

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sistem Produksi**

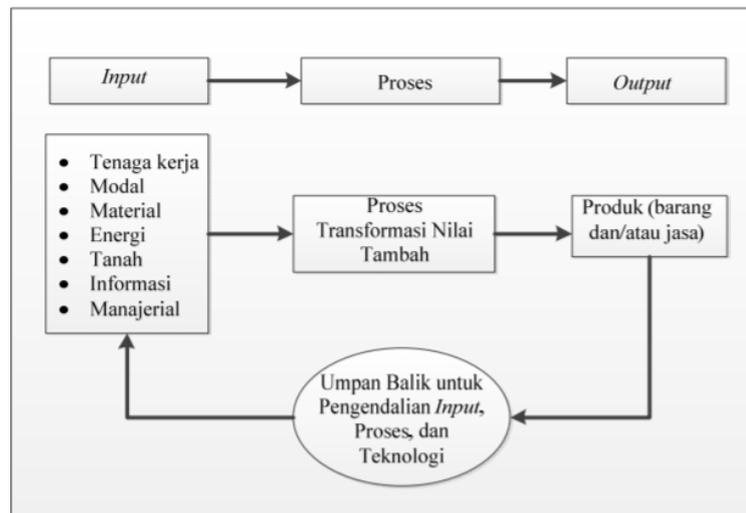
Sistem produksi merupakan sistem yang menggunakan seluruh sumber daya untuk mengubah masukan (*input*) menjadi keluaran tertentu (*output*) sesuai dengan keinginan (Tim Dosen UWP, 2009). Sistem produksi menyediakan tidak hanya barang, namun juga jasa. *Input* dari sistem produksi adalah bahan baku, barang setengah jadi, maupun konsumen. Sedangkan *output* dari sistem produksi adalah barang jadi berupa produk maupun jasa.

Menurut Gasperz (2008), produksi adalah bidang yang berkembang dan sejalan dengan perkembangan teknologi, dimana produksi dan teknologi saling membutuhkan. Sistem produksi merupakan sistem terpadu yang memiliki 2 macam komponen, yaitu komponen struktural dan fungsional. Sistem produksi memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Memiliki elemen yang berkaitan dan membentuk kesatuan.
- b. Memiliki tujuan yang pasti, yaitu menghasilkan produk (barang dan/atau jasa) yang berkualitas dan mampu bersaing di pasar.
- c. Proses transformasi memiliki nilai tambah (*input* menjadi *output*) secara efektif dan efisien.
- d. Pengalokasian sumber daya dioptimalkan melalui mekanisme pengendalian operasi.

Proses dalam sistem produksi merupakan sistem integrasi sekuensial dari lingkungan yang bertujuan untuk memberikan nilai tambah bagi produk agar dapat

bersaing di pasar. Proses dapat pula diartikan sebagai sekumpulan tugas yang berkaitan melalui aliran materi dan informasi yang mengubah beberapa *input* menjadi suatu *output* yang memiliki nilai tambah. Sistem produksi dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Skema Proses Produksi

(Sumber, Ariyani, 2010)

### 2.1.1 Proses Produksi

Proses merupakan suatu cara, metode, atau teknik pelaksanaan hal tertentu. Sedangkan produksi merupakan kegiatan untuk menambah manfaat atau menciptakan faedah, bentuk, waktu, dan tempat atas beberapa faktor produksi demi memenuhi kebutuhan konsumen (Ahyari, 2002). Menurut Gitusudarmo (2002), proses produksi merupakan interaksi antara bahan dasar, bahan pendukung, tenaga kerja, mesin, dan perlengkapan lainnya yang digunakan dalam proses tersebut. Dapat ditarik kesimpulan bahwa proses produksi merupakan transformasi dari beberapa faktor produksi, baik bahan baku, tenaga kerja, modal, dan teknologi menjadi suatu hasil produksi (produk). Tujuan dari proses produksi adalah

memperoleh sejumlah produk dengan kualitas dan harga sesuai permintaan konsumen.

Menurut Subagyo (2000), proses produksi dapat dilakukan melalui berbagai cara, metode, dan teknik yang berbeda. Tetapi secara garis besar dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu:

1. Proses Produksi Secara Terus-Menerus (*Continuous Process*)

Proses produksi ini memiliki pola urutan yang pasti dan tidak berubah dalam pelaksanaan produksi yang dilakukan sejak pengolahan bahan baku hingga menjadi suatu produk. Ciri-ciri dari proses produksi terus-menerus adalah:

- a. Produk dihasilkan dalam jumlah besar (produktivitas massa).
- b. Umumnya menggunakan peralatan atau sistem disusun berdasarkan urutan pengerjaan dari produk yang dihasilkan.
- c. Mesin yang digunakan adalah mesin bersifat khusus (*special purpose machines*), sehingga karyawan tidak perlu memiliki keahlian yang tinggi.
- d. Jika salah satu mesin mengalami kerusakan, maka seluruh proses akan terhenti.
- e. Tidak membutuhkan jumlah tenaga kerja yang banyak.
- f. Persediaan bahan mentah dan bahan dalam proses lebih sedikit daripada proses produksi terputus-putus.
- g. Umumnya bahan yang digunakan dipindahkan menggunakan mesin.

Beberapa kelebihan dari proses produksi terus-menerus adalah sebagai berikut:

- a. Tingkat biaya produksi per unit rendah.
- b. Produksi dapat dihasilkan dalam jumlah banyak dan dapat distandarisasi.

- c. Dapat mengurangi pemakaian tenaga kerja karena hampir keseluruhan proses menggunakan tenaga kerja listrik atau mesin, sehingga biaya yang perlu dikeluarkan untuk tenaga kerja rendah.
- d. Jarak antar mesin relatif pendek dan pemindahan menggunakan mesin, sehingga biaya pemindahan bahan baku lebih rendah.

Adapun kekurangan atau kelemahan dari proses produksi jenis ini adalah sebagai berikut:

- a. Terdapat kesukaran dalam menyesuaikan permintaan konsumen dalam perubahan produk.
  - b. Proses mudah terhenti bila terjadi hambatan pada suatu tingkat proses.
  - c. Kesalahan produksi sangat memengaruhi tingkat permintaan.
2. Proses Produksi Secara Terputus-Putus (*Intermittent Process*)

Proses produksi ini memiliki beberapa urutan dalam pelaksanaan produksi mulai dari pengolahan bahan baku hingga menjadi produk akhir. Ciri-ciri proses produksi ini adalah:

- a. Produk dibuat berdasarkan pesanan sehingga dihasilkan dalam jumlah kecil.
- b. Mesin bersifat umum dan dapat digunakan untuk mengolah berbagai produk.
- c. Peralatan disusun berdasarkan fungsi dalam proses dan dikelompokkan dalam satu tempat.
- d. Karyawan memiliki keahlian khusus.
- e. Proses tidak mudah terhenti walaupun terjadi kerusakan pada salah satu mesin.
- f. Persediaan bahan mentah banyak.
- g. Bahan-bahan dipindahkan langsung oleh tenaga kerja manusia.

Beberapa kelebihan dari proses produksi terus-menerus adalah sebagai berikut:

- a. Fleksibel dalam menghadapi perubahan produk dengan variasi yang cukup besar. Hal ini diperoleh dari sistem penyusunan peralatan, jenis mesin, dan sistem pemindahan manual.
- b. Harga mesin yang bersifat umum relatif murah, sehingga dapat mengurangi biaya investasi mesin.
- c. Proses tidak mudah terhenti walaupun terjadi kerusakan pada salah satu mesin atau tingkat proses.

Adapun kekurangan atau kelemahan dari proses produksi jenis ini adalah sebagai berikut:

- a. Perubahan pengaturan dalam pengerjaan produk sukar untuk dilakukan karena kombinasi urutan pekerjaan bergantung pada pesanan.
  - b. Pengawasan produksi sukar dilakukan.
  - c. Investasi bahan mentah dan bahan dalam proses sangat besar karena pembuatan produk bergantung sesuai pesanan.
  - d. Biaya tenaga kerja dan biaya pemindahan tinggi karena dilakukan secara manual dan membutuhkan tenaga ahli.
3. Proses Produksi Repetitif (*Repetitive Process*)

Beberapa karakteristik dari proses produksi repetitif adalah sebagai berikut (Ariyani, 2010):

- a. Umumnya produk yang dihasilkan adalah produk standar.
- b. Perlu tempat penyimpanan dengan ukuran sedang.

- c. Mesin dan alat yang digunakan adalah tetap dan bersifat khusus untuk lintasan perakitan tertentu.
- d. Operator berperan penting dalam produk yang dihasilkan.
- e. Proses produksi terhenti jika salah satu mesin mengalami kerusakan.
- f. Mengurangi kebutuhan pelatihan dan perubahan instruksi kerja.
- g. Sistem persediaan tepat waktu.
- h. Bahan dipindahkan dengan mesin.

Proses produksi dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan tujuan operasi atau strategi perusahaan dalam memenuhi kebutuhan konsumen. Beberapa tipe proses produksi adalah sebagai berikut (Ariyani, 2010):

- a. *Design to Order* atau *Engineering to Order* (ETO), dimana produk baru akan didesain dan diproduksi setelah ada permintaan dari konsumen. Contohnya kapal, gedung, jembatan, dll.
- b. *Assembly to Order* (ATO), dimana perusahaan memiliki persediaan barang sub assembly dan dapat dirakit menjadi beberapa tipe produk. Contohnya industri otomotif, komputer komersial, restoran, dll.
- c. *Make to Order* (MTO), dimana pembuatan produk bersifat khusus yang disesuaikan dengan permintaan konsumen. Contohnya kerajinan tangan, penggantian komponen mesin, dll.
- d. *Make to Stock* (MTS), dimana perusahaan memiliki persediaan produk akhir. Contohnya pakaian, peralatan rumah tangga, alat tulis, dll.
- e. *Make to Demand* (MTD), dimana tipe ini merupakan kombinasi dari beberapa strategi atau tipe lain. Permintaan konsumen bersifat fleksibel.

Menurut Ariyani (2010), proses produksi memiliki beberapa karakteristik yang berbeda menurut desain dan aliran prosesnya. Karakteristik tersebut adalah sebagai berikut:

a. *Flow Shop*

Proses konversi dimana unit-unit *output* secara berturut-turut melalui urutan operasi yang sama pada mesin-mesin khusus, umumnya ditempatkan sepanjang suatu lintasan produksi. Penyusunan sistem kerja dalam proses ini diurutkan berdasarkan urutan pembuatan produk. Proses jenis ini umumnya digunakan untuk produk yang memiliki desain dasar yang luas, diperlukan penyusunan bentuk proses produksi *flow shop* yang biasanya bersifat MTS (*Make to Stock*).

Bentuk umum proses *flow shop* ada dua, yaitu *flow shop* kontinu dan *flow shop* terputus. Pada *flow shop* kontinu, proses bekerja untuk memproduksi jenis *output* yang sama. Pada *flow shop* terputus, kerja proses secara periodik diinterupsi untuk melakukan *set up* bagi pembuatan produk dengan spesifikasi yang berbeda.

b. *Job Shop*

Proses konversi ini memungkinkan pembuatan unit-unit pesanan yang berbeda berdasarkan stasiun kerja melalui pusat kerja yang dikelompokkan berdasarkan fungsinya. Volume produksi tiap variasi produk sedikit, namun memiliki variasi produksi yang banyak, durasi produksi tiap produk cukup panjang, dan tidak ada lintasan produksi khusus. *Job shop* ini bertujuan memenuhi kebutuhan khusus konsumen, jadi biasanya bersifat *Make to Order* (MTO).

c. *Project (No Product Flow)*

Pada proses ini material, peralatan, dan personel berada di lokasi proyek, dimana proyek tersebut hanya dikerjakan satu kali. Pada jenis proyek ini, beberapa

fungsi mempengaruhi produksi seperti perencanaan, desain, pembelian, pemasaran, penambahan personal atau mesin (umumnya dilakukan secara terpisah pada sistem *job shop* dan *flow shop*) dan diintegrasikan sesuai dengan urutan-urutan waktu penyelesaian. Proses ini cenderung memiliki biaya yang tinggi.

d. *Flexible Manufacturing System (FMS)*

Integrasi perpindahan material dan proses dari mesin yang ada tanpa melibatkan manusia. Biaya produksi rendah, waktu tunggu sedikit, persediaan dapat dikurangi, dan meningkatkan kualitas.

e. *Agile Manufacturing System (AMS)*

Proses produksi ini digunakan untuk industri manufaktur tertentu yang menggunakan otomatisasi dengan sistem *Just In Time (JIT)*. Proses ini memberikan respon cepat, fleksibel, dan efisien sehingga dapat berkemampuan di bidang industri dengan waktu proses yang cepat.

f. *Batch*

Proses ini memiliki standar produk yang lebih baik dibandingkan proses *job shop*, namun tidak seperti pada proses *flow shop*. Sistem *batch* menghasilkan produk dengan berbagai jenis variasi dan volume, durasi produksi untuk setiap produk agak pendek, dan satu lintasan produksi dapat digunakan untuk beberapa tipe produk. Pada sistem ini, pembuatan produk dengan tipe yang berbeda akan mengakibatkan pergantian peralatan, sehingga sistem tersebut harus “*general purpose*” dan fleksibel untuk produk dengan volume rendah tetapi variasinya tinggi. Tetapi, volume *batch* yang lebih banyak dapat diproses secara berbeda, misalnya memproduksi beberapa *batch* lebih untuk tujuan MTS dari pada MTO.

### 2.1.2 Tata Letak Fasilitas Produksi

Tata letak merupakan suatu landasan utama dalam industri. Tata letak adalah tata cara pengaturan fasilitas yang ada demi kelancaran proses produksi (Wignjosoebroto, 2009). Tata letak yang efektif dapat membantu perusahaan mencapai strategi yang menunjang pemaksimalan hasil produk, biaya rendah dan respon cepat (Heizer dan Render, 1993). Tata letak yang baik dapat diartikan sebagai penyusunan yang teratur dan efisien semua fasilitas dan personel di dalam pabrik (Assauri, 2008). Maka, perancangan tata letak pabrik adalah dasar dari proses produksi. Dalam perancangan tata letak harus mempertimbangkan beberapa aspek fungsi dan aspek kemudahan untuk menciptakan tata letak yang efektif dan efisien (Wignjosoebroto, 2009).

Fungsi dari tata letak adalah sebagai penggambaran susunan yang ekonomis dari tempat kerja yang berkaitan dan tempat produksi berbagai produk. Tujuan dari perancangan tata letak adalah sebagai berikut (Apple, 1990):

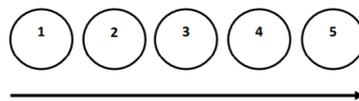
- a. Memudahkan proses produksi.
- b. Meminimalkan proses pemindahan barang.
- c. Memelihara fleksibilitas susunan operasi dan perputaran barang setengah jadi.
- d. Mengurangi biaya untuk mesin dan peralatan.
- e. Menghemat penggunaan ruang bangunan.
- f. Memberi kemudahan, kenyamanan, dan keselamatan tenaga kerja.
- g. Mempermudah inspeksi.
- h. Mengurangi faktor yang dapat merugikan atau mempengaruhi kualitas bahan baku maupun produk jadi.

Tata letak yang baik harus memiliki beberapa karakteristik yang dapat dilihat bahkan dari satu pengamatan biasa. Beberapa ciri-ciri tata letak fasilitas yang baik adalah (Apple, 1990):

- a. Keterkaitan kegiatan dan pola aliran barang terencana.
- b. Aliran yang lurus dengan langkah balik minimum.
- c. Gang yang lurus.
- d. Pemindahan antar operasi yang minimum.
- e. Proses digabungkan dengan pemindahan bahan.
- f. Pemindahan bergerak dari penerimaan menuju pengiriman.
- g. Operasi pertama dekat dengan bagian penerimaan. Sedangkan operasi terakhir dekat dengan bagian pengiriman.
- h. Direncanakan untuk perluasan terencana.
- i. Jumlah barang setengah jadi minimum.
- j. Pemakaian seluruh rantai pabrik secara maksimal.

Pola aliran bahan merupakan pola yang digunakan untuk mengatur aliran bahan dalam proses produksi yang dapat dibedakan sebagai berikut (Wignjosoebroto, 2009):

1. *Straight Line*

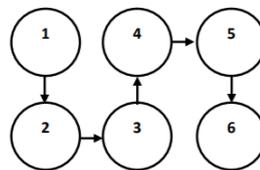


Gambar 2.2 Pola Aliran *Straight Line*

(Sumber: <http://atimejourney.blogspot.com/2014/05/tipe-pola-pola-aliran-material-pada.html>.)

Pola aliran ini didasarkan pada garis lurus yang umumnya digunakan untuk proses produksi dengan durasi yang singkat, relative sederhana, dan terdiri dari beberapa komponen. Beberapa keuntungan pola aliran ini adalah:

- a. Jarak terpendek antar 2 titik.
  - b. Proses produksi berlangsung sepanjang garis lurus.
  - c. Jarak perpindahan bahan total kecil.
2. *Serpentine* atau *Zig-Zag* (*S-Shape*)

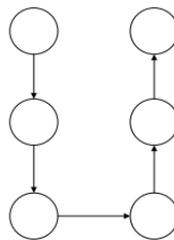


Gambar 2.3 Pola Aliran *Serpentine* atau *Zig-Zag* (*S-Shape*)

(Sumber: <http://atimejourney.blogspot.com/2014/05/tipe-pola-pola-aliran-material-pada.html>.)

Pola aliran berdasarkan garis patah-patah ini cocok diterapkan pada aliran proses produksi yang lebih panjang dibandingkan dengan luas area yang tersedia.

3. *U-Shape*

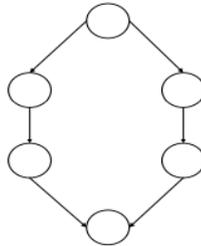


Gambar 2.4 Pola Aliran *U-Shape*

(Sumber: <http://atimejourney.blogspot.com/2014/05/tipe-pola-pola-aliran-material-pada.html>.)

Pola aliran ini akan dipakai bila dikehendaki bahwa akhir dari proses produksi akan berada pada lokasi yang sama dengan awal proses produksinya.

#### 4. *Circular*

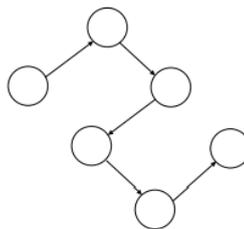


Gambar 2.5 Pola Aliran Circular

(Sumber: <http://atimejourney.blogspot.com/2014/05/tipe-pola-pola-aliran-material-pada.html>.)

Pola aliran berdasarkan bentuk lingkaran cocok digunakan bilamana dikehendaki untuk mengembalikan material atau produk pada titik awal aliran produksi berlangsung.

#### 5. *Odd Angle*



Gambar 2.6 Pola Aliran *Odd Angle*

(Sumber: <http://atimejourney.blogspot.com/2014/05/tipe-pola-pola-aliran-material-pada.html>.)

Pola aliran *odd angle* ini tidak begitu dikenal dibandingkan dengan pola aliran lainnya. Pola aliran ini akan memberikan lintasan yang pendek dan sangat berguna

untuk area yang kecil. Pada dasarnya pola ini sangat umum dan baik digunakan untuk kondisi-kondisi seperti:

- a. Bila tujuan utamanya adalah untuk memperoleh garis aliran yang pendek di antara suatu kelompok kerja dari area yang saling berkaitan.
- b. Bila proses *handling* dilaksanakan secara mekanis.
- c. Bila keterbatasan ruangan menyebabkan pola aliran yang lain terpaksa tidak dapat diterapkan.
- d. Bila dikehendaki adanya pola aliran yang tetap dari fasilitas produksi yang ada.

## **2.2 Peramalan**

Peramalan atau yang biasa juga disebut dengan *forecasting* adalah ilmu untuk memprediksi masa depan. Peramalan merupakan tahap awal dan hasil ramalan adalah dasar dari perencanaan produksi. Peramalan adalah pemanfaatan data historis dari sebuah variabel atau kumpulan variabel untuk mengestimasi nilai di masa depan (Whitten dkk, 2007). Peramalan memiliki peran yang besar dalam pengambilan keputusan. Peramalan umumnya digunakan untuk mengurangi resiko ketidakpastian dari sesuatu yang mungkin terjadi di masa mendatang.

Menurut Makridakis dan Whellwright (2005), metode peramalan dapat dibagi menjadi 2 kategori utama, yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif. Metode kualitatif dilakukan jika data historis tidak tersedia atau tidak dapat digunakan sehingga peramalan tidak dapat dilakukan. Metode ini mengutamakan pendapat dari para ahli dalam mengambil keputusan sebagai hasil dari peramalan. Namun, jika data historis tersedia, maka metode yang lebih tepat untuk digunakan adalah

metode kuantitatif. Metode kuantitatif didasari ketersediaan data mentah dan rangkaian kaidah matematis untuk meramalkan masa mendatang. Salah satu contoh model pada metode kuantitatif adalah model peramalan deret waktu (*time series*).

Berdasarkan jangka waktunya, peramalan dapat dibagi menjadi tiga. Pertama, peramalan jangka pendek yang memprediksi masa depan dengan periode waktu harian, mingguan, atau bulanan ke masa depan. Kedua, peramalan jangka menengah yang menggunakan waktu satu hingga dua tahun untuk melakukan peramalan. Ketiga, peramalan jangka panjang yang memprediksi masa depan menggunakan jangka waktu beberapa tahun (Montgomery dkk, 2015).

Berdasarkan rencana operasinya, peramalan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu ramalan ekonomi, ramalan teknologi, dan ramalan permintaan. Ramalan ekonomi merupakan peramalan untuk memprediksi tingkat inflasi dan indikator lainnya dalam lingkungan bisnis. Ramalan teknologi berkaitan dengan kemajuan teknologi dan berbagai produk baru. Ramalan permintaan atau yang biasa disebut dengan ramalan penjualan adalah peramalan untuk merencanakan produksi, sistem penjualan dan penjadwalan perusahaan untuk meramalkan tingkat penjualan suatu produk.

### **2.2.1 Tahapan Peramalan**

Sistem peramalan memiliki delapan langkah penting dalam menjamin efektivitas dan efisiensi hasil ramalan, yaitu (Gasperz, 2005):

1. Definisikan tujuan peramalan.

Contohnya, peramalan dapat digunakan selama masa pra-produksi untuk mengukur tingkat permintaan produk.

2. Memilih *item* yang akan diramalkan.

3. Melakukan plot data masa lalu.

Plot data disajikan dalam bentuk grafik.

4. Menentukan metode yang paling cocok berdasarkan tujuan peramalan dan plot data.

Metode peramalan ditentukan berdasarkan pola data yang telah disajikan dalam bentuk grafik. Metode peramalan diasumsikan dapat mewakili pola data tersebut.

5. Ramalkan permintaan untuk periode mendatang.

Hasil peramalan didapatkan dengan menghitung parameter fungsi dari setiap metode peramalan.

6. Menghitung *forecast error* untuk setiap metode yang digunakan.

Keakuratan suatu model peramalan bergantung pada seberapa dekat nilai hasil peramalan terhadap nilai data yang sebenarnya. Selisih antara nilai aktual dan nilai ramalan disebut sebagai kesalahan ramalan atau *forecast error* dinyatakan sebagai berikut:

$$e_t = A_t - F_t$$

Keterangan:

$A_t$  = Nilai data aktual pada periode ke-t

$F_t$  = Nilai hasil peramalan pada periode ke-t

t = Periode peramalan

7. Memilih metode terbaik dengan memerhatikan nilai *forecast error* terkecil.

Metode yang dipilih adalah metode yang memiliki tingkat kesalahan yang tidak berbeda secara signifikan pada tingkat ketelitian tertentu.

8. Melakukan verifikasi hasil ramalan.

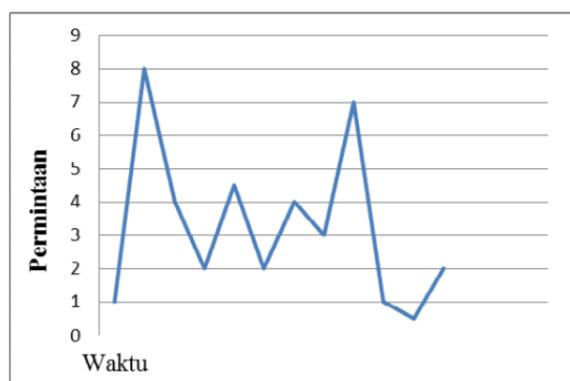
Verifikasi dilakukan untuk mengevaluasi apakah metode peramalan yang digunakan sesuai dengan pola data yang sebenarnya.

### 2.2.2 Pola Data Peramalan

Model deret waktu atau *time series* adalah model peramalan secara kuantitatif dengan menggunakan waktu sebagai dasar peramalan. Secara umum, permintaan pada masa yang akan datang dipengaruhi oleh waktu. Peramalan ini membutuhkan data historis (masa lalu) permintaan atau penjualan. Data inilah yang akan dianalisis dengan menggunakan parameter waktu sebagai dasar analisis (Baroto, 2002). Pengidentifikasian pola data peramalan *time series* dapat dilakukan secara visual (Yulianto, 2006).

#### 1. Pola Horizontal

Data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan. Tingkat penjualan produk tidak meningkat atau menurun secara drastis pada jangka waktu tertentu. Contohnya, data penjualan produk yang konstan.

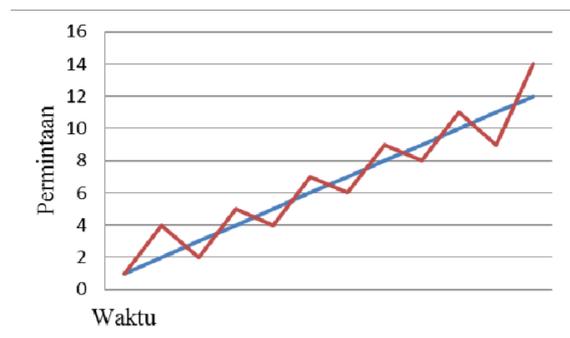


Gambar 2.7 Pola Data Horizontal

(Sumber: <http://library.binus.ac.id/ecolls/ethesisdoc/bab2/2011-2-00006-tisi%20bab2001.pdf>)

## 2. Pola Trend

Data mengalami kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang. Data yang terlihat berfluktuasi pada rentang waktu yang panjang dan dapat ditarik suatu garis maya. Contohnya *Gross National Product* (GNP) dan indikator bisnis lainnya.

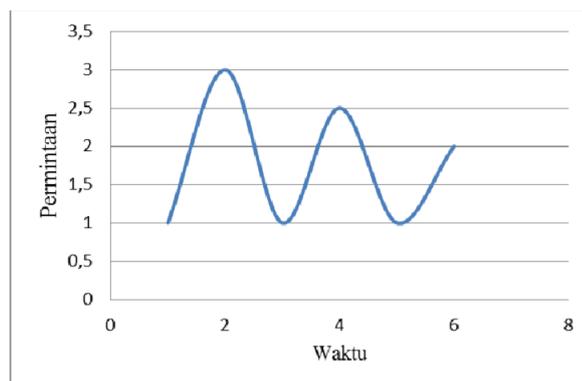


Gambar 2.8 Pola Data Trend

(Sumber: <http://library.binus.ac.id/ecolls/ethesisdoc/bab2/2011-2-00006-tisi%20bab2001.pdf>)

## 3. Pola Siklis

Data dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang yang saling berhubungan dengan siklus bisnis. Contohnya penjualan mobil dan penjualan baja.

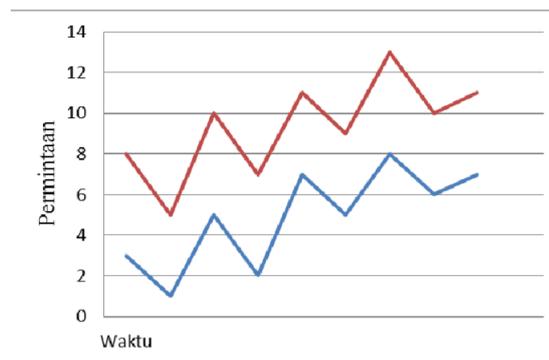


Gambar 2.9 Pola Data Siklis

(Sumber: <http://library.binus.ac.id/ecolls/ethesisdoc/bab2/2011-2-00006-tisi%20bab2001.pdf>)

#### 4. Pola Musiman

Data dipengaruhi oleh faktor musiman dan cenderung berulang dalam suatu interval waktu tertentu secara teratur. Contohnya penjualan produk makanan dan produksi tanaman.



Gambar 2.10 Pola Data Musiman

(Sumber: <http://library.binus.ac.id/ecolls/ethesisdoc/bab2/2011-2-00006-tisi%20bab2001.pdf>)

#### 2.2.3 Metode Peramalan

Beberapa metode peramalan yang umum digunakan untuk melakukan ramalan berdasarkan model deret waktu (*time series*) adalah metode *Moving Average*, metode *Weighted Moving Average*, dan metode *Single Exponential Smoothing*.

##### 1. Metode *Moving Average*

Menurut Nasution (2003), *Moving Average* (MA) diperoleh dengan merata-rata permintaan berdasarkan beberapa data masa lalu yang terbaru. Tujuan utama dari penggunaan teknik MA ini adalah untuk mengurangi atau menghilangkan variasi acak permintaan dalam hubungannya dengan waktu. Tujuan ini dicapai dengan merata-ratakan beberapa nilai data secara bersama-sama, dan menggunakan nilai rata-rata tersebut sebagai ramalan permintaan untuk periode yang akan datang.

Metode ini disebut rata-rata bergerak karena ketika data aktual permintaan baru tersedia, maka data aktual permintaan yang paling terdahulu akan dikeluarkan dari perhitungan. Metode ini cocok untuk peramalan dengan pola data horizontal.

Metode ini akan efektif diterapkan jika dapat diasumsikan bahwa permintaan pasar terhadap produk akan tetap stabil sepanjang waktu (Gasperz, 2005). Metode ini memiliki sifat khusus, yaitu untuk membuat *forecast* memerlukan data historis dalam jangka waktu tertentu, semakin panjang data historis tersedia maka akan menghasilkan hasil peramalan yang semakin halus. Rumus perhitungan dari metode ini adalah sebagai berikut.

$$MA = \frac{\sum A}{n}$$

Keterangan:

A = Permintaan aktual pada periode ke-t

n = Jumlah periode

## 2. Metode *Weighted Moving Average*

Menurut Aritonang (2009), *Weighted Moving Average* (WMA) adalah rata-rata bergerak yang memiliki bobot. Metode WMA merupakan metode yang mempunyai teknik pemberian bobot yang berbeda atas data yang tersedia dengan demikian data yang paling akhir adalah data yang paling relevan untuk peramalan sehingga diberi bobot yang lebih besar. Menurut Gaspersz (2001), metode ini lebih responsif terhadap perubahan, karena data dari periode yang baru biasanya diberi bobot lebih besar. Metode ini cocok untuk peramalan dengan pola data horizontal.

Penetapan pemberian bobot bersifat subjektif. Pemberian bobot sangat penting, dimana setiap data akan diberikan bobot yang berbeda dengan asumsi bahwa data yang terakhir atau terbaru memiliki bobot yang lebih besar

dibandingkan dengan data sebelumnya, karena data terbaru merupakan data yang paling relevan untuk peramalan. Bobot ditentukan sedemikian rupa sehingga jumlah keseluruhan sama dengan satu. Rumus perhitungan dari metode ini adalah sebagai berikut (Gasperz, 2004).

$$WMA = \frac{\sum((bobot)(A_t))}{\sum bobot}$$

Keterangan:

$A_t$  = Permintaan aktual pada periode ke-t

Bobot = Bobot yang diberikan pada periode ke-t

### 3. Metode *Single Exponential Smoothing*

Metode *Single Exponential Smoothing* (SES) adalah suatu prosedur yang mengulang perhitungan secara terus-menerus menggunakan data terbaru. Metode *Single Exponential Smoothing* lebih cocok digunakan untuk meramalkan hal-hal yang fluktuasinya secara acak (tidak teratur). Setiap data diberi bobot, dimana bobot yang digunakan disimbolkan dengan  $\alpha$ . Simbol  $\alpha$  bisa ditentukan secara bebas, yang mengurangi *forecast error*. Nilai konstanta pemulusan ( $\alpha$ ) harus memenuhi kriteria  $0 < \alpha < 1$  (Gasperz, 2005). Metode ini cocok untuk peramalan dengan pola data horizontal. Secara matematis, persamaan penulisan eksponensial adalah sebagai berikut (Subagyo, 2002):

$$SES_{t+1} = \alpha A_t + (1 - \alpha)F_t$$

Keterangan:

$SES_{t+1}$  = Ramalan untuk periode berikutnya

$A_t$  = Permintaan aktual pada periode t

$\alpha$  = Konstanta (faktor bobot)

$F_t$  = Peramalan yang ditentukan sebelumnya untuk periode ke-t

Nilai  $\alpha$  yang menghasilkan tingkat kesalahannya yang paling kecil adalah yang dipilih dalam peramalan (Arsyad, 2001). Metode ini lebih cocok digunakan untuk meramal hal-hal yang fluktuasinya secara *random* atau tidak teratur (Subagyo, 2002). Menurut Render dan Heizer (2005), permasalahan umum yang dihadapi dalam metode ini adalah bagaimana memilih  $\alpha$  yang tepat untuk meminimalkan kesalahan peramalan. Karena kriteria yang berlaku  $0 < \alpha < 1$  maka dapat menggunakan panduan berikut:

- a. Bila pola data historis dari data aktual tidak stabil dari waktu ke waktu maka pilih nilai  $\alpha$  yang mendekati 1.
- b. Bila pola data historis dari data aktual tidak berfluktuasi atau relatif stabil maka pilih  $\alpha$  yang mendekati 0.

#### **2.2.4 Forecasting Errors dan Tracking Signals**

Cara mengevaluasi teknik peramalan adalah dengan mengukur tingkat perbedaan antara hasil peramalan dengan permintaan atau kenyataan yang terjadi. Terdapat 4 ukuran yang umum digunakan, yaitu (Nasution dan Prasetyawan, 2008):

##### 1. *Mean Absolute Deviation (MAD)*

Rata-rata deviasi mutlak atau *Mean Absolute Deviation (MAD)* merupakan rata-rata kesalahan mutlak selama periode tertentu tanpa memperhatikan apakah hasil peramalan lebih besar atau lebih kecil dibandingkan kenyataannya. Secara matematis, MAD dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MAD = \frac{\sum |A - F|}{n}$$

Keterangan:

A = Permintaan aktual pada periode ke-t

F = Peramalan permintaan pada periode ke-t

N = Jumlah periode

## 2. *Mean Square Error* (MSE)

Rata-rata kuadrat kesalahan atau *Mean Square Error* (MSE) adalah metode evaluasi alternatif dalam peramalan. Pendekatan ini menghasilkan tingkat kesalahan yang lebih dapat diterima untuk peramalan yang menghasilkan kesalahan yang besar. Secara matematis, MSE dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum(A - F)^2}{n}$$

Keterangan:

A = Permintaan aktual pada periode ke-t

F = Peramalan permintaan pada periode ke-t

N = Jumlah periode

## 3. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

Rata-rata persentase kesalahan absolut *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE merupakan ukuran kesalahan yang relatif. MAPE biasanya lebih berarti dibandingkan MAD, karena metode menyatakan persentase kesalahan hasil peramalan terhadap permintaan aktual, sehingga dapat dilihat secara visual apakah persentase kesalahan yang dihasilkan terlalu tinggi atau terlalu rendah. Secara matematis, MSE dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum 100 \left| \frac{A - F}{A} \right|}{n}$$

Keterangan:

A = Permintaan aktual pada periode ke-t

F = Peramalan permintaan pada periode ke-t

N = Jumlah periode

#### 4. *Tracking Signals*

*Tracking signals* berguna untuk validasi peramalan. *Tracking signals* adalah ukuran baik atau tidaknya suatu peramalan dalam memperkirakan nilai permintaan aktual. Secara matematis, *tracking signals* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$TS = \frac{\sum A - F}{MAD}$$

Keterangan:

A = Permintaan aktual pada periode ke-t

F = Peramalan permintaan pada periode ke-t

MAD = Nilai *forecast error* MAD

*Tracking signal* yang telah dihitung dapat dibuat peta kontrol untuk melihat kelayakan data di dalam batas kontrol atas dan batas kontrol bawah. Penggunaan nilai *tracking signal* maksimum +4 dan -4, sebagai batas-batas pengendalian untuk *tracking signal*. Dengan demikian apabila *tracking signal* telah berada di luar batas pengendalian, model peramalan perlu ditinjau kembali, karena akurasi peramalan tidak dapat diterima.

#### 2.2.5 Verifikasi Peramalan

Prinsip dasar verifikasi adalah dengan memilah data, satu set data digunakan untuk mendapatkan model dan set data lainnya untuk menduga resiko dari model yang digunakan. Verifikasi peramalan merupakan alternatif untuk mengetahui efektivitas metode peramalan yang digunakan (Eris dkk, 2014).

##### 1. *Moving Range Chart* (MRC)

Verifikasi dapat dilakukan dengan bantuan grafik rentang bergerak atau *Moving Range Chart* (MRC) untuk membandingkan data permintaan aktual dengan

hasil peramalan. Langkah-langkah dalam menggunakan MRC adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung rentang bergerak atau *Moving Range* dengan rumus berikut:

$$MR = |(F_t - A_t) - (F_{t-1} - A_{t-1})|$$

Keterangan:

$F_t$  = Ramalan pada periode ke-t

$A_t$  = Permintaan aktual pada periode ke-t

$F_{t-1}$  = Ramalan pada periode sebelumnya ( $t - 1$ )

$A_{t-1}$  = Permintaan aktual pada periode sebelumnya ( $t - 1$ )

- b. Menghitung rata-rata rentang bergerak dengan rumus berikut:

$$\overline{MR} = \frac{\sum_{t=1}^n MR}{n - 1}$$

Keterangan:

MR = Hasil perhitungan *Moving Range*

n = Jumlah periode

t = Periode

- c. Menghitung garis pusat (*center line*), Batas Pengendali Atas (BPA) atau *Upper Center Line* (UCL), dan Batas Pengendali Bawah (BPB) atau *Bottom Center Line* (BCL) untuk MRC. Batas ini digunakan dengan asumsi bahwa data yang ada berdistribusi normal. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

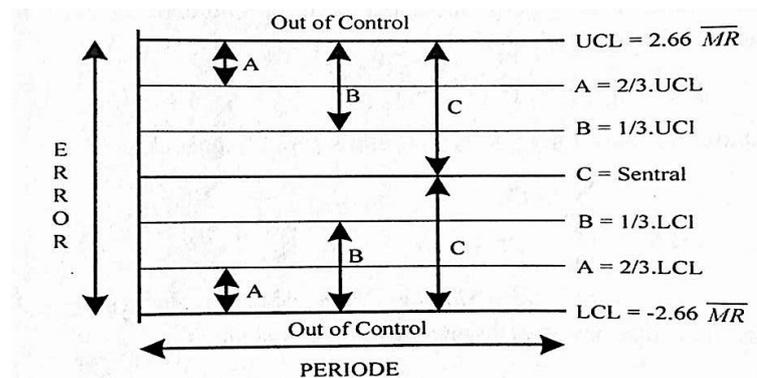
$$UCL = +2,66 \overline{MR}$$

$$CL = 0$$

$$BCL = -2,66 \overline{MR}$$

Jumlah data minimal pada MRC adalah 10 data. Batas yang ditetapkan dengan harapan hanya ada 3 data dari 1000 data yang keluar dari batas kendali. Oleh karena itu, seluruh titik harus berada di dalam batas kendali, sehingga hasil peramalan dapat dikatakan baik. Jika terdapat 1 titik data yang berada di luar batas kendali, maka metode peramalan yang digunakan tidak cocok dan harus diganti dengan metode yang lain.

Uji yang paling tepat bagi kondisi di luar batas kendali MRC adalah dengan membagi titik di luar batas menjadi beberapa bagian. MRC dibagi menjadi 6 bagian dengan jangkauan yang sama. Berikut adalah pembagiannya:



Gambar 2.11 Pembagian Daerah Kriteria di Luar Kendali

(Sumber: Ariyani, 2010)

- Daerah A adalah daerah di luar  $\pm 2/3 (2.66 \overline{MR}) = \pm 1,77 \overline{MR}$  atau setara dengan bagian atas adalah  $+1,77 \overline{MR}$  dan bagian bawah adalah  $-1,77 \overline{MR}$ .
- Daerah B adalah daerah di luar  $\pm 1/3 (2.66 \overline{MR}) = \pm 0,89 \overline{MR}$  atau setara dengan bagian atas adalah  $+0,89 \overline{MR}$  dan bagian bawah adalah  $-0,89 \overline{MR}$ .
- Ada delapan titik berturut-turut titik yang berada di salah satu sisi. Titik ini bisa di atas atau di bawah garis tengah.