

Metode Peramalan (*Forecasting Method*)

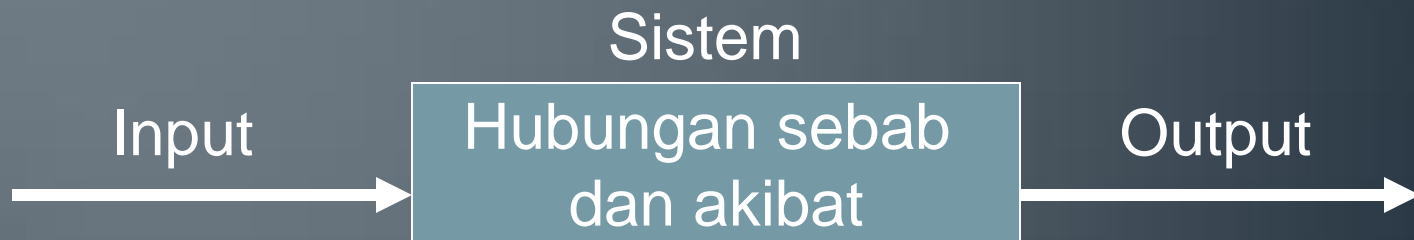
M. Hengki Riawan P., S.T., S.H., M.T., M.M

Definisi Peramalan

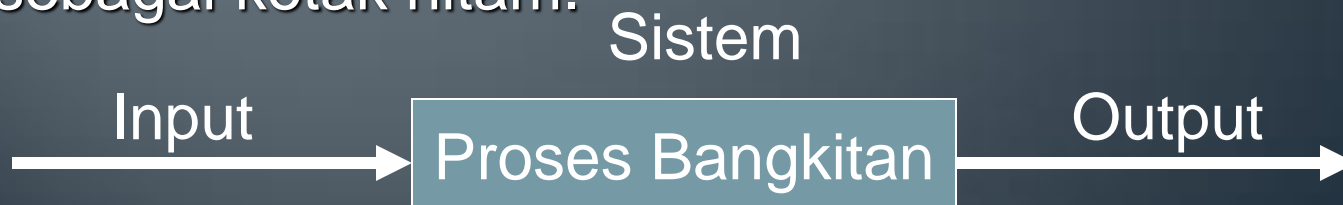
- Peramalan adalah seni dan ilmu untuk memprediksi masa depan.
- Peramalan adalah tahap awal, dan hasil ramalan merupakan basis bagi seluruh tahapan pada perencanaan produksi.
- Proses peramalan dilakukan pada level agregat (*part family*); bila data yang dimiliki adalah data item, maka perlu dilakukan agregasi terlebih dahulu.
- Metode: Kualitatif dan kuantitatif.
- Terminologi: *perioda*, *horison*, *lead time*, *fitting error*, *forecast error*, data dan hasil ramalan.

Peramalan Eksplanatoris dan Deret Berkala

- Kedua pendekatan ini saling melengkapi dan dimaksudkan untuk jenis penggunaan yg berbeda.
- Pendekatan ekspalanatoris mengasumsikan adanya hubungan sebab akibat di antara input dengan output dari suatu sistem.



- Peramalan Deret Berkala memperlakukan *sistem* sebagai kotak hitam.



Persyaratan Penggunaan Metode Kuantitatif:



1. Tersedia informasi tentang masa lalu.
2. Informasi tersebut dapat di kuantitatifkan dalam bentuk data numerik.
3. Dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berlanjut di masa mendatang.



Langkah-langkah Peramalan

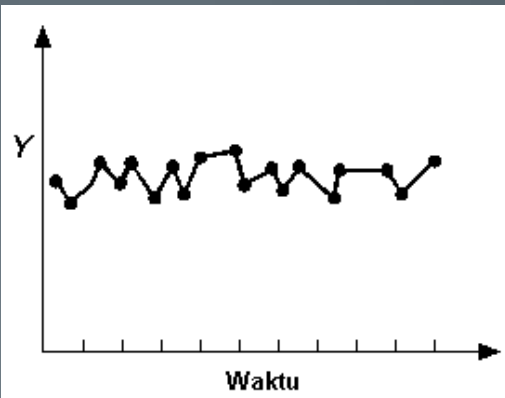
- Definisikan tujuan peramalan.
- Plot data (*part family*) masa lalu.
- Pilih metode-metode yang paling memenuhi tujuan peramalan dan sesuai dengan plot data.
- Hitung parameter fungsi peramalan untuk masing-masing metode.
- Hitung *fitting error* untuk semua metode yang dicoba.
- Pilih metode yang terbaik, yaitu metode yang memberikan *error* paling kecil.
- Ramalkan permintaan untuk periode mendatang
- Lakukan verifikasi peramalan.

Pola data metode deret berkala (1)

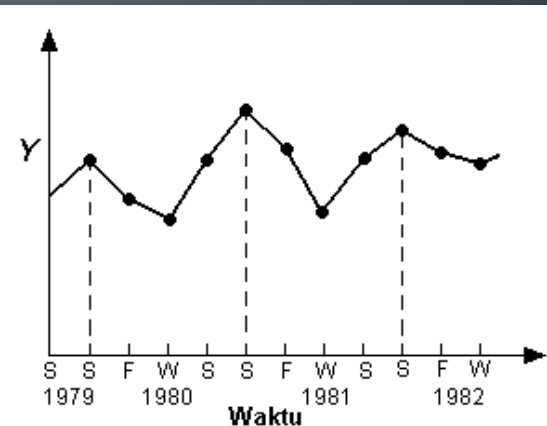
1. **Pola *horisontal* (H)** terjadi bilamana data berfluktuasi disekitar nilai rata-rata yg konstan. Suatu produk yg penjualannya tdk meningkat atau menurun selama waktu tertentu termasuk jenis ini. Pola khas dari data horizontal atau stasioner seperti ini dapat dilihat dalam Gambar 1.1.
2. **Pola *musiman* (S)** terjadi bilamana suatu deret dipengaruhi oleh faktor musiman (misalnya kuartal tahun tertentu, bulanan, atau hari-hari pada minggu tertentu). Penjualan dari produk seperti minuman ringan, es krim, dan bahan bakar pemanas ruang semuanya menunjukkan jenis pola ini. Untuk pola musiman kuartalan dapat dilihat Gambar 1.2.

Pola data metode deret berkala (2)

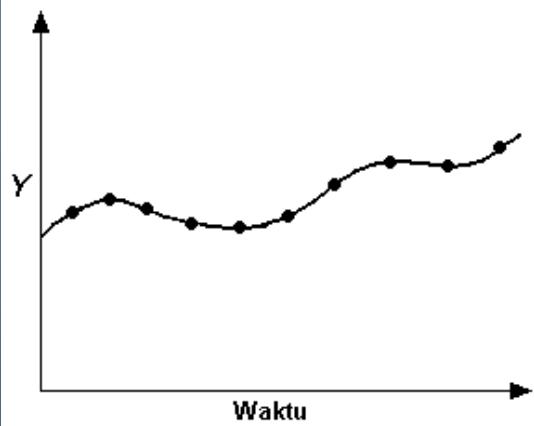
3. **Pola *siklis* (C)** terjadi bilamana datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Contoh: Penjualan produk seperti mobil, baja, dan peralatan utama lainnya. Jenis pola ini dapat dilihat pada Gambar 1.3.
4. **Pola *trend* (T)** terjadi bilamana terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data. Contoh: Penjualan banyak perusahaan, GNP dan berbagai indikator bisnis atau ekonomi lainnya. Jenis pola ini dapat dilihat pada Gambar 1.4.



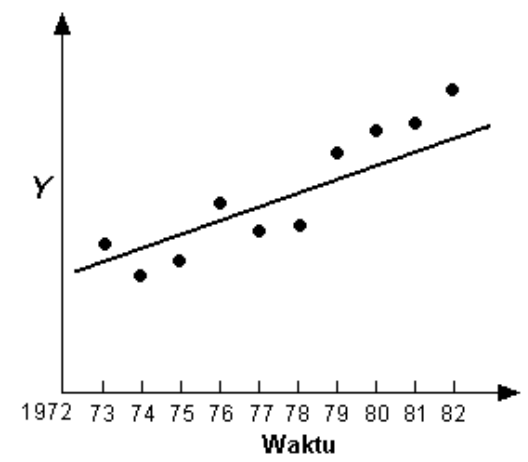
Gambar 1.1. Pola pola Horizontal



Gambar 1.2. Pola Data Musiman



Gambar 1.3. Pola pola Siklis



Gambar 1.4. Pola Data Trend

Karakteristik trend

Komponen	Amplitudo	Penyebab
Seasonal	12 bulan	Liburan, musim, perioda finansial
Cyclical	3-5 tahun	Ekonomi nasional, perubahan politik
Bisnis	1-5 tahun	Pemasaran, kompetisi, performance
Product life cycle	1-5 tahun, makin pendek	Substitusi produk



7 Tipe Deret Waktu

1. Constant
2. Linier trend
3. Quadratic
4. Exponential
5. Moving Average
6. Exponential smoothing
7. Seasonal

1. Metode Constant

- Dalam Metode Constant, peramalan dilakukan dengan mengambil rata-rata data masa lalu (historis).
- Rumus untuk metoda linier:

$$d'_t = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

Keterangan:

d'_t = Forecast untuk saat t

t = time (independent variable)

d_t = demand pada saat t

n = jumlah data

2. Metode Linier trend

- Model ini menggunakan data yang secara random berfluktuasi membentuk garis lurus.
- Rumus untuk metoda linier:

$$d'_t = a + bt \quad t = 1, 2, 3, \dots$$

$$a = \frac{\sum t^2 \sum d_t - \sum t \sum td_t}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

$$b = \frac{n \sum td_t - \sum t \sum d_t}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

Keterangan:

d'_t = Forecast untuk saat t

a = intercept

b = kemiringan garis

t = time (independent variable)

d_t = demand pada saat t

n = jumlah data

3. Metode Quadratic (1)

- Model ini menggunakan data yang secara random berfluktuasi membentuk kurva quadratic.
- Rumus untuk model quadratic:

$$d'(t) = a + bt + ct^2 \quad t = 1, 2, 3, \dots$$

$$b = \frac{\gamma\delta - \theta\alpha}{\gamma\beta - \alpha^2}$$

Keterangan :

3. Methode Quadratic (2)

$$\gamma = \left(\sum_{t=1}^n t^2 \right)^2 - n \sum_{t=1}^n t^4$$

$$\delta = \sum_{t=1}^n t \sum_{t=1}^n Y(t) - n \sum_{t=1}^n tY(t)$$

$$\theta = \sum_{t=1}^n t^2 \sum_{t=1}^n Y(t) - n \sum_{t=1}^n t^2 Y(t)$$

$$\alpha = \sum_{t=1}^n t \sum_{t=1}^n t^2 - n \sum_{t=1}^n t^3$$

$$\beta = \left(\sum_{t=1}^n t \right)^2 - n \sum_{t=1}^n t^2$$

$$c = \frac{\theta - (b)(\alpha)}{\gamma}$$

$$a = \frac{\sum_{t=1}^n Y(t)}{n} - b \frac{\sum_{t=1}^n t}{n} - c \frac{\sum_{t=1}^n t^2}{n}$$

4. Metode Exponential (1)

- Digunakan apabila persamaan a dan b tidak bisa dipecahkan dengan cara konvensional.
- Digunakan transformasi logaritma ke dalam situasi regresi.
- Persamaan metode eksponensial :

$$d'(t) = ae^{bt}$$

Keterangan:

d'_t = Forecast untuk saat t

a = intercept

b = kemiringan garis

t = time (independent variable)

e = exponential (konstanta)

4. Metode Eksponensial (2)

- Persamaan transformasi logaritma :

$$\ln[d'(t)] = \ln(a) + \ln(e^{bt}) = \ln(a) + bt$$

Keterangan:

d'_t = Forecast untuk saat t

a = intercept

b = kemiringan garis

t = time (independent variable)

e = exponential (konstanta)

5. Metode Moving Average (1)

- Digunakan bila data-datanya :
 - tidak memiliki trend
 - tidak dipengaruhi faktor musim
- Digunakan untuk peramalan dengan perioda waktu spesifik.
- Moving Average didefinisikan sebagai :

$$MA_n = \frac{\sum_{t=1}^n d_t}{n}$$

Keterangan :

n = jumlah perioda

d_t = demand pada bulan ke t

5. Metode Moving Average (2)

- Peramalan jangka pendek lebih baik dibandingkan jangka panjang.
- Kelemahan : tidak cocok untuk pola data trend atau pola data musiman.

6. Metode Exponential Smoothing (1)

- Kesalahan peramalan masa lalu digunakan untuk koreksi peramalan berikutnya.
- Dihitung berdasarkan hasil peramalan + kesalahan peramalan sebelumnya.

6. Metode Exponential Smoothing (2)

ES didefinisikan sebagai:

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

Keterangan:

F_{t+1} = Ramalan untuk periode berikutnya

D_t = Demand aktual pada periode t

F_t = Peramalan yg ditentukan sebelumnya untuk periode t

α = Faktor bobot

- α besar, smoothing yg dilakukan kecil
- α kecil, smoothing yg dilakukan semakin besar
- α optimum akan meminimumkan MSE, MAPE

7. Metode Seasonal



- Demand meningkat karena pengaruh tertentu atau berdasarkan waktu.
- Nilai/harga faktor seasonal antar 0 dan 1.
- Formulasi peramalan pada tahun ke i :

$$d'_i = a + b_t$$

Keterangan :

d'_i = peramalan untuk saat ke i

t = perioda waktu (bulan, minggu, dll)

- Formulasi Peramalan Seasonal :

$$SF_{(i)} = (S_i).(d'_t)$$

Forecasting Errors & Tracking Signals

3 metode perhitungan kesalahan peramalan :

$$\text{a. Mean Absolute Deviation (MAD)} = \frac{\sum_{t=1}^N |d_t - d'_t|}{N}$$

$$\text{b. Mean Squared Error (MSE)} = \frac{\sum_{t=1}^N (d_t - d'_t)^2}{N}$$

$$\text{c. Mean Absolute Percent Error (MAPE)} = \frac{100}{N} \sum_{t=1}^N \left[\left| \frac{d_t - d'_t}{d_t} \right| \right]$$

Verifikasi (1)

- Salah satu metode verifikasi adalah Moving Range Chart (MRC).
- Moving Range (MR) didefinisikan sebagai :

$$MR = |d'_t - d_t| - |d'_{t-1} - d_{t-1}|$$

Keterangan :

d'_t = ramalan pada bulan ke t

d_t = kebutuhan pada bulan ke t

d'_{t-1} = ramalan pada bulan ke t-1

d_{t-1} = kebutuhan pada bulan ke t-1

Verifikasi (2)

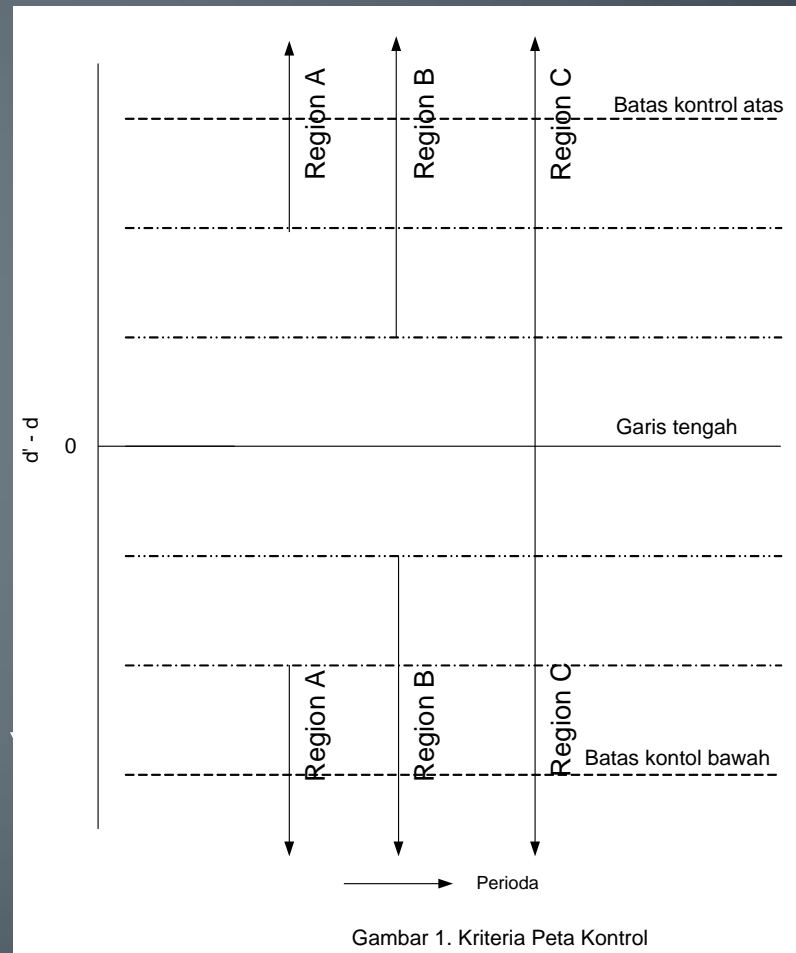
- Rata-rata MR dihitung :

$$\overline{\text{MR}} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \text{MR}_i}{n-1}$$

- Batas kontrol atas (UCL), batas kontrol bawah (LCL), dan garis tengah (CL)

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= + 2,66\overline{\text{MR}} \\ \text{LCL} &= - 2,66\overline{\text{MR}} \\ \text{CL} &= 0 \end{aligned}$$

Verifikasi (3)



Verifikasi (4)

- Pengujian out of kontrol :
 - ◆ Dari 3 titik yang berurutan, 2 titik atau lebih berada di daerah A.
 - ◆ Dari 5 titik yang berurutan, 2 titik atau lebih berada di daerah B.
 - ◆ Dari 8 titik yang berurutan, seluruhnya berada di atas atau di bawah *center line*.
 - ◆ Satu titik berada di luar batas kontrol.

Verifikasi (5)

- Contoh Soal: Kasus Peramalan Konstan

Tabel 1. Perhitungan Peta Kendali Untuk Peramalan Konstan

Bulan	Periode t	Forecast d'	Demand d	d' - d	Moving range MR
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Jan.	1	99	90	9	
Feb.	2	99	111	-12	21
Mar.	3	99	99	0	12
Apr.	4	99	89	10	10
Mei	5	99	87	12	2
Juni	6	99	84	15	3
Juli	7	99	104	-5	20
Ags.	8	99	102	-3	2
Sept.	9	99	95	4	7
Okt.	10	99	114	-15	19
Nop.	11	99	103	-4	11
Des.	12	99	113	-14	10
Total		1188	1191	-3	117

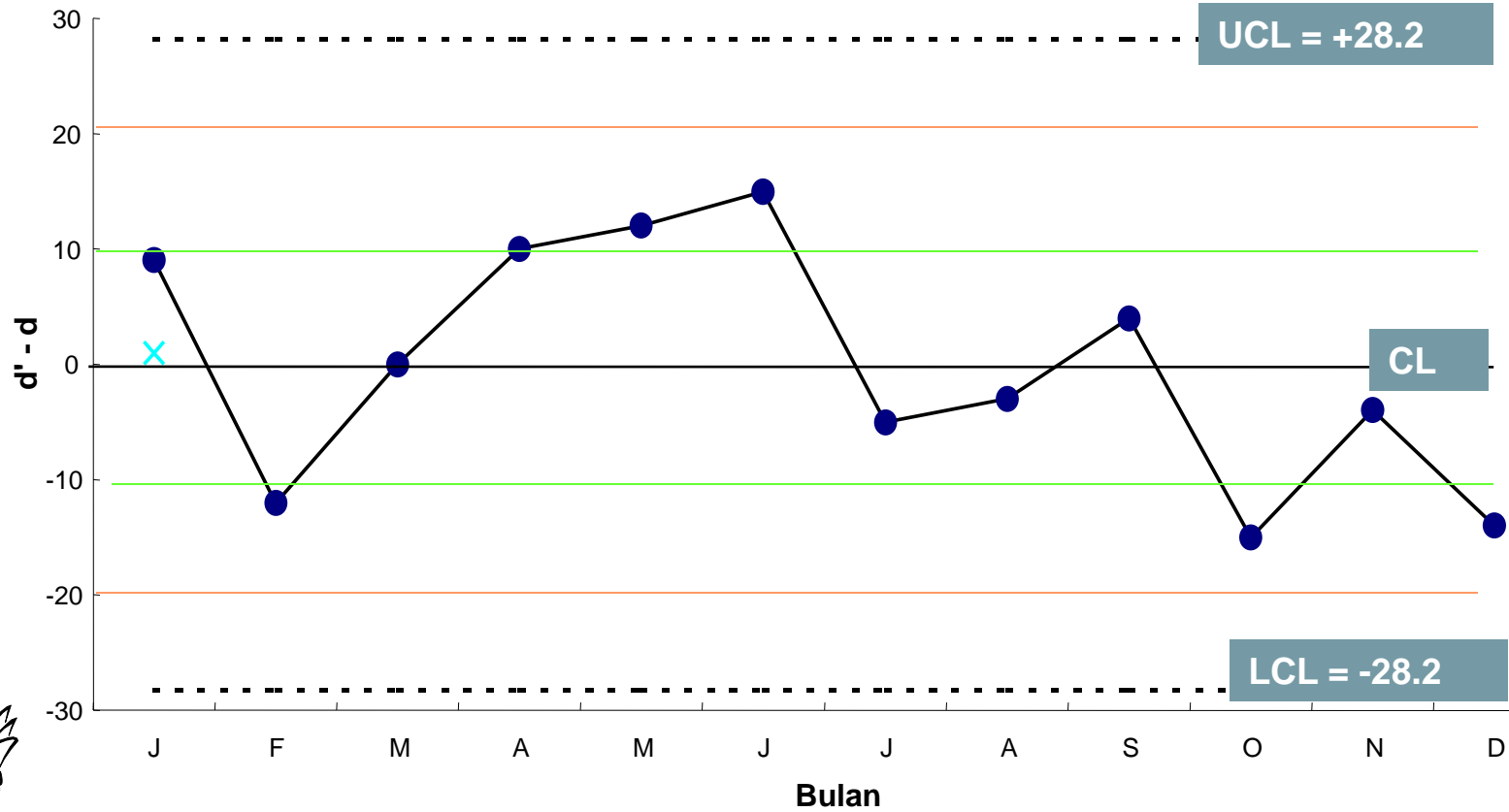
$$\overline{MR} = \frac{117}{11} = 10.6$$

$$UCL = 28.2$$

$$LCL = -28.2$$

$$MR = |d'_t - d_t| - |d'_{t-1} - d_{t-1}|$$

Verifikasi (6)



Gambar 2. Peta Kendali Peramalan Konstan



Verifikasi (7)

- Bila kondisi out of control terjadi.
- Perbaiki ramalan dengan memasukkan data baru.
- Tunggu *evidence* (fakta-fakta) selanjutnya.

Contoh Metode Constant

Bulan	t	d_t
Jan	1	90
Feb	2	111
Mar	3	99
Apr	4	89
Mei	5	87
Jun	6	84
Jul	7	104
Aus	8	102
Sep	9	95
Okt	10	114
Nov	11	103
Des	12	<u>113</u>
		$\Sigma=1191$

$$d'_t = \frac{\sum^n d_t}{n}$$

$$d'_t = \frac{\sum^{12} 1191}{12} = 99.25$$

Contoh Metode Linear trend

t	d _t	td _t	t ²	d' _t	(d _t -d' _t) ²
1	2050	2050	1	2108,5	3.422,2
2	2235	4470	4	2210,1	620,0
3	2420	7260	9	2311,7	11.728,9
4	2360	9440	16	2413,3	2.840,9
5	2490	12450	25	2514,9	620,0
<u>6</u>	<u>2620</u>	<u>15720</u>	<u>36</u>	<u>2616,5</u>	<u>12,3</u>
21	14175	51390	91		19.244,3

$$d'_t = a + bt$$

$$= 2006,9 + 101,6t$$

$$b = \frac{n \sum_{t=1}^n td_t - \sum_{t=1}^n d_t \sum_{t=1}^n t}{n \sum_{t=1}^n t^2 - \left(\sum_{t=1}^n t \right)^2}$$

$$a = \frac{\sum_{t=1}^n d_t - b \sum_{t=1}^n t}{n}$$

$$a = 2006,9 \text{ dan } b = 101,6$$

Contoh Metode Quadratic

t	t^2	t^3	t^4	d_t	td_t	t^2d_t
1	1	1	1	16	16	16
2	4	8	16	24	48	96
3	9	27	81	34	102	306
4	16	64	256	46	184	736
<u>5</u>	<u>25</u>	<u>125</u>	<u>625</u>	<u>60</u>	<u>300</u>	<u>1500</u>
Σ 15	55	225	979	180	650	2654

$$\alpha = (15)(55) - (5)(225) = -300$$

$$\beta = (15)^2 - (5)(55) = -50$$

$$\gamma = (55)^2 - (5)(979) = -1870$$

$$\delta = (15)(180) - (5)(650) = -550$$

$$\theta = (55)(180) - (5)(2654) = -3370$$

$$\hat{b} = \frac{(-1870)(-550) - (-3370)(-300)}{(-1870)(-50) - (-300)^2} = 5$$

$$\hat{c} = \frac{(-1870)}{-1870} = 1$$

$$\hat{a} = \frac{180}{5} - \frac{(5)(15)}{5} - \frac{55}{5} = 10$$

$$d'(t) = 10 + 5t + t^2 \quad \rightarrow \quad d'(5) = 10 + 5(5) + 5^2 = 60$$

Contoh Metode Eksponensial

t	d_t	$\ln(d_t)$	$t\ln(d_t)$	t^2
1	2.50	0.92	0.92	1
2	4.12	1.42	2.84	4
3	6.80	1.92	5.76	9
4	11.20	2.42	9.68	16
5	18.47	2.92	14.60	25
15		9.60	33.8	55

$$\hat{b} = \frac{(5)(33.8) - (9.60)(15)}{(5)(55) - 225} = 0.5$$

$$\ln(\hat{a}) = \frac{9.60}{5} - \frac{(0.5)(15)}{5} = 0.42$$

$$\text{anti } \ln(0.42) = e^{0.42} = 2.50 = \hat{a}$$

$$d'(t) = \hat{a}(e)^{\hat{b}t} = 2.5e^{0.5t} \rightarrow d'(6) = 2.5e^3 = 50$$

Contoh Metode Moving Average

Bulan	t	d _t	MA 3 bulan	MA 5 bulan
Jan	1	10	-	-
Feb	2	12	-	-
Mar	3	13	-	-
Apr	4	16	(10+12+13)/3=11,66	-
Mei	5	19	(12+13+16)/3=13,66	-
Jun 6	23	(13+16+19)/3=16,00	(10+12+13+16+19)/5 = 14	
Jul	7	26	(16+19+23)/3=19,33	(12+13+16+19+23)/5 = 16,6

$$MA_n = \frac{\sum_{t=1}^n d_t}{n}$$

Contoh Metode Exponential Smoothing

Period	Demand	Forecast , F_{t+1}	
		$\alpha=0.3$	$\alpha=0.5$
1	37	-	-
2	40	37	37
3	41	37.9	38.5
4	37	38.83	39.75
5	45	38.28	38.37
6	50	40.29	41.68
7	43	43.20	45.84
8	47	43.14	44.42
9	56	44.30	45.71
10	52	47.81	50.85
11	55	49.06	51.42
12	54	50.84	53.21
		51.79	53.61

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

Contoh Metode Seasonal (1)

Year	Demand (x 1000)				
	Kwartal-1	Kwartal-2	Kwartal-3	Kwartal-4	Total
1992	12.6	8.6	6.3	17.5	45
1993	14.1	10.3	7.5	18.2	50.1
1994	15.3	10.6	8.1	19.6	53.6
	42	29.5	21.9	55.3	148.7

Perhitungan faktor bobot:

$$S_1 = D_1 / \Sigma D = 42 / 148.7 = 0.28$$

$$S_2 = 0.20$$

$$S_3 = 0.15$$

$$S_4 = 0.37$$

$$b = \frac{n \sum_{t=1}^n t d_t - \sum_{t=1}^n d_t \sum_{t=1}^n t}{n \sum_{t=1}^n t^2 - \left(\sum_{t=1}^n t \right)^2}$$

$$a = \frac{\sum_{t=1}^n d_t - b \sum_{t=1}^n t}{n}$$

Contoh Metode Seasonal (2)

$$a = 40.97$$

$$b = 4.3$$

$$y = 40.97 + 4.3 t$$

Untuk tahun 1995 ($t = 4$) diperoleh 58.17

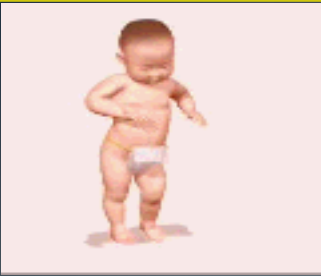
Peramalan utk tiap kwartal:

$$SF_1 = S_1 \cdot F_5 = .28 (58.7) = 16.28$$

$$SF_2 = 11.63$$

$$SF_3 = 8.73$$

$$SF_4 = 21.53$$



pulan

1. Peramalan merupakan tahapan awal dalam perencanaan sistem operasi produksi.
2. Model yang paling tepat harus dipilih dalam melakukan peramalan.
3. Model yang dipilih dapat dibandingkan dengan model yang lain dengan menggunakan kriteria minimum average sum of squared errors.
4. Distribusi *forecast errors* harus dimonitor, jika terjadi bias maka model yang digunakan tidak tepat.

TERIMA KASIH