

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 *Toyota Production System (TPS)*

2.1.1 Tujuan *TPS*

Tujuan utama dari *TPS* adalah untuk membuat mobil dengan kualitas yang lebih baik, lebih murah, dan untuk keperluan masyarakat luas. Ini memerlukan perjuangan dan pengorbanan untuk membuat masyarakat yang lebih makmur.

Inti dari *TPS* adalah aktivitas yang sifatnya menyeluruh di dalam perusahaan , yaitu dengan konsep yang berdasarkan menghilangkan *muda* secara menyeluruh, mencari cara pembuatan barang yang bersifat rasional dan melakukan pengembangan keteknikan yang lebih canggih.

2.1.2 Target *TPS*

2.1.2.1 Hanya Membuat Barang Yang dapat Dijual

Untuk memproduksi barang yang dapat terjual, adalah dengan cara menyesuaikan *timing* produksi dengan *timing* penjualan. Oleh karena itu, dalam memproduksi diperlukan cara produksi dan standar waktu yang dapat diatur atau disesuaikan.

2.1.2.1.1 *Take Time*

Standar panjang waktu yang diperlukan untuk produksi barang tersebut harus dapat diatur agar dapat memenuhi permintaan konsumen. Ini yang dimaksud dengan *take time*.

Take time adalah kecepatan produksi yang dinyatakan dalam satuan waktu untuk melakukan suatu proses atau satu unit *part*, dan secara umum berlaku di seluruh proses baik dari proses perakitan maupun sampai proses akhir yaitu barang jadi.

2.1.2.1.2 *Just In Time*

Just in time adalah produksi atau mengirim barang yang hanya diperlukan dengan jumlah dan pada waktu yang dibutuhkan. *Just in time* merupakan salah satu tiang utama dari konsep TPS.

Untuk menjalankan produksi yang sangat efisien tanpa ada *muda*, maka hanya membuat barang yang dapat dijual pada waktunya saja sangatlah penting.

2.1.2.1.3 *Kanban*

Kanban adalah salah satu alat kendali penting untuk produksi *just in time*. Proses berikut hanya mengambil /menarik barang yang diperlukan dari proses sebelumnya. Proses sebelumnya hanya memproduksi sejumlah barang yang telah diambil oleh proses berikut.

2.1.2.2 Membuat Mobil Yang Berkualitas Baik

2.1.2.2.1 *Built In Quality*

Pola pikir terhadap kualitas adalah salah satu hal yang sangat penting. Dasar pemikiran seperti ini diwujudkan dengan “membangun kualitas di dalam proses”.

Untuk itu, masing-masing orang mempunyai tanggung jawab dalam prosesnya sampai proses itu selesai, sedangkan proses berikutnya adalah konsumen. Sehingga, menjalankan *built in quality* adalah hal yang sangat penting.

2.1.2.2.2 Jidoka

Jidoka adalah, pada waktu membentuk/memproses dengan memakai perlengkapan mesin timbul kelainan di mesin atau pada barang yang sedang diproses, maka perlengkapan mesin tersebut akan mendeteksi kelainan yang timbul dan perlengkapan mesin tersebut akan berhenti secara otomatis.

Tujuan utama dari *jidoka* adalah :

1. membuat barang agar kualitasnya 100% baik
2. Mencegah rusaknya perlengkapan mesin
3. Penyederhanaan *manpower* (tidak memerlukan orang untuk mengawasi jalannya mesin/perlengkapan)

2.1.2.2.3 Tindakan Pencegahan Agar Defect Tidak Terulang lagi

Adalah sulit untuk mencegah secara total timbulnya barang *defect* dan *repair*. Untuk itu penting sekali mengadakan penanganan terhadap *defect* yang timbul tersebut. Dengan penanggulangan yang hanya sementara/darurat, akan menyebabkan besarnya kemungkinan timbulnya *defect* dengan penyebab yang sama. Oleh karena itu, perlu tindakan penanggulangan untuk mencegah agar tidak timbul *defect* kembali.

2.1.2.3 Membuat Barang Yang Lebih murah

Membuat barang yang lebih murah adalah hubungan biaya pembuatan dengan manusia, material, perlengkapan dan lain-lain. Jadi pembuatan barang memerlukan

biaya seminimal mungkin atau dapat disebut dengan “membuat barang yang lebih murah”.

2.1.2.3.1 *Heijunka*

Heijunka adalah dengan me-level-kan jumlah dan jenis barang yang bermacam-macam. Ini menjadi persyaratan awal dari produksi *just in time* dalam *TPS*.

Produksi *heijunka* adalah metode yang efisien dalam menghilangkan *Muda*, *Mura* dan *Muri* yang banyak timbul di dalam sistem proses produksi yang terdiri dari banyak macam proses.

Muda adalah pemborosan. Yang tergolong dalam *muda* adalah *repair*, produk yang berlebihan, *muda* dalam proses, *muda* dalam *transport*, *muda* dalam stok, *muda* dalam gerakan, dan menunggu.

Mura adalah ketidak-teraturan. Aliran pekerjaan yang selalu berubah akan menimbulkan *mura*. Hal yang berkaitan dengan muda adalah *equipment*, *material*, tenaga kerja, dan lain-lain.

Muri adalah beban yang berlebihan. Contohnya adalah membebani peralatan yang melebihi dari kemampuan normalnya, atau penempatan karyawan yang kurang mampu pada pekerjaan yang sangat sulit.

2.1.2.3.2 Standar Kerja

Standar kerja adalah alat untuk mengkombinasikan dengan baik antara perlengkapan dan orang dalam mencapai produksi yang efisien. Atau dapat disebut juga sebagai alat *kaizen* (usaha perbaikan secara terus-menerus terhadap suatu hal untuk menjadi lebih baik).

Standar kerja merupakan pedoman bagi operator dalam menjalankan pekerjaannya di tempat kerja. Ini juga berfungsi sebagai pembagian tugas kerja operator yang dapat dipakai untuk pengembangan *cost reduction* sehingga merupakan pedoman kerja yang tidak ada *muda-nya*.

2.2 Inventory Control Untuk Toyota Genuine Parts (TGP)

2.2.1 Pengenalan Inventory Control

Inventory control adalah suatu bagian dalam sistem logistik yang bertugas mengatur jumlah persediaan baik secara jenis barang maupun jumlah persediaan untuk setiap jenisnya. Tanggung jawab seorang *inventory control staff* adalah menyediakan *TGP* yang tepat dengan jumlah dan waktu yang tepat. Untuk mewujudkan hal tersebut maka perlu dilakukan pengawasan persediaan yang sifatnya terus-menerus dengan metode-metode standar yang telah ditentukan dalam sistem persediaan *TGP*. *Inventory control* diperlukan oleh seluruh saluran distribusi *TGP*, mulai dari *supplier*, *distributor*, *sub-depot*, toko, bengkel, dan seterusnya.

2.2.1.1 Tujuan Inventory Control

Tujuan sistem *inventory control TGP* adalah sebagai berikut:

1. Menurunkan kehilangan kesempatan menjual dikarenakan tidak tersedianya *TGP* baik secara kuantitas maupun jenis *TGP*-nya.
2. Meningkatkan keuntungan dengan cara memilih *item* yang tepat untuk distok.
3. Menyediakan stok sesuai sesuai dengan standar tertentu yang mempertimbangkan *volume* permintaan dari konsumen.

4. Mewujudkan kepuasan konsumen dalam pelayanan purna jual sebagai salah satu pendukung penjualan unit.

2.2.1.2 Tugas *Inventory Control*

Tugas dari *inventory control* adalah :

1. Mengontrol dan menentukan *item-item* yang harus di stok (*phase-in*) dan harus tidak di stok (*phase-out*) sesuai dengan histori permintaan yang ada.
2. Menentukan berapa jumlah yang harus di stok untuk setiap jenis *TGP* disesuaikan dengan kondisi permintaan dari jenis *TGP*-nya.
3. Melakukan analisa terhadap semua hal yang mempengaruhi sistem persediaan untuk menghasilkan perbaikan dalam sistem yang ada.

Membangun suatu metode untuk memudahkan dalam mengontrol *TGP* secara jenis *TGP* maupun jumlahnya

2.2.1.3 Alat Ukur *Inventory Control*

Suatu metode tidak akan jelas hasilnya jika kita tidak tahu bagaimana mengukurnya, sehingga sebagai seorang *inventory control staff* harus mengetahui hal-hal apa saja yang harus diukur. Untuk mengetahui keberhasilan dalam sistem *inventory* yang kita pakai, maka dapat dilihat indikasinya pada hal-hal berikut:

1. Bagaimana rasio pelayanan kita terhadap konsumen baik secara jenis *TGP* maupun kuantitasnya.
2. Bagaimana kuantitas untuk tiap-tiap *TGP* jika dibandingkan dengan standar yang ada.

3. Bagaimana komposisi stok yang ada jika dibandingkan dengan histori permintaan dari konsumen.

2.2.2 Penentuan Stok

Pada saat menentukan stok, harus dibuatkan standar untuk menentukan *item-item* apa yang akan di stok dan tidak di stok. Setelah ditentukan *item* mana yang di stok, langkah selanjutnya adalah menentukan standar stok untuk setiap *item* tersebut sehingga tidak kekurangan dan tidak kelebihan.

2.2.2.1 *Phase In* dan *Phase Out*

Sebaiknya permintaan *TGP* yang pernah ada dicatat, sehingga apabila muncul permintaan berikutnya ada historinya dan bisa dipakai sebagai acuan dalam penentuan di stok atau tidaknya suatu *item*. Berikut ini contoh kebijakan *Phase-In* (non-stok menjadi stok) dan *Phase-Out* (stok menjadi non-stok) :

Tabel 2.1 *Phase In & Phase Out*

Stok <i>Switch - Over</i>	Data Acuan	Definisi
<i>Phase-In</i> (non-stok menjadi stok)	Pesanan perbaikan dan <i>demand history lost sales</i> untuk TGP non stok	Lebih dari 4 kali diminta oleh konsumen dalam 6 bulan
<i>Phase-Out</i> (stok menjadi non-stok)	Data penjualan untuk tiap-tiap nomor TGP dalam 6 bulan terakhir	Kurang dari 2 kali diminta oleh konsumen dalam 6 bulan terakhir

Sumber : PT. TAM

2.2.2.2 Maximum Inventory Position

Dalam penentuan jumlah yang harus di stok untuk setiap itemnya harus memperhatikan standar yang telah ditetapkan. Standar yang dibuat harus memperhatikan beberapa hal berikut:

1. Lamanya waktu yang diberikan dari saat pengorderan ke *Sub-Depot / TAM – SPD* sampai *TGP* siap dijual.
2. Frekuensi pengorderan untuk *TGP* yang dimaksud.
3. Besarnya *safety* stok yang diperlukan untuk mengantisipasi fluktuasi *demand* dan *lead time*.
4. Perilaku permintaan dari konsumen.

Standar stok untuk setiap item ditentukan dengan rumus berikut:

$$MIP = MAD \times (O/C + L/T + S/S) \quad (2-1)$$

dimana:

MIP : *Maximum Inventory Position (Pcs)*

MAD : *Monthly Average Demand / Permintaan rata- rata bulanan (Pcs/Bulan)*

O/C : *Order Cycle / Lamanya selang waktu antara pengorderan yang satu dengan pengorderan berikutnya (bulan)*

L/T : *Lead time / Lamanya waktu yang dibutuhkan sejak pengorderan sampai barang siap jual (bulan)*

S/S : *Safety Stock / Stok yang diperlukan untuk mengatasi adanya keterlambatan pengiriman dari supplier dan untuk mengatasi adanya fluktuasi permintaan.*

Contoh :

TGP 15600-0A010 rata-rata diminta oleh konsumen Toyota sebanyak 100buah/bulan.

Suatu *TGP* dapat diorder oleh *dealer* X. *dealer* X mengorder ke PT. TAM sebanyak 4 kali setiap bulannya. Keterlambatan pengiriman paling lama terjadi 1 minggu dan permintaan konsumen *dealer* X sangat berfluktuasi. Sehingga stok pengamanan untuk hal ini ditentukan sebanyak $\frac{1}{4}$ bulan. Maka stok maksimum yang diperbolehkan untuk *TGP* ini adalah :

$$MAD = 100\text{buah/bulan}$$

$$L/T = 1 \text{ bulan}$$

$$O/C = 0.25 \text{ bulan}$$

$$S/S = 0.25 + 0.5 = 0.75 \text{ bulan}$$

$$MIP = 100 \times (0.25 + 1 + 0.75) = 200 \text{ buah.}$$

MIP meliputi stok yang ada di gudang dan stok yang sedang diorder ke *supplier*, tetapi belum disuplai.

2.2.2.3 Meng-update Permintaan Rata-Rata Bulanan

Histori *demand* harus dihitung secara otomatis dan terus-menerus dengan menggunakan sistem, sehingga informasi yang akurat dapat digunakan untuk pengambilan keputusan *inventory control*. *MAD* sebaiknya di update setiap minggu sehingga tidak mengakibatkan fluktuasi yang terlalu besar.

Rumus *MAD* :

$$MAD = \frac{\text{Jumlah_demand_selama_}N}{N} \times \frac{52}{12} \quad (2-2)$$

N : 24 minggu untuk model lama dan 12 untuk model baru

Contoh :

Histori *demand* sebagai berikut :

Minggu	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6
Permintaan	150	132	141	147	133	152

Minggu	W-7	W-8	W-9	W-10	W-11	W-12
Permintaan	155	146	140	156	132	144

Demand = 1728 buah

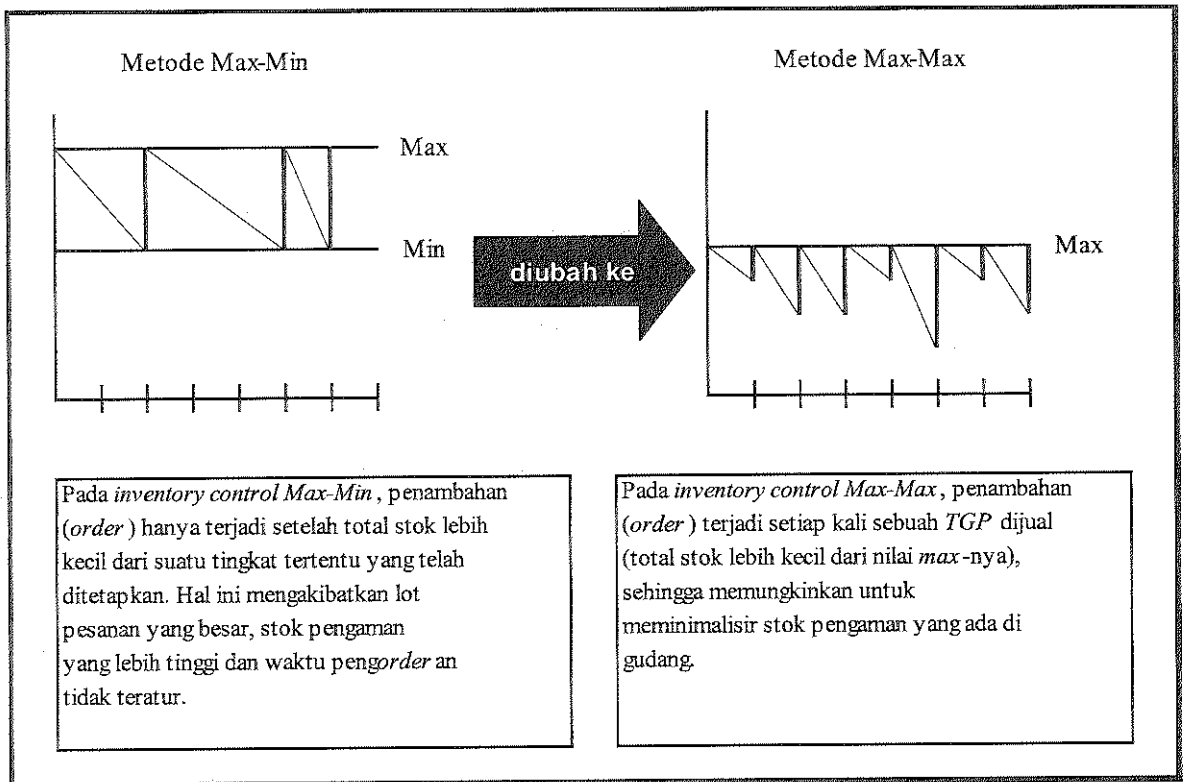
MAD = $(1728/12) \times (52/12) = 624$ buah/bulan

2.2.3 Ordering

Keputusan *inventory control* harus dilandaskan atas standar yang baku dan informasi yang *up to date* tentang kondisi *inventory*. Untuk mewujudkan sistem *inventory control* yang baik maka diperlukan sistem *ordering* yang mendukung sehingga bisa mewujudkan kondisi stok yang ramping dan ketersediaan *TGP* yang baik.

2.2.3.1 “Max-Max” Inventory Control

Pesanan penambahan stok harus didasarkan atas jumlah penjualan sejak pemesanan terakhir atau sesuai dengan konsep “*Sell One Buy One*”.



Gambar 2.1 Metode Max-Min & Max-Max

Sumber : PT. TAM

2.2.3.2 Jumlah Pesanan Yang Disarankan

Untuk menentukan jumlah yang harus di stok untuk masing-masing *TGP* harus memperhatikan siklus pesanan, *lead time* dan stok pengaman (*safety stok*). Pesanan ke TAM – SPD sebaiknya dilakukan secara harian, jumlah pesanan yang disarankan (*SOQ=Suggested Order Quantity*).

Rumus *SOQ*:

$$SOQ = MIP - (O/H + O/O) + B/O \quad (2-3)$$

Dimana :

O/H : On Hand / Jumlah stok yang ada di gudang

O/O : On Order / Jumlah yang sedang diorder ke TAM

B/O : Back Order / Order konsumen yang belum di suplai oleh *dealer*

Contoh :

TGP 23304-17810 yang ada di gudang Sub-depot X sebanyak 120 buah, dan yang sedang diorderkan ke TAM-SPD sebanyak 100 buah. Di dalam pengorderannya menggunakan parameter *order* sebagai berikut :

1. *Lead time* = 1 bulan

2. *Order Cycle* = 0.25 bulan

3. *Safety Stock* = 0.75 bulan

Permintaan bulanan untuk TGP diatas sebesar 150 buah/bulan. Maka pada saat itu, jumlah yang disarankan untuk diorderkan adalah :

$$MIP = 150 (1 + 0.25 + 0.75) = 300 \text{ buah}$$

$$SOQ = 300 - (120 + 100) = 80 \text{ buah}$$

2.2.4 Unjuk Kerja Sistem *Inventory*

Untuk Mengukur dan menilai ketepatangunaan persediaan dipakai *Key Performance Indicator*, yaitu *Service Rate (S/R)*, *Stock Month (S/M)*, *Stock Efficiency (S/E)*.

2.2.4.1 *Service Rate*

Service Rate adalah alat pengukur sehat tidaknya usaha TGP dalam hal kesanggupan untuk memenuhi permintaan konsumen. Kesanggupan pemenuhan

kebutuhan *TGP* meliputi dua hal, yaitu: kesanggupan pemenuhan kebutuhan berdasarkan jenis *TGP*-nya dan secara kuantitasnya.

Tingkat pelayanan yang harus diukur ada tiga macam, yaitu:

1. *Service Rate Horizontal (S/R Horizontal)*

Tingkat pelayanan yang mengukur dikenal tidaknya suatu *TGP* dalam sistem *inventory* yang dipakai. *Service rate horizontal* dapat dicari dengan rumus:

$$S / R \text{ _Horizontal} = \frac{\text{Jumlah _line _yang _tercatat _diantara _yang _diorder}}{\text{Jumlah _line _order}} \times 100 \% \quad (2-4)$$

2. *Service Rate Vertikal (S/R Vertikal)*

Tingkat pelayanan *TGP* dalam hal ketersediaan stok untuk *TGP* yang *diorder* oleh konsumen. *Service Rate Vertikal* dapat dicari dengan rumus:

$$S / R \text{ _Vertikal} = \frac{\text{Jumlah _line _yang _di sup lai}}{\text{Jumlah _line _tercatat _diantara _yang _diorder}} \times 100 \% \quad (2-5)$$

3. *Service Rate Total*

Service Rate ini menunjukkan perbandingan antara jumlah *TGP* yang mampu disuplai diantara yang *diorder* oleh konsumen atau merupakan perkalian dari *S/R Horizontal* dan *S/R Vertikal*. *S/R Total* ini dapat dicari dengan rumus:

$$S / R \text{ _Total} = \frac{\text{Jumlah _line _yang _di sup lai}}{\text{Jumlah _line _yang _diorder}} \times 100 \% \quad (2-6)$$

Contoh :

Suatu *sub-depot* memiliki permintaan dari konsumen A dan B sebanyak 16 *item* yang terbagi dalam 6 nomor *order* dari 16 *item* yang *diorder* ternyata yang dikenal dalam sistem *sub-depot* tersebut hanya 14 *item* sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Simulasi *Order* dan Perlakuannya

Konsumen	No. Order	No. Urut	Jumlah Order	Jumlah Suplai	Jumlah B/O	Jumlah Cancel	Harga	Catatan
A	A01	1	100	100			1.000	FILL
		2	50	0	50		1.500	
		3	40	40			1.200	
	A02	1	21	21			2.000	
		2	30	30			1.200	
	A03	1	60	60			1.000	
		2	32	0	30		2.500	
B	B01	1	43	43			2.100	KILL
		2	10	0		10	3.000	
	B02	1	25	25			4.000	
		2	30	30			10.000	
	B03	3	40	40			800	
		1	62	0		62	1.300	
		2	43	43			1.800	

Sumber : PT. TAM

$$a. \text{Service rate horizontal} = [14/16] \times 100\% = 87,5\%$$

$$b. \text{Service rate vertical} = [10/14] \times 100\% = 71,4\%$$

$$c. \text{Service rate total} = [10/16] \times 100\% = 62,5\%$$

2.2.4.2 Stock Month

Stok Month adalah berapa bulan penjualankah persediaan stok yang ada digudang pada akhir bulan tertentu.

Rumus *On Hand S/M* dan *Total S/M* :

$$\text{On_Hand_S/M} = \frac{\text{Jumlah_persediaan_yang_ada_digudang (O/H)}}{\text{MAD}} \quad (2-7)$$

$$\text{Stock_Month} = \frac{\text{On_Hand} + \text{On_Order}}{\text{MAD}} \quad (2-8)$$

Contoh :

Seandainya stok yang dimiliki oleh *dealer* ditunjukkan oleh Tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Stok yang Dimiliki Oleh Dealer

Nomor TGP	On Hand	On Order	MAD	Harga (RP)	On Hand X Harga	MAD X Harga
90919-01059	350	200	200	8.000	2.800.000	1.600.000
19145-26060	300	250	180	27.300	8.190.000	4.914.000
90099-52059	400	30	150	18.100	7.240.000	2.715.000
23300-06010	80	150	100	17.800	1.424.000	1.780.000
08823-80011	58	35	25	22.200	1.287.600	555.000
58301-0B910	20	2	0	200.000	4.000.000	0
08880-80417	375	145	75	135.000	50.625.000	10.125.000
90080-91161	230	48	85	10.000	2.300.000	850.000
90915-YZZE1	85	12	16	38.500	3.272.500	616.000
90082-93003	120	30	35	10.000	1.200.000	350.000
TOTAL					82.339.100	23.505.000

Sumber : PT. TAM

$$\begin{aligned}
 \text{Stock Month} &= \text{Total On Hand secara Rupiah} / \text{MAD secara Rupiah} \\
 &= 82.339.100 / 23.505.000 \\
 &= 3,50 \text{ bulan.}
 \end{aligned}$$

2.2.4.3 Stock Efficiency

Tolok ukur ini digunakan untuk mengetahui seberapa jauh stok kita sesuai dengan permintaan konsumen. Dapat dicari dengan rumus:

$$S / E = \frac{(\text{Total_persediaan}) - (\text{Over_Stock}) - (\text{Non_Moving_Parts})}{\text{Total_nilai_persediaan}} \times 100 \% \quad (2-9)$$

Dimana :

Total nilai persediaan = *on hand* + *on order*

Over stock = Total nilai persediaan yang moving – MIP

Non moving parts = Item yang memiliki MAD nol (Standar TAM-SPD = 6 bulan)

Contoh :

Apabila *sub-depot* pada contoh perhitungan *Stock Month* diatas menggunakan total parameter 2 bulan, maka stok secara rupiah seperti Tabel 2.4

Tabel 2.4 Kondisi Stok *Sub-Depot*

Nomor TGP	On Hand	On Order	MAD	Over Stock
90919-01059	2.800.000	1.600.000	1.600.000	1.200.000
19145-26060	8.190.000	6.825.000	4.914.000	5.187.000
90099-52059	7.240.000	543.000	2.715.000	2.353.000
23300-06010	1.424.000	2.670.000	1.780.000	534.000
08823-80011	1.287.600	777.000	555.000	954.600
58301-0B910	4.000.000	400.000	0	0
08880-80417	50.625.000	19.575.000	10.125.000	49.950.000
90080-91161	2.300.000	480.000	850.000	1.080.000
90915-YZZE1	3.272.500	462.000	616.000	2.502.500
90082-93003	1.200.000	300.000	350.000	800.000
TOTAL	82.339.100	33.632.000		58.174.100

Sumber : PT. TAM

Total Nilai Persediaan = *on hand* + *on order*

$$= 82.339.100 + 33.632.000$$

$$= 113.971.100$$

Over Stock = 58.174.100

Non Moving = 4.400.000

Stock Efficiency = $\{(113.971.100 - 58.174.100 - 4.400.000) / 113.971.100\} \times 100 \%$

$$= 46,04\%$$

2.3 Peramalan

Sering terjadi senjang waktu (*time lag*) antara kesadaran akan peristiwa atau kebutuhan mendatang dengan peristiwa itu sendiri. Adanya waktu tenggang (*leadtime*) ini merupakan alasan utama bagi perencanaan dan peramalan. Jika waktu tenggang ini nol atau sangat kecil, maka perencanaan tidak diperlukan. Jika waktu tenggang ini panjang dan hasil peristiwa akhir bergantung pada faktor-faktor yang dapat diketahui, maka perencanaan dapat memegang peranan penting. *Dalam situasi seperti itu peramalan diperlukan untuk menetapkan kapan suatu peristiwa akan terjadi atau timbul, sehingga tindakan yang tepat dapat dilakukan* (Makridakis 1988,p3).

Secara umum, metode peramalan dibagi ke dalam dua bagian besar yaitu :

1. Kualitatif. Metode ini tidak memerlukan data yang serupa dengan metode peramalan kuantitatif. Input yang dibutuhkan tergantung pada metode tertentu dan biasanya merupakan hasil dari pemikiran intuitif, perkiraan (*judgement*), dan pengetahuan yang telah didapat. Pendekatan ini seringkali memerlukan input dari sejumlah orang yang terlatih secara khusus.
2. Kuantitatif. Peramalan ini dapat diterapkan apabila tersedia informasi tentang masa lalu, data dalam bentuk numerik, dan diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berlanjut di masa datang (*assumption of continuity*). Metode ini dibagi menjadi dua metode utama yaitu metode regresi (kausal) yang mengasumsikan bahwa faktor yang diramalkan menunjukkan suatu hubungan sebab akibat dengan satu atau lebih variabel bebas dan metode deret waktu (*time*

series) yang menduga masa depan berdasarkan nilai masa lalu dari suatu variable dan atau kesalahan masa lalu.

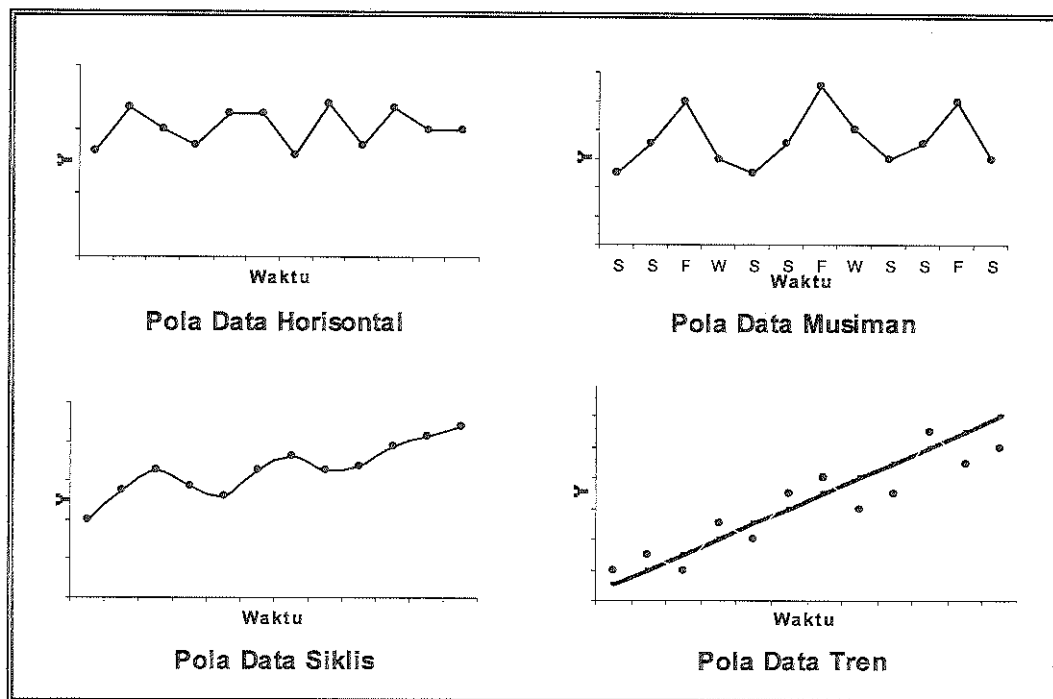
Dalam penelitian ini, akan dibahas secara mendalam metode peramalan kuantitatif deret waktu.

Selanjutnya, untuk menentukan metode peramalan deret waktu yang tepat, perlu mempertimbangkan jenis pola data, sehingga metode yang paling tepat dengan pola tersebut dapat diuji. Pola data dapat dibedakan menjadi empat :

1. Pola horisontal (H) terjadi bilamana nilai data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan. (Deret seperti itu adalah "*stasioner*" terhadap nilai rata-ratanya.) Suatu produk yang penjualannya tidak meningkat atau menurun selama waktu tertentu termasuk jenis ini. Demikian pula, suatu keadaan pengendalian kualitas yang menyangkut pengambilan contoh dari suatu proses produksi kontinyu yang secara teoritis tidak mengalami perubahan juga termasuk jenis ini.
2. Pola musiman (S) terjadi bilamana suatu deret dipengaruhi oleh faktor musiman (misal kuartal tahun tertentu, bulanan, atau hari-hari pada minggu tertentu). Penjualan dari produk seperti minuman ringan dan es krim menunjukkan pola ini.
3. Pola siklis (C) terjadi apabila datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Penjualan produk seperti mobil, baja, dan peralatan utama lainnya menunjukkan jenis pola ini.

4. Pola tren (T) terjadi apabila terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data. Penjualan banyak perusahaan, Produk domestik bruto, dan berbagai indikator bisnis atau ekonomi lainnya mengikuti suatu pola tren selama perubahannya sepanjang waktu.

Gambar 2.2 menunjukkan keempat pola data horisontal, musiman, siklis, dan tren.



Gambar 2.2 Ragam Pola Data Deret Berkala

Sumber : Metode dan Aplikasi Peramalan

Banyak deret data yang mencakup kombinasi dari pola-pola di atas. Metode peramalan yang dapat membedakan setiap pola harus dipakai bila diinginkan adanya pemisahan komponen pola tersebut. Demikian pula, metode peramalan alternatif dapat digunakan untuk mengenal pola dan mencocokkan data secara tepat sehingga nilai mendatang dapat diramalkan.

2.3.1 Ketepatan Metode Peramalan

Terdapat pertanyaan mendasar, bagaimana mengukur kesesuaian suatu metode peramalan tertentu untuk suatu kumpulan data yang diberikan. Dalam banyak situasi peramalan, ketepatan dipandang sebagai kriteria penolakan untuk memilih suatu metode peramalan (Makridakis 1988, p39). Dalam banyak hal, kata “ketepatan (*accuracy*)” menunjuk ke “kebaikan suai”, yang pada akhirnya penunjukan seberapa jauh model peramalan tersebut mampu memproduksi data yang telah diketahui. Dalam pemodelan deret berkala, sebagian data yang diketahui dapat digunakan untuk meramalkan sisa data berikutnya sehingga memungkinkan orang untuk mempelajari ketepatan ramalan secara lebih langsung. Bagi pemakai ramalan, ketepatan ramalan yang akan datang adalah yang paling penting. Bagi pembuat model, kebaikan suai model untuk fakta yang diketahui harus diperhatikan. Macam pertanyaan yang sering diajukan adalah :

1. Berapa ketepatan tambahan yang dapat dicapai dalam situasi tertentu melalui penggunaan teknik peramalan formal?
2. Untuk situasi yang diketahui, berapa banyak perbaikan dapat diperoleh dalam bentuk ketepatan ramalan?
3. Jika kesempatan untuk mencapai ketepatan yang lebih tinggi dalam situasi tertentu telah dipahami, bagaimana pengetahuan ini dapat membantu dalam pemilihan teknik peramalan yang tepat?

Secara umum perhitungan kesalahan peramalan dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$e_t = X_t - F_t \quad (2-10)$$

dimana :

e_t = kesalahan pada periode ke-t

X_t = nilai sesungguhnya pada periode ke-t

F_t = nilai hasil peramalan pada periode ke-t

Jika terdapat nilai pengamatan dan ramalan untuk n periode waktu, maka akan terdapat n buah kesalahan dan ukuran statistik standar berikut dapat didefinisikan :

Nilai Tengah Kesalahan Kuadrat (Mean Squared Error)

$$MSE = \sum_{i=1}^n e^2_t / n \quad (2-11)$$

Kesalahan Persentase (Percentage Error)

$$PE_t = \left(\frac{X_t - F_t}{X_t} \right) (100) \quad (2-12)$$

Nilai Tengah Kesalahan Persentase Absolut (Mean Absolute Percentage Error)

$$MAPE = \sum_{i=1}^n |PE_t| / n \quad (2-13)$$

2.3.2 Peramalan Dengan Metode Pemulusan (*Smoothing*) Eksponensial

Terdapat banyak metode yang dapat digunakan untuk meramalkan kejadian dimasa datang, antara lain adalah regresi linear, rata-rata bergerak, dan pemulusan eksponensial. Dari berbagai macam metode tersebut penulis akan menggunakan metode pemulusan eksponensial sebagai alat untuk penelitian. Metode ini dipilih karena dapat mengakomodasi berbagai model data (tren, musiman, siklus, dan horizontal).

Metode pemulusan eksponensial adalah metode yang menunjukkan pembobotan menurun secara eksponensial terhadap nilai observasi yang lebih tua. Oleh karena itu, metode ini disebut sebagai prosedur pemulusan (*smoothing*) eksponensial. Metode ini terdiri dari tunggal, ganda, dan metode yang lebih sulit lainnya. Semua mempunyai sifat yang sama, yaitu nilai yang lebih baru diberikan bobot yang relatif lebih besar dibanding nilai observasi yang lebih lama.

Dalam pemulusan (*smoothing*) eksponensial, terdapat satu atau lebih parameter pemulusan yang ditentukan secara eksplisit, dan hasil pilihan ini menentukan bobot yang dikenakan pada nilai observasi, seperti yang akan ditunjukkan di bawah ini.

2.3.2.1 Pemulusan Eksponensial Tunggal

Kasus yang paling sederhana dari pemulusan eksponensial tunggal (*SES*) dapat dikembangkan dari persamaan (2-14),

$$F_{T+2} = F_{T+1} + \frac{1}{T} (X_{T+1} - X_T) \quad (2-14)$$

dimana

F_T = nilai hasil peramalan periode ke-T

X_T = nilai hasil sesungguhnya periode ke-T

atau secara lebih khusus dari suatu variasi pada persamaan tersebut, yaitu :

$$F_{t+1} = F_t + \left(\frac{X_t}{N} - \frac{X_{t-N}}{N} \right) \quad (2-14')$$

Misalkan observasi yang lama X_{t-N} tidak tersedia sehingga tempatnya harus digantikan dengan suatu nilai pendekatan (aproksimasi). Salah satu pengganti yang

mungkin adalah nilai ramalan periode yang sebelumnya F_t . dengan melakukan substitusi ini, persamaan (2-14) menjadi persamaan (2-15), dan dapat ditulis kembali sebagai persamaan (2-16)

$$F_{t+1} = F_t + \left(\frac{X_t}{N} - \frac{F_t}{N} \right) \quad (2-15)$$

$$F_{t+1} = \left(\frac{1}{N} \right) X_t + \left(1 - \frac{1}{N} \right) F_t \quad (2-16)$$

(Perhatikan, bahwa jika datanya stasioner, maka substitusi di atas merupakan pendekatan yang cukup baik, namun bila terdapat tren metode *SES* yang dijelaskan disini tidak cukup baik)

Dari persamaan (2-16) dapat dilihat bahwa ramalan ini (F_{t+1}) didasarkan atas pembobotan observasi yang terakhir dengan suatu nilai bobot ($1/N$) dan pembobotan ramalan yang terakhir sebelumnya (F_t) dengan suatu bobot [$1 - (1/N)$]. Karena N merupakan suatu bilangan positif, $1/N$ akan menjadi suatu konstanta antara nol (jika N tak terhingga) dan 1 (jika $N=1$). Dengan mengganti $1/N$ dengan α , persamaan (2-16) menjadi

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha) F_t \quad (2-17)$$

Pesamaan ini merupakan bentuk umum yang digunakan dalam menghitung ramalan dengan metode pemulusan eksponensial. Metode ini banyak mengurangi masalah penyimpangan data, karena tidak perlu lagi menyimpan semua data historis atau sebagian daripadanya (seperti dalam kasus rata-rata bergerak). Agaknya hanya observasi terakhir, ramalan terakhir, dan suatu nilai α yang harus disimpan

Implikasi pemulusan eksponensial dapat dilihat dengan lebih baik bila persamaan (2-17) diperluas dengan mengganti F dengan komponennya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{t+1} &= \alpha X_t + (1 - \alpha)[\alpha X_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1}] \\ &= \alpha X_t + \alpha(1 - \alpha) X_{t-1} + (1 - \alpha)^2 F_{t-1} \end{aligned} \quad (2-18)$$

Jika proses substitusi ini diulangi dengan mengganti F_{t-1} dengan komponennya, F_{t-2} dengan komponennya, dan seterusnya, hasilnya adalah persamaan (2-19)

$$\begin{aligned} F_{t+1} &= \alpha X_t + \alpha(1 - \alpha)X_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 X_{t-2} + \alpha(1 - \alpha)^3 X_{t-3} + \alpha(1 - \alpha)^4 X_{t-4} + \alpha(1 - \alpha)^5 X_{t-5} \\ &\quad + \dots + \alpha(1 - \alpha)^{N-1} X_{t-(N-1)} + \alpha(1 - \alpha)^N X_{t-(N-1)} \end{aligned} \quad (2-19)$$

Misalkan $\alpha = 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ;$ atau $0,8$. Maka bobot yang diberikan pada nilai observasi masa lalu akan menjadi seperti Tabel 2.5

Tabel 2.5 Bobot Pada Nilai Observasi Masa Lalu

Bobot yang Diberikan Pada	$\alpha = 0,2$	$\alpha = 0,4$	$\alpha = 0,6$	$\alpha = 0,8$
X_t	0,2	0,4	0,6	0,8
X_{t-1}	0,16	0,24	0,24	0,16
X_{t-2}	0,128	0,144	0,096	0,032
X_{t-3}	0,1074	0,0864	0,0384	0,0064
X_{t-4}	$(0,2)(0,8)^4$	$(0,4)(0,6)^4$	$(0,6)(0,4)^4$	$(0,8)(0,2)^2$

Sumber : Metode dan Aplikasi Peramalan

Jika bobot ini diplot, dapat dilihat bahwa bobot tersebut menurun secara eksponensial, dari sana nama pemulusan (*smoothing*) eksponensial muncul. (Perlu dikemukakan bahwa walaupun tujuannya adalah menemukan nilai α yang

meminimumkan *MSE* pada kelompok data pengujian, penaksiran yang terjadi dalam pemulusan eksponensial adalah masalah non-linear.)

Cara lain untuk menuliskan persamaan (2-17) adalah dengan susunan sebagai berikut

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(X_t - F_t) \quad (2-20)$$

Secara sederhana

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(e_t) \quad (2-20')$$

Dimana e_t adalah kesalahan ramalan (nilai sebenarnya dikurangi ramalan) untuk periode t . Dari dua bentuk F_{t+1} ini dapat dilihat bahwa ramalan yang dihasilkan dari *SES* secara sederhana merupakan ramalan yang lalu ditambah suatu penyesuaian untuk kesalahan yang terjadi pada ramalan terakhir. Dalam bentuk ini terbukti bahwa jika α mempunyai nilai mendekati 1, maka ramalan yang baru akan mencakup penyesuaian kesalahan yang besar pada ramalan sebelumnya. Sebaliknya, jika α mendekati 0, maka ramalan yang baru akan mencakup penyesuaian yang sangat kecil. Jadi, pengaruh besar kecilnya α benar-benar analog (dalam arah yang berlawanan) dengan pengaruh memasukkan jumlah pengamatan yang kecil atau besar pada perhitungan rata-rata bergerak. Perlu juga diperhatikan bahwa pemulusan (*smoothing*) eksponensial tunggal akan selalu mengikuti setiap tren dalam data yang sebenarnya, karena yang dapat dilakukannya tidak lebih dari mengatur ramalan mendatang dengan suatu persentase dari kesalahan yang terakhir.

Persamaan (2-17) mengandung prinsip dasar umpan balik (*feedback*) yang negatif, karena persamaan ini berperan sebagai proses control yang dilakukan oleh alat otomatis seperti *thermostat*, pilot otomatis, dan sebagainya. Kesalahan ramalan masa lalu dipakai untuk mengoreksi ramalan mendatang pada arah yang berlawanan dengan kesalahan tersebut. Penyesuaian tersebut tetap berlangsung sampai kesalahannya dikoreksi. Prinsip ini sama dengan prinsip alat pengendali otomatis yang mengarah kepada kesetimbangan begitu terjadi penyimpangan (kesalahan). Prinsip ini, yang tampaknya sederhana, memainkan peranan yang sangat penting dalam peramalan. Jika digunakan secara tepat prinsip dapat digunakan untuk mengembangkan suatu proses mengatur diri sendiri (*self-adjusting process*) yang dapat mengoreksi kesalahan peramalan secara otomatis.

Pemulusan eksponensial tunggal memerlukan sedikit penyimpangan data dan perhitungan. Oleh karena itu metode ini menarik jika diperlukan peramalan untuk sejumlah besar item. Salah satu hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan tahap inisialisasi *SES*. Sebagai contoh, untuk dapat memulai sistem peramalan *SES* kita memerlukan F_1 karena

$$F_2 = \alpha X_1 + (1 - \alpha)F_1$$

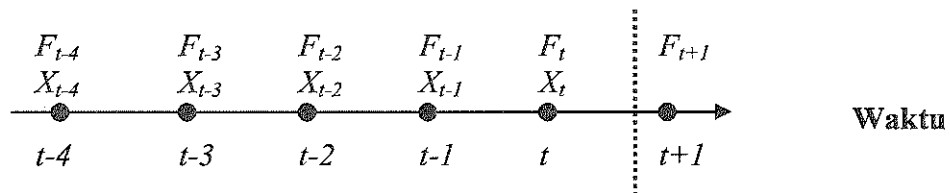
Karena nilai untuk F_1 tidak diketahui, kita dapat menggunakan nilai observasi pertama (X_1) sebagai ramalan pertama ($F_1 = X_1$) dan kemudian dilanjutkan dengan menggunakan persamaan (2-17). Ini merupakan salah satu metode inisialisasi.

Kemungkinan lain adalah merata-ratakan empat atau lima nilai pertama dalam kelompok data, dan menggunakan sebagai ramalan pertama

Perhatikan dari persamaan (2-19) bahwa ramalan awal memainkan peranan dalam semua ramalan selanjutnya. Suku terakhir pada persamaan (2-19) adalah

$$(1 - \alpha)^N F_{t(N-1)}$$

Misalkan $N = 5$ dan F_{t-4} adalah ramalan awal. Setelah itu jelas bahwa F_{t-4} memainkan peranan dalam ramalan F_{t+1} . Perhatikan Gambar 2.3



Gambar 2.3 Pengaruh Ramalan Awal Terhadap Ramalan Selanjutnya

Sumber : Metode dan Aplikasi Peramalan

$$F_{t+1} = \alpha X_t + \alpha(1 - \alpha)X_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 X_{t-2} + \alpha(1 - \alpha)^3 X_{t-3} + \alpha(1 - \alpha)^4 X_{t-4} + (1 - \alpha)^5 F_{t-4} \quad (2-19')$$

\uparrow
 (ramalan awal)

Jelaslah bahwa bila dipilih nilai α yang kecil, maka nilai ramalan awal memainkan peranan yang lebih berarti dibandingkan dengan menggunakan nilai α yang besar.








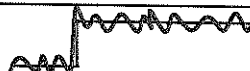
Walaupun pemulusan (*smoothing*) eksponensial ini sederhana, namun metode inipun mempunyai masalah. Salah satunya adalah dalam menemukan nilai α yang optimal. Apakah optimasi tersebut meminimumkan *MSE*, *MAPE* atau ukuran lainnya? Misalkan kita ingin meminimumkan *MSE*. Tidak seperti nilai tengah (*mean*),




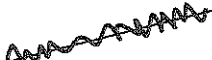
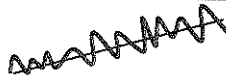

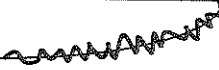
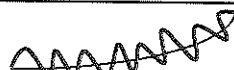
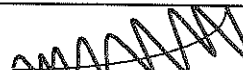
dimana minimisasi ini terjadi setiap kali dilakukan perhitungan nilai tengah dari sekelompok angka, untuk pemulusan eksponensial minimum MSE harus ditentukan melalui cara coba dan salah (*trial and error*). Suatu nilai α dipilih, dihitung MSE pada kelompok pengujian, dan kemudian dicoba nilai α yang lain. Lalu seluruh MSE tersebut dibandingkan untuk menemukan nilai α yang memberikan minimum MSE .

Untuk menemukan nilai α yang mendekati optimal biasanya hanya memerlukan beberapa percobaan (*trial*), karena nilai tersebut dapat diperkirakan dengan hanya membandingkan beberapa nilai MSE dan α .

2.3.2.2 Pemulusan Eksponensial Tunggal : Pendekatan Adaptif

Metode peramalan SES memerlukan spesifikasi nilai α dan telah ditunjukkan bahwa ukuran $MAPE$ dan MSE bergantung pada pemilihan ini. Pemulusan eksponensial tunggal dengan tingkat respon yang adaptif ($ARRSES$) memiliki kelebihan yang nyata atas SES dalam hal nilai α yang dapat berubah secara terkendali, dengan adanya perubahan dalam pola datanya. Karakteristik ini tampaknya menarik bilamana beberapa ratus atau bahkan ribuan item perlu diramalkan. $ARRSES$ bersifat adaptif dalam arti bahwa nilai α akan berubah secara otomatis bilamana terdapat perubahan dalam pola data dasar. Sebagai contoh dapat dilihat beberapa kasus pada Gambar 2.4

	Tanpa Kesalahan	Dengan Kesalahan Random
A. Proses Konstan		
B. Berdenyut		
C. Melandai		
D. Bertingkat		

	1 Tanpa Pengaruh Musiman	2 Musiman Aditif	3 Musiman Multiplikatif
A. Tanpa Pengaruh Kecenderungan			
B. Kecenderungan Aditif			
C. Kecenderungan Multiplikatif			

Gambar 2.4 Pola Uji Untuk Pengujian Prosedur Ramalan

Sumber : Metode dan Aplikasi Peramalan

Persamaan dasar untuk peramalan dengan metode *ARRSES* adalah serupa dengan persamaan (2-17) kecuali bahwa nilai α diganti dengan α_t .

$$F_{t+1} = \alpha_t X_t + (1 - \alpha_t) F_t \quad (2-21)$$

Dimana

$$\alpha_{t+1} = \left| \frac{E_t}{M_t} \right| \quad (2-22)$$

Persamaan (2-22) adalah sebagai pengganti α_{t+1} dapat digunakan α_t dalam persamaan (2-22). Lebih disukai α_{t+1} karena *ARRSES* sering terlampaui responsif terhadap perubahan, jadi dengan menggunakan α_{t+1} dimasukkan sedikit unsur keterlambatan satu periode, yang memungkinkan bagi sistem untuk sedikit “tenang” dan membuat ramalan dengan cara yang lebih seksama.

$$E_t = \beta e_t + (1 - \beta)E_{t-1} \quad (2-23)$$

$$M_t = \beta |e_t| + (1 - \beta)M_{t-1} \quad (2-24)$$

$$e_t = X_t - F_t \quad (2-25)$$

α dan β merupakan parameter antara 0 dan 1, serta $||$ menunjukkan nilai absolut.

Persamaan (2-22) menunjukkan bahwa nilai α yang dipakai untuk peramalan periode $(t+2)$ ditetapkan sebagai nilai absolut dari rasio antara unsur kesalahan yang dihaluskan (E_t) dan unsur *kesalahan absolute* yang dihaluskan (M_t). Dua unsur yang telah dihaluskan ini diperoleh dengan menggunakan *SES* seperti ditunjukkan pada persamaan (2-23) dan (2-24).

Inisialisasi proses *ARRSES* sedikit lebih rumit daripada *SES*. Seperti telah ditunjukkan *ARRSES* seringkali terlalu responsif terhadap perubahan dalam pola data

Salah satu cara untuk mengendalikan perubahan α adalah dengan mengubah nilai β . Dapat disimpulkan, metode *ARRSES* merupakan metode *SES* dengan suatu perbedaan, yaitu nilai α secara sistematis dan otomatis berubah dari periode ke periode untuk memperhitungkan adanya perubahan dalam struktur data. Metode ini dapat bermanfaat untuk sistem peramalan yang melibatkan sejumlah besar item, tetapi perlu hati-hati dalam mengevaluasi adanya fluktuasi α dan mungkin

mengekan perubahan ini dengan beberapa pengendalian. Salah satu cara untuk melakukan hal ini adalah menentukan batas atas berapa banyak α diizinkan berubah dari satu periode ke periode selanjutnya. Sebagai contoh, perubahan maksimum yang diizinkan ditetapkan 0,3 atau 0,5 atau nilai yang lain.

2.3.2.3 Pemulusan Eksponensial Ganda : Metode Linear Satu-Parameter dari Brown

Dengan cara analogi yang dipakai pada waktu berangkat dari rata-rata bergerak tunggal ke pemulusan (*smoothing*) eksponensial tunggal (lihat bagian 2.3.2.1) kita dapat juga berangkat dari rata-rata bergerak ganda ke pemulusan eksponensial ganda. Perpindahan seperti ini mungkin menarik karena salah satu keterbatasan dari rata-rata bergerak tunggal - yaitu perlunya menyimpan N nilai terakhir - masih terdapat pada rata-rata bergerak linear, kecuali bahwa nilai data yang diperlukan sekarang adalah $2N - 1$. Pemulusan eksponensial linear dapat dihitung hanya dengan tiga nilai data dan satu nilai untuk α . Pendekatan ini juga memberikan bobot yang semakin menurun pada observasi masa lalu. Dengan alasan ini pemulusan eksponensial linear lebih disukai daripada rata-rata bergerak linear sebagai suatu metode peramalan dalam berbagai kasus utama.

Dasar pemikiran dari pemulusan eksponensial linear dari Brown adalah serupa dengan rata-rata bergerak linear, karena kedua nilai pemulusan tunggal dan ganda ketinggalan dari data yang sebenarnya bilamana terdapat unsur tren, perbedaan antara nilai pemulusan tunggal dan ganda dapat ditambahkan kepada nilai pemulusan tunggal dan disesuaikan untuk tren. Persamaan yang dipakai dalam implementasi

pemulusan eksponensial linear satu parameter dari Brown ditunjukkan di bawah ini sebagai persamaan (2-26) sampai dengan (2-30).

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \quad (2-26)$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \quad (2-27)$$

Dimana S'_t adalah nilai pemulusan eksponensial tunggal dan S''_t adalah nilai pemulusan eksponensial ganda.

$$a_t = S'_t + (S' - S'') = 2S'_t - S''_t \quad (2-28)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S'_t - S''_t) \quad (2-28)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \quad (2-30)$$

dimana m adalah jumlah periode ke muka yang diramalkan

Pada persamaan (2-29), sebagai pengganti α_{t+1} dapat digunakan α_t dalam persamaan (2-22). Lebih disukai α_{t+1} karena *ARRSES* sering terlampaui responsif terhadap perubahan, jadi dengan menggunakan α_{t+1} dimasukkan sedikit unsur keterlambatan satu periode, yang memungkinkan bagi sistem untuk sedikit “tenang” dan membuat ramalan dengan cara yang lebih seksama.

Persamaan (2-29) memiliki faktor $\alpha/(1 - \alpha)$ untuk alasan yang sama bahwa persamaan

$$b_t = \frac{2}{N-1} (S'_t - S''_t) \quad (2-31)$$

memiliki faktor $2/(N - 1)$. Umur rata-rata data dalam rata-rata bergerak N periode adalah

$$\frac{1}{N} \sum_{j=0}^{n-1} j = \frac{N-1}{2} \quad (2-32)$$

dan umur rata-rata data dalam pemulusan (*smoothing*) eksponensial sederhana ditunjukkan sebagai :

$$\alpha \sum_{j=0}^{\infty} (1-\alpha)^j j = \frac{1-\alpha}{\alpha} \quad (2-33)$$

Agar dapat menggunakan rumus (2-26) dan (2-27), nilai S'_{t-1} dan S''_{t-1} , harus tersedia. Tetapi pada saat $t = 1$, nilai-nilai tersebut tidak tersedia. Jadi, nilai-nilai ini harus ditentukan pada awal periode. Hal ini dapat dilakukan dengan hanya menetapkan S'_1 dan S''_1 sama dengan X_1 atau dengan menggunakan suatu nilai rata-rata dari beberapa nilai pertama sebagai titik awal.

Jenis masalah inisialisasi ini muncul dalam setiap metode pemulusan (*smoothing*) eksponensial. Jika parameter pemulusan α tidak mendekati nol, pengaruh dari proses inisialisasi ini dengan cepat menjadi kurang berarti dengan berlalunya waktu. Tetapi, jika α mendekati nol, proses inisialisasi tersebut dapat memainkan peranan yang nyata selama periode waktu ke muka yang panjang.

2.3.2.4 Pemulusan Eksponensial Ganda : Metode Dua-Parameter dari Holt

Metode pemulusan eksponensial linear dari Holt dalam prinsipnya serupa dengan Brown kecuali bahwa Holt tidak menggunakan rumus pemulusan berganda secara langsung. Sebagai gantinya, Holt memuluskan nilai tren dengan parameter yang berbeda dari parameter yang digunakan pada deret yang asli. Ramalan dari

pemulusan eksponensial linear Holt didapat dengan menggunakan dua konstanta pemulusan (dengan nilai antara 0 dan 1) dan tiga persamaan :

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) (S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2-34)$$

$$b_t = \gamma (S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma) b_{t-1} \quad (2-35)$$

$$F_{t+m} = S_t + b_t m \quad (3-36)$$

Persamaan (2-34) menyesuaikan S_t secara langsung untuk tren periode sebelumnya, yaitu b_{t-1} , dengan menambahkan nilai pemulusan yang terakhir, yaitu S_{t-1} . Hal ini membantu untuk menghilangkan kelambatan dan menempatkan S_t ke dasar perkiraan nilai data saat ini. Kemudian persamaan (2-35) meremajakan tren, yang ditunjukkan sebagai perbedaan antara dua nilai pemulusan yang terakhir. Hal ini tepat karena jika terdapat kecenderungan di dalam data, nilai yang baru akan lebih tinggi atau lebih rendah daripada nilai yang sebelumnya. Karena mungkin masih terdapat sedikit kerandoman, maka hal ini dihilangkan oleh pemulusan dengan γ (*gamma*) tren pada periode terakhir $(S_t - S_{t-1})$, dan menambahkannya dengan taksiran tren sebelumnya dikalikan dengan $(1 - \gamma)$. Jadi, persamaan (2-35) serupa dengan bentuk dasar pemulusan tunggal pada persamaan (2-17) tetapi dipakai untuk meremajakan tren. Akhirnya, persamaan (2-36) digunakan untuk ramalan ke muka. Tren, b_t , dikalikan dengan jumlah periode ke muka yang diramalkan, m , dan ditambahkan pada nilai dasar, S_t .

Proses inisialisasi untuk pemulusan eksponensial linear dari Holt memerlukan dua taksiran yang satu mengambil nilai pemulusan pertama untuk S_t dan yang lain mengambil tren b_t . Yang pertama adalah mudah. Pilih $S_t = X_t$. Taksiran tren kadang-

kadang lebih merupakan masalah. Kita memerlukan taksiran tren dari satu periode ke periode lainnya. Inilah beberapa kemungkinannya :

$$b_I = X_2 - X_I \quad (2-37)$$

$$b_I = \frac{(X_2 - X_1) + (X_3 - X_2) + (X_4 - X_3)}{3} \quad (2-38)$$

b_I = taksiran kemiringan (*slope*) bola-mata" (*eyeball*) setelah data tersebut diplot

2.3.2.5 Pemulusan Eksponensial Tripel : Metode Kuadratik satu-Parameter dari

Brown

Sebagaimana halnya dengan pemulusan eksponensial linear yang dapat digunakan untuk meramalkan data dengan suatu pola tren dasar, bentuk pemulusan yang lebih tinggi dapat digunakan bila dasar pola datanya adalah kuadratis, pendekatan dasarnya adalah memasukkan tingkat pemulusan tambahan (*smoothing tripel*) dan memberlakukan persamaan peramalan kuadratis. (Demikian pula, kita dapat berangkat dari kuadratis ke kubik dan seterusnya untuk orde pemulusan yang lebih tinggi.)

Persamaan untuk pemulusan kuadratis adalah

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \quad (\text{pemulusan pertama}) \quad (2-39)$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \quad (\text{pemulusan kedua}) \quad (2-40)$$

$$S'''_t = \alpha S''_t + (1 - \alpha)S'''_{t-1} \quad (\text{pemulusan ketiga}) \quad (2-41)$$

$$a_t = 3S'_t - 3S''_t + S'''_t \quad (2-42)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [6 - 5\alpha]S'_t - (10 - 8\alpha)S''_t + (4 - 3\alpha)S'''_t \quad (2-43)$$

$$c_t = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S'_t - 2S''_t + S'''_t) \quad (2-44)$$

dan

$$F_{t+m} = a_t + b_tm + \frac{1}{2} c_tm^2 \quad (2-45)$$

Persamaan yang dibutuhkan untuk pemulusan kuadratis sangat lebih rumit daripada persamaan untuk pemulusan tunggal dan linear. Walaupun demikian pendekatannya dalam mencoba menyesuaikan nilai ramalan sehingga ramalan tersebut dapat mengikuti perubahan tren yang kuadratis adalah sama.

Proses inisialisasi untuk proses pemulusan eksponensial kuadratis dari Brown bisa sangat sederhana. Ditetapkan

$$S'_1 = S''_1 = S'''_1 = X_1$$

yang cukup untuk memulai peramalan dari periode 2 dan seterusnya. Dapat dikatakan bahwa pada periode 2 nilai S'_2 , S''_2 , dan S'''_2 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-39), (2-40), dan (2-41), dimana nilai a_2 , b_2 , dan c_2 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-42), (2-43), dan (2-44), dan kemudian nilai ramalannya F_3 , dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2-45). Walaupun demikian, dengan metode ini kita tidak mudah untuk melacak dampak dari proses inisialisasi tersebut pada ramalan yang akan datang.

2.3.2.6 Pemulusan Eksponensial Tripel : Metode Kecenderungan dan Musiman

Tiga-Parameter dari Winter

Kelompok metode pemulusan eksponensial yang telah dibahas dapat digunakan untuk hampir segala jenis data stasioner atau non-stasioner sepanjang data tersebut tidak mengandung faktor musiman. Tetapi bilamana terdapat musiman, metode ini mungkin menghasilkan peramalan yang buruk.

Jika datanya stasioner, maka metode pemulusan eksponensial tunggal adalah tepat. Jika datanya musiman, metode ini sendiri tidak dapat mengatasi masalah tersebut dengan baik. Tentu saja, data tersebut dapat dihilangkan unsur musimannya terlebih dahulu dengan suatu prosedur lain. Metode Winters hanya merupakan salah satu dari beberapa metode pemulusan eksponensial yang dapat menangani musiman.

Metode Winters didasarkan atas tiga persamaan pemulusan, yaitu satu untuk unsur stasioner, satu untuk tren, dan satu untuk musiman. Hal ini serupa dengan metode Holt, dengan satu persamaan tambahan untuk mengatasi musiman. Persamaan dasar untuk metode Winters adalah sebagai berikut :

Pemulusan Keseluruhan

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha) (S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2-46)$$

Pemulusan Tren

$$b_t = \gamma (S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma) b_{t-1} \quad (2-47)$$

Pemulusan Musiman

$$I_t = \beta \frac{X_t}{S_t} + (1 - \beta) I_{t-L} \quad (2-48)$$

Ramalan

$$F_{t+m} = (S_t + b_t m) I_{t-L+m} \quad (2-49)$$

dimana L adalah panjang musiman (misal jumlah bulan atau kuartal dalam suatu tahun), b adalah komponen tren, I adalah faktor penyesuaian musiman, dan F_{t+m} adalah ramalan untuk m periode ke muka.

Persamaan (2-48) dapat dibandingkan dengan indeks musiman yang merupakan rasio antara nilai sekarang dari deret data, X_t , dibagi dengan nilai pemulusan tunggal yang sekarang untuk deret data tersebut, S_t . Jika X_t lebih besar daripada S_t , maka rasio tersebut akan lebih besar daripada 1, sedangkan jika X_t lebih kecil daripada S_t , maka rasio ini akan lebih kecil daripada 1. Untuk memahami metode ini kita perlu menyadari bahwa S_t merupakan nilai pemulusan (rata-rata) dari deret data yang tidak termasuk unsur musiman. Juga perlu diingat bahwa X_t mencakup adanya kerandoman dalam deret data. Untuk menghaluskan kerandoman ini, persamaan (2-48) membobot faktor musiman yang dihitung paling akhir dengan β dan angka musiman paling akhir pada musim yang sama dengan $(1 - \beta)$. (Faktor musiman sebelum ini dihitung pada periode $t - L$, karena L adalah panjang musiman).

Persamaan (2-47) tepat sama dengan persamaan (2-35) dari Holt untuk pemulusan tren. Persamaan (2-46) berbeda sedikit dari persamaan (2-34) dari Holt dimana unsur pertamanya dibagi dengan angka musiman I_{t-L} . Hal ini dilakukan untuk

menghilangkan musiman (mengeliminasi fluktuasi musiman dari) X_t . Penyesuaian ini dapat digambarkan dengan memperhatikan kasus dimana I_{t-L} lebih besar daripada 1, yang terjadi pada saat nilai periode $t - L$ lebih besar daripada rata-rata dalam musimannya. Membagi X_t dengan bilangan yang lebih besar daripada 1 ini menghasilkan suatu nilai yang lebih kecil daripada nilai semula. Persentase penurunan ini sama dengan banyaknya unsur musiman pada periode $t - L$ yang lebih besar daripada nilai rata-rata. Penyesuaian yang sebaliknya terjadi bilamana angka musiman lebih kecil daripada 1. Nilai I_{t-L} digunakan dalam perhitungan ini karena I_t tidak dapat dihitung sebelum S_t diketahui dari persamaan (2-46).

Salah satu masalah dalam menggunakan metode Winters adalah menentukan nilai-nilai untuk α , β , dan γ tersebut yang akan meminimumkan MSE atau $MAPE$. Pendekatan untuk menentukan nilai ini biasanya secara coba dan salah (*trial and error*), walaupun mungkin juga digunakan algoritma optimasi non-linear untuk mendapatkan nilai parameter optimal. Karena kedua pendekatan tersebut memakan banyak waktu dan mahal, maka metode ini jarang digunakan. Metode ini baru dipakai jika banyak himpunan data yang harus ditangani.

Untuk menginisialisasi metode peramalan Winters yang diterangkan di atas, kita perlu menggunakan paling sedikit satu data musiman lengkap (yaitu L periode) untuk menentukan estimasi awal dari indeks musiman, I_{t-L} , dan kita perlu menaksir faktor tren dari satu periode ke periode yang selanjutnya. Untuk melakukan yang terakhir tersebut biasanya dipakai dua musim lengkap (yaitu $2L$ periode) sebagai berikut

$$b = \frac{1}{L} \left[\frac{(X_{L+1} - X_1)}{L} + \frac{(X_{L+2} - X_2)}{L} + \dots + \frac{(X_{L+L} - X_L)}{L} \right] \quad (2-50)$$

(setiap suku ini merupakan taksiran tren selama satu musim lengkap, dan taksiran awal dari b ditetapkan sebagai rata-rata dari L suku seperti itu)

Metode lain untuk inisialisasi dapat diciptakan dan pengaruhnya terhadap ramalan yang berikutnya akan bergantung pada panjang deret waktu tersebut dan nilai dari ketiga parameternya.

2.4 Material Production Schedule (MPS)

Master Production Schedule (MPS) adalah merupakan suatu pernyataan tentang produk akhir dari suatu perusahaan industri manufaktur yang merencanakan memproduksi *output* berkaitan dengan kuantitas dan periode waktu (Gaspersz 2002,p141). Aktivitas *MPS* pada dasarnya berkaitan dengan bagaimana menyusun dan memperbaharui *MPS*, memproses transaksi dari *MPS*, memelihara catatan-catatan *MPS*, mengevaluasi efektivitas dari *MPS*, dan memberikan laporan evaluasi dalam periode waktu yang teratur untuk keperluan umpan-balik dan tinjauan ulang.

MPS pada dasarnya berkaitan dengan aktivitas melakukan empat fungsi utama berikut :

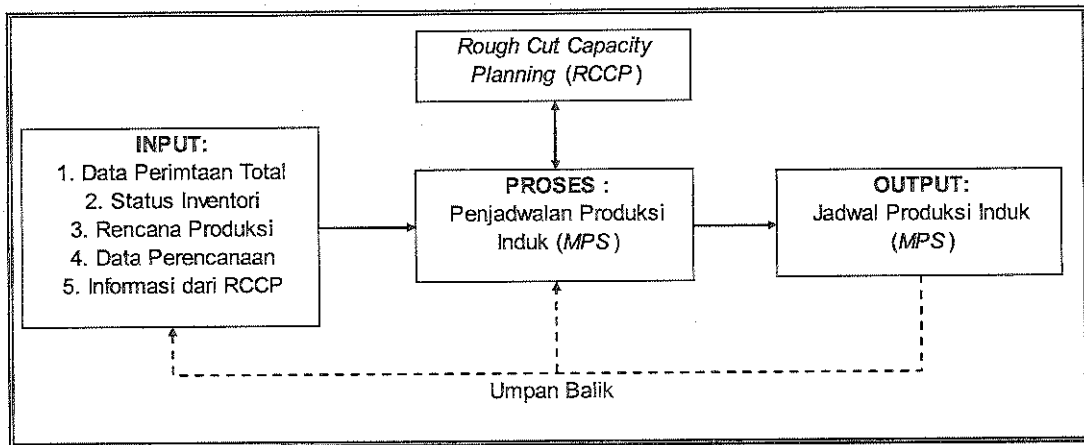
1. Menyediakan atau memberikan *input* utama kepada sistem perancangan kebutuhan material dan kapasitas.
2. Menjadwalkan pesanan-pesanan produksi dan pembelian (*production and purchase order*) untuk *item-item MPS*.
3. Memberikan landasan untuk penentuan kebutuhan sumber daya dan kapasitas.

4. Memberikan basis untuk pembuatan janji tentang penyerahan produk (*delivery promise*) kepada konsumen.

Sebagai suatu aktivitas proses, *MPS* membutuhkan lima input utama, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5 :

1. Data *demand* total merupakan salah satu sumber data bagi proses *MPS*. Data *demand* total berkaitan dengan ramalan penjualan (*sales forecasts*) dan pesanan-pesanan.
2. Status inventori berkaitan dengan informasi tentang *on-hand inventory*, stok yang dialokasikan untuk penggunaan tertentu (*allocated stock*), pesanan-pesanan produksi dan pembelian yang dikeluarkan (*released production and purchase orders*), dan *firm planned orders*. *MPS* harus mengetahui secara akurat berapa banyak inventori yang tersedia dan menentukan berapa banyak yang harus diorder.
3. Rencana produksi 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 factor*, stok pengaman (*safety stock*), dan waktu tunggu (*leadtime*) dari masing-masing item yang biasanya tersedia dalam *file* induk dari *item*.

5. Informasi dari *RCCP* (*Rough Cut Capacity Planning*) berupa kebutuhan kapasitas untuk mengimplementasikan *MPS* menjadi salah satu *input* bagi *MPS*.



Gambar 2.5 Proses MPS

Sumber : *Production Planning and Inventory Control*

2.5 Material Requirement Planning (MRP)

2.5.1 Pengertian MRP

Material requirement planning (MRP) adalah suatu konsep dalam manajemen produksi yang membahas cara yang tepat dalam perencanaan kebutuhan barang dalam proses produksi, sehingga barang yang dibutuhkan dapat sesuai dengan yang direncanakan (Herjanto 2003,p257). MRP menentukan waktu pesanan material, jumlah pesanan, dan jenis pesanan yang harus dilakukan oleh bagian pembelian pada waktu pemesanan pada periode yang akan datang.

Moto dari MRP adalah memperoleh material yang tepat,dari sumber yang tepat, untuk penempatan yang tepat, dan pada waktu yang tepat (Gaspersz 2003,p177).

Terdapat dua hal yang sekaligus ingin dicapai oleh *MRP*, yaitu ingin memenuhi penjadwalan produksi dan pengendalian persediaan. *MRP* akan menjamin secara tepat sistem prioritas yang harus diperhatikan dalam merancang produksi dan dengan cepat memberikan informasi apabila diperlukan peninjauan kembali terhadap penjadwalan karena adanya perubahan-perubahan yang tidak terduga.

2.5.2 Format MRP

Terdapat bermacam-macam format *MRP*. Intinya, format *MRP* harus memberikan informasi yang dibutuhkan secara tepat. Tabel 2.6 menunjukkan contoh format *MRP* yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2.6 Format *MRP*

Bulan		Juni 2005				Juli 2005				Agustus 2005			
Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Net Requirement													
Projected On Hand													
Planned Order Receipt													
Planned Order Release													

Sumber : *Line Balancing* Trisakti

dimana :

1. Bulan : Nama bulan yang akan dihitung *MRP*-nya.
2. Periode : Pemecahan waktu perhitungan (dalam hal ini bulan dipecah dalam minggu).
3. *Net Requirement* : *Demand* yang akan terjadi.
4. *Projected On Hand* : Stok yang direncanakan.

5. *Planned Order Receipt* : Rencana penerimaan barang yang diorder.

6. *Planned Order Release* : Rencana Pelemparan order.

2.5.3 Lot Sizing

Lot sizing (lotting) merupakan suatu algoritma *Heuristics* yang mencoba untuk mencari jumlah pesanan yang optimal berdasarkan pertimbangan :

1. Biaya pesan

Biaya yang harus dikeluarkan setiap kali memesan barang ke *supplier*, atau biaya *setup* yang terjadi setiap kali ada pergantian proses produksi dari satu produk ke produk lainnya.

2. Biaya simpan

Adalah biaya yang harus dikeluarkan karena harus menyimpan barang. Biaya-biaya yang termasuk kelompok ini misalnya listrik, pajak, premi asuransi, biaya tenaga kerja yang mengawasi persediaan, dan lain-lain.

Metode ini sangat berguna untuk mencari biaya yang serendah mungkin dalam perhitungan untuk pemesanan barang. Penting untuk diingat bahwa dalam mencari metode *lot sizing* yang terbaik digunakan perbandingan total biaya yang terdiri dari biaya simpan dan biaya pesan. Sedangkan biaya pembelian tidak dapat digunakan sebagai perbandingan dalam mencari metode terbaik. Tetapi apabila metode terbaik sudah diperoleh, maka dalam total biaya dapat dimasukkan biaya pembelian.

Dalam penelitian ini akan menggunakan tiga metode *lot sizing*. Dimana ketiga metode ini sudah sangat umum digunakan karena mudah dan cepat dalam penggunaannya.

2.5.3.1 Metode *Economic Order Quantity* (EOQ)

Metode ini pertama kali dicetuskan oleh Ford Harris pada tahun 1915, tetapi lebih dikenal dengan nama metode *Wilson*, karena dikembangkan oleh Wilson pada tahun 1934. Metode ini digunakan untuk menghitung minimasi total biaya persediaan berdasarkan persamaan tingkat atau titik *equilibrium* kurva biaya simpan dan biaya pesan. Rumusan untuk menentukan jumlah *EOQ* adalah :

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (2-51)$$

dimana :

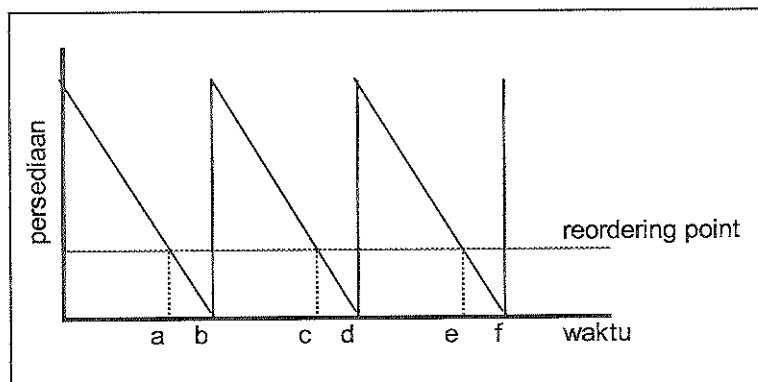
Q = Jumlah barang setiap *order*/pemesanan

D = Jumlah demand dalam periode N

S = Biaya *order*/pesan

H = Biaya simpan dalam periode N

Gambar 2.6 menunjukkan model persediaan untuk metode *EOQ*. *Order* dilakukan apabila stok sudah mencapai titik *reordering point*.



Gambar 2.6 Model Persediaan Metode EOQ

Pada saat stok telah mencapai *reorder point* (a, c, dan e), maka langsung dilakukan *order* dengan jumlah Q . Sehingga pada saat stok habis (b, d, dan f) barang yang *diorder* sudah diterima. Rumusan untuk *reordering point* adalah :

$$R = m + s \quad (2-52)$$

$$s = z\sigma \quad (2-53)$$

dimana :

R = *reordering point*

m = rata-rata *demand*

s = *safety stock*

2.5.3.2 Metode *Period Order Quantity (POQ)*

Metode *POQ* sebenarnya adalah pengembangan dari metode *EOQ*. Jika pada metode *EOQ* jumlah barang setiap pemesanan adalah konstan, maka pada metode *POQ* ini interval periode pemesanannya yang bersifat konstan. Rumusan untuk menentukan jumlah dan periode *POQ* adalah :

$$N = \frac{Q}{\bar{d}} \quad (2-54)$$

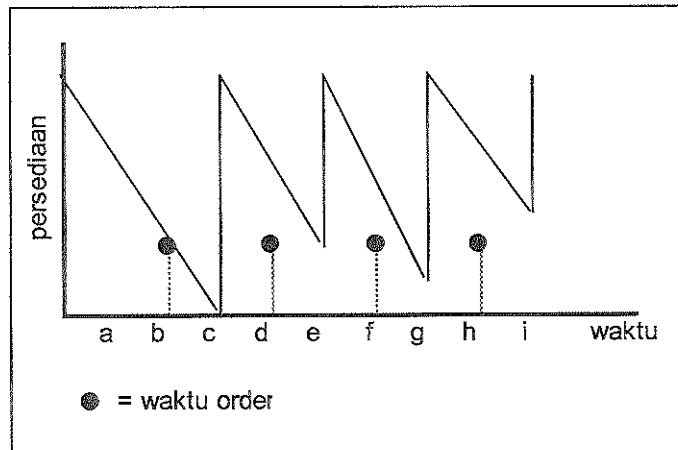
dimana :

N = Jumlah periode *order*/pemesanan

Q = Jumlah barang secara *EOQ*

\bar{d} = rata-rata *demand*

Gambar 2.7 menunjukkan model persediaan untuk metode *POQ*. *Order* dilakukan mengikuti periode waktu yang telah ditentukan.



Gambar 2.7 Model Persediaan Metode *POQ*

2.5.3.3 Metode *Lot for Lot (L-4-L)*

Metode *Lot for Lot* merupakan metode yang paling sederhana dimana pada dasarnya metode ini mengadakan pemesanan persediaan setiap *sub*-periode. Tujuannya adalah untuk meminimasi biaya simpan, karena tidak adanya persediaan yang tersisa setiap *sub*-periode.