

## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1. Cost of Ownership (CoO)

*Cost of Ownership (CoO)* adalah biaya per unit yang ditimbulkan oleh biaya kepemilikan dari suatu alat yang akan diinvestasikan (Heilala, 2011). SEMATECH (perusahaan semi konduktor) merupakan perusahaan yang pertama kali mengembangkan model *Cost of Ownership (CoO)* yang bertujuan mengkalkulasikan biaya kepemilikan yang sebenarnya dari setiap barang yang diproduksi pada periode waktu yang diberikan, biasanya perhitungan ditampilkan dalam setahun kalender. Besarnya nilai CoO bergantung pada komponen-komponen biaya yaitu nilai keluaran produksi (*throughput rate*), biaya pengadaan (*acquisition cost*), kehandalan alat (*equipment reliability*) dan utilisasi alat (*equipment utilization*).

CoO per unit ditentukan dari total biaya perlengkapan dan biaya operasinya dibagi dengan jumlah unit yang di produksi, dengan persamaan sebagai berikut: (Heilala, 2011)

$$\text{CoO per unit} = \frac{\text{Total Cost during the system life}}{\text{Total Number of good parts}} \quad (2.1)$$

Sehingga didapatkan rumus dasar dari CoO adalah sebagai berikut:

$$\text{CoO per unit} = \frac{FC+OC+YLC}{P \times THP \times Y \times U} \quad (2.2)$$

Dimana:

$FC = \text{Fixed Cost}$  (Biaya tetap)

$OC = \text{Operating Cost}$  (Biaya operasional)

$YLC = \text{Yield lost Cost}$  (Biaya Kerusakan atau Cacat)

$P = \text{Time Period}$  (Periode/waktu)

$THP = \text{Throughput Rate}$  (Laju Keluaran)

$Y$  = *Throughput Yield* (Keluaran produksi)

$U$  = *Utilization* (Utilisasi)

### 2.1.1. *Fixed Cost* (Biaya Tetap)

Menurut Dhudshia (1995), biaya tetap (*fixed cost*) secara khusus ditentukan dari beragam biaya saat memperoleh perlengkapan atau alat yang mau dibeli. Komponen biaya yang masuk kedalam biaya tetap antara lain biaya pembelian, pajak yang dikenakan saat memperoleh barang tersebut, biaya transportasi, biaya instalasi, biaya pelatihan dan biaya awal proses (*startup*). Pada penelitian kali ini, biaya yang akan dimasukkan ke *fixed cost* adalah biaya pengadaan (*acquisition cost*) dan biaya pajak yang ditanggung oleh perusahaan.

### 2.1.2. *Operating Cost* (Biaya Operasional)

Biaya operasional sangat beragam dan kadang terlupakan saat perencanaan pembelian alat yang baru, padahal akibatnya sangat besar terhadap biaya kepemilikan dari sebuah alat. Secara garis besar biaya operasional meliputi: (Dhudshia, 1995)

- Biaya pengadaan barang habis pakai atau *consumable parts*
- Biaya pemeliharaan dan perawatan (*maintenance cost*)
- Biaya operator
- Biaya material
- Biaya pembuangan (*waste disposal*).

Pada penelitian kali ini biaya operasional akan ditekankan pada biaya-biaya dibawah ini:

#### a. *Biaya Pembuangan* (*Waste / Disposal*)

*Waste (disposal) cost* adalah biaya yang timbul saat pembuangan dari alat setelah tidak digunakan lagi (Dhudshia, 1995). PT XXX menghitung *waste (disposal) cost* dengan menghitung berat alat dikalikan dengan biaya pembuangan per kilogram.

$$\text{Waste Cost} = \text{Berat} \times \text{Rate per Kg} \quad (2.3)$$

Rate pembuangan per kilogram ditentukan dari data sekunder perusahaan.

### b. Biaya Pengadaan barang habis pakai (*Consumabel Cost*)

*Consumabel* diartikan sebagai pergantian unit secara rutin (Wikipedia). PT. XXX menghitung biaya pengadaan barang habis pakai dengan cara menghitung jumlah keperluan barang yang diganti dikalikan dengan harga per unit dari barang habis pakai tersebut.

$$\text{Consumabel Cost} = \text{Jumlah Unit} \times \text{Harga / unit} \quad (2.4)$$

*Consumabel Cost* yang dimaksud dalam penelitian ini adalah pergantian alat pengecam tambahan yang menghubungkan *spindle* mesin dengan *mandrel* yaitu *soft jaws*, yang diganti setiap setahun sekali.

### 2.1.3. Yield Lost Cost (Biaya Kerugian, Kehilangan)

*Yield Lost Cost* adalah biaya yang timbul karena adanya kerugian akibat dari performance alat yang dipakai (Dhudshia, 1995). Pada penelitian kali ini *yield lost cost* yang dihitung yaitu:

- **Biaya scrap cost**

Biaya yang timbul akibat *misshandling* produk saat proses yang menyebabkan kualitas barang tidak sesuai dengan yang diharapkan (Heilala, 2011). Penelitian kali ini biaya *scrap cost* akan menggunakan data sekunder perusahaan.

- **Lost setting cost**

Biaya *lost setting* merupakan kerugian yang terjadi karena mesin tidak menghasilkan produk akibat adanya proses *setting* (Stamatis, 2010). PT. XXX menghitung kerugian tersebut dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Lost setting Cost} = \text{Waktu Seting} \times \text{Rate Mesin} \times \text{Banyaknya Setting} \quad (2.5)$$

### 2.1.4. Throughput Rate dan Throughput Yield

Menurut Dhudshia, 1995, *Throughput Rate* (Laju Keluaran) merupakan jumlah barang yang mampu dihasilkan perlengkapan, biasanya disajikan dalam *Part per Hour* (PPH). Sementara itu, *Throughput Yield* merupakan pembagian antara jumlah barang bagus yang keluar dari proses dibagi dengan total jumlah barang yang diproduksi, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Y = \frac{\text{Total unit produced} - \text{Defective Units Produced}}{\text{Total Units Produced}} \quad (2.6)$$

Dimana:

*Total unit produced* = Jumlah barang yang diproduksi

*Defective Unit Produced* = Jumlah barang yang cacat akibat produksi

### 2.1.5. Utilization (Utilisasi)

Utilisasi merupakan pembagian dari waktu total mesin dapat berproduksi setelah dikurangi dengan waktu yang tidak produktif (disebut juga *up time*), kemudian dibagi dengan total waktu yang tersedia bagi mesin tersebut untuk berproduksi. Secara sederhana dapat diformulakan bahwa utilisasi merupakan pembagian dari *up time* dengan waktu total tersedia untuk mesin atau perlengkapan itu sendiri. Utilisasi mesin atau perlengkapan dapat diformulakan sebagai berikut: (Dhudshia, 1995)

$$Utilization = \frac{TT-USMT-SMT-SBT-ET}{TT} \quad (2.7)$$

Dimana:

*TT* = *Total Time* (Waktu Total)

*USMT* = *Unscheduled Maintenance Time* (Waktu perawatan tidak terjadwal)

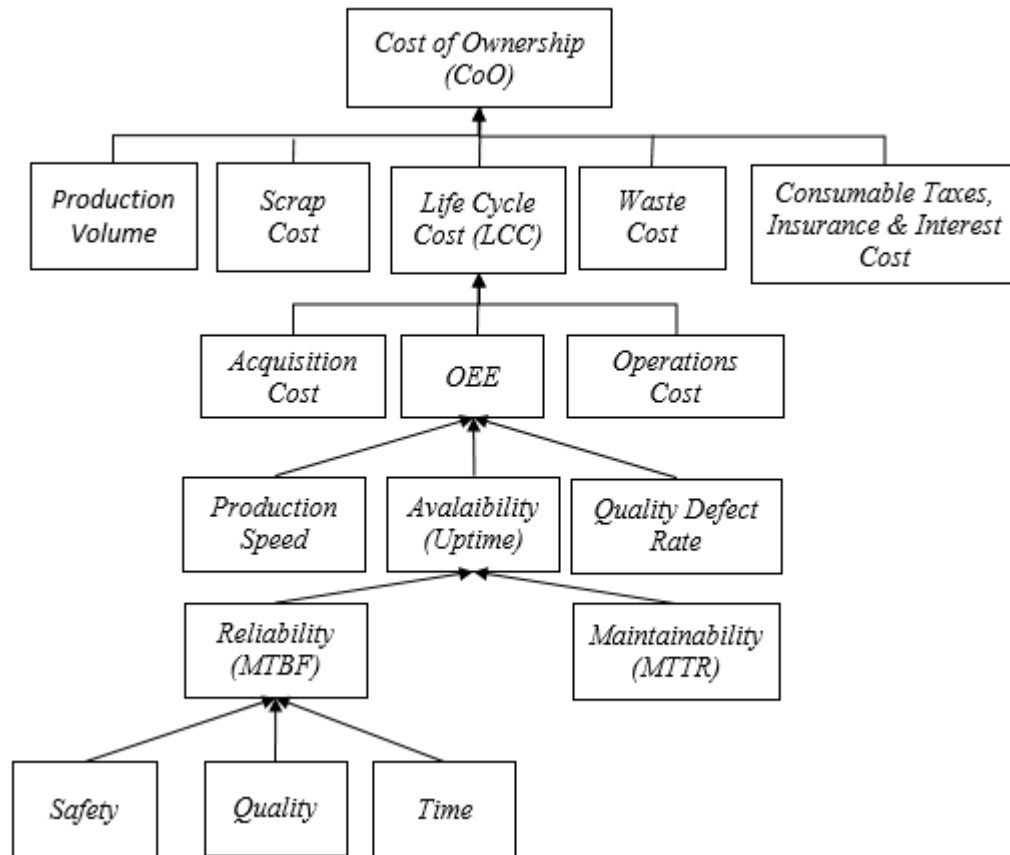
*SMT* = *Scheduled Maintenance Time* (Waktu perawatan terjadwal)

*SBT* = *Standby Time* (Waktu tidak terpakai, istirahat, makan atau sholat)

*ET* = *Engineering Time Including Re-Qualification* (Waktu yang digunakan oleh *engineering* saat melakukan *trial*).

Dikarenakan fungsi alat pencekam melekat pada mesin, fungsi pencekam tidak bisa berfungsi secara mandiri, maka proses perhitungan utilisasi alat pada penelitian kali ini akan dilakukan terhadap utilisasi dari mesin itu sendiri, dengan asumsi bahwa alat pencekam tidak dapat berjalan melakukan produksi jika fungsi mesin tidak berjalan.

## 2.2. Hirarki dari Pengukuran Performa Peralatan



**Gambar 2. 1.** Bagan hirarki pengukuran performa peralatan

Sumber: Dhudshia (1995)

*Reliability* dan *Maintainability* jika disatukan akan menghasilkan *availability*. Ketika *Production speed efficiency* dan *Production defect* disatukan dengan *availability* maka akan menjadi *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. *OEE* ditambah *Acquisition* dan *Operational Cost* menjadi *Life Cycle Cost (LCC)*. Ketika *scrap cost*, *waste*, *consumable*, pajak dan biaya asuransi disatukan dengan *LCC* dan dinormalisasikan dengan *Production Volume* maka akan menjadi *Cost of Ownership* (Dhudshia, 1995).

### 2.3. Life Cycle Cost (LCC)

Menurut Dhudshia (1995), *Life Cycle Cost (LCC)* adalah total biaya perolehan (*acquiring cost*) dan total biaya operasional (*Operations Cost*) dalam jangka waktu tertentu. *LCC* termasuk *supplier* dan *customer cost* yang dijadikan titik penentuan

keputusan untuk perolehan peralatan dalam selang waktu operasional sampai alat tersebut dibuang. LCC merupakan bagian dari penentuan CoO.

Tujuan dari perhitungan LCC analisis adalah untuk memilih biaya yang paling efektif dari beberapa alternatif sehingga biaya kepemilikan terendah bisa dicapai ketika elemen biaya perancangan, pengembangan, produksi, pengoperasian, perawatan, dukungan selama masa pakai menjadi bahan pertimbangan saat pemilihan.

#### **2.4. Total Cost of Ownership (TCO)**

TCO merupakan keseluruhan dalam kepemilikan termasuk biaya langsung dan tak langsung, LCC, biaya *acquisition*, biaya perawatan, biaya operasional dan biaya pembuangan. Tujuan dari perhitungan TCO adalah untuk membantu menghitung berapa total biaya yang dibutuhkan dalam investasi suatu alat (Dhudshia, 1995).

$$TCO = \sum FC + \sum OC + \sum YLC \quad (2.8)$$

Dimana:

$FC = \text{Fixed Cost}$  (Biaya tetap)

$OC = \text{Operating Cost}$  (Biaya operasional)

$YLC = \text{Yield lost Cost}$  (Biaya Kerusakan atau Cacat)

#### **2.5. Availability**

Menurut Dhudshia (1995), *Availability* (ketersediaan) merupakan gabungan pengukuran dari *reliability* dan *maintainability* yang didefinisikan juga sebagai probabilitas suatu alat berada pada kondisi baik dan semua perangkat mesin bisa berjalan dengan baik. Formula yang populer digunakan terkait *availability*

$$Availability = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} - \frac{\%PM \text{ Time}}{100} \quad (2.9)$$

Dimana:

$MTBF = \text{Mean Time Before Failure}$

$MTTR = \text{Mean Time To Repair}$

PM = *Preventive Maintenance*

## 2.7. MTBF dan MTTR

Menurut Dhudshia (1995), *Mean Time Between Failure (MTBF)* merupakan waktu rata-rata kejadian ketika alat atau mesin mengalami kegagalan, MTBF mempunyai formula sebagai berikut

$$MTBF = \frac{Up\ Time}{Break\ Down\ Time} \quad (2.10)$$

Sedangkan *Mean Time To Repair (MTTR)* merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan melakukan *repair* setelah *breakdown*. MTTR mempunyai formula sebagai berikut: (Dhudshia, 1995)

$$MTTR = \frac{Total\ Break\ Down\ Time}{Number\ of\ Break\ Down} \quad (2.11)$$

Dimana:

*Up time* = Total waktu mesin bekerja normal

$$Up\ time = Availability \times 100\% \quad (2.12)$$

*Total break down time* = Total waktu break down

*Number of break down time* = Jumlah angka kejadian *break down*

## 2.8. Performance Efficiency

*Performance efficiency* terjadi karena adanya rugi-rugi akibat adanya *idle* atau pemberhentian minor saat proses yang di formulakan sebagai berikut: (Dhudshia, 1995)

$$Performance\ Efficiency: \frac{Actual\ Cycle\ Time}{Theoretical\ Cycle\ Time} \quad (2.13)$$

Menurut Stamatis (2010), *performance efisiensi* juga bisa dinotasikan sebagai berikut:

$$Performance\ Efficiency: \frac{(Total\ parts\ Run) \times (Net\ Ideal\ cycle\ times)}{Operating\ Time} \quad (2.14)$$

### 2.9. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) adalah metode pengukuran yang berfungsi untuk mengetahui efektifitas penggunaan dan pemanfaatan mesin, peralatan, waktu serta material dalam sebuah sistem operasi di rantai produksi. OEE akan mendefinisikan secara langsung perbedaan antara performa aktual (status operasi dan produksi yang saat ini tengah berjalan) dan performa ideal (target yang harus dicapai). OEE akan mengkualifikasi tingkat kualitas dari performa unit manufaktur, berhubungan dengan kapasitas mesin selama periode produksi yang telah dijadwalkan. OEE diformulakan sebagai berikut: (Dhudshia, 1995)

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \quad (2.15)$$

Dimana:

*Availability*: Uptime mesin

*Performance*: Efisiensi saat mesin berjalan

*Quality*: Efektifitas kualitas manufaktur

### 2.10. Peramalan (*Forecasting*)

Menurut Nachrowi (2004), peramalan adalah alat atau teknik untuk memprediksi atau memperkirakan suatu nilai pada masa mendatang dengan memperhatikan data atau informasi yang relevan, baik data/informasi masa lalu maupun saat ini. Dalam industri, peramalan digunakan sebagai proyeksi permintaan produk atau jasa dalam penjualan, arah produksi, kapasitas, dan penjadwalan perusahaan.

Pendekatan peramalan dibagi dalam dua jenis yaitu kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif merupakan peramalan berdasarkan opini eksekutif dan para ahli atau survei apabila data masa lalu tidak tersedia. Sedangkan metode kuantitatif didasarkan pada titik-titik data dalam periode waktu tertentu (mingguan, bulanan, dsb.) berdasarkan nilai masa lalu. Model seri waktu meliputi (Makridakis dkk , 1997):

- Rata-rata bergerak (*moving average*)
- Penghalusan eksponensial (*exponential smoothing*)
- Proyeksi tren (*trend projection*)

### 2.10.1. Tahapan Dasar Melakukan *Forecasting*

Menurut Makridakis, dkk (1997), ada 5 tahapan dasar dalam melakukan peramalan kuantitatif yaitu:

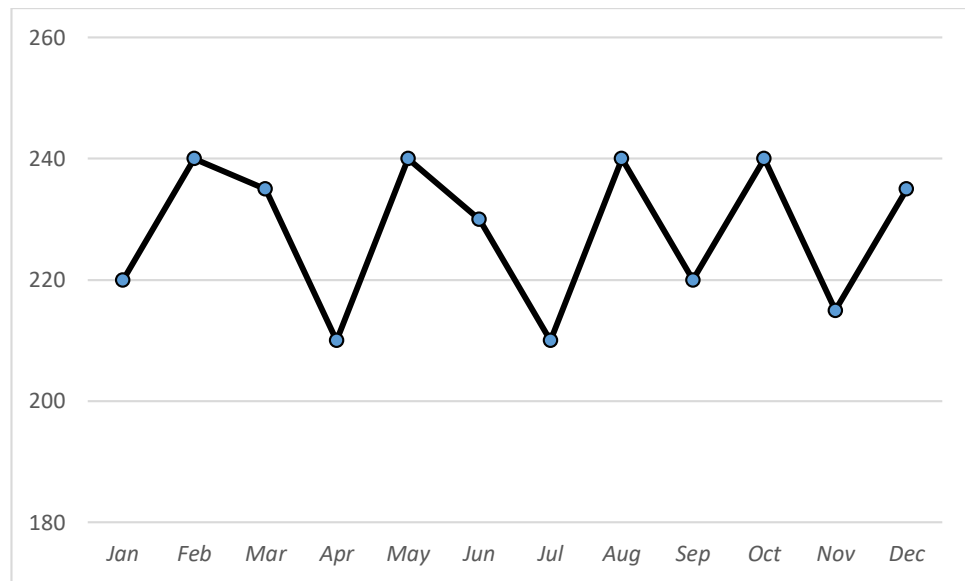
- **Definisi Masalah (*Problem definition*)**  
Mendefinisikan masalah kadang-kadang hal yang paling sulit yang dilakukan oleh *forecaster* karena harus memahami bagaimana peramalan akan digunakan, siapa yang membutuhkan peramalan dan bagaimana peramalan dapat berguna bagi organisasi tersebut.
- **Mengumpulkan Informasi (*Gathering Information*)**  
Tahapan ini mengumpulkan data dari masa lalu sebagai bahan melakukan peramalan dimasa yang akan datang. Data bisa berupa data permintaan atau produksi bulanan, *production down time* dan lain-lain.
- **Analisa Awal (*Preliminary Analysis*)**  
Tahapan ini melakukan *graphing* data dengan tujuan melakukan *visual inspection* terhadap data untuk melihat pola data yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan statistic seperti rata-rata data, standar deviasi dan menentukan apakah dalam data tersebut ada *outlier* atau tidak. Tahapan ini akan menentukan model yang cocok untuk peramalan.
- **Memilih dan menentukan model peramalan yang sesuai**  
Tahapan ini akan menentukan model peramalan apa yang cocok untuk data yang sudah dianalisis sebelumnya. *Forecaster* harus menentukan apakah akan menggunakan model *moving average*, *exponential smoothing* atau regresi dalam menentukan kemungkinan dimasa yang akan datang.
- **Menggunakan dan melakukan evaluasi terhadap *forecasting* model**  
Tahapan ini melakukan evaluasi terhadap error yang terjadi, dengan tujuan melihat akurasi terhadap hasil permalan.

### 2.10.2. Jenis-Jenis Pola Data

Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis yaitu: (Makridakis dkk, 1997)

1. Pola Horizontal (H) atau *Horizontal Data Pattern*  
Pola ini terjadi bilamana data berfluktuasi disekita nilai rata-rata. Suatu produk yang penjualannya tidak meningkat atau menurun selama waktu

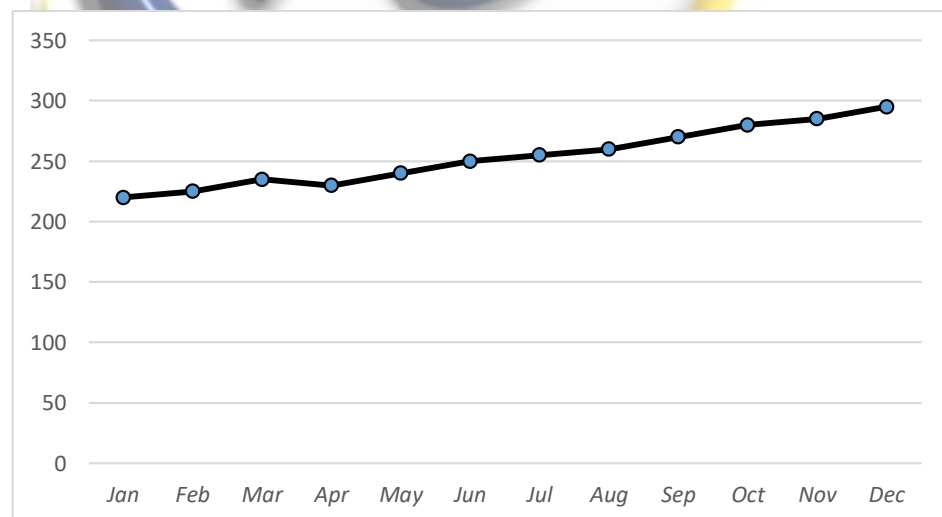
tertentu termasuk kedalam jenis ini. Bentuk pola horizontal digambarkan dibawah ini:



*Gambar 2. 2. Pola Horizontal*

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

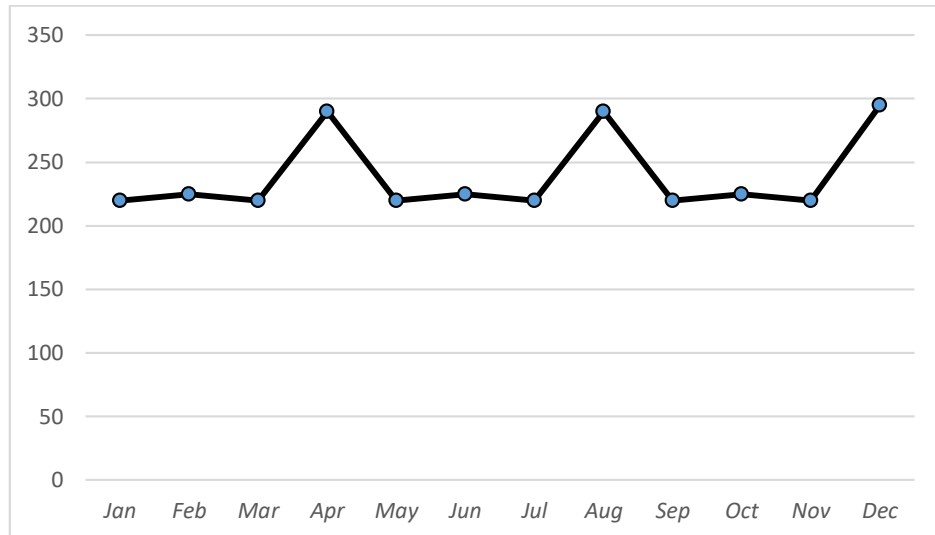
Pola data ini terjadi bilamana terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data seperti berikut ini:



*Gambar 2. 3. Pola Data Trend*

## 3. Pola Musiman (S) atau Seasonal Data Pattern

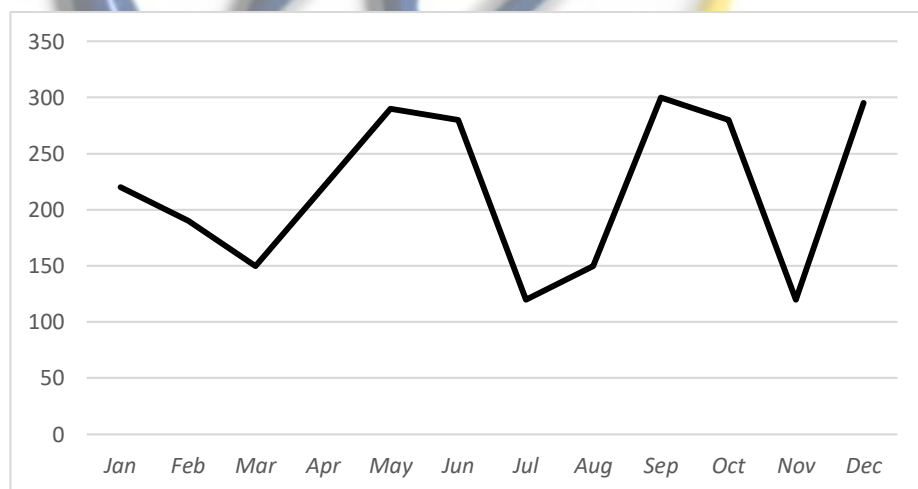
Pola data ini terjadi bilamana suatu deret dipengaruhi oleh factor musiman misalnya kuartal tahun tertentu, bulan atau pada hari-hari tertentu. Bentuk pola musiman ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2. 4. Pola Musiman**

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

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



**Gambar 2. 5. Pola Siklis**

**2.10.3. Metode Peramalan *Moving Average***

Metode Moving Average (MA) menggunakan rata-rata beberapa data terakhir sebagai data prakiraan masa berikutnya. Metode ini sangat sederhana karena berusaha merata-ratakan beberapa data terakhir. Metode ini berusaha memuluskan

perubahan data yang sangat tinggi atau sangat rendah. Persamaan *Moving average* dinotasikan sebagai berikut: (Makridakis, 1997)

$$F_{t+n} = \frac{X_1+X_2+X_3\dots\dots X_n}{T} \quad (2.16)$$

Dimana:

$F_{t+n}$  = Hasil ramalan

$X$  = *Demand* pada periode  $t$

$T$  = Periode

### 2.5.2. Metode Peramalan *Double Moving Average*

Secara umum prosedur metode rata-rata bergerak linear melalui persamaan berikut:

(Makridakis, 1997).

$$S'_t = \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-N+1}}{N} \quad (2.17)$$

$$S''_t = \frac{S'_t + S'_{t-1} + S'_{t-2} + \dots + S'_{t-N+1}}{N} \quad (2.18)$$

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) \quad (2.19)$$

$$b_t = \frac{2}{N-1} (S'_t - S''_t) \quad (2.20)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t \cdot m \quad (2.21)$$

dengan,

$X$  = permintaan (*demand*)

$F$  = peramalan (*forecast*)

$t$  = periode ke-

$S'_t - S''_t$  = persentase error

Persamaan 2.1 diasumsikan bahwa saat ini berada pada periode waktu  $t$  dan mempunyai data masa lalu sebanyak  $N$ .

#### 2.10.4. Metode Pemulusan Eksponensial (*Exponential Smoothing*)

Metode *smoothing* atau pemulusan dipakai pada kondisi dimana bobot data pada periode satu berbeda dengan data periode sebelumnya dan membentuk fungsi eksponensial sehingga disebut dengan pemulusan eksponensial. *Single exponential* digunakan apabila pola data stasioner. Sedangkan pada data dengan pola tren maka dilakukan pemulusan dari hasil pemulusan pertama maka terjadi pemulusan ganda (*double exponential smoothing*) atau lebih.

Persamaan yang dipakai dalam implementasi pemulusan eksponensial linier tunggal dapat dijabarkan dengan perumusan berikut ini, (Makridakis, 1997).

$$S'_1 = X_1 \quad (2.22)$$

Persamaan  $t > 1$  :

$$S'_t = S''_t = X_t \quad (2.23)$$

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \quad (2.24)$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \quad (2.25)$$

$$a_t = S'^t + (S'^t - S''^t) \quad (2.26)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S'_t - S''_t) \quad (2.27)$$

$$F_t = a_{t-1} + b_{t-1} \cdot m \quad (2.28)$$

$$e_t = X_t - F_t \quad (2.29)$$

Sementara persamaan yang dipakai dalam implementasi pemulusan eksponensial linier ganda dapat dijabarkan dengan perumusan berikut ini, (Makridakis, 1997).

$$S'_1 = X_1 \quad (2.30)$$

$$S''_1 = X_1 \quad (2.31)$$

$$a_0 = b_0 = 0 \quad (2.32)$$

Persamaan  $t > 1$  :

$$S'_t = \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-N+1}}{N} \quad (2.33)$$

$$S''_t = \frac{S'_t + S'_{t-1} + S'_{t-2} + \dots + S'_{t-N+1}}{N} \quad (2.34)$$

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) \quad (2.35)$$

$$b_t = \frac{2}{N-1} (S'_t - S''_t) \quad (2.36)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t \cdot m \quad (2.37)$$

Terdapat beberapa jenis pola data yang memiliki karakteristik tersendiri sehingga perlu pemilihan metode peramalan yang paling tepat. Hal tersebut dapat dilihat berdasarkan nilai galat (*error*) yang terkecil. (Makridakis, 1997).

### 2.10.5. Metode Peramalan Regresi Linier

Berdasarkan teori:

$$Y = a + bx \quad (2.38)$$

dimana a dan b adalah parameter tetap tetapi tidak diketahui dan x diasumsikan sebagai suatu galat, maka teori tersebut menjadi: (Makridakis, 1997).

$$Y = a + b_{x_i} + e_i \quad \text{untuk } i = 1, 2, \dots, n \quad (2.39)$$

$$a = \frac{\sum Y}{n} - b \frac{\sum X}{n} \quad (2.40)$$

$$b = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (2.41)$$

$$F_t = a + b \cdot t \quad (2.42)$$

dimana a dan b adalah penaksir dan merupakan variabel acak, x merupakan data permintaan, dan  $e_i$  adalah galat taksiran untuk observasi ke i dan merupakan variabel acak.

### 2.10.6. Pengujian Peramalan

Untuk menguji peramalan yang telah dilakukan, dapat dilakukan perhitungan *error*, pada penelitian kali ini pengujian error menggunakan nilai tengah *error* atau *Mean Error (ME)*.

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

$$e_i = X_i - F_i \quad (2.43)$$

Perhitungan ukuran error statistik adalah error rata-rata (*mean error* / ME),

$$ME = \sum_{t=1}^n \frac{e}{n} \quad (2.44)$$

### 2.11. Hambatan & Keuntungan Menggunakan CoO

Menurut Ellram (1993), hambatan kunci dalam penggunaan cost of ownership saat melakukan penelitian adalah kurangnya sumber data, training, pembelajaran dan budaya perusahaan. Sementara itu keuntungan menggunakan CoO menurut Ellram (1993) adalah:

- Memperbaiki pengambilan keputusan (*decision making*)
- Memperbaiki pengukuran *supplier performance*
- Memperbaiki komunikasi internal dan eksternal
- Memperbaiki pemahaman dan wawasan terhadap biaya dan *supplier*
- Mendukung usaha perbaikan berkelanjutan (*continues improvement*).