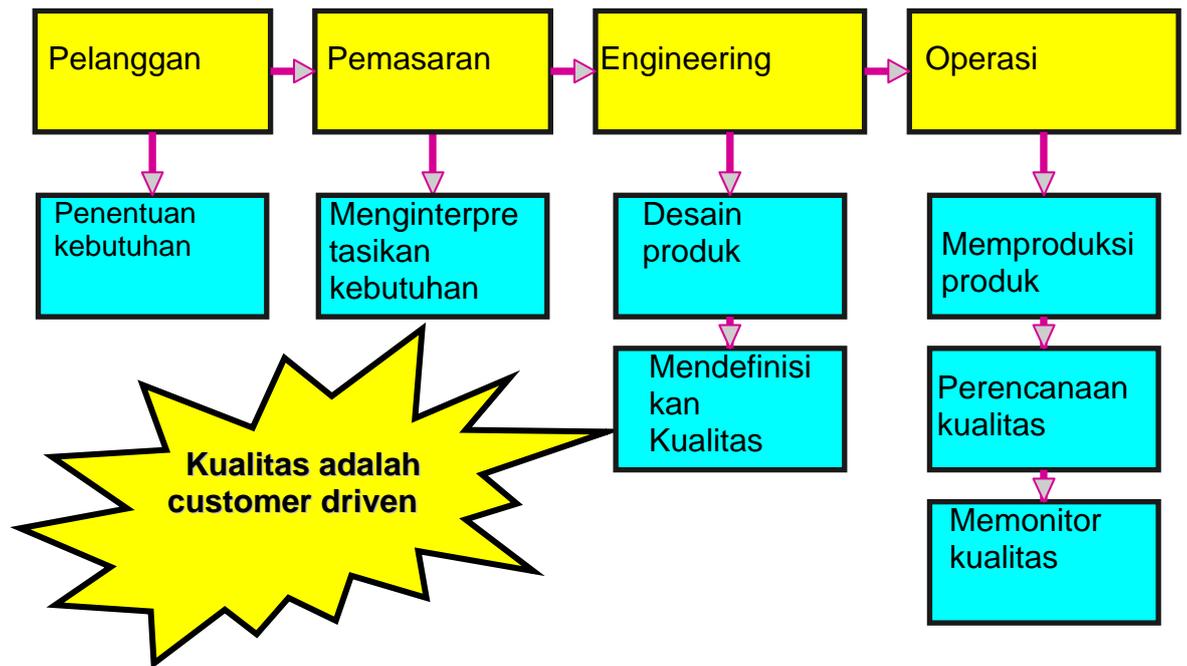
- ◆ Muncul pada tahun 1988 oleh pemerintah Amerika Serikat
- ◆ Didesain untuk mempromosikan TQM
- ◆ Beberapa kriteria:
  - ◆ Kepemimpinan eksekutif senior; perencanaan strategis; manajemen dari kualitas proses
  - ◆ Hasil kualitas; Kepuasan konsumen

### Ongkos Kualitas

- ◆ Ongkos pencegahan (*prevention costs*) – mengurangi potensi cacat
- ◆ Ongkos Pengiraan (*appraisal costs*) – evaluasi produk
- ◆ Kerusakan internal – memproduksi komponen/jasa yang rusak/cacat
- ◆ Ongkos eksternal – terjadi sesudah pengiriman

*Ongkos dari kualitas yang buruk adalah besar, tetapi jumlahnya tidak diketahui secara presisi. Pada kebanyakan perusahaan, system perhitungan/akuntansi menyediakan hanya sebagian kecil informasi yang dibutuhkan untuk menghitung ongkos kualitas yang buruk. (Juran on Quality by Design, The Free Press (1992), sebagaimana di*

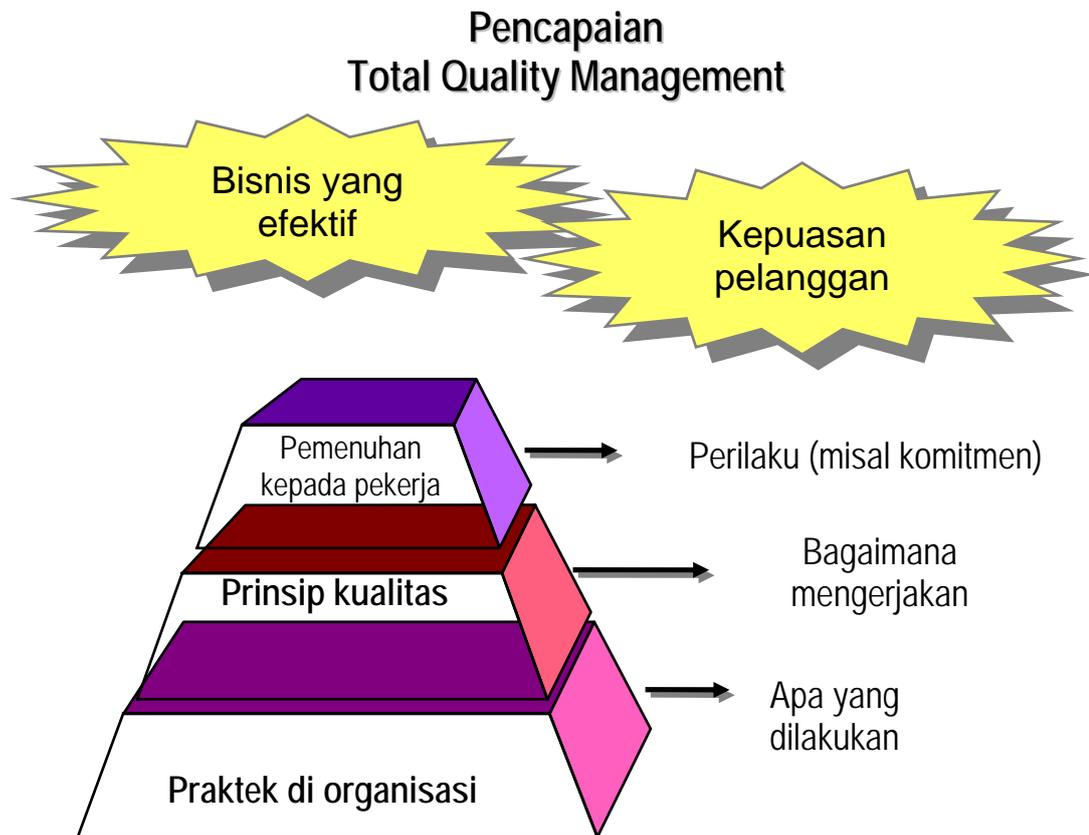
### Proses Kualitas Tradisional (Manufaktur)



### TQM

Memberikan arah untuk organisasi secara keseluruhan dari supplier hingga pelanggan. Manajemen menekankan komitmen untuk berkelanjutan, company-wide, menuju kepada kecemerlangan dalam semua aspek produk dan jasa yang penting bagi konsumen.

## Pencapaian Total Quality Management



### Empat belas Poin dari Deming:

- ◆ Menciptakan konsistensi tujuan
- ◆ Memimpin dan memulai untuk perubahan
- ◆ Membangun kualitas ke dalam produk
- ◆ Membangun hubungan jangka panjang
- ◆ Memperbaiki dan meningkatkan secara kontinyu produk, kualitas dan jasa
- ◆ Memulai untuk training
- ◆ Menekankan kepemimpinan
- ◆ Menghilangkan ketakutan
- ◆ Merinci halangan/barier antar departemen
- ◆ Berhenti menekan pekerja

- ◆ Mendukung, membantu dan meningkatkan
- ◆ Menghilangkan barrier untuk membanggakan pekerjaan
- ◆ Melaksanakan dengan giat program pendidikan dan peningkatan diri
- ◆ Menempatkan setiap orang dalam perusahaan untuk bekerja dalam transformasi

### **Konsep TQM**

- ◆ Peningkatan yang berkelanjutan
- ◆ Pemberdayaan pekerja
- ◆ Benchmarking
- ◆ Just-in-time (JIT)
- ◆ Konsep Taguchi
- ◆ Pengetahuan tentang alat TQM

### **Peningkatan Berkelanjutan**

- ◆ Merepresentasikan peningkatan berkelanjutan dari proses dan kepuasan konsumen
- ◆ Melibatkan semua operasi dan unit kerja
- ◆ Nama lain:
  - ◆ Kaizen (Jepang)
  - ◆ Zero-defects
  - ◆ Six sigma

## Model PDCA

Shewhart



### Pemberdayaan Pekerja

- ◆ Keterlibatan pekerja dalam peningkatan produk dan proses.
  - ◆ 85% dari permasalahan kualitas disebabkan karena proses dan bahan (material)
- ◆ Teknik
  - ◆ Mendukung pekerja
  - ◆ Biarkan pekerja membuat keputusan
  - ◆ Membentuk tim dan lingkaran kualitas (quality circles)

### Lingkaran Kualitas (*Quality Circles*)

- ◆ Terdiri atas sekumpulan 6-12 pekerja dari area kerja yang sama
- ◆ Bertemu secara reguler untuk menyelesaikan permasalahan dalam kerja
- ◆ Fasilitator mentrainign dan membantu dengan pertemuan

### Benchmarking

Menseleksi praktek terbaik untuk digunakan sebagai standar performansi

- ◆ Menentukan apa yang akan di benchmark
- ◆ Membentuk tim benchmark
- ◆ Mengidentifikasi partner yang dibenchmark
- ◆ Mengumpulkan dan menganalisa informasi benchmark
- ◆ Mengambil aksi untuk menyamakan atau melebihi benchmark tersebut

### **Menyelesaikan Keluhan Pelanggan**

#### **Langkah terbaik:**

- ◆ Membuat mudah bagi pelanggan untuk menyampaikan keluhan
- ◆ Merespon secara cepat keluhan yang ada
- ◆ Menyelesaikan keluhan secepatnya
- ◆ Menggunakan computer untuk memanaj keluhan
- ◆ Merekrut pekerja terbaik untuk pelayanan konsumen (*customer service*)

### **Quality Function Deployment (QFD)**

- ◆ Menentukan apa yang akan memuaskan konsumen
- ◆ menterjemahkan keinginan consume ke target desain.

### **Teknik Taguchi**

- ◆ Experimental design methods to improve product & process design
  - ◆ Identify key component & process variables affecting product variation
- ◆ Taguchi *Concepts*
  - ◆ Quality robustness
  - ◆ Quality loss function
  - ◆ Target specifications

### **Kekuatan Kualitas (*Quality Robustness*)**

- ◆ Kemampuan untuk memproduksi barang secara seragam terhadap kondisi manufaktur
- ◆ Menempatkan kekuatan (robustness) dalam matriks rumah kualitas selain fungsi

### **Tujuh Alat TQM**

- ◆ Penyebaran Fungsi Kualitas (Quality Function Deployment)
  - ◆ Rumah Kualitas (House of Quality)
- ◆ Teknik Taguchi
- ◆ Fungsi Kerugian Kualitas (Quality loss function)
- ◆ Diagram Pareto
- ◆ Peta Proses
- ◆ Diagram sebab-akibat
- ◆ Proses Kontrol Statistik

### **Alat TQM**

- ◆ Alat untuk membangkitkan ide
  - ◆ Lembar Check sheet
  - ◆ Diagram Scatter
  - ◆ Diagram Sebab Akibat
- ◆ Alat untuk mengorganisasikan data
  - ◆ Diagram Pareto
  - ◆ Peta Proses (Diagram Alir)
- ◆ Alat untuk mengidentifikasi masalah
  - ◆ Histogram
  - ◆ Peta Proses Kontrol Statistik

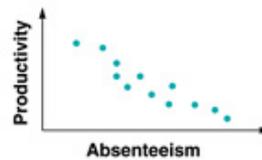
## Tujuh Alat TQM

### Tools for Generating Ideas

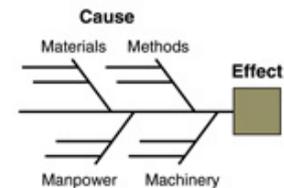
(a) *Check Sheet*: An organized method of recording data.

Defect	Hour							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	///	/		/	/	/	///	/
B	//	/	/	/			//	///
C	/	//					//	///

(b) *Scatter Diagram*: A graph of the value of one variable vs. another variable.

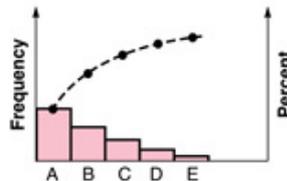


(c) *Cause and Effect Diagram*: A tool that identifies process elements (causes) that might effect an outcome.

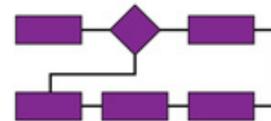


### Tools to Organize the Data

(d) *Pareto Charts*: A graph to identify and plot problems or defects in descending order of frequency.

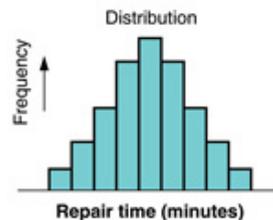


(e) *Flow Charts (Process Diagrams)*: A chart that describes the steps in a process.

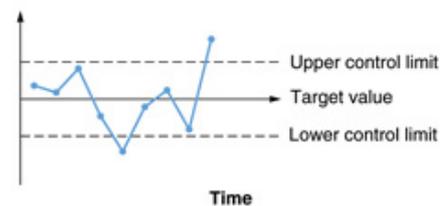


### Tools for Identifying Problems

(f) *Histogram*: A distribution showing the frequency of occurrences of a variable.



(g) *Statistical Process Control Chart*: A chart with time on the horizontal axis to plot values of a statistic.



## Peta Proses

- ◆ Menunjukkan urutan kejadian di dalam proses
- ◆ Menggambarkan hubungan aktivitas
- ◆ Memiliki banyak penggunaan:
  - ◆ Mengidentifikasi poin koleksi data
  - ◆ Menentukan akar permasalahan
  - ◆ Mengidentifikasi hal yang dapat diperbaiki
  - ◆ Mengidentifikasi jarak perpindahan yang dapat dikurangi

### Contoh Peta Proses

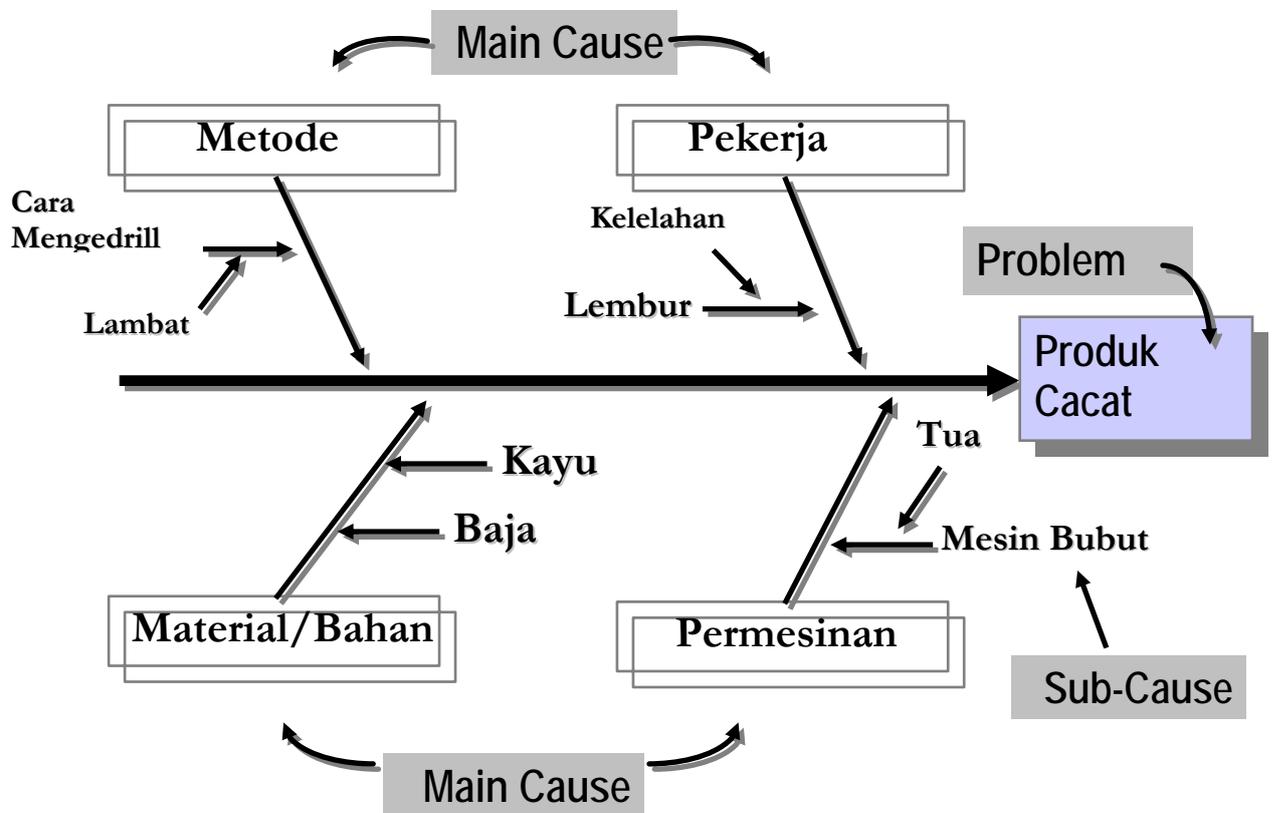
SUBJEK: Permintaan Pembelian alat			
Jarak (m)	Waktu (menit)	Simbol	Deskripsi
		● ⇒ □ D ▽	Menulis pesanan
		○ ⇒ □ D ▽	Ke meja
75		○ → □ D ▽	Menuju Pembeli
		○ ⇒ ■ D ▽	Memeriksa

○ = Operasi; ⇒ = Transport; □ = Inspeksi;  
 D = Delay; ▽ = Storage

### Diagram Sebab Akibat

- ◆ Digunakan untuk menemukan akar permasalahan dan solusinya
- ◆ Nama lain
  - ◆ Diagram tulang ikan, diagram Ishikawa
- ◆ Langkah-langkah
  - ◆ Mengidentifikasi permasalahan untuk diperbaiki
  - ◆ Gambarkan penyebab utama permasalahan sebagai tulang
  - ◆ Pertanyakan ‘Apakah penyebab dari permasalahan ini? Ulangi untuk setiap sub-area

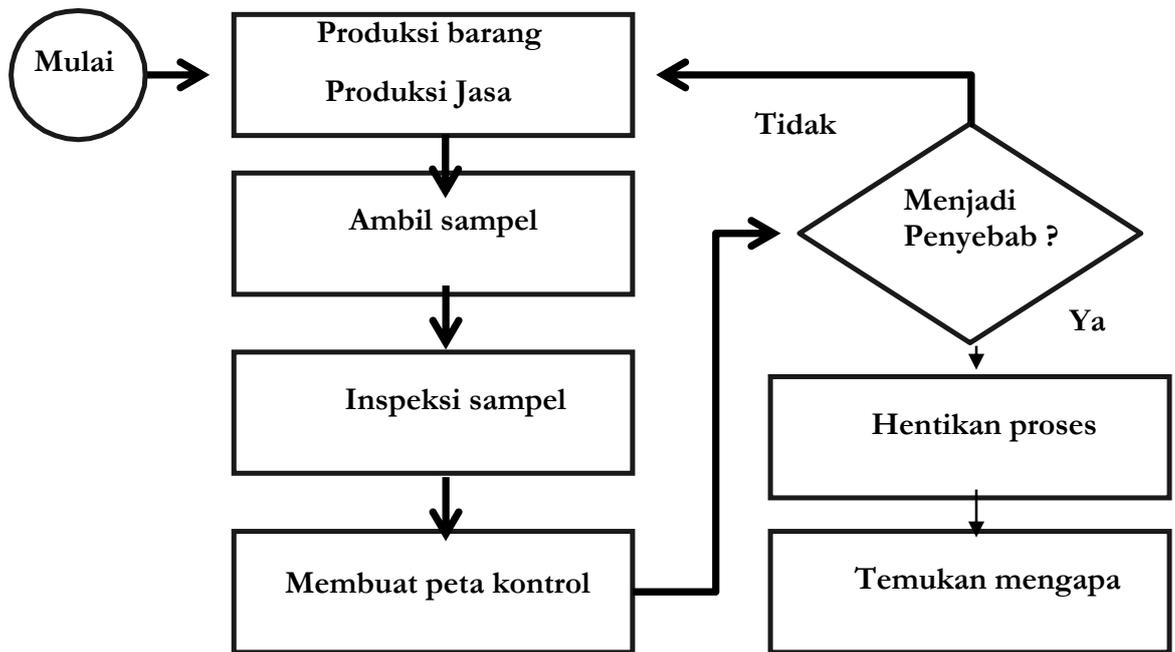
### Contoh Diagram Sebab Akibat



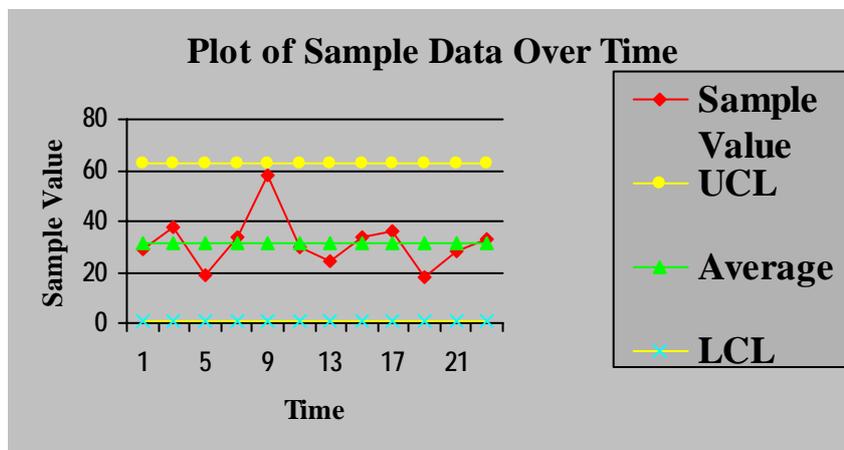
### Kontrol Proses Secara Statistik

- ◆ Menggunakan statistik dan peta kontrol untuk mengetahui kapan harus membenahi proses yang berlangsung.
- ◆ Dikembangkan oleh Shewhart pada tahun 1920
- ◆ Melibatkan
  - ◆ Pembuatan dan penentuan standar (batas atas dan batas bawah)
  - ◆ Pengukuran sample keluaran output (misal. rata-rata diameter )
  - ◆ Melakukan pembetulan (corrective action) jika diperlukan
- ◆ Lakukan ketika produk sedang dalam proses diproduksi

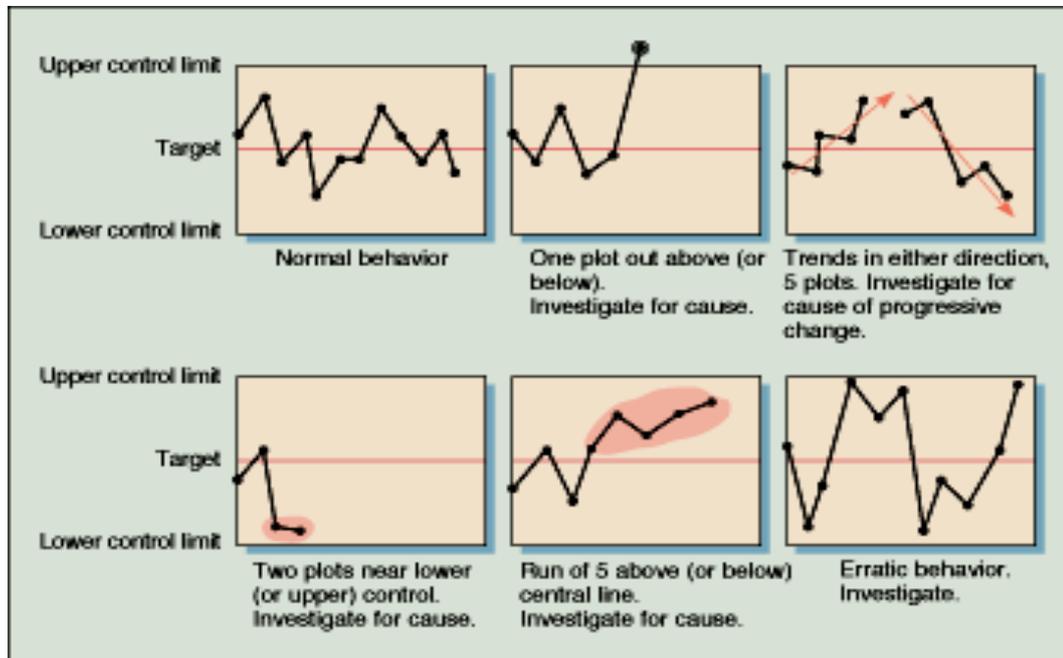
### Langkah-langkah Kontrol Proses Statistik



Peta Proses Kontrol



## Enam Pola dalam Peta Kontrol



## Inspeksi

- ◆ Melibatkan pemeriksaan item untuk melihat apakah item tersebut cacat atau baik
- ◆ Mendeteksi produk yang cacat
  - ◆ Tidak benar defisiensi dalam proses atau produk
- ◆ Issu
  - ◆ Kapan melakukan inspeksi
  - ◆ Dimana proses inspeksi dilakukan

## Kapan dan dimana menginspeksi

- ◆ Di tempat supplier ketika supplier sedang memproduksi
- ◆ Di tempat kita pada saat penerimaan barang dari supplier
- ◆ Sebelum proses yang sangat mahal (costly) atau irreversible
- ◆ Selama proses produksi selangkah demi selangkah
- ◆ Ketika produksi atau jasa selesai

- ◆ Sebelum pengiriman dari tempat kita
- ◆ Pada titik temu dengan konsumen

## V. SUPPLEMENT

### TQM di dalam Industri Jasa

- ◆ Kualitas jasa lebih susah untuk diukur dibanding kualitas barang
- ◆ Persepsi kualitas jasa tergantung pada:
  - ◆ Harapan vs kenyataan
  - ◆ Proses dan outcome
- ◆ Tipe kualitas jasa
  - ◆ Normal: pengiriman jasa secara rutin
  - ◆ Pengecualian: Bagaimana permasalahan ditangani

### Penentu kualitas jasa:

- ◆ Ketahanan – konsistensi dan kebergantungan
- ◆ Responsif – kemauan dan kesiapana pekerja untuk menyediakan jasa
- ◆ Kompetensi – kepemilikan skill dan pengetahuan yang dibutuhkan untuk menghasilkan jasa
- ◆ Akses – kemudahan dan pendekatan untuk mengakses
- ◆ Kesopanan – respek, hormat, keramahan, sopan
- ◆ Komunikasi – menjaga konsumen memperoleh informasi sesuai dengan bahasa yang mereka pahami
- ◆ Kredibilitas – kejujuran, kebenaran, kepercayaan
- ◆ Keamanan – kebebasan dari rasa takut dan resiko
- ◆ Pegetahuan dan pemahaman akan konsumen – memnuat usaha-usaha untuk memahami keinginan konsumen
- ◆ Hasil nyata – Bukti nyata (fisik) dari jasa

## Contoh Poin-poin Inspeksi dalam Industri Jasa

### Quality Loss Function

- ◆ Menunjukkan ongkos social (\$) dari deviasi nilai target
- ◆ Asumsi
  - ◆ Karakteristik kualiat yang palinf dapat diukur (missal panjang, berat) memiliki nilai target
  - ◆ Deviasi dari adalah tidak diinginkan
- ◆ Persamaan =  $L = D^2C$ 
  - ◆  $L = \text{Loss } (\$)$ ;  $D = \text{Deviation}$ ;  $C = \text{Cost}$

### Contoh Quality Loss Function

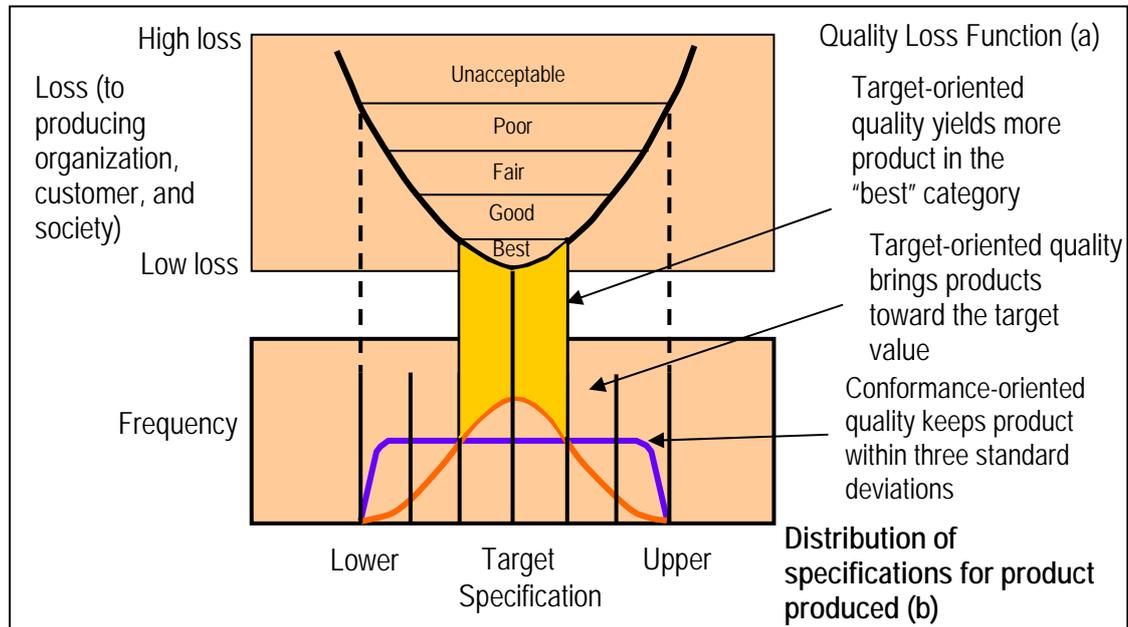
Spesifikasi untuk diameter dari gear adalah  $25.00 \pm 0.25$  mm.

Jika diameter berada diluar spesifikasi, gera tersebut harus di scrap dengan biaya per scrap = \$4. Tentukan loss function nya?

### Solusi Quality Loss Function

- ◆  $L = D^2C = (X - \text{Target})^2C$ 
  - ◆  $L = \text{Loss } (\$)$ ;  $D = \text{Deviation}$ ;  $C = \text{Cost}$
- ◆  $4.00 = (25.25 - 25.00)^2C$ 
  - ◆ Item scrapped if greater than 25.25  
(USL =  $25.00 + 0.25$ ) with a cost of \$4.00
- ◆  $C = 4.00 / (25.25 - 25.00)^2 = 64$
- ◆  $L = D^2 \cdot 64 = (X - 25.00)264$ 
  - ◆ Masukkan berbagai nilai X untuk meperoleh X dan plot

## Quality Loss Function; Distribusi produk yang diproduksi



## VI. TUGAS

### Soal 1:

Buatlah suatu peta aliran (flow chart) untuk proses pembubutan sekrup.

### Soal 2:

Buatlah suatu fishbone diagram yang mendetailkan alasan mengapa suatu komponen tidak tepat diproses oleh mesin.

### Soal 3:

Buatlah suatu peta proses untuk penggantian ban mobil.

### Soal 4:

Jelaskan apa perbedaan antara quality assurance dengan quality control.

## VII. GLOSARIUM

Telah jelas

## VIII. DAFTAR PUSTAKA

1. Groover, M. P. (2001). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. New Jersey. Prentice Hall International, Inc.
2. Fogarty, D.W., Blackstone, J.H., and Hoffmann, T.R. (1991). *Production and Inventory Management*. South Western Publishing, Co. Ohio.
3. Heizer, J. and Render, B. (2004). *Principle of Operations Management..* Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey.
4. Stevenson, William J. (2005). *Operations Management*. McGraw-Hill International



# MANAJEMEN PERSEDIAAN

---

## *INVENTORY MANAGEMENT*

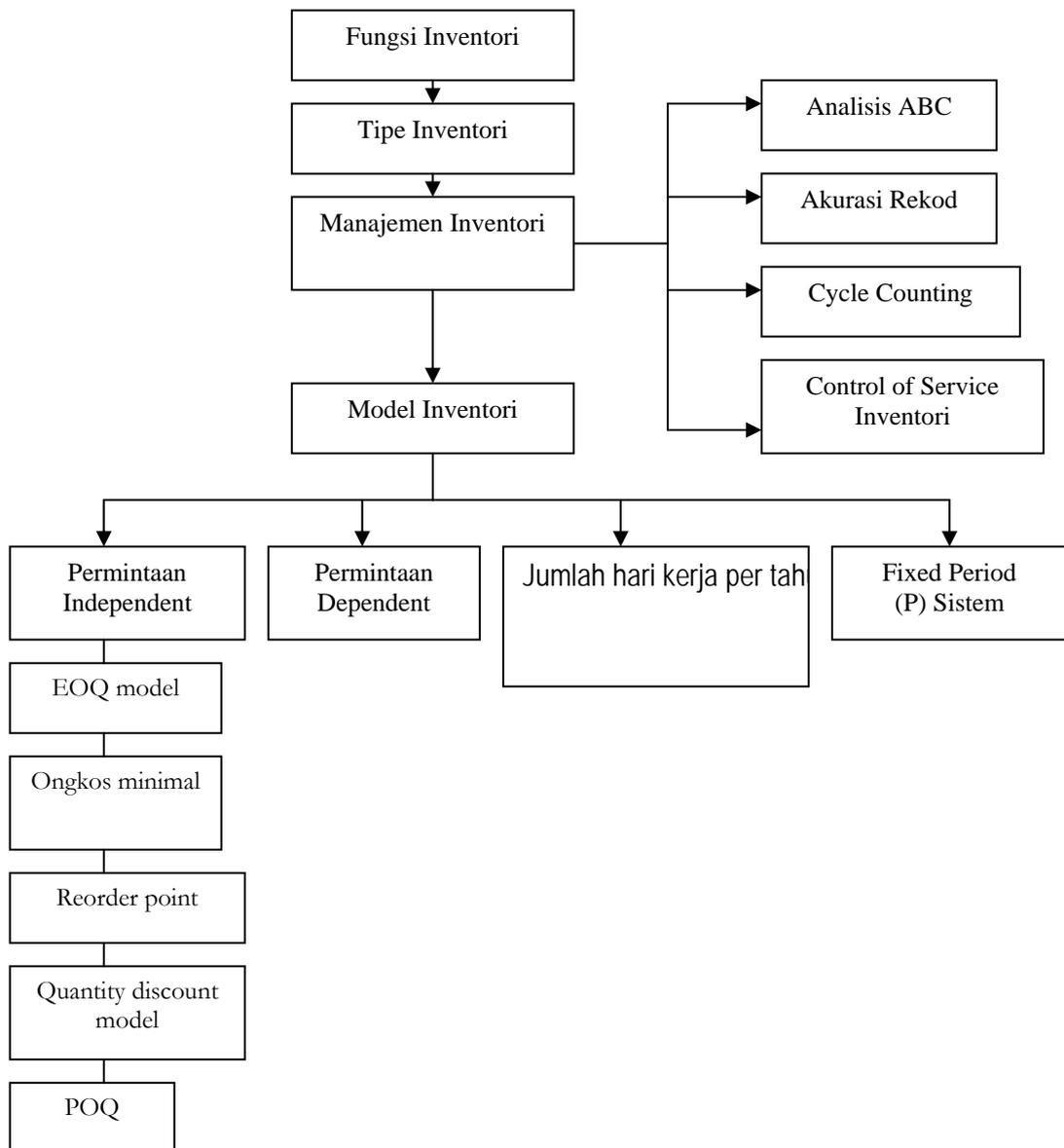
*Oleh : Arya Wirabhuana, Tutik Fariyah, dan Dwi Agustina*

### **I. KOMPETENSI DASAR**

Mahasiswa mampu untuk :

1. Mengidentifikasi dan mendefinisikan:
  - Analisis ABC
  - Akurasi rekod
  - Cycle counting
  - Independent dan Dependent demand
  - Holding, ordering dan setup cost
  
2. Menjelaskan dan menggambarkan fungsi inventori dan berbagai model inventori.

### **II. PETA KONSEP**



### III. SENARAI

#### AMAZON.com

- ◆ Jeff Bezos, di tahun 1995 memulai AMAZON.com sebagai “virtual” retailer – no inventory, no warehouses, no overhead; hanya sekumpulan komputer.
- ◆ Pertumbuhan memaksa AMAZON.com untuk menguasai manajemen inventori
- ◆ AMAZON sekarang adalah pemimpin kelas dunia dalam manajemen gudang (warehouse) dan otomasi.

### **Pemenuhan Permintaan di AMAZON**

1. Pelanggan memesan item, komputer meneruskan pesanan ke pusat distribusi fasilitas terdekat yang menyediakan produk tersebut.
2. Lampu menandakan produk yang dipesan yang ditujukan kepada pekerja yang mengambil produk dan mengeset ulang lampu.
3. Item diletakkan dalam kotak bersama dengan pesanan lainnya, dan kotak diletakkan dalam konveyor. Bar code pada tiap item di scan 15 kali
4. Kotak sampai di central point dimana semua item di bungkus dan diberi label dengan bar code yang baru.
5. Setiap item dibungkus dengan tangan (30 paket per jam).
6. Kotak dibungkus, ditimbang dan diberi label sebelum meninggalkan gudang di dalam truk.
7. Pesanan sampai ke tempat tujuan (pelanggan) dalam 1 minggu.

### **IV. MATERI POKOK**

Sistem Persediaan (inventori) adalah serangkaian kebijaksanaan dan pengendalian yang memonitor tingkat persediaan sumber daya. Sistem ini bertujuan untuk menetapkan dan menjamin tersedianya sumber daya, dalam kuantitas dan pada waktu yang tepat.

Inventori merupakan suatu model yang umum digunakan untuk menyelesaikan masalah yang terkait dengan usaha pengendalian bahan baku (*Raw material*) maupun barangjadi (*Finish Product*) dalam suatu aktivitas perusahaan. Ciri khas model inventori ini adalah solusi optimalnya selalu difokuskan untuk menjamin persediaan dengan biaya serendah-rendahnya.

Pada dasarnya masalah yang dianalisa oleh sistem Inventory meliputi dua hal :

1. Berapa banyak suatu item harus dipesan.
2. Bilamana atau kapan suatu item harus dipesan.

#### **Fungsi Inventory :**

1. Fungsi '*Decoupling*', memungkinkan operasi-operasi perusahaan internal dan eksternal mempunyai kebebasan sehingga perusahaan dapat memenuhi permintaan langsung tanpa tergantung pada supplier.
2. Fungsi '*Economic Lot sizing*', Melalui penyimpanan persediaan, perusahaan dapat memproduksi atau membeli sumber daya-sumber daya dalam kuantitas yang dapat mengurangi biaya-biaya per unit.
3. Fungsi Antisipasi, seringkali perusahaan mengalami fluktuasi permintaan yang dapat diperkirakan dan diramalkan berdasarkan pengamatan atau data-data masa lalu. Dalam hal ini perusahaan dapat mengadakan persediaan musiman. Disamping itu, perusahaan juga menghadapi ketidakpastian jangka waktu.

pengiriman dan permintaan akan barang-barang selama periode persamaan kembali, sehingga memerlukan kuantitas persediaan ekstra (*Safety Inventories*).

### Biaya-biaya Persediaan.

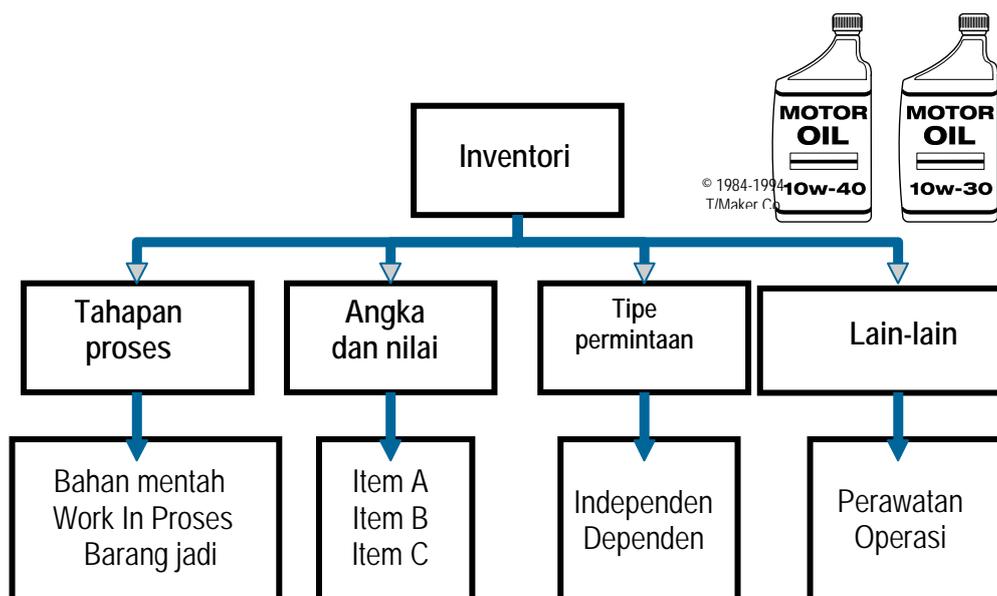
Dalam pembuatan setiap keputusan yang akan mempengaruhi besarnya (jumlah) persediaan, harus dipertimbangkan komponen-komponen biaya berikut:

- *Biaya Pembelian*, adalah semua biaya yang digunakan untuk membeli barang/bahan
- *Biaya Pesan*, adalah semua biaya yang diperlukan pada saat mendatangkan barang/bahan untuk disimpan.
- *Biaya simpan*, adalah semua biaya yang timbul akibat penyimpanan bahan
- *Biaya Kekurangan Persediaan*, adalah semua biaya yang timbul akibat tidak dapatnya memenuhi demand karena kurangnya persediaan.
- *Biaya Sistemik*, adalah biaya yang dipakai untuk membangun sistem persediaan.

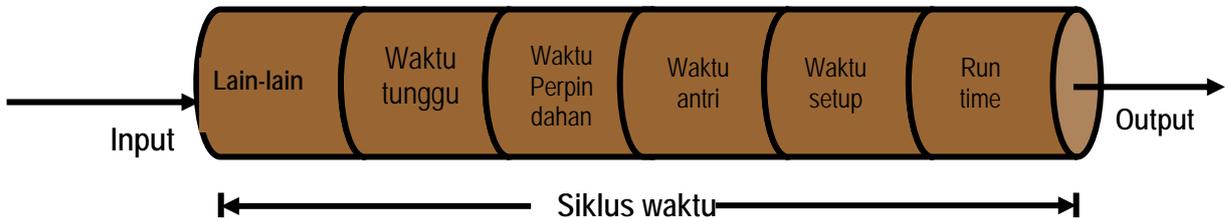
### Kerugian dari pengadaan Inventori:

- ◆ Menimbulkan ongkos yang lebih tinggi
  - ◆ Ongkos item (jika membeli)
  - ◆ Ongkos pemesanan (setup cost), misal: costs of forms, clerks' wages.
  - ◆ Holding (atau carrying) cost, misal: building lease, insurance, taxes.
- ◆ Susah untuk mengontrol
- ◆ Menghilangkan permasalahan produksi

### Klasifikasi Inventori



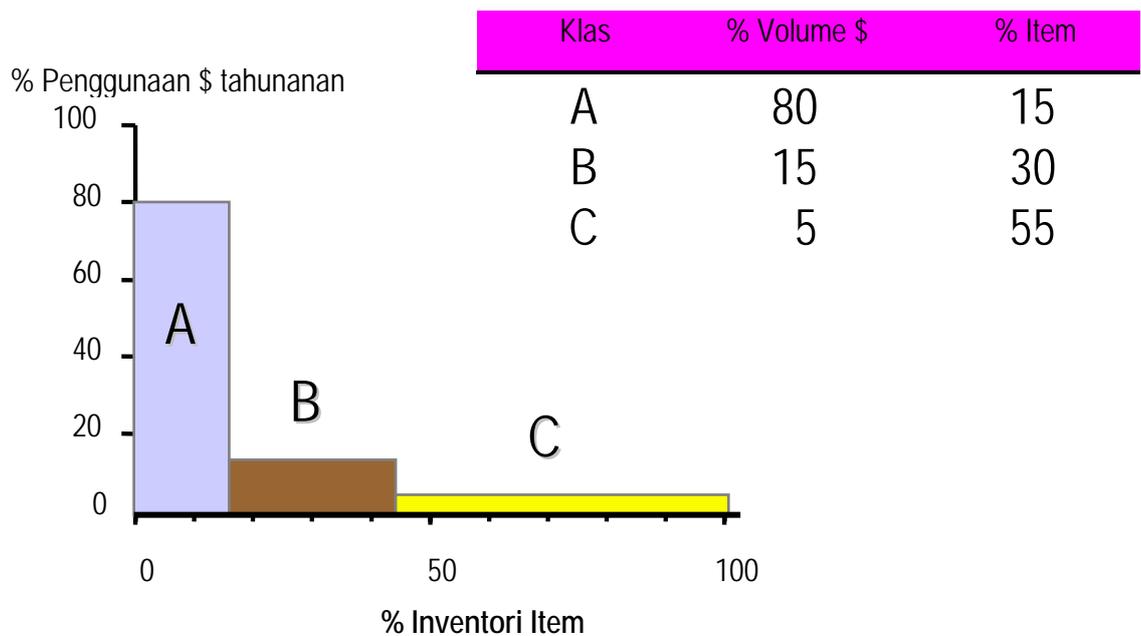
### Siklus Aliran Material



### Analisis ABC

- ◆ Dibagi dalam 3 kelas: kelas A, kelas B, kelas C
- ◆ Basisnya biasanya menggunakan volume \$ tahunan
  - ◆  $\text{Volume \$} = \text{Permintaan tahunan} \times \text{ongkos per unit}$
- ◆ Kebijakan berdasarkan analisis ABC
  - ◆ Membuat inventori kelas A terlebih dahulu
  - ◆ Meramal item A lebih hati-hati

### Mengklasifikasi item dalam analisis ABC



### Permintaan Independen versus Dependen

- ◆ **Permintaan Independen** - Permintaan suatu item adalah independen (bebas) dari permintaan item lainnya.
- ◆ **Permintaan Dependen** - Permintaan suatu item adalah tergantung (dependen) kepada permintaan untuk item yang lainnya.

### Ongkos-ongkos Inventori

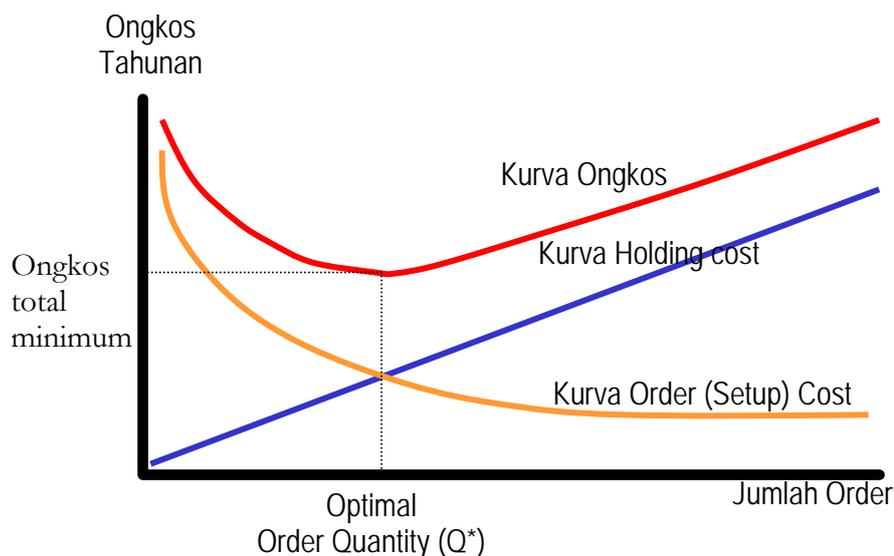
- ◆ **Holding cost** – berhubungan dengan penyimpanan inventori sepanjang waktu
- ◆ **Ordering costs** – berhubungan dengan ongkos pembuatan order dan penerimaan barang
- ◆ **Setup costs** – ongkos untuk menyiapkan mesin atau proses untuk pembuatan pesanan

### Model-model Inventori

- ◆ Model *Fixed order-quantity*
  - ◆ *Economic order quantity*
  - ◆ *Production order quantity*
  - ◆ *Quantity discount*
- ◆ Model *Probabilistik*
- ◆ Model *Fixed order-period*

### 1. EOQ Model

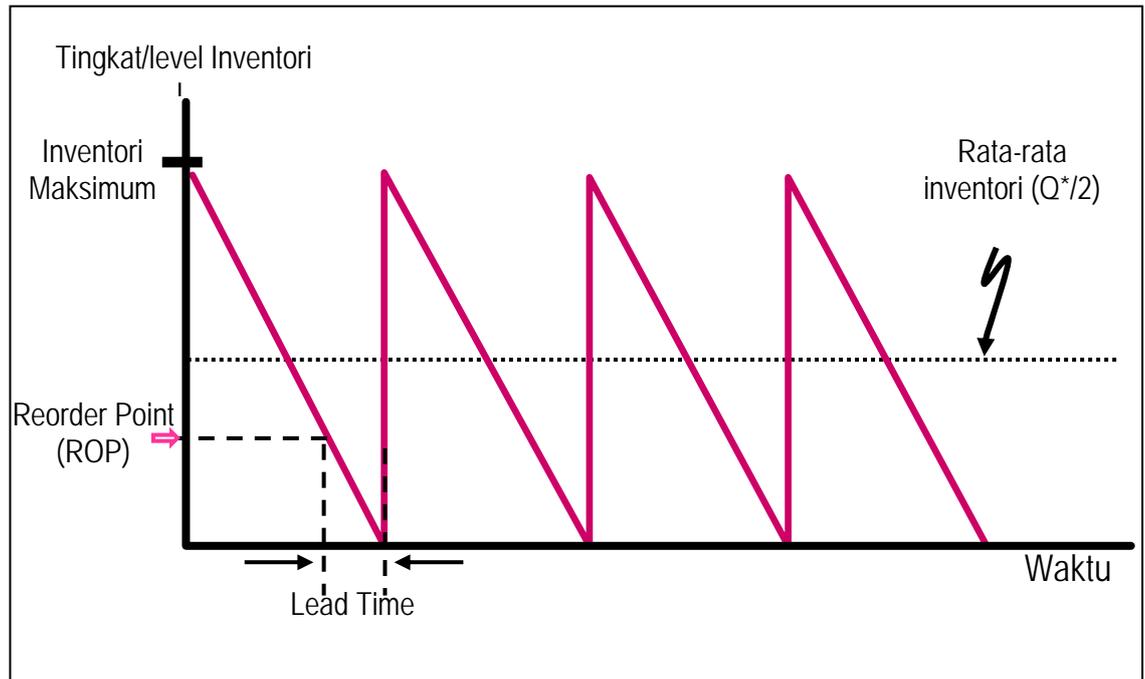
#### a) Penentuan Jumlah Pesanan (Order Quantity)



### Penurunan EOQ

1. Membuat pernyataan matematis untuk setup atau ordering cost
2. Membuat pernyataan matematis untuk holding cost
3. Nyatakan setup cost sebanding dengan holding cost
4. Selesaikan hasil persamaan untuk kuantitas terbaik pesanan (best order quantity)

**b) Waktu Pemesanan**



**c) Persamaan Model EOQ**

Optimal Order Quantity  $= Q^* = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}}$

Expected Number of Orders  $= N = \frac{D}{Q^*}$

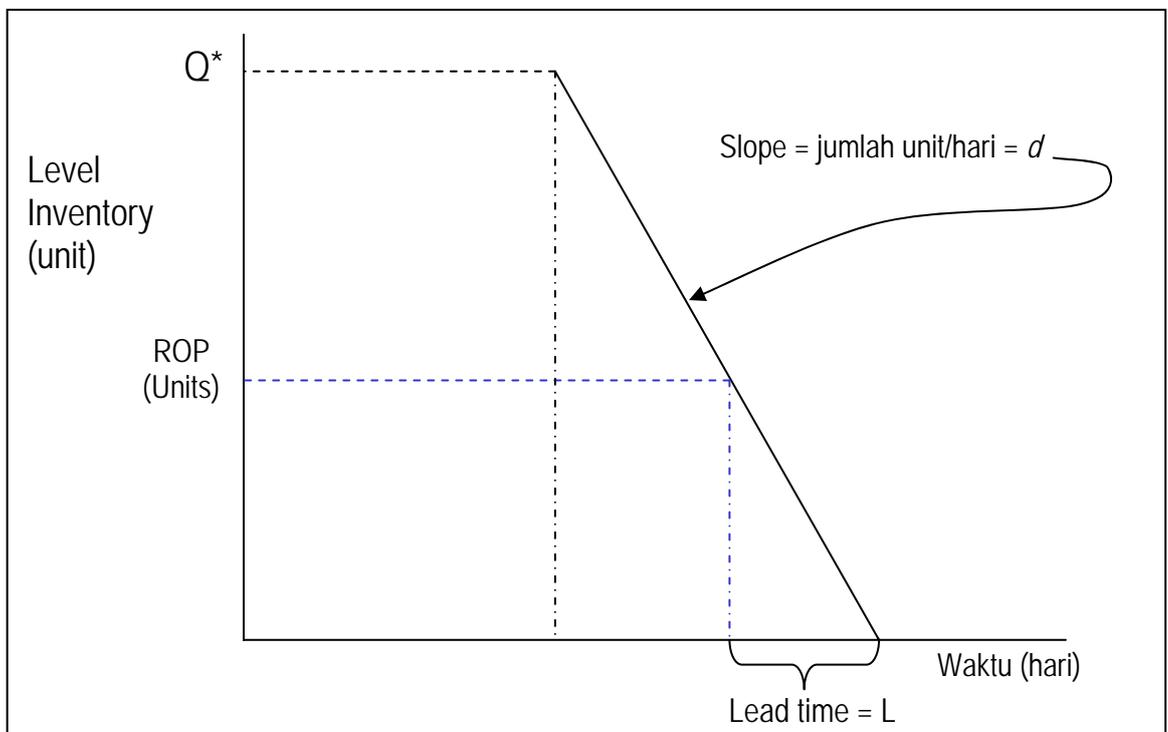
Expected Time Between Orders  $= T = \frac{\text{Jumlah hari kerja per tahun}}{N}$

$d = \frac{D}{\text{Jumlah hari kerja per tahun}}$

$ROP = d \times L$

$D =$  Demand per year  
 $S =$  Setup (order) cost per order  
 $H =$  Holding (carrying) cost  
 $d =$  Demand per day  
 $L =$  Lead time in days

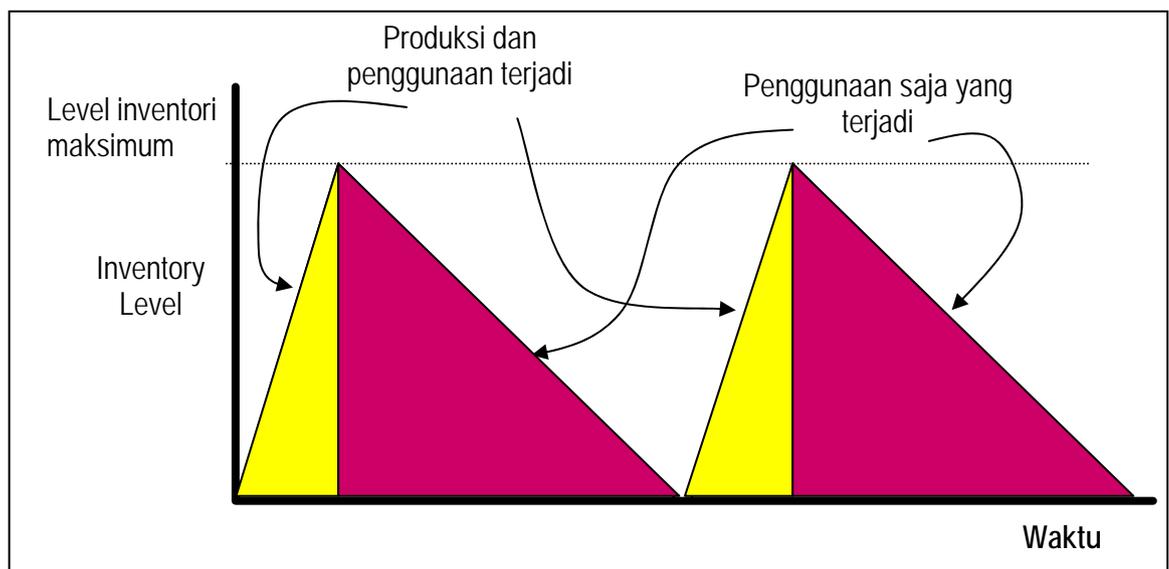
**d) Kurva Reorder Point (ROP)**



## 2. Model Production Order Quantity (POQ)

- ◆ Menjawab seberapa banyak memesan dan kapan harus memesan
- ◆ Membolehkan penerimaan sebagian material/pesanan
  - ◆ Asumsi lain EOQ digunakan
- ◆ Sesuai untuk lingkungan produksi
  - ◆ Material yang diproduksi, digunakan segera
  - ◆ Menyediakan production lot size
- ◆ Menghasilkan holding cost yang lebih rendah daripada model EOQ

### a) Waktu Pemesanan

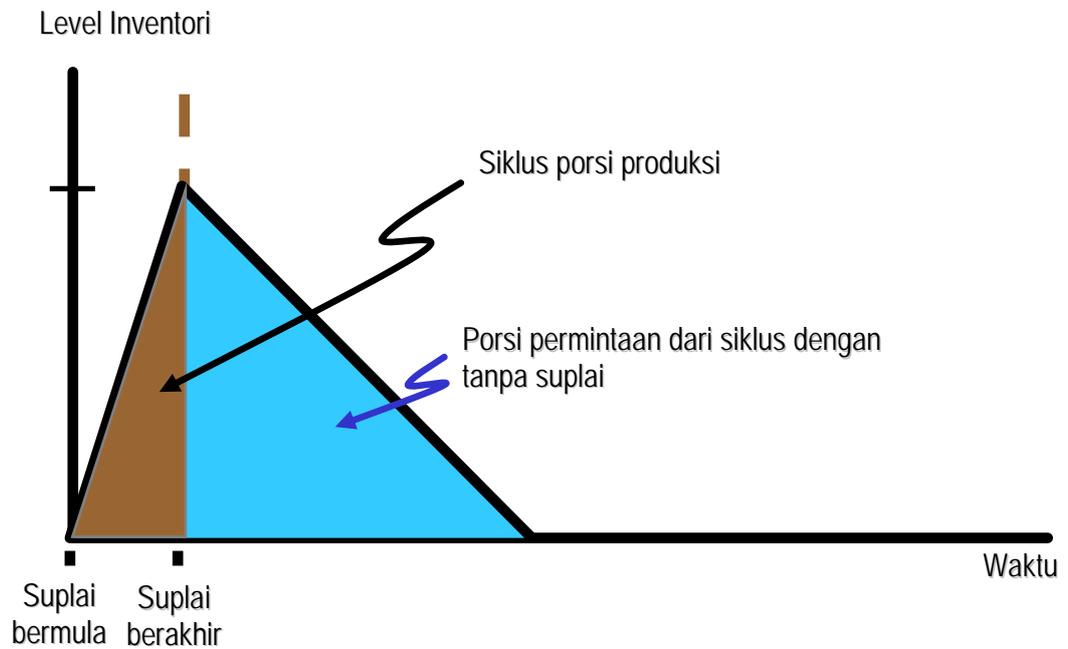


### b) Alasan untuk variasi produksi

Kebanyakan variasi disebabkan oleh waste atau manajemen yang buruk. Penyebab khusus adalah:

- Pekerja, mesin, dan supplier yang memproduksi unit yang tidak sesuai dengan standar adalah terlambat atau tidak sesuai kuantitasnya.
- Ketidakakuratan gambar atau spesifikasi
- Personel produksi mencoba untuk meperoduksi sebelum gambar atau spesifikasi komplit.
- Permintaan konsumen tidak diketahui.

c) Level Inventori Model POQ



d) Persamaan Model POQ

Kuantitas order optimal

$$= Q^*_p = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{H^* \left(1 - \frac{d}{p}\right)}}$$

Level inventori maksimum

$$= Q^* \left(1 - \frac{d}{p}\right)$$

Setup Cost

$$= \frac{D}{Q} * S$$

Holding Cost

$$= 0.5 * H * Q \left(1 - \frac{d}{p}\right)$$

$D$  = Permintaan per tahun  
 $S$  = Setup cost  
 $H$  = Holding cost  
 $d$  = Permintaan per hari  
 $p$  = Produksi per hari

### 3. Model Diskon Kuantitas

Menjawab seberapa banyak memesan dan kapan memesan

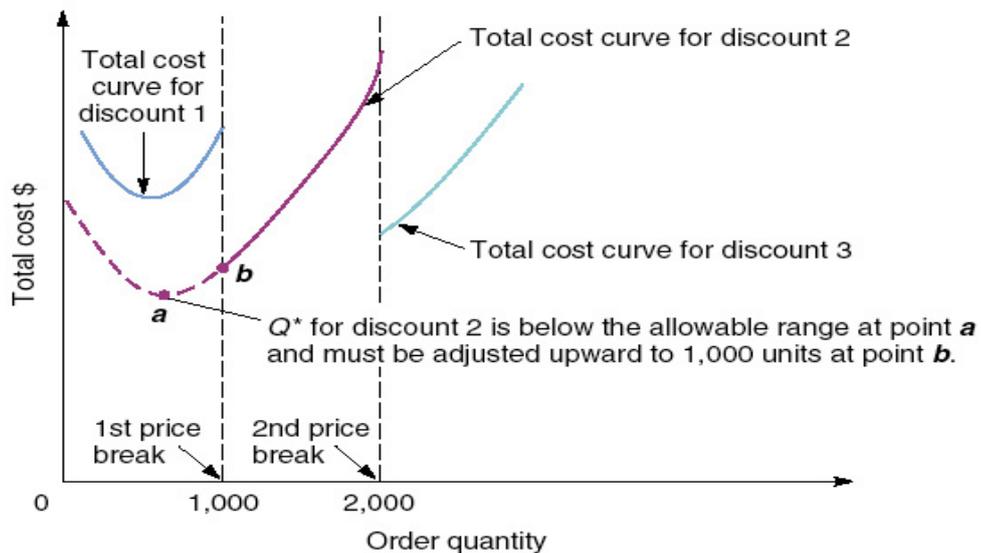
Membolehkan diskon kuantitas

- ◆ Pengurangan harga ketika item dibeli dalam jumlah yang besar
- ◆ Asumsi EOQ lainnya diaplikasikan
- ◆ Trade-off antara harga yang lebih rendah dan holding cost yang meningkat

#### Jadual Diskon Kuantitas

No. Diskon	Kuantitas diskon	Diskon (%)	Harga diskon (P)
1	0 to 999	Idak ada diskon	\$5.00
2	1,000 to 1,999	4	\$4.80
3	2,000 and over	5	\$4.75

#### Diskon Kuantitas – Berapa banyak Memesan



#### 4. Model Probabilistik

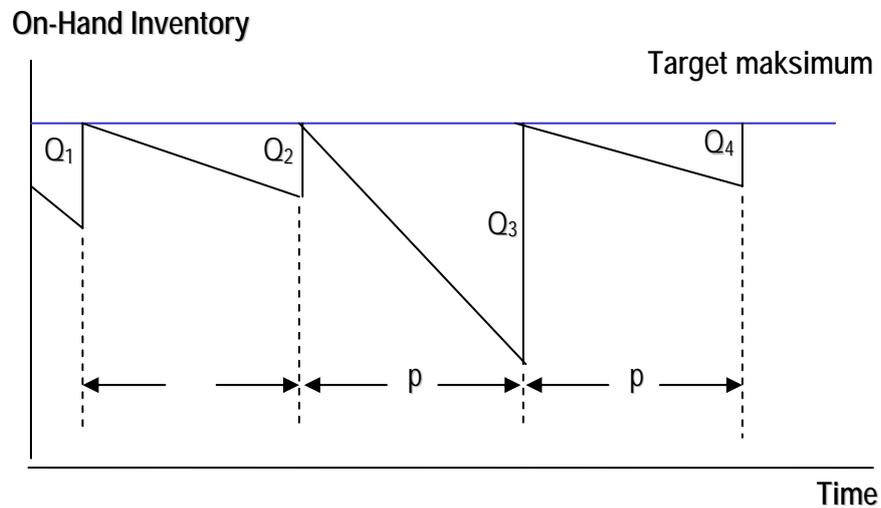
- ◆ Menjawab seberapa banyak dan kapan memesan
- ◆ Permintaan dapat bervariasi
  - ◆ Mengikuti distribusi normal
  - ◆ Mengaplikasikan asumsi EOQ lainnya.

#### 5. Model Fixed Period

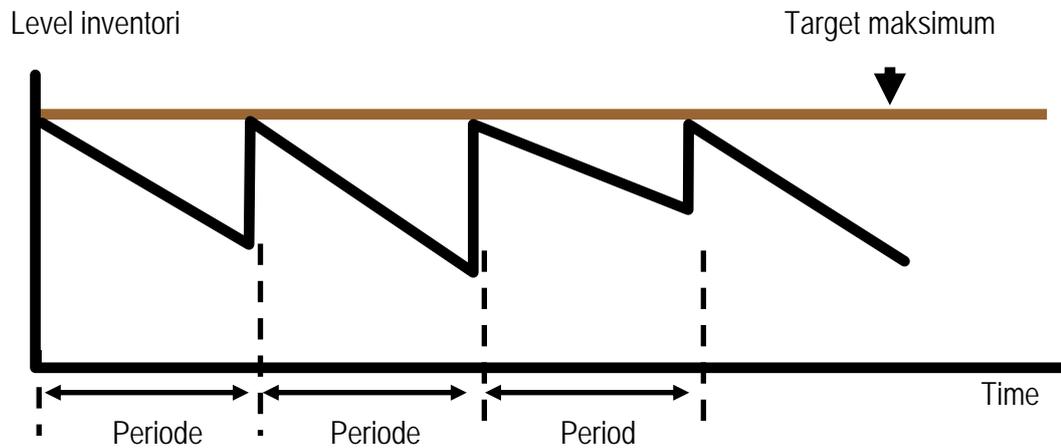
- ◆ Menjawab seberapa banyak memesan
- ◆ Pesanan ditempatkan pada interval yang fix
  - ◆ Inventori dibawa kepada jumlah target
  - ◆ Jumlah order bervariasi
- ◆ Tidak ada perhitungan kontinyu inventori
  - ◆ Kemungkinan dari stockout antar interval
- ◆ Berguna ketika vendor mengunjungi secara rutin
  - ◆ Contoh P&G representative menelpon setiap 2 minggu

##### a) Level Inventori dalam Sistem Periode yang Fix

Berbagai jumlah ( $Q_i$ ) dipesan dalam interval waktu yang reguler ( $p$ ) berdasarkan pada kuantitas yang dibutuhkan untuk menghasilkan inventori kepada target maksimum.



## b) Waktu Pemesanan pada Model Periode yang Fix



## V. SUPPLEMENT

### Model-model Inventory

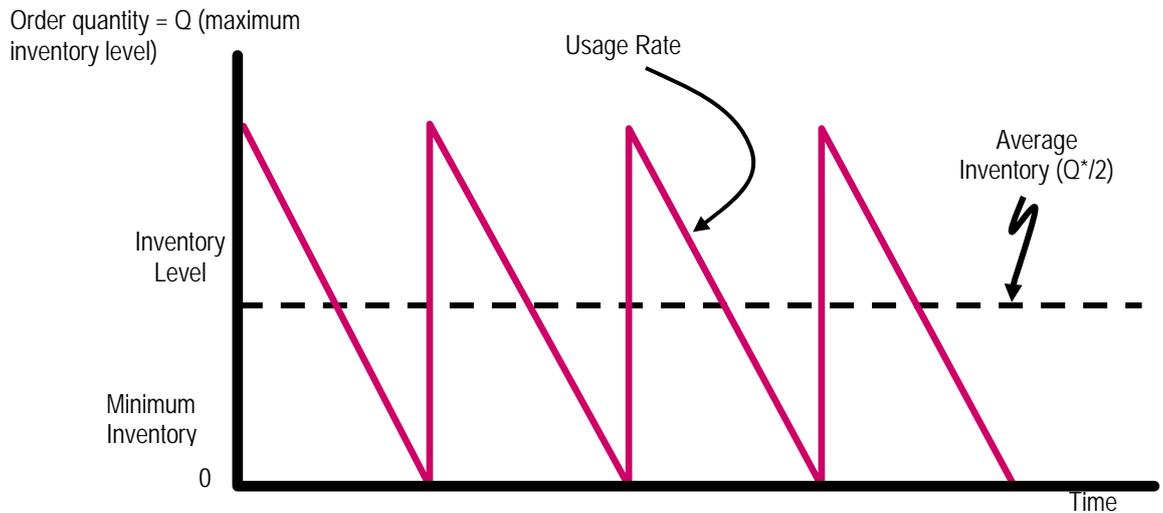
#### *Economic Order Quantity (EOQ) Model*

EOQ merupakan salah satu teknik kontrol persediaan yang paling tua dan banyak dikenal. Teknik ini dikemukakan oleh Ford Harris sekitar tahun 1915.

Dalam teknik ini diasumsikan bahwa:

- Demand (Permintaan) diketahui dan bersifat konstan
- Lead Time diketahui dan konstan
- Quantity discount tidak dimungkinkan
- Variabel biaya yang diketahui hanyalah biaya pesan dan biaya simpan
- Stockouts (Shortages) sedapatnya dihindari.

Dengan asumsi tersebut, sistem inventory dapat ditunjukkan oleh gambar berikut



a. Model EOQ dengan Lead Time = 0

Pada model ini diasumsikan demand telah diketahui dengan pasti, ongkos pesan tetap, waktu tunggu (lead time) = 0, harga barang yang dibeli tidak tergantung pada dan ukuran pemesanan serta jumlah barang yang dipesan selalu tetap (sebesar Q)

Pada model ini, perhitungan yang dapat digunakan adalah:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Sedangkan perhitungan ongkos totalnya dapat dilakukan dengan rumus

TC	= (DS / Q) + ( H * ( Q / S ))
EOQ	= Kuantitas pesanan optimal
Q	= Kuantitas pesanan
D	= Demand (permintaan) tahunan
S	= Biaya pesan (Ordering Cost / Setup Cost)
H	= Biaya simpan (Carrying Cost)
TC	= Biaya total

b. Model EOQ dengan Lead Time ≠ 0

Pada model ini, kondisi waktu pemesanan terhadap datangnya barang yang dipesan memerlukan waktu tertentu (Lead time ≠ 0). Dengan demikian dalam inventori harus diperhitungkan juga pada saat persediaan tersisa beberapa, harus dilakukan pemesanan barang lagi (Reorder Point).

Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya kuantitas barang yang harus dipesan sama dengan model di atas. Sedangkan perhitungan reorder pointnya akan tergantung pada siklus persediaan (Inventori cycle) yang ada. Gambar 2a menggambarkan kurva dengan lead time < inventory cycle. Sedangkan gambar 2b menggambarkan kurva dengan lead time > cycle time.

Rumus yang digunakan untuk menghitung reorder point adalah sebagai berikut:

$R = L D / (\text{Jumlah hari kerja})$  ; (Bila  $L < C$ )

$R = F (L/C) * Q$ ; Bila  $L > C$ )

dimana

R = Reorder point

L =Lead time

C = Inventory Cycle

Catatan p:

F (L/C) merupakan angka sisa ratio antara lead time dan inventory cycle, misal C = 0,2 tahun dan L = 90 hari, maka  $F(L/C) = [(90/365)/0,2] = 0,23$ .

*c. Model EOQ dengan Kecepatan Pemenuhan Uniform*

Pada. model ini terdapat suatu kurun waktu penambahan inventori (tp) dan pengurangan inventori (td). Gambar berikut menunjukkan bahwa selama barang-barang diproduksi, juga digunakan pada tingkat yang relatif lebih rendah. Model ini

penting karena anggapan kuantitas pesanan diterima semua pada saat yang sama seringkali tidak akurat. Rumusan untuk model ini mengikuti persamaan berikut:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H[1 - (d/p)]}}$$

d = tingkat permintaan / Penggunaan harian

p = tingkat produksi harian

t = lama produksi dalam hari.

Perhitungan biaya totalnya akan mengikuti rumus berikut

$$TC = ((DS)/Q) + (H ( Q/2 )*(1 - (d/p)))$$

Pada model ini ditentukan juga tingkat persediaan maksimum (1) dengan persamaan

$$I = pt - dt$$

= Total produksi - Total Persediaan

*d Model EOQ dengan Back Order.*

Pada kasus tertentu sering perusahaan mengalami kekurangan persediaan. Kasus ini terutama terjadi pada barang-barang dengan harga yang cukup tinggi (Seperti mobil, alat-alat berat, dll). Bila barang-barang tersebut disuplai terlambat ke pesanan-pesanan di waktu lalu, back order akan terjadi.

Rumus yang digunakan model ini adalah :

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H} \times \frac{H + B}{B}}$$

Kelebihan Persediaan dihitung dengan

$$I = \sqrt{\frac{2DS}{H} \times \frac{B}{H+B}}$$

Maka jumlah yang dipesan kembali adalah sebesar:

$$Q-I=Q(1-(B/(B+H)))$$

Dimana:

B = Back Ordering

I = Kekurangan persediaan

Perhitungan biaya total mengikuti rumus sebagai berikut:

$$TC = H \frac{I}{2Q} + S \frac{D}{Q} + B \frac{(Q-1)}{2Q}$$

*e. Model EOQ dengan mempertimbangkan Discount Quantity*

Untuk meningkatkan penjualan yang banyak perusahaan yang menawarkan potongan harga kepada pelanggannya. Sebagaimana model-model inventori yang terdahulu, tujuan dari EOQ model ini adalah untuk meminimalkan total biaya. Kuantitas yang besar akibat adanya potongan terhadap harga pembelian belum tentu menyebabkan total biaya inventori menjadi minimal. Dengan potongan harga yang besar maka harga pembelian berkurang, hal ini menyebabkan peningkatan biaya simpan akibat kuantitas item yang besar. Pengambilan keputusan berdasarkan model ini harus mempertimbangkan adanya pengurangan biaya produksi dengan penambahan biaya simpan.

***(i) potongan kuantitas dengan biaya penyimpanan merupakan suatu Prosentase dari harga.***

Dalam situasi ini supplier memberikan pengurangan harga kepada para langgan pada kuantitas yang berbeda-beda dan biaya simpan per unit dinyatakan dalam persen harga. Persamaan total biaya inventory untuk model ini menjadi

$$TC = \frac{D}{Q}S + \frac{QIP}{2} + PD$$

Perhitungan kuantitas pesanan ekonomis akan mengikuti rumus berikut:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{iP}}$$

Dimana:

P = harga pembelian / unit

I = biaya, simpan dalam bentuk harga pembelian / unit / tahun

Suatu tabel potongan harga diberikan sebagai berikut :

Order Size	Unit Variabel Cost
$0 < Q < q_1$	C1
$q_1 \leq Q < q_2$	C2
$q_2 \leq Q < q_3$	C3
$q_3 \leq Q$	C4

Prosedur perhitungan sebagai dasar pengambilan keputusan dengan menggunakan model EOQ dengan adanya potongan harga adalah sebagai berikut :

**Langkah 1.**

Hitung EOQ pada harga terendah (C4). Jika  $EOQ < q_3$ , maka EOQ tidak fisibel. Hitunglah TIC dengan menggunakan kuantitas yang fisibel terhadap harga C4 ( $q_3$ ). Jika EOQ fisibel hitunglah TIC menggunakan harga tersebut.

**Langkah 2.**

Hitunglah EOQ dan TIC pada, harga terendah berikutnya dengan proses yang sama seperti langkah 1

**Langkah 3.**

Bandingkan TIC dan masing-masing harga

**Langkah 4.**

Pilih order yang memberikan total biaya minimal.

**(ii) Potongan Kuantitas dengan Biaya Penyimpanan Tertentu**

Bila biaya penyimpanan per unit tidak dinyatakan dalam prosentase dari harga pembelian melainkan bervariasi sesuai ketentuan, pencarian kuantitas pesanan optimal memerlukan perhitungan seluruh biaya minimum yang fisibel. Digunakan prosedur sebagai berikut :

- a. Hitung EOQ untuk setiap harga
- b. Hitung biaya total untuk setiap harga dan biaya simpan pada kuantitas fisibel.
- c. Bila EOQ tidak fisibel, hitung total biaya pada kuantitas terendah yang fisibel
- d. Kuantitas pesanan optimal adalah EOQ yang menghasilkan total biaya minimum

Persamaan yang digunakan:

$$TC = \frac{D}{Q} S + \frac{QH}{2} + PD$$

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

## VI. TUGAS

### Soal 1:

Analisis ABC		
Nomor Stok	Volume \$ Tahunan	Persentase dari Volume \$ Tahunan
J24	12,500	46.2
R26	9,000	33.3
L02	3,200	11.8
M12	1,550	5.8
P33	620	2.3
T72	65	0.2
S67	53	0.2
Q47	32	0.1
V20	30	0.1
		Total = 100.0

Apakah grup ABC yang tepat untuk item-item inventori di atas?

### Soal 2:

Sebuah perusahaan memiliki 1.000 item "A" (yang mana dihitung setiap minggu, misal 5 hari), 4,000 item "B" (dihitung setiap 40 hari), dan 8,000 item "C" (dihitung setiap 100 hari). Berapa banyak item harus dihitung per hari?

### Soal 3:

Asumsikan anda memiliki suatu produk dengan parameter sebagai berikut:

Ermintaan tahunan = 360 units

Holding cost per tahun = \$1.00 per unit

Order cost = \$100 per order

Tentukan EOQ untuk produk tersebut.

### Soal 4:

Data berasal dari Soal 3 dan asumsikan 300 hari kerja per tahun. Berapa banyak pesanan harus dikerjakan per hari? Berapakah waktu ekspektasi antar pesanan?

**Soal 5:**

Berapakah total ongkos untuk kebijakan inventori yang digunakan dalam soal 3?

**Soal 6:**

Berdasarkan soal 3-5, berapakah ongkos yang timbul jika permintaan menjadi lebih tinggi dari yang diestimasikan (misal 500 units lebih dari 360 units), tapi EOQ pada soal 3 di atas yang digunakan? Berapakah total ongkos tahunannya?

**Soal 7:**

Jika permintaan untuk suatu item adalah 3 unit per hari dan delivery lead-time adalah 15 hari, apakah yang harus digunakan untuk simple re-order point?

**VII. GLOSARIUM**

Telah jelas

**VIII. DAFTAR PUSTAKA**

1. Groover, M. P. (2001). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. New Jersey. Prentice Hall International, Inc.
2. Fogarty, D.W., Blackstone, J.H., and Hoffmann, T.R. (1991). *Production and Inventory Management*. South Western Publishing, Co. Ohio.
3. Heizer, J. and Render, B. (2004). *Principle of Operations Management..* Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey.
4. Stevenson, William J. (2005). *Operations Management*. McGraw-Hill International

# BAB 9

## PERENCANAAN AGREGAT

---

### *AGREGAT PLANNING*

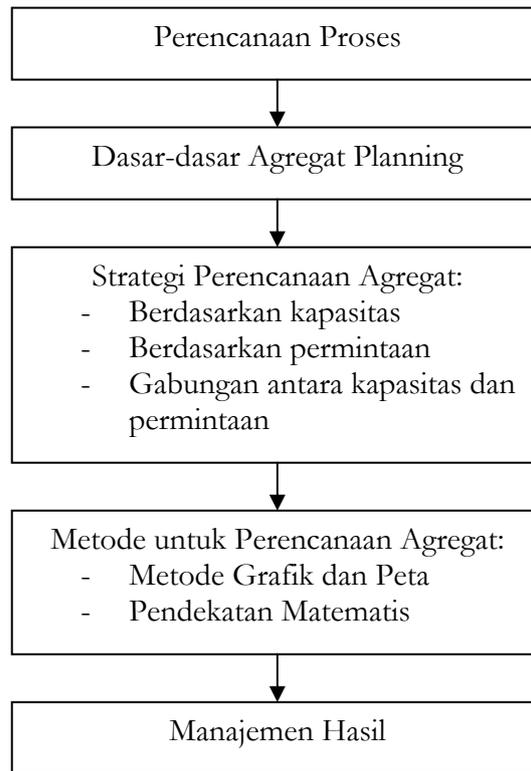
*Oleh : Arya Wirabhuana, Tutik Farihah, dan Dwi Agustina*

#### I. KOMPETENSI DASAR

Mahasiswa mampu untuk:

- ◆ *Mengidentifikasi dan mendefinisikan:*
  - ◆ Perencanaan Agregat
  - ◆ Penjadwalan Taktis
  - ◆ Metode Grafik untuk Perencanaan Agregat
  - ◆ Metode Matematika untuk Perencanaan Agregat
- ◆ *Menggambarkan dan Menjelaskan:*
  - ◆ Bagaimana Melakukan Perencanaan Agregat
  - ◆ Bagaimana Perusahaan Jasa Membuat Perencanaan Agregat

#### II. PETA KONSEP



### III. SENARAI

#### Anheuser-Busch

- ◆ Anheuser-Busch memproduksi hamper 40% dari konsumsi bir di Amerika Serikat.
- ◆ Menyesuaikan fluktuasi permintaan berdasarkan merk terhadap pabrik, pekerja, dan kapasitas inventori.
- ◆ Membutuhkan utilisasi fasilitas yang tinggi
  - ◆ Perawatan efektif
  - ◆ Pekerja yang efisien
  - ◆ Penjadwalan fasilitas yang efisien

### IV. MATERI POKOK

Perencanaan produksi adalah pernyataan rencana produksi dalam bentuk,agregat. Perencanaan produksi ini merupakan alat komunikasi antara menejemen teras (Top Manajemen) dan manufaktur. Disamping itu juga perencanaan produksi merupakan pegangan untuk merencanakan jadwal induk produksi. Perencanaan produksi tertentu biasanya berkaitan langsung dengan kapasitas produksi yang dimiliki

perusahaan. Oleh karena itu kendala pertama dalam pembuatan rencana adalah kapasitas produksi yang terbatas.

Untuk memenuhi permintaan yang besarnya berfluktuasi, maka perusahaan perlu mengadakan perencanaan besarnya produksi tiap periode sesuai dengan kapasitas yang dimiliki oleh perusahaan tersebut. Beberapa fungsi perencanaan produksi yaitu :

1. Menjamin rencana penjualan dan rencana produksi konsisten terhadap rencana strategi perusahaan.
2. Alat ukur informasi proses perencanaan produksi.
3. Menjamin kemampuan produksi konsisten terhadap rencana produksi. Memonitor hasil produksi aktual terhadap rencana produksi dan membuat penyesuaian.
4. Mengatur persediaan produk jadi untuk mencapai target produksi dan rencana strategis.
5. Mengarahkan penyusunan dan pelaksanaan jadwal induk produksi.

Sedangkan perencanaan produksi bertujuan

1. Sebagai langkah awal untuk menentukan aktivitas produksi yaitu sebagai referensi perencanaan lebih rinci dari rencana agregat menjadi item-item dalam jadwal induk produksi.
2. Sebagai masukan perencanaan sumber daya sehingga perencanaan sumber daya dapat dikembangkan untuk mendukung perencanaan produksi.
3. Meredam (stabilisasi) produksi dan tenaga kerja terhadap fluktuasi permintaan.

### **KARAKTERISTIK PERENCANAAN PRODUKSI**

Agar manajemen teras dapat terfokuskan seluruh tingkat produksi dinyatakan dalam kelompok produk atau famili (agregat). Satuan unit yang dipakai dalam perencanaan produksi bervariasi dari pabrik ke pabrik lain. Hal ini tergantung dari Jenis produk seperti : ton, liter, kubik, jam mesin atau jam orang. Jika satuan unit sudah ditetapkan maka faktor konversi ditetapkan sebagai alat komunikasi dengan departemen lainnya seperti bagian pemasaran dan akuntansi. Satuan unit di atas harus dikonversikan dalam bentuk satuan rupiah. Disamping itu juga faktor konversi diperlukan untuk menterjemahkan perencanaan produksi ke jadwal induk produksi.

Perencanaan produksi mempunyai waktu, yang cukup panjang biasanya 5 tahun. Rencana ini digunakan untuk perencanaan sumber daya seperti ekspansi, pembelian mesin, dan lain lain.

### **STRATEGI PERENCANAAN PRODUKSI (AGREGAT)**

Ada beberapa strategi yang harus dilakukan untuk membuat perencanaan yaitu dengan melakukan manipulasi persediaan, laju produksi, jumlah tenaga kerja, kapasitas atau variabel terkendali lainnya. Jika perubahan dilakukan terhadap salah satu variabel sehingga terjadi perubahan laju produksi, disebut strategi murni sehingga diperoleh perencanaan produksi feasibel.

Beberapa strategi murni yaitu :

1. Mengendalikan jumlah persediaan  
Persediaan dapat dilakukan pada saat kapasitas produksi dibawah permintaan. Persediaan ini dapat digunakan pada saat permintaan diatas kapasitas produksinya,
2. Mengendalikan jumlah tenaga kerja.  
Manajer dapat dilakukan perubahan Jumlah tenaga kerja dengan menambah atau mengurangi tenaga kerja
3. Sub Kontrak  
Sub kontrak dapat dilaksanakan untuk untuk menaikkan kapasitas pada saat perusahaan sehingga permintaan dapat dipenuhi
4. Mempengaruhi permintaan  
Manajemen dapat melakukan tindakan untuk mempengaruhi tingkat permintaan. Sebagai contoh : PT Telkom memberikan potongan Jasa pada malam hari  
Untuk menentukan strategi perencanaan produksi yang sesuai, manajemen harus menentukan satu atau gabungan dari strategi diatas sehingga biaya total menjadi minimum.

### **Prosedur Perhitungan Menggunakan Agregat Planning.**

Ada beberapa metode yang digunakan untuk menghitung besarnya biaya agregat yang diperlukan. Seringkali beberapa metode dibandingkan satu dengan yang lain, untuk menetapkan alternatif pilihan yang tepat digunakan bagi industri tersebut.

Dasar dari agregat ini adalah meminimumkan cost dengan sumber-sumber yang ada untuk produksi dalam memenuhi permintaan terhadap produk.

Metode-metode tersebut antara lain

1. Level Work Force.
2. Level Work Force plus Overtime.
3. Chase Strategy.
4. Linier Programming.

Dari evaluasi terhadap strategi-strategi tersebut dapat diketahui besarnya kebutuhan (produksi) yang diperlukan.

#### **Level Work Force**

Pada metode ini kita harus menghitung banyaknya tenaga kerja yang dibutuhkan berdasar permintaan dan inventori yang ada. Sejak awal hingga akhir proses, inventori diasumsikan tetap. Tenaga kerja yang ada harus dapat memenuhi kebutuhan permintaan total selama satu tahun. Diasumsikan pula tidak ada overtime atau kelebihan waktu kerja.

#### **Level Work Force plus overtime**

Pada strategi kedua ini sedikit lebih kompleks dibandingkan dengan strategi sebelumnya. Itu terjadi karena adanya overtime yang digunakan. Keseluruhan prosedur perhitungan yang dilakukan sama dengan metode Level Work Force.

#### **Chase Strategy**

Pada strategi ini terdapat kebutuhan tenaga kerja yang bervariasi setiap bulannya berdasar permintaan yang harus dipenuhi. Hal ini dilakukan dengan adanya penarikan

dan pemberhentian tenaga kerja. Adanya perubahan ini diperhitungkan berdasarkan kebutuhan tenaga kerja yang dibutuhkan berdasarkan permintaan yang harus dipenuhi. Berkaitan dengan adanya biaya-biaya yang selalu bervariasi disetiap bulannya.

### ***Linear Programming***

Strategi ini digunakan untuk prosedur perhitungan dimana produksi yang berjalan terdiri dari dua macam produk atau lebih. Karena tidak mungkin diselesaikan dengan metode sebelumnya, maka metode ini merupakan salah satu metode perhitungan yang dapat digunakan. Prosedur yang dilakukan melalui metode simplek yang biasanya terdapat dalam perhitungan mengenai penelitian operasional.

Dari perhitungan total cost setiap strategi di atas kita dapat menentukan alternatif pilihan yang dapat digunakan berdasar total biaya minimum. Sebagai catatan bahwa strategi yang dipilih bukan satu-satunya alternatif yang terbaik. Hal ini harus disesuaikan dengan kondisi kerja yang ada di tempat kerja. Beberapa alternatif lain walaupun bukan merupakan alternatif yang terbaik, tetapi dapat digunakan jika berdasar evaluasi yang ada di tempat kerja, lebih digunakakan dari strategi yang dipilih.

### **Ruang Lingkup Agregat Planning**

Pada dasarnya perencanaan produksi agregat merupakan suatu proses penetapan tingkat output/kapasitas produksi secara keseluruhan guna memenuhi tingkat permintaan yang diperoleh dari peramalan dan pesanan dengan tujuan meminimalkan total biaya produksi.

Perencanaan dititik beratkan pada kuantitas dan waktu pemenuhan permintaan. Jika total permintaan selama periode perencanaan berbeda dengan kapasitas yang tersedia, maka ada 2 alternatif pendekatan yang umum yang dapat dilakukan oleh seorang perencana, yaitu:

1. Menambah permintaan jika permintaan lebih kecil daripada kapasitas  
Pendekatan ini dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut:
  - a. Perubahan Harga atau Penetapan Harga
  - b. Iklan dan Promosi
  - c. Back order
  - d. Fluktuasi permintaan.
2. Mengubah ketersediaan kapasitas (suplai), yang terdiri dari:
  - a. Pengangkatan dan pemberhentian tenaga kerja
  - b. Overtime ( kerja lembur ).
  - c. Tenaga kerja paruh waktu
  - d. Inventory
  - e. Subkontrak
  - f. Mengadakan perjanjian kerjasama

### **Fungsi Dan Tujuan Perencanaan Agregat**

Beberapa fungsi dari perencanaan agregat yaitu :

1. Menjamin rencana penjualan dan rencana produksi konsisten terhadap rencana strategi perusahaan
2. Alat ukur performansi proses perencanaan produksi
3. Menjamin kemampuan produksi konsisten terhadap rencana produksi
4. Memonitor hasil produksi aktual terhadap rencana produksi dan membuat penyesuaian
5. Mengatur persediaan produk jadi untuk mencapai target produksi dan membuat penyesuaian
6. Mengarahkan penyusunan dan pelaksanaan jadwal induk produksi.

### **Input Perencanaan Agregat**

Informasi yang diperlukan untuk membuat perencanaan agregat yang efektif adalah :

1. Sumber daya yang tersedia sepanjang periode rencana produksi harus diketahui
2. Data permintaan yang berasal dari peramalan dan pesanan harus tersedia
3. Memasukkan kebijakan perusahaan yang berkenaan dengan perencanaan agregat, misalnya perubahan tingkat tenaga kerja, dan penentuan kebutuhan sumber daya.

### **Tujuan Perencanaan Agregat**

Perencanaan Agregat bertujuan untuk :

1. Mengembangkan perencanaan produksi yang feasibel pada tingkat menyeluruh yang akan mencapai “keseimbangan” antara permintaan dan suplai dengan memperhatikan biaya minimal dari rencana produksi yang dibuat, walaupun biaya bukan satu-satunya bahan pertimbangan.
2. Sebagai masukan perencanaan sumber daya sehingga perencanaan sumber daya dapat dikembangkan untuk mendukung perencanaan produksi.
3. Meredam ( stabilisasi ) produksi dan tenaga kerja terhadap fluktuasi permintaan.

### **Biaya Perencanaan Agregat**

Sebagian besar metode perencanaan agregat menentukan suatu rencana yang meminimumkan biaya. Metode-metode ini mengasumsikan bahwa permintaan adalah tetap, karena itu strategi untuk memodifikasi permintaan tidak dipertimbangkan. Jika permintaan dan pasokan atau sumber daya di modifikasi serempak, maka cara ini akan lebih tepat untuk meminimumkan biaya.

Jika permintaan diketahui, maka biaya-biaya berikut harus dipertimbangkan :

1. *Biaya mempekerjakan dan pemecatan .*
2. *Biaya lembur dan menganggur*
3. *Biaya penyimpanan sediaan*
4. *Biaya subkontrak*
5. *Biaya tenaga kerja paro-waktu*
6. *Biaya kehabisan persediaan atau pemesanan ulang.*

### **Perencanaan Agregat Membutuhkan:**

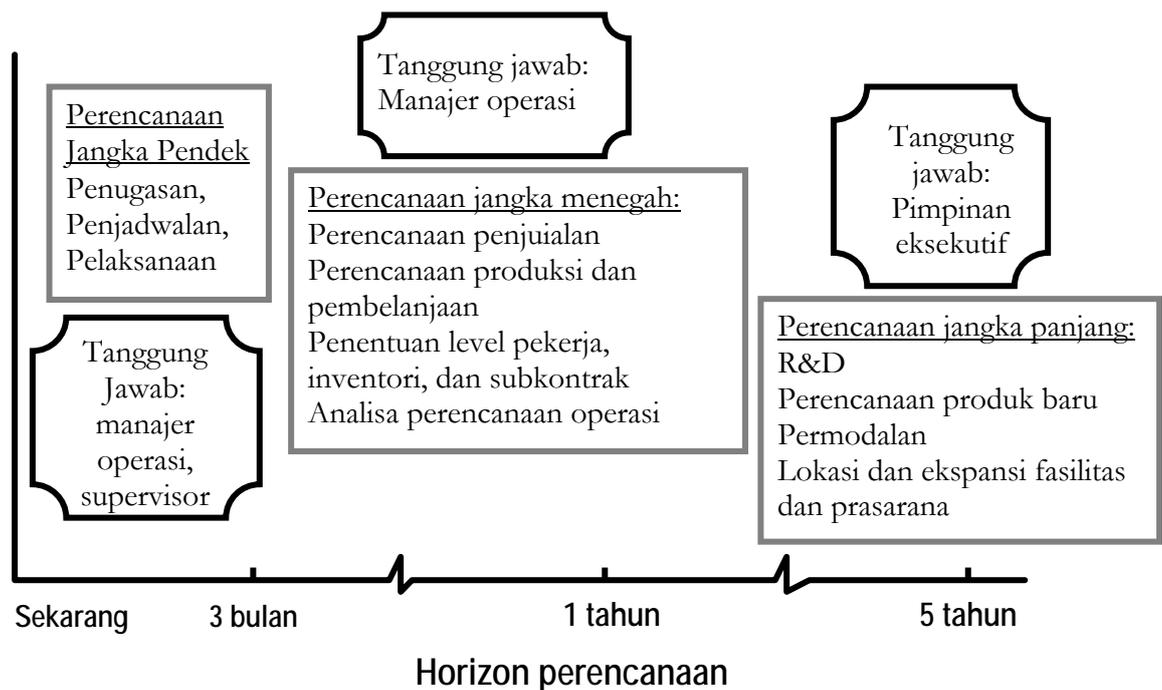
- ◆ Unit pengukuran penjualan dan output
- ◆ Peramalan permintaan untuk perencanaan jangka menengah dalam unit agregat
- ◆ Metode penentuan ongkos

- ◆ Model yang mengkombinasikan peramalan dan ongkos sehingga keputusan perencanaan dapat dibuat

#### Perencanaan :

- ◆ Menentukan tujuan dan sasaran
  - ◆ Contoh: Memenuhi permintaan dalam batas sumber daya yang tersedia dengan ongkos yang paling rendah
- ◆ Menentukan langkah-langkah untuk mencapai tujuan:
  - ◆ Contoh: menggunakan lebih banyak pekerja
- ◆ Menentukan tanggal awal dan akhir
  - ◆ Contoh: Mulai bulan Januari; berakhir bulan Maret
- ◆ Memberikan Tanggung Jawab

#### Jangka (Horizon) Perencanaan



#### Apa saja yang dibutuhkan dalam Perencanaan Agregat

Sebuah model perencanaan agregat yang berdasarkan matematis perlu untuk mempertimbangkan:

- ◆ Waktu
  - ◆ Definisi masalah
  - ◆ Model pengembangan
  - ◆ model verifikasi
  - ◆ model aplikasi

- ◆ Keahlian
  - ◆ Orang yang memahami masalah
  - ◆ Orang yang memahami baik proses pemodelan dan mode spesifik
- ◆ Uang
  - ◆ Uang untuk membayar semua hal di atas
  - ◆ Terkadang membutuhkan dana untuk beberapa orang selama beberapa bulan

### **Perencanaan Agregat**

- ◆ Menjamin kuantitas dan waktu produksi untuk jangka menengah ke depan
  - ◆ Biasanya 3 sampai 18 bulan ke depan
- ◆ Mengkombinasikan (jagregat) produksi
  - ◆ Dinyatakan dalam unit yang umum , missal : jam, rupiah
- ◆ Melibatkan variabel kapasitas dan permintaan

### **Tujuan Agregat Planning**

- ◆ Pemenuhan permintaan
- ◆ Penggunaan kapasitas secara efisien
- ◆ Penyesuaian dengan kebijakan inventori
- ◆ Ongkos minimal
  - ◆ Pekerja
  - ◆ Inventori
  - ◆ Pabrik dan peralatan
  - ◆ Subkontrak

### **Strategi Perencanaan Agregat**

#### **1. Strategi Murni**

- ◆ Berdasarkan kapasitas — perubahan kapasitas
  - ◆ Merubah tingkat inventori
  - ◆ Memvariasikan jumlah pekerja dengan menyewa (hiring) atau menghentikan (lay off)
  - ◆ Memvariasikan kapasitas produksi melalui lembur atau idle time
  - ◆ Subkontrak
  - ◆ Menggunakan pekerja paruh waktu
- ◆ Berdasarkan permintaan — perubahan permintaan :
  - ◆ Mempengaruhi permintaan
  - ◆ *Backorder* pada periode permintaan tinggi

:

#### **2. Strategi Campuran**

- ◆ Kombinasi dari 2 atau lebih pilihan penjadwalan agregat.

### 3. Strategi Penjadwalan Level

- ◆ Memproduksi Jumlah yang sama setiap hari
- ◆ Menentukan level tenaga kerja secara konstan
- ◆ Memvariasikan kapasitas non-tenaga kerja atau pilihan permintaan
- ◆ Terkadang ,emghasilkan ongkos produksi terendah



### Metode Agregat Planning

- ◆ Metode Grafik dan Peta
  - ◆ Populer dan mudah untuk dimengerti
  - ◆ Pendekatan secara trial & error
- ◆ Pendekatan Matematis
  - ◆ Metode Transportasi
  - ◆ Keputusan linier
  - ◆ Model manajemen koefisien
  - ◆ Simulasi

### Pendekatan Grafik untuk Perencanaan Agregat:

- ◆ Ramalkan permintaan untuk setiap periode
- ◆ Tentukan kapasitas untuk waktu regular, lembur, dan subkontrak untuk setiap periode
- ◆ Tentukan *labor costs*, *hiring costs*, *firing costs*, dan *inventory holding costs*
- ◆ Pertimbangkan kebijakan perusahaan berkaitan dengan tingkat pekerja atau stok.
- ◆ Membuat perencanaan alternative dan periksa total ongkosnya.

### Perbandingan Tiga Metode Perencanaan Agregat

Teknik	Pendekatan	Aspek
Metode peta/grafik	Trial dan error	Mudah dimengerti, mudah untuk digunakan, bantak solusi, satu pilihan mungkin tidak optimal
Metode transportasi	optimisasi	Tersedia software LP,

		dapat menggunakan analisis sensitivitas dan kendala, fungsi linier dapat tidak realistis.
Model manajemen koefisien	heuristik	Sederhana, mudah untuk diimplementasikan, menggunakan regresi

### Membuat Manajemen Hasil Efektif

- ◆ Struktur Multiple pricing harus layak dan logik
- ◆ Ramalkan penggunaan dan durasi penggunaan
- ◆ Pengaturan perubahan dalam permintaan

### Matriks Manajemen Hasil

		Fix	Variabel
Lama penggunaan	Penggunaan yg dapat diprediksi	Quadrant 1 stadium, arena, pusat konvensi, ruangan pertemuan	Quadrant 2 Hotel, Pesawat, peminjaman mobil, kapal
	Penggunaan yg tidak dapat diprediksi	Quadrant 3 Restoran, Golf, Penyedia jasa Internet	Quadrant 4 Perawatan rumah sakit yg berkelanjutan

## V. SUPLEMEN

Strategi dan Teknik Perencanaan Produksi.

Banyak strategi perencanaan agregat yang tersedia . Strategi-strategi tersebut meliputi pengaturan inventori, tingkat produksi, kebutuhan tenaga kerja, kapasitas adn variabel-variabel kontrol lainnya. Secara garis besar strategi perencanaan agregat terbagi 2, yaitu :

#### *Strategi Murni*

Strategi murni adalah strategi dengan melakukan perubahan pada salah satu faktor yang tersebut diatas, yang meliputi :

1. Mengendalikan jumlah sediaan
2. Mengendalikan jumlah tenaga kerja
3. Subkontrak

#### 4. Mempengaruhi permintaan.

##### *Strategi Campuran*

Strategi ini merupakan penggunaan dua atau lebih strategi murni untuk menghasilkan perencanaan produksi yang feasible.

Apapun strategi yang dipertimbangkan oleh sebuah perusahaan ada 2 faktor yang perlu diperhatikan, yaitu: kebijakan perusahaan dan biaya. Dimana kebijakan perusahaan menjadi pembatas dalam penerapan suatu alternatif dan perluasan yang dapat digunakan.

Pada dasarnya metode-metode yang ada adalah mengupayakan adanya minimasi cost dengan tetap memenuhi permintaan terhadap produk. Metode-metode ini antara lain:

1. *Level Work Force*
2. *Level Work Force plus Overtime*
3. *Chase Strategi*
4. *Linear programming*
5. *Compromise Strategi*

Untuk sistem MRP II, biasanya menggunakan tiga alternatif strategi perencanaan produksi, yaitu: *level method*, *chase strategi* dan *compromise strategy*

- *Level method* didefinisikan sebagai metode perencanaan produksi yang mempunyai distribusi merata dalam produksi. Dalam perencanaan produksi, level method akan mempertahankan tingkat kestabilan produksi sementara menggunkan inventori yang bervariasi untuk mengakumulasi output apabila terjadi kelebihan permintaan total.
- *Chase strategi* didefinisikan sebagai metode perencanaan produksi yang mempertahankan tingkat kestabilan inventori, sementara produksi bervariasi mengikuti permintaan total.
- *Compromise strategi* merupakan kompromi antara kedua metode perencanaan produksi diatas.

##### *Empat (4) Langkah utama dalam Proses Perencanaan Produksi*

###### Langkah 1:

Mengumpulkan data yang relevan dengan perencanaan produksi. Data permintaan yang berasal dari hasil peramalan yang bersifat belum pasti dan pesanan yang bersifat pasti pada periode-periode tertentu. Memperhatikan backlog (pesanan yang telah diterima pada waktu lalu namun belum dikirim), kuantitas produksi di waktu lalu yang masih kurang dan harus diproduksi, dan lain-lain. Penjumlahan dari data ini merupakan total permintaan produk pada titik waktu tertentu. Selanjutnya mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan inventori awal.

###### Langkah 2:

Mengembangkan data yang relevan itu menjadi informasi yang teratur seperti dalam tabel berikut:

Deskripsi	Periode Waktu ( bulan )											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Ramalan penjualan	-											
2. Pesanan ( orders)	-											
3. Permintaan Total = 1 + 2	-											
4. Rencana Produksi												
5. Inventori												

Keterangan : periode 0 adalah periode lalu. Informasi yang berkaitan dengan inventori awal yang ada ditempatkan pada periode 0.

### Langkah 3 :

Menentukan kapabilitas produksi, berkaitan dengan sumber-sumber daya yang ada

### Langkah 4 :

Melakukan *partnership meeting* yang dihadiri oleh manajer umum, manajer PPIC, manajer produksi, manajer pemasaran, manajer keuangan, manajer rekayasa (engineering), manajer pembelian dan manajer-manajer lain yang dianggap relevan.

Hal ini dilakukan karena perencanaan produksi adalah aktivitas pada hierarki tertinggi ( level 1) yang dilakukan oleh manajemen puncak. Rencana produksi yang akan dibuat harus mengacu pada permintaan total, sehingga formula umum untuk rencana produksi adalah :

$$\text{Rencana Produksi} = (\text{Permintaan Total} - \text{Inventori awal}) + \text{Inventori Akhir}$$

Formula ini adalah formula yang bersifat umum dengan masih memberikan toleransi pada penyimpanan inventori akhir sebagai tindakan pengamanan untuk menjaga kemungkinan hasil produksi aktual lebih rendah dari permintaan total.

Dalam perencanaan agregat ini strategi yang dipilih harus disesuaikan dengan situasi dan kondisi kerja yang ada ditempat kerja. Beberapa alternatif lain, walaupun bukan alternatif terbaik, tetapi dapat digunakan jika berdasarkan evaluasi yang ada ditempat kerja, lebih mungkin digunakan dari strategi terpilih.

*Teknik Perencanaan Produksi.*

Secara umum terdapat 2 kategori teknik perencanaan agregat, yaitu :

### Teknik Informal

Pendekatan Informal terdiri dari pengembangan tabel Spreadsheet dan grafik yang sederhana, yang memungkinkan perencanaan melakukan perbandingan secara visual antara kebutuhan permintaan dengan kapasitas yang ada. Pendekatan ini dilakukan dengan cara uji coba ( trial and error ), dimana hasil perhitungan dengan metode ini belum tentu menjamin

perencanaan produksi yang optimal. Alternatif-alternatif perencanaan yang dihasilkan biasanya dievaluasi berdasarkan total biaya.

### Teknik Matematikal

Dalam Teknik matematikal dikenal dua metode, yaitu : Linear Programming ( LP ) dan Transportasi. Pada LP diasumsikan semua variabel yang terlibat bersifat continuous. LP digunakan bila produksi yang berjalan terdiri dari dua macam produk atau lebih.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan LP ini, yaitu :

1. Memperhatikan Batas jumlah tenaga kerja untuk dapat berproduksi
2. Penentuan jumlah tenaga kerja awal dengan menentukan jumlah tenaga kerja yang diangkat dan dipecah
3. Penentuan jumlah inventori

Formulasi matematis

Notasi

$R_t$	=	Jam kerja Reguler (Regular Man-Hours)	(integer)
$P$	=	Tingkat produksi	(mh)
$C_p$	=	Biaya produksi	(Rp/mh)
$O_t$	=	Overtime	(mh)
$\alpha$	=	Prosentase overtime dari produksi normal	(%)
$C_o$	=	Overtime Cost	(Rp/mh)
$U_t$	=	Undertime/pengurangan jamkerja	(mh)
$\beta$	=	Prosentase undertime dari kondisi normal.	(%)
$C_l$	=	biaya untuk undertime	(Rp/mh)
$I_t$	=	Inventori pada	(mh)
$C_i$	=	Inventori Cost	(Rp/mh)
$B_t$	=	Backorder pada	(mh)
$C_b$	=	Backorder Cost	(Rp/mh)
$H_t$	=	Hiring pada periode t $H_t = 0, 1, 2, 3, \dots, n$	(TK, integer)
$C_h$	=	Hiring Cost (Biaya pengangkatan/orang)	(Rp/tk)
$F_t$	=	Firing pada periode t $F_t = 0, 1, 2, 3, \dots, n$	(TK, integer)
$C_r$	=	Firing Cost (biaya pemecatan/orang)	(Rp/TK)
$S_t$	=	Subcontract pada	(mh)
$C_s$	=	Biaya Subkontrak	(Rp/mh)

Fungsi Tujuan

$$\min C_p \sum_1^t P_t + C_r \sum_1^t R_t + C_o \sum_1^t O_t + C_u \sum_1^t U_t + C_h \sum_1^t H_t + C_f \sum_1^t F_t + C_b \sum_1^t B_t + C_i \sum_1^T I_t + C_s \sum_1^t S_t$$

Subject To

Constraint. 1

Batasan Demand

$$D_t + I_t - P_t - I_{t-1} - S_t \leq 0$$

Batasan Kapasitas produksi

$$P_t - R_t - O_t + U_t \leq 0$$

Constraint. 2 Penambahan/pengurangan Jumlah tenaga kerja pada periode t

$$R_t - R_{t-1} - w_{mb}H_t + w_{mb}F_t = 0$$

$$H_t - H_{max} \leq 0$$

$$F_t - F_{max} \leq 0$$

Constraint. 3. Toleransi overtime dari jam kerja normal

$$O_t - \alpha.R_t \leq 0$$

$$\alpha = \frac{\text{max overtime}}{\text{jumlah jam kerja/hari}} \leq 0$$

Constraint. 4 Toleransi undertime dari jam kerja normal

$$U_t - \beta.R_t \leq 0$$

$$\beta = \frac{\text{max undertime}}{\text{jumlah jam kerja/hari}}$$

Constraint. 5. Maximum inventori yang masih diperbolehkan.

$$I_t - I_{max} \leq 0$$

Constraint. 6. Maksimum backorder

$$B_t - B_{max} \leq 0$$

Constraint. 7. maksimum Subkontrak yang masih diperbolehkan

$$S_t \leq S_{max}$$

Constrain 8. minimum Inventori

$$I_t - \text{min Inventori } P_t \geq 0$$

Constrain 9 maksimum Tenaga Kerja

$$R_t - R_{max TK} \leq 0$$

End

$F_t, H_t$  integer

## VI. TUGAS

### Soal 1:

Buatlah permasalahan di bawah ini dalam format transportasi dan cari solusinya untuk perencanaan ongkos minimum.

	Periode		
	Feb	Mar	Apr
Permintaan	55	70	75

<b>Kapasitas</b>			
Reguler	50	50	50
Lembur	5	5	5
Subkontrak	12	12	10
Inventori awal	10		
<b>Ongkos</b>			
Waktu reguler	\$60 per unit		
Lembur	\$80 per unit		
Subkontrak	\$90 per unit		
Inventory carrying cost	\$1 per unit per bulan		
Back order cost	\$3 per unit per bulan		

## VII. GLOSARIUM

Telah Jelas

## VIII. DAFTAR PUSTAKA

1. Groover, M. P. (2001). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. New Jersey. Prentice Hall International, Inc.
2. Fogarty, D.W., Blackstone, J.H., and Hoffmann, T.R. (1991). *Production and Inventory Management*. South Western Publishing, Co. Ohio.
3. Heizer, J. and Render, B. (2004). *Principle of Operations Management..* Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey.
4. Stevenson, William J. (2005). *Operations Management*. McGraw-Hill International

# BAB 10

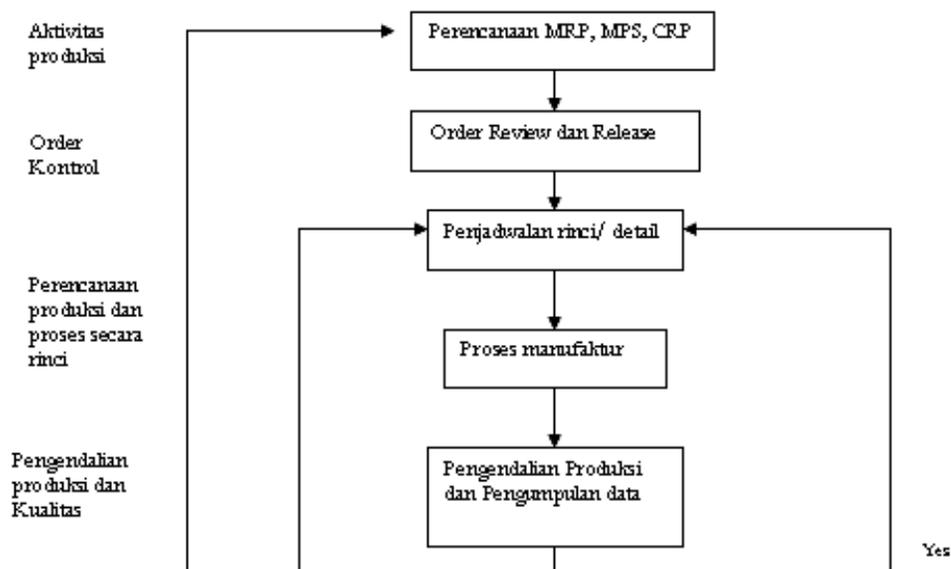
## PERENCANAAN KEBUTUHAN MATERIAL *MATERIAL REQUIREMENT PLANNING*

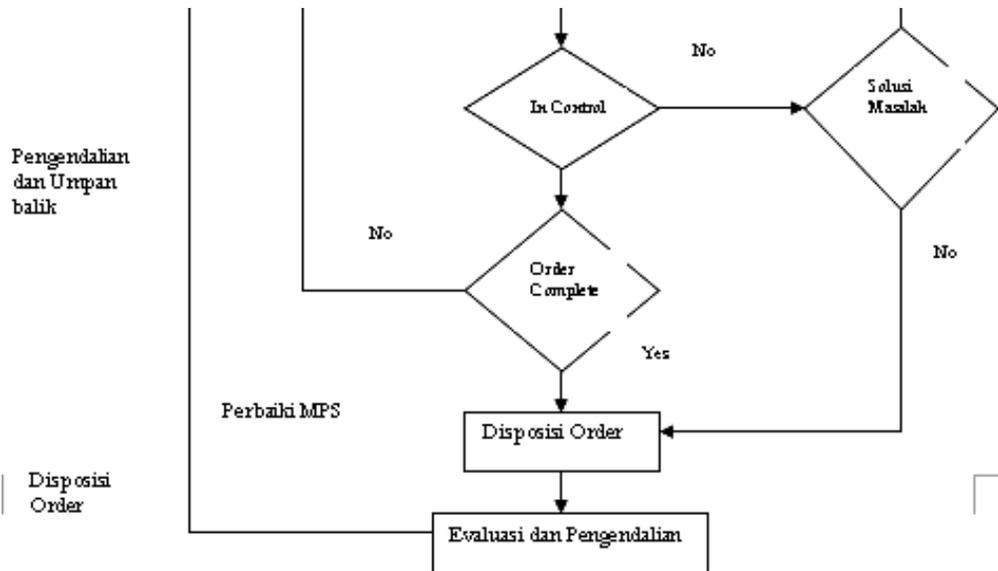
*Oleh : Arya Wirabhuana, Tutik Fariyah, dan Dwi Agustina*

### 1. KOMPETENSI DASAR

1. Mahasiswa mampu memahami konsep dasar dan perhitungan Material Requirement Planning dan Material Requirement Planning II
2. Mahasiswa mampu memahami penerapan Material Requirement Planning dalam kajian ilmiah dan perusahaan.

### 2. PETA KONSEP MATERI





### 3. CURRENT ISSUE

Evolusi proses perencanaan dan penjadwalan untuk dependent item telah dimulai awal tahun 1960. Suatu perubahan besar terjadi pertengahan tahun 1970 yang mempengaruhi sistem operasi kerja organisasi secara signifikan. Proses ini selanjutnya dikenal dengan Manufacturing Resource Planning(MRP II). MRP II diperkenalkan oleh Oliver Wight seorang konsultan manufaktur. MRP II yang diperkenalkan menyatakan hubungan antara keseluruhan bagian manajemen perusahaan dengan rantai produksi. MRP merupakan salah satu bagian dari MRP II

Bersamaan dengan penyempurnaan MRP II, Oliver Wight menyatakan sejumlah evaluasi performansi untuk mengukur tingkat performansi perusahaan dibandingkan dengan perusahaan yang ideal berdasarkan MRP II. Sejumlah evaluasi ini di publikasikan tahun 1977 dan dilakukan evaluasi terus menerus.

Berdasarkan evaluasi performansi yang di publikasikan tahun 1993, evaluasi dilakukan dengan membagi lima bagian besar yakni: proses perencanaan strategis, proses pengembangan tim, total kualitas dan proses peningkatan berkelanjutan, proses pengembangan produk baru, perencanaan dan pengendalian proses produksi.

## 4. MATERI POKOK

### A. Definisi Material Requirement Planning

Material Requirement Planning adalah teknik komputasi yang menjabarkan perencanaan produksi produk akhir ke dalam perencanaan yang lebih terperinci dari material dasar dan komponen lain yang digunakan. Perencanaan ini mengidentifikasi material dasar dan komponen lain yang digunakan untuk memproduksi suatu produk, juga menyatakan kapan tiap item material dasar harus dibeli dan didistribusikan. Karena itu meskipun MRP ini sangat efektif untuk meminimasi investasi persediaan, MRP juga dapat digunakan untuk perencanaan produksi dan pembelian material.

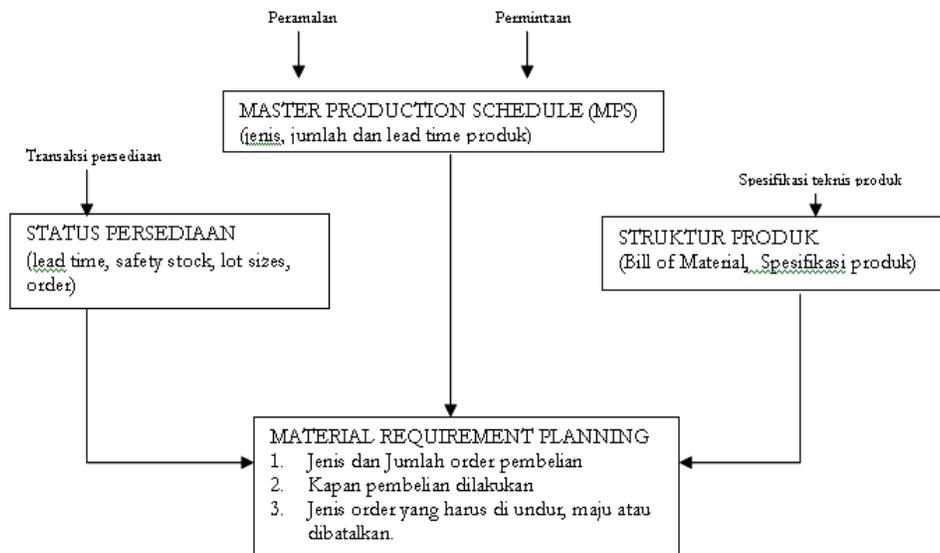
Permintaan akan item produk dapat dibedakan atas independent dan dependent item. **Independent** demand suatu produk berarti demand suatu produk tidak terkait dengan item yang lain. Independent demand seringkali berbentuk kontinu, memiliki kecenderungan tertentu akan tetapi nilainya fluktuatif karena pengaruh pasar. Sebaliknya demand dapat dikategorikan sebagai dependent demand suatu produk ketika dapat dilakukan perhitungan matematis dengan item lain. Hal ini dikarenakan item tersebut adalah komponen dari suatu produk akhir seperti: material dasar, subassembly. Dependent demand tidak ditentukan secara random akan tetapi seringkali berupa permintaan yang berjangka.

Sistem Material Requirement Planning (MRP) dikembangkan agar industri manufaktur dapat menentukan dependent demand item. Tujuan utama Material Requirement Planning (MRP) adalah untuk merencanakan permintaan akan dependent demand seperti: material dasar, work in process(WIP), komponen, subassembly. Karena mayoritas item dalam perusahaan adalah dependent demand, maka MRP harus berupa sistem terkomputerisasi (a computer based system) yang didesain untuk:

1. Penentuan periode produksi dan penetapan order pembelian untuk regulasi aliran material dasar dan persediaan work- in-process berdasarkan pada rencana produksi produk akhir

2. Memastikan ketersediaan raw material, komponen dan produk sesuai dengan rencana produksi dan jadwal pengiriman produk
3. Memastikan dependent demand pada level minimum.

Jika digambarkan secara sistematis, maka tujuan, input dan output MRP adalah sebagai berikut:



## B. Input MRP

MRP tersusun atas beberapa file sebagai masukan yakni: (1)MPS, (2) Bill of material (3)data manufactur (4) data persediaan. MPS ( Master Production Schedule) memberikan gambaran mengenai produk akhir, jumlah produk dan batas pengiriman produk.

### ***MPS ( Master Production Schedule)***

MPS ( Master Production Schedule) adalah input utama dari MRP, MRP selanjutnya akan membreakdown menjadi data permintaan tiap item. Periode waktu yang digunakan adalah minggu, sehingga perencanaan dapat dilakukan untuk beberapa minggu sekaligus. Periode awal waktu yang ditunjukkan menyatakan sejumlah item

harus tersedia pada awal atau selama periode tersebut. Minimum periode perencanaan harus cukup panjang untuk menggambarkan kumulatif lead time produksi. Misal: jika kumulatif lead time produksi dari tiga produk adalah 7, 10 dan 12 minggu maka periode MPS minimum adalah 12 minggu.

### ***Bill of Material (BOM)***

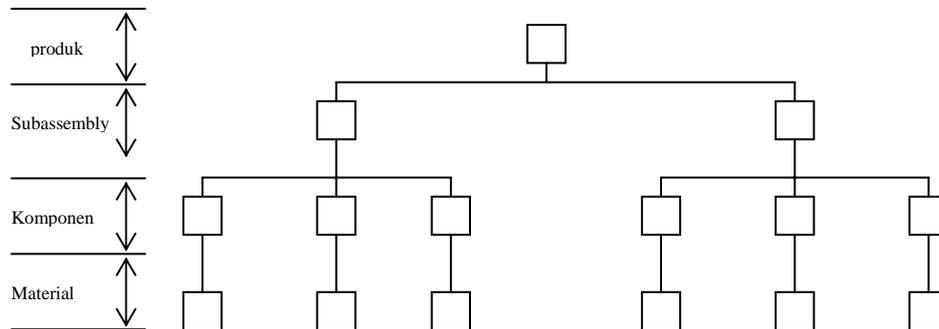
Bill of Material digunakan untuk menentukan permintaan akan material dasar dan komponen lain untuk suatu produk. Jika MPS menyediakan informasi terkait dengan berapa jumlah produk akhir yang harus tersedia pada periode waktu tertentu, maka BOM menyediakan informasi mengenai jumlah dependent item yang harus tersedia untuk memproduksi n produk akhir. Bill of Material (BOM) juga menyediakan informasi mengenai struktur produk dengan menjelaskan bagian tiap komponen dan subassembly yang akan dilakukan untuk tiap produk. Tiap level dalam struktur produk menyatakan tahapan yang berbeda dari keseluruhan poses produksi; dari raw material yang dikonversi ke subassemblies pada level terendah, kemudian step tambahan ke subassemblies hingga assembly akhir dari item produk yang merupakan level tertinggi.

Bentuk Bill of Material dapat disesuaikan dengan format yang diinginkan/dibutuhkan, adapun beberapa tujuan pembuatan Bill of Material adalah:

1. Untuk mendefinisikan produk
2. Memfasilitasi peramalan produk terkait
3. Sebagai batasan awal periode pembuatan MPS
4. Menyediakan dasar perhitungan biaya produksi produk
5. Melengkapi perencanaan manufaktur dan rencana assembly akhir
6. Merekomendasikan jumlah efisien persediaan item

Bill of Material yang sederhana akan mendefinisikan semua komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan produk. Struktur Bill of Material tidak hanya menyatakan jumlah komponen yang dibutuhkan akan tetapi juga memberikan gambaran tahapan pembuatan produk. Susunan skematis suatu Bill of Material

dikenal dengan struktur produk atau diagram pohon. Berikut gambaran struktur produk yang sederhana:



Data Persediaan merupakan sistem data terkomputerisasi mengenai data status persediaan saat ini maupun peramalan persediaan tiap item produk, komponen maupun material. Tipe data dalam data persediaan dibedakan atas 3 segmen:

1. Master data item barang  
Mengenai identifikasi tiap item (no. bagian) dan data lain terkait item seperti: kuantitas dan lead time.
2. Status persediaan  
Memberikan data periode penyimpanan tiap item. Dalam MRP, hal ini sangat dibutuhkan untuk mengetahui persediaan saat ini dan peramalan untuk persediaan akan datang.
3. Data pendukung  
Data pendukung ini termasuk: order pembelian, sisa dan spesifikasi teknis barang.

### c. Output MRP

MRP mendefinisikan kuantitas dasar tiap komponen berdasarkan permintaan pada struktur produk. Permintaan komponen ini diperoleh dengan membreakdown struktur produk akhir hingga level terendah, mengidentifikasi jenis dan nama komponen yang diminta, jumlah komponen untuk memproduksi n produk. Berdasarkan hal diatas, selanjutnya kita lakukan evaluasi terhadap status persediaan komponen. Jumlah permintaan dasar komponen didapat dengan mengurangi

persediaan item saat ini, sedangkan jumlah permintaan akhir komponen diperoleh dari jumlah/lot size item yang bisa disediakan. Selain pada jenis/nama komponen dan jumlah maka hal lain yang perlu di garis bawah adalah “kapan”. Waktu pemesanan item berdasarkan pada jadwal pengiriman permintaan pembelian atau batas ketersediaan item pada rencana produksi.

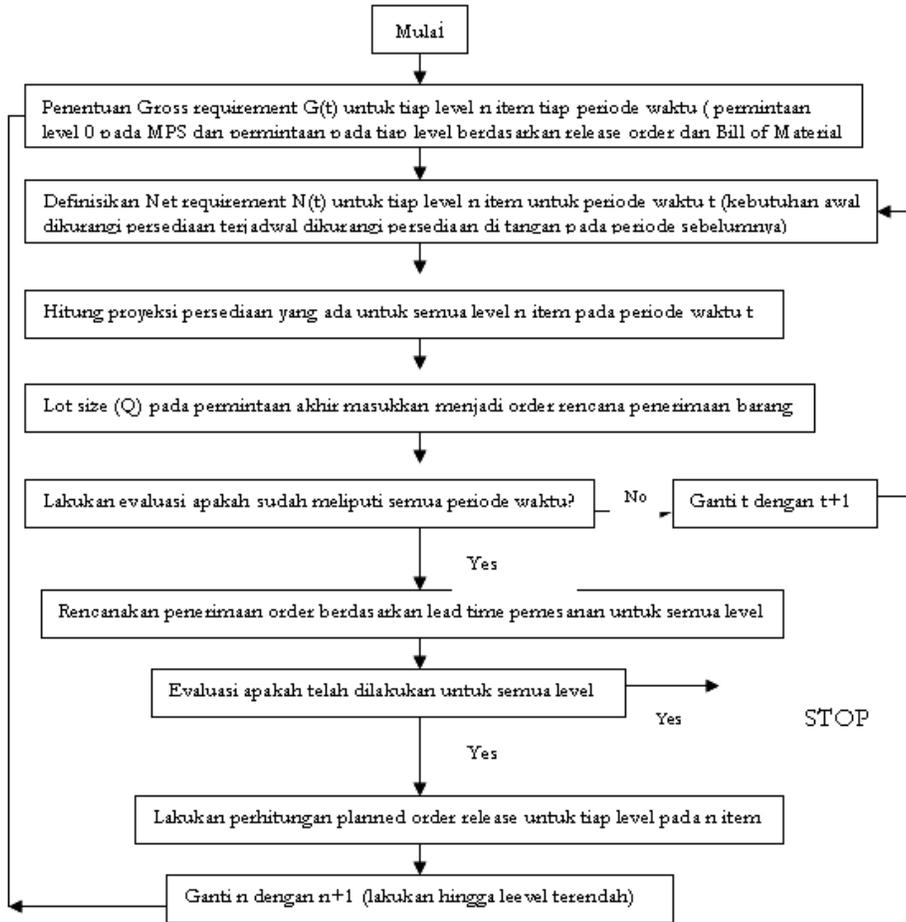
Selain menentukan kapan komponen harus dibeli, di produksi dan lead time pengiriman barang, MRP juga dapat menentukan periode order berdasarkan pada pengaturan lead time. Untuk komponen pembelian, lead time adalah interval waktu antara pengiriman order pembelian hingga ketersediaan barang dalam gudang. Sedangkan untuk manufaktur, lead time adalah interval antara pengeluaran perintah produksi hingga selesai. Untuk memastikan ketersediaan produk pada saat pengiriman maka rencana permintaan barang harus berada pada awal periode lead time. Secara umum setiap komponen pada assembly harus tersedia pada awal periode, sehingga batas ketersediaan komponen adalah pada awal periode lead time.

Meskipun permintaan material untuk tiap komponen dinyatakan dalam lead time dan permintaan produk akhir, perencanaan dengan MRP menyatakan jumlah komponen yang harus di beli dan jumlah komponen yang dapat diproduksi. Perencanaan menyediakan informasi kuantitas dan periode waktu barang dapat di kirim ke konsumen dan serta komponen yang harus di beli dari distributor. Terdapat dua tujuan utama perencanaan yakni:

1. Untuk mengenerate permintaan material hingga ke level terendah
2. Untuk merencanakan permintaan kapasitas produksi

#### **d. Perhitungan MRP**

MRP sangat tepat digunakan untuk fabrikasi yang menggunakan tipe operasi misalnya: bending, cutting, grinding, milling, drilling, blanking, polishing. Assembly adalah suatu proses penggabungan part-part yang telah di proses, sedangkan sub assembly adalah bagian dari assembly. Langkah penyelesaian dalam MRP tidak sangat kompleks, urutan langkahnya adalah sebagai berikut:



Matrix yang digunakan dalam MRP adalah

Lot Size	Lead Time	On Hand	Safety Stock	Allocated	Low Level Code	Item

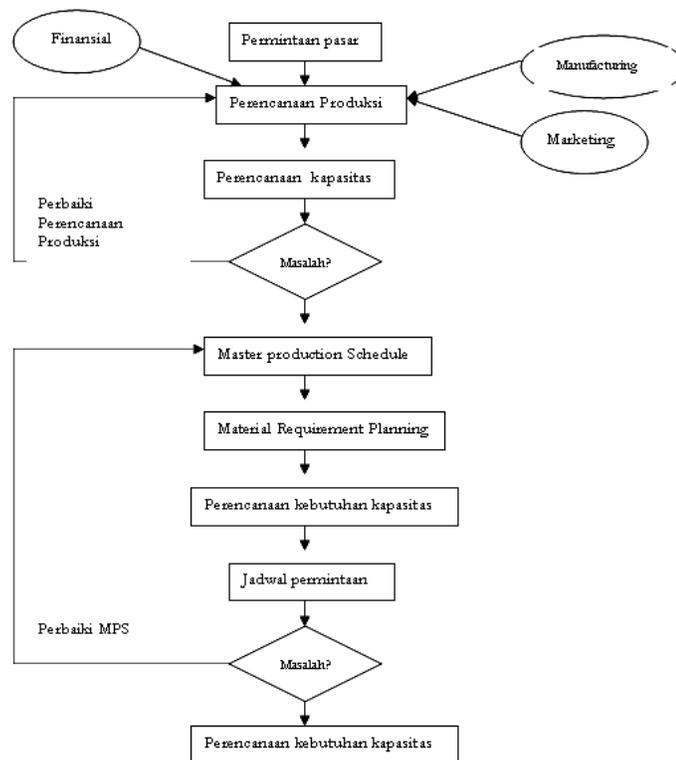
Dan

	Periode Waktu								
	PD	1	2	3	4	5	6	7	8
Gross Requirement									
Schedule Receipt									
Projected on Hand									
Net Requirement									
Planned Order Receipt									
Planned Order Release									

### e. MRP II

Implementasi proses MRP II membutuhkan komitmen dan kesamaan pemahaman pada semua level sumber daya manusia, baik pada level pimpinan hingga level dibawahnya dengan minimum 90 percent terlatih dan berkomitmen. Keterlibatan dan komitmen level pimpinan dalam penerapan MRP II ini sangat penting. Pimpinan harus mengetahui proses-proses didalamnya, biaya dan langkah yang harus dilakukan untuk melakukan implementasi.

Proses instalasi dibedakan atas empat fase yakni: identifikasi, persiapan, implementasi awal dan implementasi. Proses indentifikasi adalah proses identifikasi permasalahan yang ada pada semua lini produksi. Pada awal penerapan, permasalahan yang ada sekitar 50 hingga 500 buah dan harus diselesaikan sebelum dilakukan proses selanjutnya yakni persiapan sistem. Anggota tim adalah orang-orang yang berkomitmen tinggi , menyediakan waktu dan tenaga untuk menjamin kesuksesan pelaksanaan MRP II. Permasalahan akan dibagi menurut area fungsional dan prioritas, kemudian anggota tim yang berasal dari area tersebut akan menemukan solusi pemecahan..



## 5. SUPLEMEN

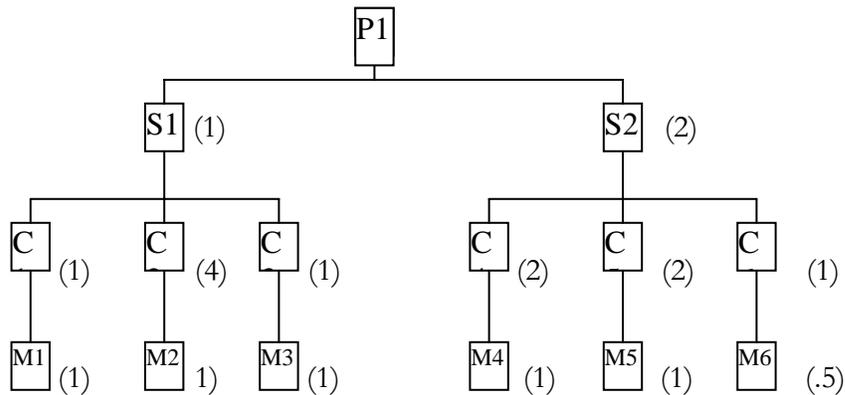
1. Jika diketahui perencanaan agregat produksi adalah :

	Minggu ke-									
Product Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M model line	200	200	200	150	150	120	120	100	100	100
N Model line	80	60	50	40	30	20	10			
P model line							770	130	25	100

Master production schedule (MPS) adalah :

	Minggu ke-									
Product Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Model M3	120	120	120	100	100	80	80	70	70	70
Model M4	80	80	80	50	50	40	40	30	30	330
Model N8	80	60	50	40	30	20	10			
Model P1								50		100
Model P2							70	80	25	

Berdasarkan hal diatas maka 50 unit produk P1 haarus diselesaikan dalam waktu 8 minggu. Lakukan perincian tiap item barang jika data BOM produk adalah sebagai berikut:



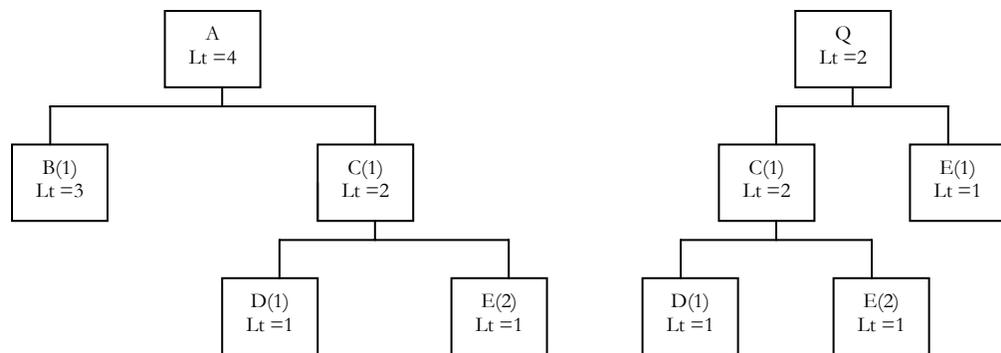
Solusi: berdasarkan struktur produk diatas maka: untuk 50 unit produk P maka dibutuhkan 50 unit S1 dan 100 unit S2. Kebutuhan subassemblies adalah 50 unit C1, 200 unit C2, 50 unit C3, 100 unit C4, 100 unit C5, 50 unit C6, kebutuhan material dasarnya adalah 50 unit M1, 50 unit M2, 50 unit M3, 50 unit M4, 50 unit M5 dan 25 unit M6.

2. Lakukan perencanaan MRP untuk produk A dan Q jika terdapat pemesanan 103 unit produk A pada periode 8 dan 200 unit produk Q pada periode 7. Persediaan

saat ini untuk tiap item A adalah 18 unit, Q= 6 unit, B= 10, C=20, D = 0 dan E=30. Safety stock pada produk A= 5 unit dan Q=6 unit. Jika diharuskan maka 18 persediaan item A dapat dialokasikan sebanyak 10 unit, tidak ada schedule receipt dari tiap item. Lot size untuk item A,Q,B,C sama dengan jumlah net requirement, sedangkan lot size untuk D 200 unit dan E 500 unit. Tentukan size dari tiap item serta kapan order harus direlease?

Solusi:

Jika diketahui Bill of Material produk A dan Q adalah :



Maka perencanaan MRP adalah sebagai berikut:

Lot Size	Lead Time	On hand	Safety Stock	allocated	Low Level Code	Item		Periode ke-									
								PD	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	4	18	5	10	0	A	Gross Requirement									103	
							Scheduled Receipt										
							Projected on hand	3	3	3	3	3	3	3	3	0	
							Net Requirement									100	
							Planned order receipt									100	
							Planned order release						100				

Lot Size	Lead Time	On hand	Safety Stock	allocated	Low Level Code	Item		Periode ke-									
								PD	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	2	6	6	0	0	Q	Gross Requirement									200	
							Scheduled Receipt										
							Projected on hand	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
							Net Requirement									200	
							Planned order receipt									200	
							Planned order release								200		

Lot Size	Lead Time	On hand	Safety Stock	allocated	Low Level Code	Item		Periode ke-									
								PD	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	3	10	0	0	1	B	Gross Requirement					100					
							Scheduled Receipt										
							Projected on hand	10	10	10	10	0					
							Net Requirement					90					
							Planned order receipt					90					
							Planned order release		90								

Lot Size	Lead Time	On hand	Safety Stock	allocated	Low Level Code	Item		Periode ke-								
								PD	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	20	0	0	1	C	Gross Requirement					200	200			
							Scheduled Receipt									
							Projected on hand	20	20	20	20	0	0			
							Net Requirement					180	200			
							Planned order receipt					180	200			
Planned order release			180	200												

Lot Size	Lead Time	On hand	Safety Stock	allocate d	Low Level Code	Item		Periode ke-								
								PD	1	2	3	4	5	6	7	8
200		0	0	0	2	D	Gross Requirement			180	200					
							Scheduled Receipt									
							Projected on hand	0	0	20	20					
							Net Requirement			180	180					
							Planned order receipt			200	200					
Planned order release		200	200													

Lot Size	Lead Time	On hand	Safety Stock	allocate d	Low Level Code	Item		Periode ke-								
								PD	1	2	3	4	5	6	7	8
500	1	30	0	0	2	E	Gross Requirement			360	400		200			
							Scheduled Receipt									
							Projected on hand	30	30	170	270	270	70			
							Net Requirement			330	230					
							Planned order receipt			500	500					
Planned order release		500	500													

## 6. TUGAS

1. Jelaskan tujuan perencanaan dengan menggunakan MRP
2. Apakah tujuan pemberian kode pada item barang
3. Sebutkan dan jelaskan tiga input utama pembuatan MRP
4. Bagaimana Gross Requirement dapat diperoleh dari produk akhir dan juga untuk komponen
5. Apakah kegunaan dari Bill of Material
6. Jelaskan konsep dasar MRP II
7. Lakukan perhitungan penentuan Net Requirement untuk tiga item dibawah ini:

Item C	Item A	Item B
Gross Requirement 140	175	30
On Hand 70	35	5
On Order 50	40	0
Safety Stock 0	18	3

8. Dari informasi di bawah ini, lakukan penentuan struktur produk untuk produk A

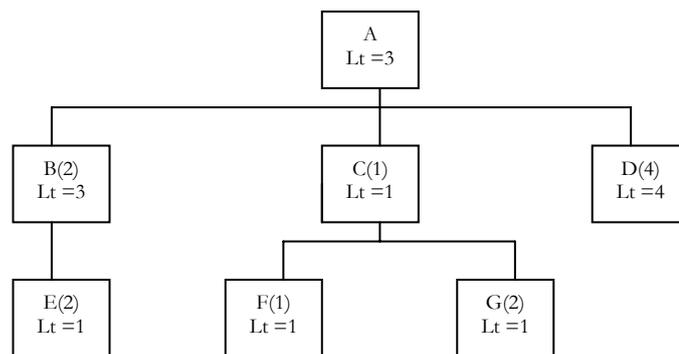
Parent:	A	B	C
Komponen:	B(1)	E(2)	D(1)
	C(1)	F(1)	G(3)
	E(1)	G(1)	
	F(4)		

9. Lead time pembelian kawat baja dari distributor adalah 4 minggu. Saat ini terdapat 42 kawat baja yang tersedia dengan cadangan sisa sebesar 20 unit dalam 4 minggu. Gross requirement untuk kawat baja adalah sebagai berikut:

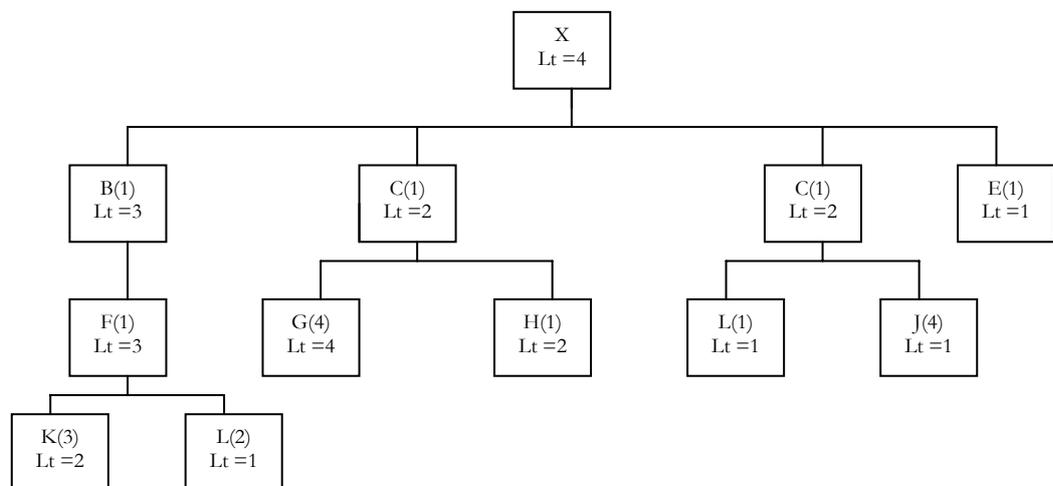
Parent:	A	B	C
Komponen:	B(1)	E(2)	D(1)
	C(1)	F(1)	G(3)
	E(1)	G(1)	
	F(4)		

Jika jumlah order adalah 20 unit , kapankah order harus dikeluarkan untuk memenuhi permintaan

10. Jumlah permintaan produk A adalah 200 unit, tidak ada stok item yang tersisa atau dalam status pemesanan, identifikasi kapan dan kuantitas order Jika diketahui struktur produk A adalah sebagai berikut;



11. Jika diketahui struktur produk X adalah sebagai berikut:



Jumlah permintaan adalah 150 unit, tidak ada stok item yang tersisa atau dalam status pemesanan, identifikasi kapan dan kuantitas order

## 7. GLOSSARIUM

1. *Common item* : raw material atau parts yang digunakan lebih dari satu produk.
2. *Lead time* : waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu produk.
3. *Ordering lead time* adalah waktu yang dibutuhkan dari pengiriman order hingga penerimaan item dari distributor.
4. *Manufacturing lead time* : waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi suatu produk.
5. *Gross Requirement*: total antisipasi produksi, penggunaan selama periode tertentu
6. *Scheduled Receive*: material yang telah dilakukan order pembelian dan hanya menunggu pengiriman
7. *Project on hand*: sejumlah item yang diharapkan ada dalam persediaan pada akhir periode sehingga tersedia pada periode selanjutnya
8. *Net Requirement* : perbedaan antara Gross requirement dengan Scheduled Receive dan project on hand

## 9. DAFTAR PUSTAKA

1. Tersine J Richard ,Principle of Inventory and Principle Management, New Jersey, Prentice Hall International Inc, 2001
2. Grover Mikell, Automation, Production System, and Computer Integrated Manufacturing, New Jersey, Prentice Hall International Inc, 2001
3. Turner Wayne, Introduction to Industrial Engineering, New Jersey, Prentice Hall International Inc, 2003
4. W. Kreaber Henry, Computer Integrated Manufacturing 2<sup>th</sup> edition, New Jersey, Prentice Hall International Inc, 2003

# BAB

# 11

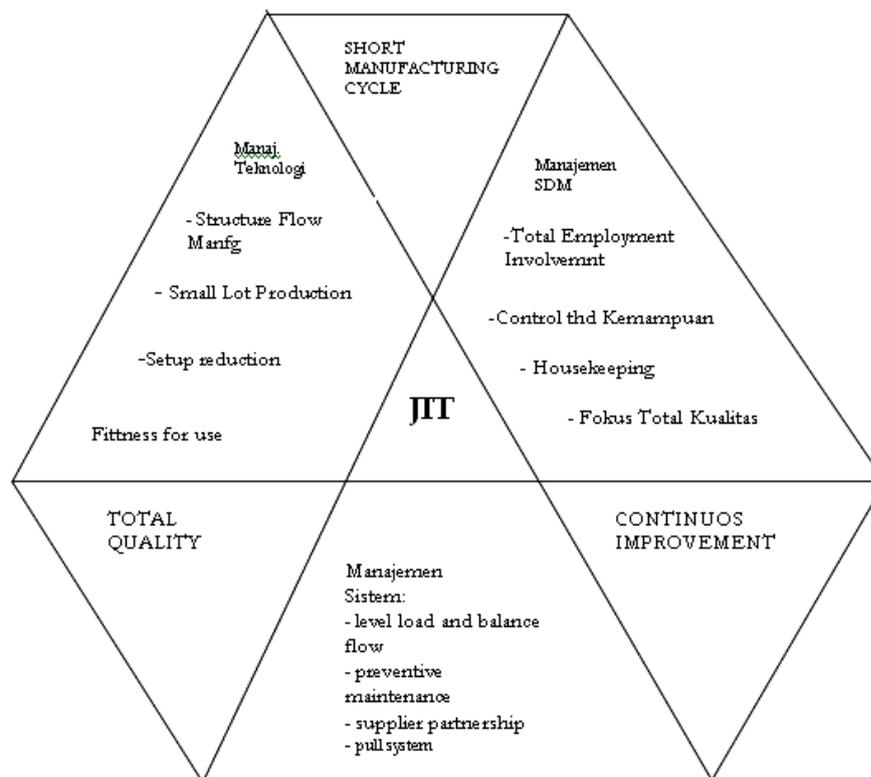
## SISTEM PRODUKSI TEPAT WAKTU JUST IN TIME PRODUCTION SYSTEM

*Oleh : Arya Wirabhuana, Tutik Farihah, dan Dwi Agustina*

### I. KOMPETENSI DASAR

1. Mahasiswa mampu memahami konsep dasar/filosofi Just In Time
2. Mahasiswa dapat memahami penerapan dan batasan-batasan dalam pelaksanaan Just In Time dalam menyelesaikan permasalahan

### II. PETA KONSEP MATERI



### III. CURRENT ISSUE

Just In Time (JIT) dikembangkan oleh Toyota Motor lebih dari 15 tahun yang lalu, akan tetapi seluruh ide berasal dari apa yang dilakukan oleh Henry Ford. Pada tahun 1920, lead time produksi pada Ford's River Rouge mulai dari penerimaan biji besi hingga penyelesaian akhir mobil hanya membutuhkan waktu 48 jam.

Pertama kali, kebudayaan Jepang dipercaya merupakan unsur penting dalam kesuksesan JIT akan tetapi setelah suksesnya pelaksanaan JIT pada perusahaan-perusahaan di Amerika Serikat hal ini tidak lagi diperdebatkan. JIT saat ini telah diimplementasikan oleh lebih dari seratus perusahaan di Amerika Serikat seperti: General Electric, Hewlett-Packard, Harley-Davidson, IBM dan John Deere. Beberapa sukses penerapan JIT secara garis besar terletak pada peningkatan produktivitas, pengurangan persediaan dan lead time serta peningkatan kualitas.

Sistem kanban dibangun oleh Toyota dan telah ditiru oleh sejumlah perusahaan besar Jepang yang lain pada akhir abad 20. Kanban merupakan suatu prosedur yang dibentuk berdasarkan filosofi JIT. JIT adalah suatu filosofi yang bertujuan untuk mewujudkan sistem manufaktur yang ideal/optimal, sedangkan Kanban adalah suatu prosedur yang bertujuan untuk melakukan kontrol produksi pada komponen standard yang diproduksi dalam jumlah besar dan mempengaruhi proses assembly akhir.

Kanban merupakan suatu signal, pada Toyota digunakan dual card system sedangkan pada perusahaan lain hanya menggunakan single card system. Bahkan pada perusahaan lain signal tersebut dinyatakan dalam bentuk kekosongan gudang/persediaan, bahkan bola golf yang telah diwarnai pun dapat digunakan sebagai signal.

#### **IV. MATERI POKOK**

##### **a. Definisi**

Just In Time disebut juga Zero Inventories atau Stockless Production. Tujuan dari metode ini adalah untuk mengeliminasi item sisa pada semua siklus kerja, dari proses desain produk hingga pengiriman produk akhir ke konsumen. Item sisa mencakup segala sesuatu diatas nilai minimum dari material, sumber daya manusia, mesin atau alat yang penting bagi proses produksi. Secara khusus Just In Time bertujuan meminimasi lead time dan menyediakan material pada kualitas dan kuantitas yang tepat serta pada saat yang tepat dari tiap tahap pada proses produksi.

JIT secara terus-menerus dengan tegas bertujuan untuk meminimasi item sisa sehingga dapat perbaikan pada sistem yang ada saat ini. Ini dinyatakan oleh Gerald Nadler's melalui desain sistem yang di sebut konsep IDEAL. Konsep ini tidak menggunakan informasi saat ini atau sistem yang tidak efektif sebaagai dasar pengembangan sistem seperti yang pendekatan konvensional, akan tetapi konsep ini mendefinisikan target dari sistem ideal/terbaik untuk fungsi-fungsi utama. Target akan dijadikan dasar untuk pembentukan sistem yang direkomendasikan.

Pada JIT sistem yang ideal adalah sistem yang memiliki zero defect/sisa, zero inventory, zero lead time dan satu jenis lot size. Meskipun tidak ada sistem yang sempurna akan tetapi yang terpenting adalah usaha terus menerus menuju hal tersebut.

Just In Time telah sukses dikembangkan pada setiap jenis manufaktur. Yang utama inti dari semua aspek JIT adalah implementasi perbaikan dari dan untuk perusahaan. Pada umumnya, perhatian utama perusahaan terletak pada area potensial untuk meningkatkan performansi.

## **b. Elemen JIT**

### 1. Preventive Maintenance

JIT sangat merekomendasikan perawatan mesin sebelum mesin rusak. Ketika sebuah mesin rusak beberapa unit produk terkait dengan mesin tersebut akan mengalami penundaan pengerjaan. Adapun perawatan mesin ketika mesin mati akan dilakukan hanya bertujuan untuk menghidupkan mesin sehingga target produksi dapat dicapai, sedangkan perawatan yang bertujuan menjaga keawetan mesin tidak dilakukan. Karena itu diperlukan jadwal khusus untuk perawatan mesin sebagai preventive maintenance

### 2. Balanced Work Flow

Bagi perusahaan pada saat memproduksi sejumlah model produk yang berbeda, maka perubahan cetakan model produk dapat menimbulkan gangguan pada proses subassembly dan proses fabrikasi lain sehingga sangat dimungkinkan jika terdapat satu workstation yang sangat sibuk sedangkan workstation lain berhenti karena harus menunggu proses produksi yang sedang dilakukan. Untuk menjaga aliran produksi maka dalam perencanaan dilakukan, jadwal gabungan beberapa macam model yang berada dalam assembly akhir sama dimana beberapa model diproduksi dalam waktu yang sama dalam periode UPL dan beberapa model produk akan diproduksi setiap hari.

Keuntungan yang lain dari penjadwalan model ini adalah akan selalu ada model yang diproduksi lebih dari satu hari, hal ini akan mempermudah mengakomodasi fluktuasi permintaan terhadap gabungan beberapa produk dan juga persediaan produk akhir dapat dijaga pada level minimum. Ketika perubahan permintaan gabungan beberapa produk terjadi, maka MPS dapat mengakomodasi tanpa harus merubah keseluruhan level produksi.

Metode sistematis untuk menyeimbangkan antara beban kerja dan batas pengiriman produk telah dikembangkan oleh Brancorft. Aliran mixed model assembly untuk produk akhir sudah diterapkan secara umum di Amerika

Serikat, sedangkan di Jepang penjadwalan dengan metode mixed model telah dibreakdown ke subassembly dan pembuatan tiap bagian.

**Contoh Soal:**

Sebuah perusahaan berencana memproduksi 200 unit produk selama 20 hari dengan menggunakan sebuah UPL. Terdapat 3 model produk yaitu: A, B, C. Prosentase gabungan produk adalah: model A (50%), B(30%),C(20%). Yang ingin dilakukan adalah membuat rencana induk produksi (MPS) untuk mixed model sehingga dapat tercapai keseimbangan aliran produksi dan dapat memproduksi model yang sama tiap hari

**Solusi:**

Jika sepuluh unit produk harus diproduksi setiap hari dalam mix model, maka dapat dilakukan produksi dengan rincian: 5 Es, 3 Bs dan 2 Cs setiap hari. Jika dilihat lebih teliti keseimbangan aliran produksi yang dicapai adalah A B A C A B. A B A C A B.

**3.Supplier Partnership**

Dengan mengurangi jumlah supplier dan menandatangani kontrak kerjasama dalam jangka panjang, maka proses pembelian akan lebih simpel. Perusahaan pembeli akan menjadi konsumen utama dari distributor/vendor sehingga dapat melakukan kerjasama untuk mengurangi biaya dan meningkatkan kualitas barang.

Kerugiannya adalah harga material tidak terpengaruh oleh persaingan antar vendor, sehingga tidak bisa lebih rendah akann tetapi stabil. Kerugian yang lain adalah susahnya masuk vendor baru, karena mengetahui bahwa kita masih terikat kontrak panjang dengan vendor lain. Sehingga perusahaan pembeli harus mencarikan program khusus yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan menmbri kesempatan promosi bagi vendor lain.

Secara umum, keuntungan lebih besar daripada kerugian yang ditimbulkan, sehingga pada perusahaan besar/menengah lebih mengutamakan meminimasi jumlah supplier dan menjalin kerjasama jangka panjang

#### 4. Pull System

Pull sistem merupakan sinonim dari JIT , karena ini mengindikasikan satu kata yang sama yakni pull. Part dari suatu barang hanya diproduksi ketika workstation berikutnya menyatakan bahwa part tersebut dibutuhkan. Permintaan ini berpengaruh pada kebutuhan akan part dengan lead time sangat pendek. Sehingga beberapa elemen dari manajemen teknologi seperti minimasi waktu setup dan small lot production akan sangat penting.

- Total Quality. Dasar konsep Total Quality adalah bahwa tidak penerimaan atas terjadinya suatu defect/cacat dalam produk dan adanya perbaikan berkelanjutan hingga tercapainya kondisi dimana tidak ada lagi cacat produk.
- Continuous Improvement
- Manajemen Sumber daya Manusia

#### 5. Employee Involvement (Keterlibatan Karyawan)

Semua karyawan terlibat di dalamnya, tidak hanya dalam hal penyelesaian pekerjaan akan tetapi juga dalam hal perbaikan pelaksanaan. Seorang operator mesin bertanggung jawab terhadap beberapa fungsi perawatan seperti: pembersihan dan pemberian oli mesin, pengecekan kualitas produk yang dihasilkan dan pemberitahuan supervisi secepat mungkin ketika permasalahan terjadi. Secara umum karyawan melakukan beberapa klasifikasi kerja seperti: operator mesin, inspektor, manajer produksi. Keterlibatan karyawan juga termasuk dalam lingkup kualitas seperti: ikut memberi solusi saat berdiskusi permasalahan terkait produktifitas, kualitas proses, kualitas produk.

- Short Manufacturing Cycle
- Manajemen Teknologi

### 6. Structure Flow manufacturing

Berdasarkan prinsip JIT, perencanaan dapat langsung menuju assembly akhir. Sehingga variasi level produksi pada assembly akhir dapat segera dicover oleh semua proses produksi terkait. Sebaliknya karena banyaknya produk/periode, antrian dan setup maka variasi pada assembly akhir akan sulit untuk dilakukan. Untuk meminimasi ketidaksesuaian proses produksi dan menjaga kelanjutan aliran proses produksi, MPS mengutamakan memproduksi sejumlah item yang sama setiap hari untuk beberapa periode, biasanya satu bulan. Hal ini disebut juga dengan *Uniform Plant Loading (UPL)*.

Periode dari UPL, jumlah lots dari tiap item yang harus diproduksi dari tiap stasiun kerja, jumlah setup yang dibutuhkan oleh tiap item, waktu yang dibutuhkan untuk setup dan waktu produksi dapat dilakukan perhitungan dan merupakan dasar penentuan dan perencanaan kapasitas produksi.

### 7. Setup Reduction

Salah satu fungsi dari JIT adalah pengurangan waktu dan biaya setup. Salah satu tokoh yang cukup berperan dalam pengurangan setup ini adalah Shigeo Shingo, bekerjasama dengan Toyota dan saat ini menjabat sebagai direktur Institute of Management Improvement di Jepang. Pendekatan yang digunakan untuk mengurangi waktu setup adalah SMED (Single Minute Exchange of Dies). Berdasarkan pendekatan diatas maka metode ini bertujuan untuk mengurangi waktu setup termasuk cetakan. Pada prakteknya pendekatan ini dapat diaplikasikan untuk mengurangi setup pada semua jenis produksi. Single Minute berarti single digit minute (menit satu digit), dengan kata lain pengurangan waktu setup hingga kurang dari 10 menit. Dalam beberapa kasus, hasil aplikasi metode ini terletak pada pengurangan waktu setup hingga 1 menit atau kurang yang dikenal dengan *One Setup Touch*.

Langkah-langkah pendekatan ini adalah

1. Bedakan setup internal dan eksternal

Internal setup didefinisikan sebagai proses setup elemen kerja dilakukan saat mesin mati. Sedangkan eksternal setup adalah proses setup yang dilakukan mesin berproduksi.

2. Pindahkan elemen internal ke elemen eksternal

Pada beberapa perusahaan, mesin dimatikan, baru kemudian dilakukan setup alat, material dan lain sebagainya. Dengan melakukan spesifikasi prosedur terhadap keseluruhan aktivitas (sejauh memungkinkan) , maka setup bisa dilakukan ketika mesin sedang di jalankan. Hal ini bisa mengurangi internal setup antar 30% hingga 50%.

3. Pelajari metode dari semua elemen setup

Lakukan analisa setiap elemen dari setup baik eksternal maupun internal kemudian lakukan penyederhanaan metode. Lakukan wawancara dengan operator mesin terkait, rekaman film akan sangat membantu pada proses ini. Secara umum kebanyakan internal setup dapat dilakukan perbaikan, ketika tool di set ke mesin maka harus dipastikan menempati tempat/posisi yang tepat. Sering sekelompok/ sejumlah langkah penyesuaian alat dapat di eliminasi dengan sejumlah kecil teknik. Tambahan alat berbentuk L-shape dapat ditambahkan pada meja kerja mesin sehingga fixture/tool dapat menempati posisi yang tepat tanpa tambahan prosedur. Ketika terdapat beberapa beberapa jenis ukuran fixture yang digunakan pada mesin yang sama, maka sebuah bantalan dapat ditambahkan pada fixture yang lebih kecil sehingga dapat menempati posisi yang tepat ketika digabung dengan tambahan alat berbentuk L Shape diatas.

Perubahan ini secara biaya hanya membutuhkan biaya beberapa juta rupiah, akan tetapi dapat mengurangi waktu setup internal hingga 30 persen dari prosedur asli.

4. Standarisasi dan redesain alat jika dianggap perlu

Fixture yang digunakan dilakukan standarisasi dan semua fixture yang digunakan pada mesin yang sama dalam ukuran yang sama. Begitu juga

dengan baut atau alat pengunci lain dilakukan standarisasi ukuran sehingga permasalahan untuk menemukan baut yang sesuai dapat dihilangkan. Perubahan ini akan menelan biaya beberapa puluh juta rupiah, akan tetapi dapat mengurangi waktu internal setup hingga 15%.

### 8. Small Lots

Ketika sekian banyak setup harus dilakukan, maka akan memakan waktu satu jam atau lebih dan secara logis EOQ (Economic Order Quantity) akan menyatakan kuantitas yang dihasilkan besar dan membutuhkan proses produksi yang lama. Ketika setup dapat dikurangi, maka justifikasi di atas tidak berlaku lagi. Lot Sizes akan dinyatakan dalam periode hari atau permintaan per bagian.

Small Lots memiliki banyak keuntungan: lead time dapat dikurangi begitu juga persediaan work-in-process dan persediaan barang jadi. Penjadwalan produksi akan lebih mudah karena mesin tidak dijalankan dalam waktu yang lama. Jika terjadi permasalahan pada kualitas produksi, maka dapat segera dilakukan perbaikan dan produk yang tidak sesuai hanya dalam jumlah kecil sehingga lebih murah. Dengan small lots maka item dapat langsung memasuki area assembly tanpa harus terlebih dahulu memasuki gudang sehingga biaya perpindahan barang dapat diminimasi.

#### **c. JIT dalam produksi**

Total Quality Control (TQC) merupakan kajian penting dalam penerapan JIT. Dengan JIT, persediaan dapat dikurangi hingga tingkat minimum sehingga tidak disebabkan oleh persediaan. Cellular Manufacturing merupakan salah satu faktor JIT untuk perusahaan yang memproduksi kuantitas medium.

#### **d. JIT dalam purchasing**

JIT pembelian berdasarkan pada konsep JIT Produksi dengan memandang proses produksi dilakukan diluar pabrik yakni jaringan distributor. Tujuan

dari JIT pembelian adalah untuk mendapatkan frekuensi optimal, kuantitas minimal dan kualitas material optimal seperti spesifikasi yang telah ditetapkan. Elemen dari JIT pembelian adalah sebagai berikut:

### 1. Pengurangan Jumlah Supplier

Dengan mengurangi jumlah supplier dan menandatangani kontrak kerjasama dalam jangka panjang, maka proses pembelian akan lebih simpel. Perusahaan pembeli akan menjadi konsumen utama dari distributor/vendor sehingga dapat melakukan kerjasama untuk mengurangi biaya dan meningkatkan kualitas barang.

Kerugiannya adalah harga material tidak terpengaruh oleh persaingan antar vendor, sehingga tidak bisa lebih rendah akan tetapi stabil. Kerugian yang lain adalah susahnya masuk vendor baru, karena mengetahui bahwa kita masih terikat kontrak panjang dengan vendor lain. Sehingga perusahaan pembeli harus mencari program khusus yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan memberi kesempatan promosi bagi vendor lain.

Secara umum, keuntungan lebih besar daripada kerugian yang ditimbulkan, sehingga pada perusahaan besar/menengah lebih mengutamakan meminimasi jumlah supplier dan menjalin kerjasama jangka panjang.

### 2. Tersedianya Sistem Transportasi

Jika persediaan pembelian material dilakukan minimasi, maka penting jika ketersediaan sistem transportasi pengiriman material sangat tinggi. Hal ini bisa dilakukan dengan menggunakan transportasi yang dimiliki oleh supplier atau pembeli. Alternative lain adalah perusahaan menggunakan jasa pengiriman yang diselenggarakan oleh perusahaan lain.

Permasalahan transportasi dapat diminimasi jarak pengiriman. Beberapa perusahaan di amerika telah meminta supplier untuk memindahkan pusat perusahaan atau membuka cabang di dekat perusahaan mereka. Bahkan di

jepang, hampir semua industri besar memiliki supplier yang berjarak tidak lebih dari radius 50 mil.

### 3. Quality of the Source

Supplier harus mengirimkan material dengan kualitas hampir sempurna atau tidak ada cacat dalam material (Zero Defect). Ini dikomunikasikan dan dimasukkan dalam perencanaan pengendalian proses supplier. Sehingga perusahaan pembeli tidak harus melakukan inspeksi terhadap semua barang yang masuk. Inspeksi total hanya dibutuhkan pada pengiriman dari supplier baru atau supplier yang memiliki permasalahan kualitas barang.

Pada perusahaan jepang, pengiriman material yang dibutuhkan oleh assembly akhir akan langsung di kirim ke bagian assembly akhir dan material tidak menumpuk pada gudang di saat dibutuhkan pada assembly. Sehingga semua aktivitas normal seperti penerimaan, inspeksi awal, transportasi ke penyimpanan, pengiriman ke area assembly dapat diminimasi.

#### **e. Implementasi JIT**

Konsep JIT diimplementasikan berdasarkan dua alasan yakni untuk meningkatkan efisiensi saat ini, misal sebuah perusahaan telah mengimplementasikan sistem MRP II akan tetapi tetap membutuhkan ukuran kuantitas terkecil yang bisa diproduksi dan untuk meningkatkan fleksibilitas sistem produksi. Dengan mengimplementasikan konsep dasar JIT, maka akan meningkatkan kinerja MRP II. Dasar yang kedua adalah untuk meletakkan dasar-dasar operasi sistem JIT. Instalasi dasar sistem JIT ini mungkin hanya satu atau dua cell dari proses produksi, akan tetapi cell ini mungkin akan mampu merespon dengan cepat keinginan konsumen. Instalasi ini akan mengubah push type manufacturing system ( memproduksi barang untuk memenuhi permintaan periode akan datang ) menjadi pull type manufacturing system ( sistem yang memproduksi part hanya untuk memenuhi kebutuhan level selanjutnya seperti yang tertera pada bill of material). Langkah-langkah

proses implementasi berdasarkan David W. bucker,Inc adalah sebagai berikut:

1. Empat tahap pelatihan mengenai JIT untuk semua karyawan. Pelatihan mengenai tujuan dan konsep dasar JIT untuk level manajer hingga pada tahap untuk implementasi JIT
2. Penerapan dari kedua belas elemen JIT dalam kaitan dengan teknologi,sumber daya manusia dan manajemen sistem adalah langkah utama dalam proses implementasi. Proses penerapan menyatakan tingkat kesiapan peneran JIT. Selain hal diatas, komitmen manajemen dan keefektifan pelatihan harus dilakukan evaluasi.
3. Penentuan area target kerja. Target ini mencakup; aktivitas implementasi, status aktivitas, keperdulian karyawan, lama pelaksanaan dan sumber input lain yang dibutuhkan untuk melengkapi aktivitas..
4. Bentuk proyek kecil untuk melakukan analisa awal implementasi JIT. Proyek ini juga melakukan analisa mengenai pengaruh pelaksanaan JIT terhadap departemen atau level unit. Ketua pelaksanaan proyek juga harus melakukan evaluasi ketidakefektifan sistem yang harus dipebaiki jika dilakukan implementasi JIT.
5. Lakukan perbaikan secara terus menerus dalam waktu yang lama selama pelaksanaan JIT. Salah satu teknik yang digunakan adalah Small Group Improvement Activity (SGIA), seringkali digunakan untuk melakukan penataan dan menyediakan struktur terhadap perbaikan secara terus menerus. Pada langkah ini sangat penting untuk, menyiapkan unsur kepemimpinan dan paltihan yang dibutuhkan oleh anggota kelompok, melakukan batasan yang jelas dari ruang kerja kelompok sehingga keberhasilan yang dilakukan dapat terukur dan mengembangkan metode untuk mengevaluasi kesuksesan proses.
6. Pengukuran kesuksesan implementasi melalui proses evaluasi performansi. Dasar pengukuran seringkali berada pada area: pelayanan konsumen, eliminasi biaya tambahan proses produksi, lama proses produksi, level produksi, kualitas, ouput manufactur, produktifitas pekerja.

7. Proses ini dilakukna terus menerus hingga meliputi semua aspek perusahaan. Internalisasi dan pengembangan perusahaan merupakan sinyal bahwa organisasi telah memulai untuk melakukan standarisasi internasional.

Salah satu penerapan JIT yang paling canggih adalah perusahaan Toyota . berdasarkan penerapan Toyota, penerapan JIT mempunyai dua tujuan yaitu; pengurangan biaya dan peningkatan kemampuan permodalan perusahaan. Eliminasi produk sisa adalah mekanisme untuk mencapai tujuan diatas, metode produksi menggunakan aliran proses terus- menerus dengan dua elemen : JIT dan Otomasi mandiri. Jika terjadi permasalahan pada kualitas produk, maka semua pekerja dapat menghentikan aliran produksi jika diharuskan.

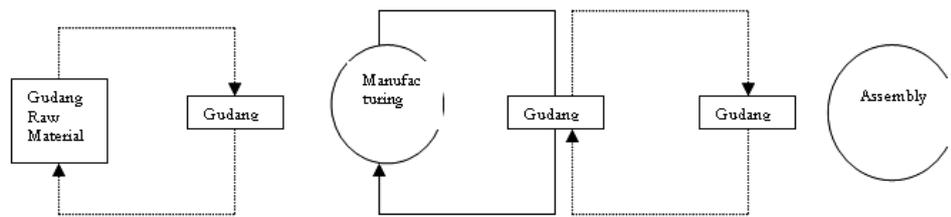
#### **f. Sistem Kanban**

Kanban adalah sistem berbentuk pull system yang digunakan untuk melakukan control elemen produksi. Berasal dari bahasa jepang, kanban berarti “kartu”, dan dalam sistem ini kartu digunakan untuk menandai proses produksi kmponen dan perpindahannya dari lokasi dimana produksi dilakukan menuju lokasi komponen digunakan.

Ini merupakan sistem manual yang berpengaruh untuk membatasi produksi komponen hanya berdasar pada seberapa banyak komponen itu dibutuhkan dalam assembly. Sejumlah bagian produk secara umum merupakan bagian permintaan harian pada lintasan assembly akhir, dinyatakan sebagai jumlah yang harus diproduksi dalam satu periode waktu dan dipindahkan dari fabrikasi ke proses assembly akhir dalam satu waktu juga. Sebuah wadah yang telah distandarkan (tote box) digunakan untuk meletakkan dan membawa bagian tersebut.

Tidak ada box/wadah yang akan bergerak tanpa kartu kanban dan tidak ada produksi tanpa box yang kosong yang berisi kartu kanban. Ketika bagian

manufaktur mengosongkan tote box yang berisi material dasar pada saat memproduksi komponen/part produk, selanjutnya box akan dikembalikan ke distributor material dasar. Distributor akan mengisi box selanjutnya box akan dikirim ke bagian manufaktur dengan menggunakan kartu kanban. Sistem ini dapat diilustrasikan sebagai berikut:



Urutan langkah kanban dapat di definisikan sebagai berikut:

1. Kartu kanban produksi dipindahkan dari cell kanban menuju ke kontainer sebelum kontainer diisi oleh produk akhir. ( kartu kanban bergerak dari cell B ke cell C). cell kanban dinyatakan oleh B1.
2. Spesialisasi persediaan akan memindahkan kartu kanban produksi dari kotak kanban B1 ke kotak kanban B2. Kedatangan kartu produksi memberi kesempatan operator untuk memproduksi produk guna dimasukkan dalam kontainer untuk mengganti kontainer yang dipindahkan.
3. Produksi dimulai dengan memindahkan kontainer raw material ke cell B dari input. Kartu kanban pada kontainer raw material dipindahkan ke box B3.
4. Operator pada cell B melakukan proses produksi akhir dari part yang ada di kontainer dan memindahkan kontainer produk akhir ke sisi luar cell. Kartu produksi diambil oleh operator dan ditempatkan pada kontainer akhir.
5. Spesialisasi persediaan meletakkan kartu perpindahan pada kanban box B3. Kartu perpindahan menyatakan perpindahan kontainer yang merupakan output dari cell A dan input dari cell B. Kartu kanban

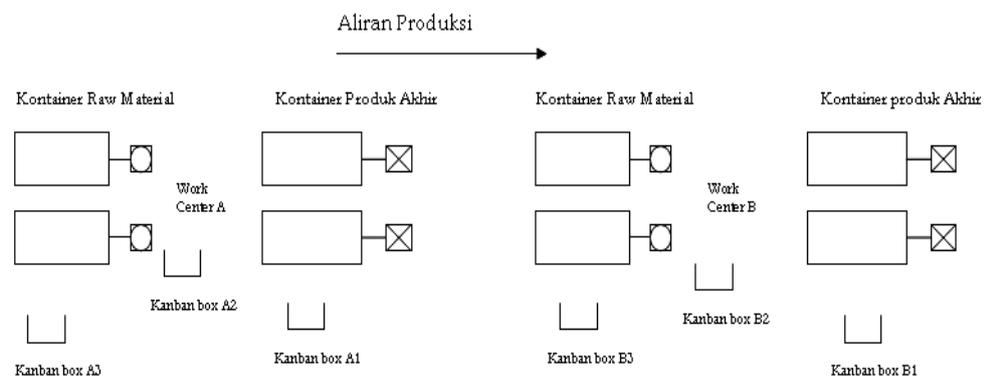
produksi di letakkan pada box A1 dan kartu kanban perpindahan diletakkan pada kontainer sisi input pada cell B.

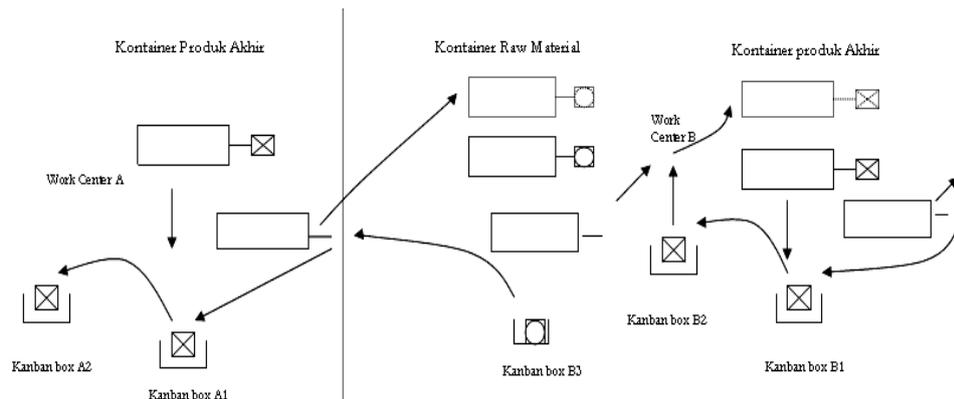
6. Lakukan process yang sama untuk cell A.

Departemen pengendalian produksi, dengan melakukan kontrol terhadap jumlah kartu kanban yang bergerak maka akan sekaligus mengetahui berapa jumlah work in proses. Ketika pertama kali diterapkan, jumlah kartu kanban yang keluar akan melebihi jumlah kartu yang seharusnya akan tetapi secara bertahap akan berkurang. Dalam setiap pengurangan kartu, masalah yang terkait akan dianalisa, dipelajari dan di koreksi.

Suatu perusahaan dapat mengimplementasikan JIT tanpa harus mengimplementasikan kanban. Kanban tidak sesuai digunakan pada lingkungan kerja dengan proses produksi tidak terus menerus (berdasarkan pesanan) atau pada industri dengan permintaan akan satu item sangat tinggi sehingga semua bagian produksi terpusat untuk melakukan produksi berkelanjutan terhadap item tersebut. Implementasi kanban akan sangat bagus jika diintegrasikan dalam suatu sistem yang terkomputerisasi sehingga dapat terhubung langsung dengan rantai produksi dan peralatan material handling.

Pemahaman mengenai aliran perpindahan kartu kaanban merupakan hal utama dalam implementasi kanban, berikut adalah ilustrasi perpindahan kartu kanban selama produksi:





Jumlah produksi kanban dapat dikalkulasikan sebagai berikut:

$$n = \frac{D(T_q + T_p)(1 + a)}{c}$$

dimana

n : jumlah produksi kanban

D : permintaan part tiap hari (unit)

$T_q$  : waktu tunggu yang dibutuhkan per lot dalam fraksi desimal selama sehari

$T_p$  : waktu proses yang dibutuhkan per lot dalam fraksi desimal selama sehari

C : Standard kapasitas kontainer/part

a : variabel allowance yang diberikan untuk ketidakefisien sistem

Dapat dianalisa berdasarkan rumus diatas, bahwa  $T_q + T_p$  merupakan lead time yang dibutuhkan untuk memproduksi satu lot part/bagian daalam satu bagian proses produksi. Nilai variabel akan tinggi pada saat mulai penerapan metode kanban, kemudian akan berkurang secara bertahap.

#### Contoh Soal:

Suatu perusahaan harus memutuskan jumlah produksi kanban guna menandai proses pada satu bagian manufaktur pada part X120. Beberapa data yang diperoleh adalah:

- Permintaan per hari part tersebut adalah 300 buah
- Bagian produksi berproduksi selama 8 jam per hari
- Rata-rata waktu tunggu per lot adalah 4 jam

- Lama setup adalah 70 menit
- Lama produksi/buah adalah 0.2 jam
- Variabel allowance yang diberikan adalah 0.2

Solusi:

- Rata-rata waktu tunggu per lot, dinyatakan dalam per hari adalah:  $4/8$  jam atau 0.5 jam
- Rata-rata waktu proses per lot, dinyatakan dalam jam adalah :  $70/60 + 0.2 \times 120 = 25.17$
- Rata-rata waktu proses per lot, dinyatakan dalam hari adalah :  $25.17/8 = 3.146$

Berdasarkan rumus diatas, maka  $n = \frac{300(5 + 3.146)(1 + 0.2)}{120}$

$$n = 10.9 \text{ atau } 11.$$

Jadi jumlah kartu kanban yang diproduksi adalah 11 buah.

## V. SUPLEMEN

### 1.Studi kasus pada New United Motor Manufacturing

Perusahaan gabungan antara Toyota Motor Coporation dan General Motor Generation berdasarkan pada tiga konsep pendekatan keefektifan dan keefisienan proses produksi yakni: Just In Time, Jidoka dan Worker Ability

### 2.Just In Time

Filosofi dari Just In Time yang digunakan yang digunakan oleh New United Motor Manufacturing adalah tidak memproduksi produk untuk di jual akan tetapi memproduksi produk untuk melayani/mengganti produk yang telah terjual. Pada proses pertama, menjual produk yang diproduksi, mengindikasikan bahwa produk yang diproduksi digunakan untuk mengisi persediaan produk jadi.(push system) Sedangkan pada proses produksi yang kedua, mengindikasikan bahwa produk hanya akan diproduksi jika terdapat

permintaan akan produk dengan jelas. Alat kontrol utama yang digunakan adalah kanban, kanban digunakan untuk melakukan kontrol terhadap pull JIT system yang telah dibangun. Tim produksi menggunakan metode lain dari Toyota yakni, *kaiizen*, yang mengutamakan pada persediaan berkelanjutan untuk perbaikan proses produksi.

### 3. Jidoka

Prinsip utama pada United New Motor adalah bahwa kualitas harus didukung oleh proses produksi itu sendiri. Ketika peralatan dan mesin yang digunakan berada pada standard normal, mereka fokus pada pendekatan proses zero quality problem. Jidoka mengarah kepada kemampuan mesin produksi atau lintasan produksi untuk menghentikan proses secara otomatis ketika mesin berada pada kondisi di bawah standard. Teknik saat ini yang digunakan untuk merepresentasikan konsep ini adalah quality at source. Tujuan dari Jidoka adalah (1) menjamin kualitas selalu 100 persen (2) preventive equipment breakdown (3) efisiensi tenaga kerja.

### 4. Kemampuan Tenaga Kerja

Anggota tim pada United New Motor diberikan kebebasan untuk melakukan pengambilan keputusan pada area kerja dimana dia berada, sehingga diharapkan adanya multi fungsi dan kemampuan pengambilan keputusan dengan komitmen dan profesionalitas. Perputaran kerja merupakan bagian proses pelatihan dan pembelajaran secara berkala. Sejauh dimungkinkan telah dilakukan otomatisasi mesin untuk mengeliminasi kebosanan kerja, kesulitan dan tingkat keamanan kerja.

## **VI. TUGAS**

1. Jelaskan konsep JIT
2. Jelaskan prinsip-prinsip umum pada manajemen produksi yang terdapat pada sistem produksi dengan JIT
3. Deskripsikan konsep Kanban

4. Jelaskan pendekatan utama yang dilakukan oleh sistem pembelian JIT terhadap proses pembelian material
5. Lakukan analisa terhadap penerapan JIT pada permasalahan diatas
6. Tokyo Auto Company menggunakan sistem kanban untuk memproduksi part yang akan dikirim ke beberapa perusahaan mobil di Jepang. Salah satu part yang akan diproduksi adalah W342 dan melalui proses produksi pada cell manufacturing ke 87. Data-data terkait dengan produk itu adalah sebagai berikut:
  - Permintaan per hari adalah 400 buah
  - Cell manufacturing beroperasi selama 12 jam per hari
  - Rata-rata waktu tunggu tiap lot dari part ini adalah 3 jam
  - Lama setup adalah 30 menit
  - Waktu produksi per buah adalah 0.1 jam
  - Kapasitas tote box adalah 100
  - Variabel allowance adalah 0.1
  - Tentukan berapa jumlah produksi kanban yang dibutuhkan

## **VII. GLOSSARIUM**

1. EOQ (Economic Order Quantity) : Jumlah optimum pemesanan material dasar
2. Lot Sizes : kuantitas produksi/periode waktu
3. Allowance: kelonggaran yang diberikan untuk ketidakefisienan sistem

## **VIII. DAFTAR PUSTAKA**

1. Kreaber W. Henry, Computer Integrated Manufacturing, New Jersey, Prentice Hall Inc, 2001
2. Smith B Spencer, Computer Based production and Inventory Control, New Jersey, Prentice Hall, 1989

# BAB 12

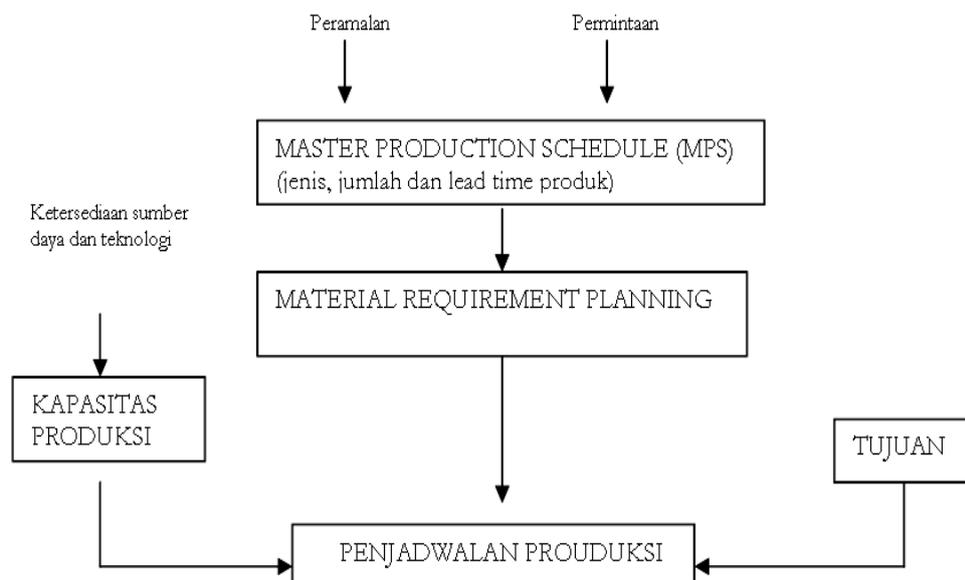
## PENJADWALAN PRODUKSI *PRODUCTION SCHEDULING*

*Oleh : Arya Wirabhuana, Tutik Fariyah, dan Dwi Agustina*

### I. KOMPETENSI DASAR

1. Mahasiswa mampu memahami konsep dasar penjadwalan
2. Mahasiswa mampu memahami dasar pemilihan teknik penjadwalan produksi

### II. PETA KONSEP MATERI



### III. CURRENT ISSUE

Industri manufaktur bergerak sangat cepat dalam persaingan internasional. Bahkan pada suatu industri yang sudah mapan sekalipun, jika tidak ada usaha untuk melakukan perbaikan produktifitas maka dapat dipastikan tidak dapat bertahan dalam persaingan. Sudah bukan menjadi rahasia lagi, jika banyak perusahaan yang mengalihkan usahanya ke asia. Hal ini tentu sangat dimaklumi, karena banyaknya keuntungan yang ditawarkan oleh pasar asia terhadap perkembangan industri. Selain adanya potongan pajak, kemudahan mendapatkan sumber daya, hal lain yang mendasar beberapa industri adalah berkurangnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengiriman barang ke konsumen.

Lamanya waktu yang digunakan untuk pengiriman ke konsumen ini, sangat mempengaruhi kapan suatu produk harus siap untuk dikirim dan kapan suatu produk harus mulai di produksi. Sehingga akan sangat menimiasi produk yang terlambat, karena keterlambatan suatu produk akan sangat mempengaruhi kepuasan konsumen akan produk kita dan juga sangat berpengaruh pada citra perusahaan di mata konsumen dan akhirnya terhadap permintaan konsumen akan produk kita. Penjadwalan produksi yang tepat, selain dapat memenuhi target permintaan konsumen, juga dapat meminimasi biaya produksi yang berpengaruh terhadap finansial perusahaan. Berdasarkan survei dari 45 industri, terdapat lima hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan penjadwalan produksi yakni:

1. Pemenuhan batasan pengiriman
2. Meminimasi waktu proses produksi
3. Meminimasi biaya dan waktu setup
4. Meminimasi persediaan produk antara
5. Memaksimalkan utilitas mesin

#### IV. MATERI POKOK

##### a. Definisi

Penjadwalan pada dasarnya adalah penempatan sumber daya selama periode tertentu. Terdapat beberapa hal yang perlu digaris bawahi yakni;(1) penjadwalan adalah suatu pengambilan keputusan, (2) penjadwalan adalah sekumpulan teori, teknik, prinsip, model yang ada untuk menyelesaikan persoalan penjadwalan

Terdapat beberapa pengambilan keputusan manajer yang fundamental yakni: (1) produk atau jasa apa yang akan diproduksi, (2) pada skala apa barang/jasa harus tersedia, (3) sumber daya yang digunakan. Karena itu penjadwalan produksi relevan saat ini karena secara otomatis permasalahan akan teratasi dan konfigurasi dari ketersediaan sumber daya akan lebih jelas.

Langkah awal penjadwalan adalah perencana melakukan identifikasi akan kegiatan yang harus dilakukan serta batasan sumber daya yang dimiliki. Jadwal awal yang tersusun dilakukan evaluasi terus menerus.

Empat tahapan dasar dalam pembuatan penjadwalan (*system approach*) yakni formulasi, analisa, sintesa dan evaluasi. Pada langkah pertama:harus dilakukan identifikasi masalah dan kriteria yang digunakan dalam pengambilan keputusan. Hal ini merupakan aktivitas yang kompleks, akan tetapi keputusan yang tepat seringkali berdasarkan pada identifikasi masalah daan batasan yang tepat. Tahap kedua adalah analisa, analisa adalah proses yang lebih detail untuk memeriksa elemen tiap masalah dan keterkaitan diantaranya. Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan antar elemen dan konstrain yang mungkin bisa diabaikan. Sintesa adalah proses pembentukan alternatif solusi. Evaluasi adalah proses perbandingan antara feasible alternative dengan pelaksanaan.

Teori penjadwalan sangat terkait dengan model matematika, pengembangan penggunaan model dan teknik yang menjembatani teori dan praktek. Tiga

tujuan pengambilan keputusan dalam penjadwalan yaitu: efisiensi penggunaan sumber daya, kecepatan respon terhadap permintaan, ketepatan deadline. Dua jenis batasan yang ada dalam penjadwalan yakni: keterbatasan kapasitas sumber daya yang ada dan keterbatasan teknologi yang digunakan untuk menyelesaikan proses. Untuk mengklasifikasi model penjadwalan maka sangat penting mendefinisikan karakteristik konfigurasi sumber daya dan proses pengerjaan. Jika hanya terdiri satu tipe sumber daya yang digunakan, maka proses pengerjaannya dikategorikan sebagai “single stage” sedangkan jika melibatkan multi sumber daya dan multi proses pengerjaan maka dikategorikan sebagai “multistage task”.

Tujuan penjadwalan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui due dates
2. Meminimasi lead time
3. Meminimasi total waktu setup
4. Meminimasi persediaan in proses
5. Maksimasi utilitas mesin.

#### **b. Single Machine Scheduling**

Dalam penjadwalan single mesin, permasalahan yang dihadapi adalah untuk mendefinisikan bagian mana dari sejumlah proses yang harus dilakukan pada satu mesin. Beberapa proses perencanaan dapat dinyatakan dalam sebagai perencanaan satu mesin. Dalam proses manufacturing secara umum, perencanaan satu mesin dapat dilakukan pada salah satu bagian untuk mesin banyak karena pembagian yang dilakukan dapat mengurangi biaya setup.

Penjadwalan dengan satu mesin dapat dilakukan dengan beberapa teknik penjadwalan yang berdasar pada pengukuran performansi.

Input data yang digunakan dalam penjadwalan satu mesin adalah sebagai berikut:

- $r_i$  – ready time: waktu yang dibutuhkan untuk memulai proses produksi job  $i$

- $t_i$  - waktu proses untuk job I termasuk waktu setup
- $d_i$  - due time dari job I

Data output yang didapat pada penjadwalan adalah sebagai berikut:

- $C_i$  – waktu penyelesaian dari job i
- $F_i$  – Flow time dari job i
- $L_i$  – lateness dari job i
- $T_i$  – tardiness dari job i
- $Q_i$  – Waktu tunggu dari job i
- $J_T$  – jumlah job yang harus dilakukan pada saat t

### c. Shortest Processing Time

Shortest Processing Time adalah metode penjadwalan satu mesin berdasarkan pertambahan nilai waktu proses. Job yang memiliki waktu proses tercepat akan diletakkan untuk dikerjakan pertama kali, kemudian dilanjutkan oleh job yang memiliki waktu tercepat kedua dan begitu seterusnya. Dengan asumsi semua job selesai pada waktu yang sama, penjadwalan dengan menggunakan teknik SPT ini melakukan minimasi pengukuran performansi pada:

- Mean Completion time ( $C_i$ )
- Mean Flow Time ( $F_i$ )
- Mean latenes ( $L$ )
- Mean queue time ( $Q$ )
- Maximum queue time ( $Q_{max}$ )
- Mean number of job in process ( $J$ )

### d. Earliest Due Date

Earliest Dua Date (EDD) merupakan teknik aturan penjadwaln dengan menggunakan pertambahan due date. Hal ini bertujuan untuk meminimasi dua pengukuran performansi:

- Maximum Lateness ( $L_{max}$ )
- Maximum Tardiness ( $T_{max}$ )

#### e. Minimizing Number of Jobs Tardy

Prosedur penyelesaian penjadwalan dengan menggunakan teknik minimizing number of job tardy ( $N_T$ ) adalah :

1. Namakan Blok semua job yang telah dijadwalkan dengan EDD dengan blok E
2. Jika tidak ada job yang mengalami keterlambatan, maka penjadwalan sudah optimal. Sedangkan jika masih ada, identifikasikan job yang terlambat pertama kali dengan nama k job
3. Seleksi job yang memiliki waktu pengerjaan paling cepat dan pindahkan ke dalam set T. lakukan secara keseluruhan.

#### f. Minimasi Biaya Set-up

Permasalahan utama dalam penjadwalan satu mesin adalah adanya keharusan untk melakukan produksi sejumlah n item setiap hari. Jika dimisalkan terdapat 20 job yang harus dilakukan, maka jumlah pemmbagian yang harus dilakukan sejumlah 2 juta kali. Suatu metode matematik yang digunakan adalah dengan menggunakan metode *branch and bound*. Bebrapa prosedur yang harus dilakukan adalah:

1. Pengurangan
 

Lakukan pengurangan semua nilai pada baris berdasarkan pada nilai terendah dalam baris tersebut. Lakukan pengurangan semua nilai pada kolom berdasarkan pada nilai terendah dalam kolom tersebut. Jumlah pengurangan ini dinyatakan sebagai lower bound.
2. Evaluasi cell
 

Untuk semua sel ij, lakukan perhitungan terhadap  $\Phi_{ij}$ , jumlah nilai terkecil pada baris yang sama dan jumlah nilai terkecil pada kolom yang sama.

3. Branching

Branch pada cell dinyatakan dengan  $\Phi_{ij}$ , lakukan pembagian menjadi dua bagian

4. Perhitungan bound terendah

Lakukan perhitungan lower bound dari setiap sub problem yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya.

5. Fathoming

Sebuah nilai yang dihasilkan dari sub problem dinyatakan sebagai solusi ideal untuk sub problem tersebut.

6. Prunning

Eliminasi semua sub problem dengan nilai ideal lebih dari nilai incumbent

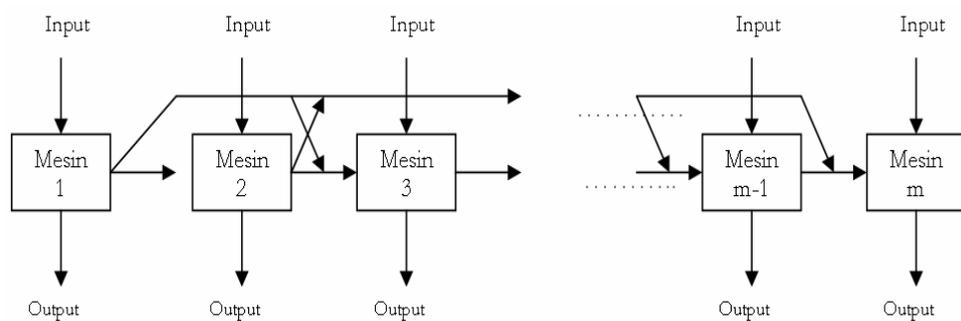
7. Optimalisasi

Jika semua sub problem telah dikaji ulang, dan dilakukan eliminasi diatas maka hentikan proses

8. Pemilihan sub problem untuk dilakukan pengulangan metode jika optimasi tidak didapatkan.

**g. Flow Shop**

Dalam flow shop sangat penting untuk membedakan antara job dan setiap kegiatan yang menjadi bagian dari job tersebut. Untuk diskusi kali ini, model yang dikembangkan dalam flow shop adalah bahwa job terdiri dari sekumpulan proses produksi yang memiliki proses terdahulu maupun proses tujuan. Tipe struktur ini disebut "Linear Precedence Struktur". Jika digambarkan karakteristik permasalahan pada flow shop hampir sama dengan basic single machine model.



Dimana:

- C1 : sejumlah proses multi operasi yang bisa dilakukan pada saat periode waktu nol (tiap job meminta m operasi dan tiap operasi membutuhkan mesin yang berbeda)
- C2 : waktu set up untuk tiap operasi ( termasuk dalam waktu proses produksi)
- C3 : pendiskripsi kerja
- C4 : m mesin yang tersedia terus menerus
- C5 : proses single

Salah satu hal yang digaris bawahi dalam kasus single machine adalah dihitungnya waktu menunggu/antrian. Dalam model single machine dengan kedatangan terus-menerus maka bisa diasumsikan bahwa mesin tidak pernah berhenti pada saat terdapat antrian produk. Akan tetapi dalam flow shop, waktu henti/idle dapat dimasukkan untuk mendapatkan jadwal yang optimal.

## V. SUPLEMEN

### Studi Kasus 1.

Misalkan F adalah pengukuran performansi, dan data waktu produksi dari 4 mesin untuk 2 job adalah sebagai berikut:

Nomor mesin	Waktu operasi job 1	Waktu operasi job 2
1	1	4
2	4	1
3	4	1
4	1	4

Untuk menghitung rata-rata number of job in process, kita lihat terlebih dahulu pada penjadwalan yang telah dilakukan: pada saat kelima job berada dalam aliran, job ke 5, sdanga dalam proses produksi. Setidaknya terdapat 1 unit pertime. Jika kita lakukan perhitungan, maka akan diperoleh;

$$\bar{J} = \frac{(5 \times 1) + (4 \times 2) + (3 \times 3) + (2 \times 5) + (1 \times 6)}{17} = 2,24$$

Jika diketahui terdapat 5 job yang harus dilakukan dan semua job telah siap dilaksanakan, yakni:

Job	$t_i$	$d_i$
1	5	6
2	3	15
3	2	7
4	6	9
5	1	5

Dengan melakukan penjadwalan menggunakan SPT, maka diperoleh:

Job	$t_i$	$d_i$	$C_i$	$F_i$	$L_i$	$Q_{max}$
1	1	5	1	1	-4	0
2	2	7	3	3	-4	1
3	3	15	5	6	-9	3
4	5	6	11	11	5	6
5	6	9	17	17	8	11

jika diselesaikan dengan menggunakan EDD, maka akan diperoleh:

Job	$t_i$	$d_i$	$C_i$	$L_i$	$T_i$
5	1	5	1	-4	0
1	5	6	6	0	0
3	2	7	8	1	1
4	6	9	14	5	5
2	3	15	17	2	2

jika diselesaikan dengan menggunakan metode mimimasi number of jobs tardy ini adalah:

	E					T
Job	5	1	3	4	2	
$t_i$	1	5	2	6	3	
$C_i$	1	6	8	14	17	
$d_i$	5	6	7	9	15	
$T_i$	0	0	1	5	2	

Job yang mengalami keterlambatan pertama kali adalah job 3, waktu pengerjaan yang paling lama dari ketiga job pertama adalah 5, sehingga kita pindah job 1 ke set T

	E				T
Job	5	3	4	2	1
$t_i$	1	2	6	3	5
$C_i$	1	8	14	17	17
$d_i$	5	7	9	15	6
$T_i$	0	1	5	2	11

Berdasarkan sequence dari job 5, 3, 4, 2, 1. Dan minimum keterlambatan job adalah satu.

## VI. TUGAS

1. Jelaskan konsep dasar penjadwalan produksi
2. Secara pasti, pada penjadwalan terhadap mesin tunggal, performansi apa saja yang dioptimalkan oleh SPT
3. Secara pasti, pada penjadwalan terhadap mesin tunggal, performansi apa saja yang dioptimalkan oleh EDD

## VII. GLOSSARIUM

Telah Jelas

## VIII. DAFTAR PUSTAKA

1. Kreaber W. Henry, Computer Integrated Manufacturing, New Jersey, Prentice Hall Inc, 2001
2. Smith B Spencer, Computer Based production and Inventory Control, New Jersey, Prentice Hall, 1989
3. Baker R Kenneth, Introduction to Sequencing and Scheduling, New York, John Wiley and Sons, 2002