

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. *Forecasting* ( Peramalan)**

##### **Pengertian *Forecasting* (Peramalan)**

Menurut John E. Biegel (1999), *forecasting* adalah kegiatan memperkirakan tingkat permintaan produk yang diharapkan untuk suatu produk atau beberapa produk dalam periode waktu tertentu di masa yang akan datang”. Dalam peramalan (*forecasting*) tidak jarang terjadi kesalahan misalnya saja penjualan sering tidak sama dengan nilai eksak yang diperkirakan. Sedikit variasi dari perkiraan sering dapat diserap oleh kapasitas tambahan, sediaan penjadwalan permintaan. Tetapi, variasi perkiraan yang besar dapat merusak operasi. Ada tiga cara untuk mengakomodasi perkiraan, yaitu: yang pertama adalah mencoba mengurangi kesalahan melakukan pemerkiraan yang lebih baik. Yang kedua adalah, membuat fleksibilitas pada operasi dan yang terakhir adalah mengurangi waktu tunggu yang dibutuhkan dalam prakiraan. Tetapi kemungkinan kesalahan terkecil adalah tujuan yang konsisten dengan biaya prakiraan yang masuk akal. Tiga kegunaan peramalan antara lain adalah:

1. Menentukan apa yang dibutuhkan untuk perluasan pabrik.
2. Menentukan perencanaan lanjutan bagi produk-produk yang ada untuk dikerjakan dengan fasilitas yang ada.
3. Menentukan penjadwalan jangka pendek produk-produk yang ada untuk dikerjakan berdasarkan peralatan yang ada

Penetapan jadwal induk produksi untuk bulan yang akan datang atau periode kurang dari satu tahun sangat tergantung pada peramalan jangka pendek. Apabila dilihat dari sifat penyusunannya, maka peramalan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

1. Peramalan subjektif, yaitu peramalan yang didasarkan atas perasaan atau intuisi dari orang yang menyusunnya. Dalam hal ini pandangan atau ketajaman pikiran orang yang menyusunnya sangat menentukan baik tidaknya hasil peramalan.

2. Peramalan objektif, yaitu peramalan yang didasarkan atas data yang relevan pada masa lalu dengan menggunakan teknik-teknik dan metode-metode dalam penganalisaan data tersebut.

### **2.1.1 Jenis-Jenis Peramalan (*Forecasting*)**

#### **A. Berdasarkan Horizon Waktu**

Menurut Herjanto (2008), berdasarkan horizon waktunya, Peramalan atau *forecasting* dibagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. Peramalan jangka panjang, yaitu peramalan yang mencakup waktu lebih besar dari 18 bulan. Misalnya, peramalan yang diperlukan dalam kaitannya dengan penanaman modal, perencanaan fasilitas dan perencanaan untuk kegiatan litbang.
2. Peramalan jangka menengah, yaitu peramalan yang mencakup waktu antara 3 hingga 18 bulan. Misalnya, peramalan untuk perencanaan penjualan, perencanaan produksi dan perencanaan tenaga kerja tidak tetap.
3. Peramalan jangka pendek, yaitu mencakup jangka waktu kurang dari 3 bulan. Misalnya, peramalan dalam hubungannya dengan perencanaan pembelian material, penjadwalan kerja dan penugasan karyawan.

#### **B. Berdasarkan Fungsi dan Perencanaan Operasi Di Masa depan**

Menurut Heizer dan Render (2001), berdasarkan fungsi dan perencanaan operasi dimasa depan, peramalan dibagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. Peramalan ekonomi (*economic forecast*), yaitu peramalan yang menjelaskan siklus bisnis dengan memprediksi tingkat inflasi, ketersediaan uang, dana yang dibutuhkan untuk membangun perumahan dan indikator perencanaan lainnya.
2. Peramalan teknologi (*technological forecast*), yaitu peramalan yang memperhatikan tingkat kemajuan teknologi yang dapat meluncurkan produk baru yang menarik, yang membutuhkan pabrik dan peralatan yang baru.
3. Peramalan permintaan (*demand forecast*), adalah proyeksi permintaan untuk produk atau layanan perusahaan. Proyeksi permintaan untuk produk atau layanan suatu perusahaan. Peramalan ini juga disebut peramalan penjualan yang

mengendalikan produksi, kapasitas, serta sistem penjadwalan dan menjadi input bagi perencanaan keuangan, pemasaran, dan sumber daya manusia.

### **C. Berdasarkan Jenis Data Ramalan Yang Disusun**

Menurut Saputro dan Asri (2000), berdasarkan jenis data ramalan yang disusun, peramalan dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

1. Peramalan kualitatif, yaitu peramalan yang didasarkan pada data kualitatif pada masa lalu. Hasil ramalan yang dibuat sangat tergantung pada orang yang menyusunnya. Hal ini penting karena peramalan tersebut ditentukan berdasarkan pemikiran yang bersifat intuisi, pendapat, dan pengetahuan serta pengalaman dari penyusunnya. Biasanya peramalan secara kualitatif ini didasarkan atas hasil penyelidikan, seperti pendapat salesman, pendapat sales manager pendapat para ahli dan survey konsumen.
2. Peramalan kuantitatif, yaitu peramalan yang didasarkan atas data penjualan pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat tergantung pada metode yang dipergunakan dalam peramalan tersebut. Penggunaan metode yang berbeda akan diperoleh hasil yang berbeda pula.

### **D. Berdasarkan Sifat Penyusunannya**

Menurut Ginting (2007) berdasarkan sifat penyusunannya, peramalan dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

1. Peramalan subjektif, yaitu peramalan yang didasarkan atas perasaan atau intuisi dari orang yang menyusunnya.
2. Peramalan objektif, yaitu peramalan yang didasarkan atas data yang relevan pada masa lalu, dengan menggunakan teknik-teknik dan metode-metode dalam penganalisaan data tersebut.

## **2.2. Metode Peramalan ARIMA**

Makridakis (1998) *ARIMA (Auto Regressive Integrative Moving Average)* atau metode Box Jenkins merupakan perluasan dari hasil *Auto Regressive* dan *Moving Average*

untuk mencakup deret berkala musiman (*seasonal time series*) dan pengembangan sederhana yang mencakup proses-proses non stasioner.

*ARIMA* merupakan konsep tentang stasioner dan non stasioner, konsep *Autokovariansi*, *Autokorelasi*, *Autokorelasi Parsial* dan lain-lain. Kelebihan *ARIMA* adalah memiliki sifat yang fleksibel (mengikuti pola data), memiliki tingkat akurasi peramalan yang cukup tinggi dan cocok digunakan untuk meramal sejumlah variabel dengan cepat, sederhana, akurat, dan murah karena hanya membutuhkan data historis untuk melakukan peramalannya. Semua data dalam analisis *ARIMA* diasumsikan "*stasioner*". Jika data tidak stasioner, data tersebut harus disesuaikan untuk mengoreksi ketidakstasionerannya. Untuk memperbaiki ketidakstasioneran tersebut, maka digunakan *differencing*. Model yang dihasilkan dikatakan menjadi model yang "terintegrasi" atau *integrated (differenced)*. Inilah yang menjadi sumber dari "I" dalam model *ARIMA*.

Agar model *ARIMA* menghasilkan ramalan yang optimal, maka model tersebut harus memenuhi asumsi residual *white noise* dan berdistribusi normal.. Pada *ARIMA (p, d, q)*, kita harus menentukan  $p \rightarrow AR$ ,  $d \rightarrow I$ ,  $q \rightarrow MA$  dimana  $p$  adalah nilai yang menunjukkan *AR*,  $d$  adalah nilai yang menunjukkan perbedaan (*differences*) dan  $q$  adalah nilai yang menunjukkan *MA*.

### 1. Model *AR (Autoregressive)*

$$Y_t = \theta_1 Y_{t-1} + \theta_2 Y_{t-2} + \theta_3 Y_{t-3} + \dots + \theta_p Y_{t-p} + e_t \quad (1.1)$$

di mana:

$Y_t$  = variabel yang diramalkan atau variabel tidak bebas

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-3}, \dots, Y_{t-p}$  = variabel bebas yang merupakan lag dari variabel tidak bebas.

$\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_p$  = parameter *autoregressive*.

$e_t$  = nilai kesalahan yang tidak dapat dijelaskan oleh model

## 2. Model MA (Moving Average)

$$Y_t = e_t - \phi_1 e_{t-1} - \phi_2 e_{t-2} - \phi_3 e_{t-3} - \dots - \phi_q e_{t-q} \quad (1.2)$$

di mana:

$Y_t$  = variabel yang diramalkan atau variabel tidak bebas

$\phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots, \phi_q$  = parameter moving average.

$e_t$  = nilai kesalahan yang tidak dapat dijelaskan oleh model.

$e_{t-1}, e_{t-2}, e_{t-3}, \dots, e_{t-q}$  = nilai kesalahan pada saat t

## 3. Model Autoregressive Moving Average (ARMA)

$$Y_t = \theta_1 Y_{t-1} + \dots + \theta_p Y_{t-p} + e_t - \phi_1 e_{t-1} - \dots - \phi_q e_{t-q} \quad (1.3)$$

## 4. Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA):

Penerapan model AR, MA, dan ARMA menunjukkan bahwa data sudah memiliki sifat stasioner. Tetapi pada kenyataannya seringkali terdapat data yang tidak stasioner. Untuk mencapai kestasioneran, maka perlu dilakukan proses *differencing* pada data. Apabila data melalui proses *differencing* sebanyak  $d$  kali agar menjadi stasioner, maka data dikatakan non-stasioner homogen tingkat  $d$ . Model dengan data yang stasioner setelah melewati proses *differencing* inilah yang disebut dengan model ARIMA. Dengan demikian, apabila data telah stasioner pada *differencing* sebanyak  $d$  kali dan akan mengaplikasikan ARMA ( $p, q$ ), maka model yang dihasilkan adalah ARIMA ( $p, d, q$ ).

Untuk mengidentifikasi model ARIMA yang sesuai untuk Y, diawali dengan menentukan urutan pembeda ( $d$ ) yang perlu menempatkan seri dan menghapus fitur-fitur musiman, mungkin bersamaan dengan transformasi penstabil varian seperti *logging* atau *deflating*. Bilamana berhenti pada titik ini dan memprediksikan bahwa deret yang dibedakan adalah konstan, maka langkah yang dilakukan hanya memasang jalan acak atau model tren acak. Namun, seri stasioner mungkin masih memiliki kesalahan autokorelasi, menunjukkan bahwa sejumlah

istilah  $AR$  ( $p \geq 1$ ) dan / atau sejumlah istilah  $MA$  ( $q \geq 1$ ) juga diperlukan dalam persamaan peramalan.

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \mu' + e_t - \theta_1 e_{t-1} \quad (1.4)$$

Disini  $Y_t$  terganung pada satu nilai sebelumnya yaitu  $Y_{t-1}$  dan satu nilai galat sebelumnya  $e_{t-1}$ . Deret data tersebut diasumsikan stasioner pada nilai tengah dan ragamnya

### 2.3. Kapasitas

Pengertian kapasitas secara etimologi menurut KBBI yaitu ruang yang tersedia; daya tampung; daya serap. Kapasitas gudang dapat diartikan daya tampung gudang untuk menyimpan barang, kapasitas produksi berarti keluaran maksimum, kemampuan berproduksi. Menurut Budi (2017) Kapasitas Produksi biasanya diukur dengan “jumlah unit” yang dihasilkan (*Output*) per satuan waktu atau per periode tertentu. Namun pada kondisi dan produk tertentu, kapasitas produksi dapat juga diukur dengan satuan unit yang lain seperti Ton, Liter ataupun Waktu Kerja. Untuk menilai dan menentukan keefektifan terhadap perencanaan kapasitas produksi, manajemen pada umumnya dapat menggunakan dua indikator kinerja efisiensi kapasitas (*Capacity Efficiency Performance Indicators*) yaitu Rasio Efisiensi dan Rasio Utilisasi dari Kapasitas Desain (*Design Capacity*) dan Kapasitas Efektif (*Effective Capacity*). Melalui perhitungan rasio Efisiensi dan rasi Utilisasinya ini, manajemen akan mengetahui seberapa jauh perencanaan kapasitas berjalan dengan semestinya. Faktor-faktor penentu Keefektifan Perencanaan kapasitas diantaranya seperti faktor Fasilitas (mesin, peralatan, tata letak), faktor tenaga kerja, faktor operasional, faktor rantai pasokan dan faktor eksternal.

Kapasitas Desain adalah tingkat *output* maksimum atau kapasitas layanan dari suatu suatu operasi, proses atau fasilitas. Kapasitas Desain juga dapat dikatakan sebagai *output* maksimum ideal yang tidak memiliki *output* cacat atau rusak.

Kapasitas Efektif adalah Kapasitas Desain yang dikurangi dengan jumlah unit yang cacat, waktu perawatan dan kapasitas yang hilang akibat pergantian model yang menggunakan fasilitas produksi yang sama.

*Output* Aktual adalah *Output* nyata yang dihasilkan oleh fasilitas produksi, biasanya tidak melebihi jumlah kapasitas efisiensi. Namun harus diusahakan sedapat mungkin untuk mendekati atau sama dengan kapasitas efektif.

## 2.4. Rancangan *Lay Out* Gudang

*Warehouse* atau pergudangan berfungsi menyimpan material untuk produksi atau hasil produksi dalam jumlah dan rentang waktu tertentu yang kemudian didistribusikan ke lokasi yang dituju berdasarkan permintaan. Dengan kata lain, Gudang adalah suatu tempat dimana barang memperoleh/mengalami proses penerimaan, penyimpanan dan pengeluaran barang.

Aktivitas yang umumnya dilakukan berkaitan dengan penyimpanan material dalam gudang, adalah *Receiving, Prepacking, Put-away, Storage, Order picking, Packaging, Sortation and accumulation, Packing and Shipping* (Tompkins & Tanchoco, 2010).

Dalam perancangan tata letak gudang terdapat beberapa prinsip yang umum dijadikan sebagai acuan, yaitu: *Popularity, Similarity, Size, Characteristics* dan *Space utilization*. Beberapa karakteristik komponen yang penting yaitu: *Perishable materials* (komponen yang mudah rusak), *Oddly shaped and crushable items* (komponen bentuk khusus dan mudah rusak), *Hazardous materials* (komponen berbahaya), *Security items* (komponen dengan pengamanan khusus) dan *Compatibility* (kecocokan/kesesuaian).

Menurut Ahyari (1986), perencanaan gudang di dalam satu perusahaan dapat dibagi menjadi beberapa macam, yaitu :

### a. Gudang Bahan Baku

Gudang bahan baku atau gudang bahan mentah ini adalah merupakan tempat penyimpanan bahan baku atau bahan mentah yang akan dipergunakan untuk proses produksi dalam pabrik oleh suatu perusahaan. Banyaknya jumlah gudang bahan baku ini dalam masing-masing pabrik akan dipengaruhi oleh dua hal, yaitu yang pertama adalah banyak atau sedikitnya jenis bahan baku yang dipergunakan oleh perusahaan

tersebut untuk keperluan proses produksinya, sedangkan yang kedua adalah apakah masing-masing dari bahan baku tersebut dapat disimpan secara bersamaan dalam satu gudang atau tidak. Banyak dan sedikitnya bahan baku yang disimpan pada gudang akan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu tingkat penggunaan bahan baku, jumlah persediaan (*safety stock*), jumlah pembelian ekonomis, serta kebijakan persediaan yang digunakan.

#### **b. Gudang Barang Setengah Jadi**

Tingkat penyelesaian dari barang setengah jadi ini akan terdapat bermacam-macam, mulai dari bahan baku yang baru saja masuk proses, sampai dengan barang yang hampir selesai. Barang setengah jadi ini tidak dapat dikategorikan sebagai bahan baku atau barang jadi. Sehingga diperlukan cara dan tempat penyimpanan secara tersendiri diluar bahan baku dan barang jadi.

#### **c. Gudang Barang Jadi**

Gudang barang jadi adalah gudang yang disiapkan oleh perusahaan yang bersangkutan untuk penyimpanan barang jadi atau produk akhir dari perusahaan tersebut. Pada umumnya, hampir seluruh perusahaan yang ada sudah mempersiapkan gudang barang jadi ini, tapi ada satu hal yang perusahaan belum bisa memperhatikan dengan semestinya yaitu seberapa luas gudang yang digunakan untuk penyimpanan barang jadi yang ditentukan. Penentuan luas dari ruangan gudang produk akhir ini akan erat hubungannya dengan jumlah duri barang jadi yang akan disimpan di dalam gudang perusahaan tersebut. Jumlah barang jadi yang akan disimpan di dalam gudang perusahaan ini akan berkaitan dengan pola penjualan, pola produksi, serta kebijaksanaan persediaan produk akhir yang ditentukan oleh manajemen perusahaan bersangkutan.

#### **d. Gudang Perlengkapan Produksi**

Pada saat pelaksanaan produksi, selain perusahaan yang bersangkutan memerlukan mesin dan peralatan untuk melaksanakan proses produksi tersebut. Perlengkapan

produksi dalam perusahaan tersebut perlu pula diperhatikan kelangsungan penyediaannya. Walaupun bahan baku, tenaga kerja, mesin, dan peralatan produksi ini sudah lengkap disediakan di dalam perusahaan yang bersangkutan, jika perlengkapan untuk pelaksanaan produksi tidak tersedia di dalam perusahaan, maka proses produksi di dalam perusahaan tersebut tidak dapat dilaksanakan.

#### **e. Gudang Peralatan Khusus**

Pada umumnya ada beberapa perusahaan tertentu yang mempunyai suatu peralatan khusus yang sering digunakan oleh perusahaan yang bersangkutan tersebut. Peralatan-peralatan khusus tersebut sangat sering digunakan oleh perusahaan, sehingga harus disimpan dengan baik dan apabila sewaktu-waktu peralatan tersebut ingin digunakan oleh perusahaan yang bersangkutan akan segera dapat dipergunakan dengan baik pula. Peralatan khusus tersebut sebaiknya disediakan tempat penyimpanan tersendiri. Apabila peralatan khusus tersebut tidak disimpan tersendiri di dalam perusahaan, maka sering terjadi kekacauan pada saat peralatan tersebut hendak dipergunakan.

#### **f. Gudang Kantor**

Seberapa kecilnya aktifitas dari suatu kantor perusahaan, namun sebenarnya penyediaan gudang kantor ini tetap mutlak perlu diadakan. Hanya saja besar dan kecilnya gudang kantor ini akan sangat tergantung kepada banyak dan sedikitnya barang-barang yang akan disimpan didalam gudang kantor tersebut.

Ada beberapa alasan mengapa perusahaan menyimpan barang di dalam gudang:

1. Mengurangi aktifitas transportasi untuk biaya produksi. Pemandahan barang dengan menggunakan transport ada minimal volume yang menjadikannya lebih murah atau akan lebih mahal. Dengan meminimalkan pemandahan barang-barang dari pabrik ke gudang simpanan, akan menghemat dan mempercepat proses produksi selanjutnya.
2. Membantu bagian produksi didalam menyediakan barang. Untuk melakukan produksi suatu barang, pabrik harus melakukannya dengan minimal batch atau satuan produksi tertentu yang menyebabkan biaya produksi dapat lebih rendah. Jika penggunaan mesin produksi digunakan setiap saat barang dibutuhkan dengan jenis-

jenis yang berbeda, maka akan tercipta biaya tinggi dan waktu penyiapan yang tidak pendek.

3. Membantu bagian marketing didalam menyediakan pelayanan ke konsumen. Nilai tambah yang diharapkan oleh konsumen adalah kecepatan didalam pengiriman barang pada saat dilakukan permintaan oleh konsumen. Untuk menjamin hal ini dapat terlaksana, salah satu caranya adalah memastikan bahwa stock barang tsb tersimpan dengan baik didalam gudang. Menjaga mutu dan keamanan barang. Semakin seringnya barang dipindah-pindahkan akan semakin tinggi peluang terjadinya kerusakan dan penurunan mutu barang. Dengan melakukan penyimpanan di gudang, maka barang akan terlindungi dan mutu tetap bertahan karena tidak berpindah-pindah.

Ada beberapa tujuan dari manajemen pergudangan:

- a. Pengurangan biaya.
- b. Pengurangan modal/barang
- c. Menjamin kualitas barang.
- d. Meningkatkan pelayanan ke *customer*.

Dalam mendesign *layout* gudang harus dilakukan dengan memperhitungkan efisiensi dan efektifitas, bila gudang tidak sepenuhnya digunakan hal itu merupakan pemborosan modal, biaya dan tenaga kerja, dampak strategi *layout* adalah

1. *Design* sistem produksi atau kerja gudang.
2. Daya saing perusahaan atau kapabilitas
3. Fleksibilitas
4. Mutu kehidupan kerja.

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan besar kapasitas gudang antara lain:

- a. Besarnya masing-masing barang yang akan disimpan.
- b. Waktu tenggang dari pesana barang.

- c. Jumlah atau banyaknya barang yang harus disimpan dan frekuensi keluar masuknya barang.
- d. Faktor resiko yang hendak diterapkan oleh pihak manajemen gudang yang meliputi faktor kehabisan barang, faktor kekurangan tempat penyimpanan barang pada saat tiba di gudang.

Prinsip-prinsip dalam merancang gudang menurut Ahyari (1986):

1. Barang-barang *fast moving* diletakan dekat dengan pintu keluar.
2. Barang-barang *slow moving* diletakan jauh dari pintu keluar.
3. Jalan masuk dan jalan keluar harus diatur sedemikian rupa agar memudahkan keluar masuk barang baik dengan ataupun tanpa bantuan alat pemindah.
4. Bila frekuensi keluar masuk barang sangat tinggi, maka pisahkan antara pintu masuk dan keluar.
5. Minimasi rintangan keluar masuk barang.
6. Lorong atau gang harus memiliki lebar sedikit lebih besar dibanding alat pemindah yang digunakan.
7. Tumpukan barang harus diletakan pada tempatnya masing-masing agar lorong-lorong lebih mudah dilalui.
8. Usahakan tersedia gudang sementara, berupa tempat untuk meletakan barang-barang sambil menunggu penempatan atau pengeluaran barang. Sekaligus dapat digunakan untuk tempat pemeriksaan kualitas dan kuantitas barang.

Penempatan barang adalah kegiatan yang berhubungan dengan berdasarkan apa suatu barang ditempatkan dalam gudang. Kebijakan penempatan barang ini berdampak pada waktu transportasi yang dibutuhkan dan proses pencarian atau penelusuran barang.

Berikut ini adalah jenis-jenis kebijakan penempatan barang:

a. *Random storage*

Yaitu penempatan barang berdasarkan tempat yang paling dekat dengan lokasi input barang, implikasi kebijakan ini adalah waktu pencarian barang lebih lama. *Random storage* memerlukan sistem informasi yang baik, umumnya cara ini dilakukan pada sistem *AS/RS (Automated Storage/Retrieval System)*.

*b. Fixed storage atau dedicated storage*

Aplikasi kebijakan yang menempatkan satu jenis bahan atau material di tempat yang khusus hanya untuk bahan atau material tersebut. Kebijakan ini akan mengurangi waktu dalam pencarian barang, namun ruang yang dibutuhkan menjadi kurang efisien karena ruang kosong untuk satu bahan atau material tidak diperbolehkan untuk ditempati bahan atau material lainnya.

*c. Class-based storage*

Yaitu penempatan bahan atau material berdasarkan atas kesamaan suatu jenis bahan atau material kedalam suatu kelompok. Kelompok ini nantinya akan ditempatkan pada suatu lokasi khusus pada gudang. Kesamaan bahan atau material pada suatu kelompok, bisa dalam bentuk kesamaan jenis item atau kesamaan pada suatu daftar pemesanan konsumen.

*d. Shared storage*

Penempatan beberapa bahan atau material dalam satu area yang dikhususkan untuk bahan atau material tersebut. Kebijakan ini mengurangi jumlah kebutuhan luas gudang dan mampu meningkatkan utilisasi area penempatan persediaan.

## **2.5. Metode Penyimpanan**

Pada umumnya yang memakai metode penyimpanan ini untuk gudang yang tertutup (dalam ruangan). Namun demikian tidak tertutup kemungkinan adanya gudang terbuka, yaitu gudang yang terletak diluar bangunan, mungkin cukup dengan diberi atap saja sekedar pelindung dari panas dan hujan seperti gudang kayu atau pengrajin kayu. Menurut Ahyari (1986), metode penyimpanan yang dimaksud adalah untuk gudang yang berada di dalam ruangan tertutup, atau di dalam sebuah bangunan gudang yaitu sebagai berikut :

**a. Kotak**

Penyimpanan dengan menggunakan kotak ini pada umumnya dipergunakan oleh perusahaan-perusahaan yang mempunyai bahan-bahan atau barang-barang yang perlu disimpan dalam bentuk dan ukuran yang relatif kecil. Bentuk-bentuk dari bahan atau barang yang disimpan ini dapat beraneka ragam. Untuk masing-masing jenis bahan

atau barang tersebut dapat disediakan kotak-kotak tersendiri. Sebagai contoh dari bahan-bahan atau barang-barang ini adalah bahan-bahan dari peralatan elektronik (transistor dan kapasitor) sedangkan untuk contoh dari suku cadang kendaraan bermotor (busi, ring, dan mur baut).

#### b. Papan Rak

Apabila barang yang akan disimpan di dalam gudang tersebut merupakan bahan atau barang dengan ukuran yang agak besar, maka penggunaan kotak untuk tempat penyimpanan bahan atau barang tersebut menjadi tidak cocok lagi. Pelaksanaan penyimpanan bahan tersebut, masing-masing kotak dibuat dengan ukuran yang lebih besar dan kemudian disusun di atas papan rak yang disediakan. Papan rak ini dapat dibuat dengan kerangka kayu maupun besi. Perusahaan yang menggunakan kerangka besi, akan terdapat kemudahan untuk mengatur tinggi dan rendahnya masing-masing papan rak tersebut, karena kerangka besi tersebut sudah disediakan beberapa alternatif ketinggian papan.

#### c. Rak

Pada umumnya rak digunakan untuk menyimpan bahan-bahan atau barang-barang yang mempunyai ukuran yang kecil tetapi panjang. Penyimpanan dengan menggunakan rak ini sedikit berbeda dengan papan rak, karena penyimpanan dengan menggunakan papan rak ini, bahan dan barang yang akan disimpan cukup diatur di atasnya tanpa mempergunakan alat lain. Berbeda dengan papan rak yang membutuhkan kotak-kotak untuk penyimpanan bahan dan barang. Penyimpanan dengan menggunakan rak ini dapat dilaksanakan dengan baik jika, bahan atau barang yang disimpan ini hendaknya dikelompokkan dalam ukuran panjang dan besar yang sama. Panjang dari rak yang digunakan untuk penyimpanan ini akan disesuaikan dengan panjang masing-masing kelompok bahan atau barang tersebut.

### **2.6. Pertimbangan dalam Perencanaan Gudang**

Menurut Ahyari (1986), dalam penyusunan perencanaan gudang pabrik, perlu dipertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

a. Penyimpanan terpusat atau terpisah

Setiap kebijakan bahan-bahan atau barang-barang di dalam perusahaan, dikenal dua macam cara, yaitu penyimpanan terpusat dan penyimpanan terpisah. Masing-masing cara penyimpanan ini mempunyai beberapa kelebihan sendiri, sehingga manajemen perusahaan dapat memilih cara yang mana yang paling sesuai dengan kebutuhan perusahaan yang bersangkutan. Adapun beberapa kelebihan dari penyimpanan terpusat ini antara lain adalah mudahnya menyusun perencanaan produksi, mudahnya mengendalikan persediaan yang ada, dan mudahnya mengendalikan kualitas bahan yang akan disimpan. Penyimpanan terpisah mempunyai kelebihan antara lain adalah mudahnya pengecekan terhadap barang yang disimpan, memudahkan pengaturan penyimpanan, dan dapat mengusahakan efisiensi penggunaan gudang dengan baik. Adanya perbedaan manfaat, kedua cara penyimpanan ini menjadi sebuah pilihan untuk setiap perusahaan agar bisa memilih cara penyimpanan mana yang cocok untuk diaplikasikan di dalam perusahaan.

b. Ventilasi dan pertukaran udara

Hal ini sangat berpengaruh baik terhadap bahan-bahan atau barang-barang yang disimpan di dalam gudang pabrik, maupun terhadap para karyawan perusahaan yang sedang bertugas di dalam gudang tersebut. Setiap pengaturan bahan atau barang yang disimpan, pihak perusahaan sebaiknya dapat mengatur agar karyawan akan dapat berjalan dengan mudah serta pemindahan bahan atau barang tersebut dapat dilakukan dengan mudah. Hal tersebut dilakukan karena dapat meningkatkan produktivitas dari perusahaan yang bersangkutan.

## **2.7. Pola aliran Barang**

letak barang dapat diketahui bahwa kebanyakan persoalan yang terjadi didalam aliran barang adalah sesuai dengan salah satu dari sejumlah kecil pola aliran barang pada umumnya. Pola aliran umum tersebut menggambarkan sebagian faktor dasar dalam situasi aliran tertentu. Menurut Apple (1990), jenis-jenis dalam pola aliran barang yaitu sebagai berikut :

### 1 Garis lurus

Pola aliran barang garis lurus dapat digunakan bila proses produksi pendek, relatif sederhana, dan hanya mengandung sedikit komponen atau beberapa peralatan produksi.

### 2 Seperti ular atau zig-zag

Pola aliran barang ular atau zig-zag dapat diterapkan jika lintasan lebih panjang dari ruangan yang dapat digunakan untuk ditempatinya, ini dikarenakan bentuk yang berbelok-belok dapat memberikan lintasan aliran yang lebih panjang dalam bangunan dengan luas, bentuk, dan ukuran yang lebih ekonomis.

### 3 Bentuk U

Pola aliran bentuk U dapat diterapkan jika produk jadinya mengakhiri proses pada tempat yang relatif sama dengan awal proses, seperti keadaan fasilitas transportasi (luar pabrik) dan pemakaian mesin.

### 4 Melingkar

Pola aliran banran melingkar dapat diterapkan jika barang atau produk kembali ketempat yang tepat pada proses barang tersebut waktu dimulainya kegiatan.

### 5 Bersudut ganjil

Pola aliran barang ganjil merupakan pola aliran yang sering ditemui walaupun polanya tak tentu. Penerapan pola aliran ini biasanya mempunyai tujuan utama untuk memperpendek lintasan aliran antar kelompok dari wilayah yang berdekatan.

## 2.8. Model Penyimpanan Konvensional

Pada sub bab ini menentukan model dari berbagai metode untuk penyimpanan mengambil produk, yang dititikberatkan pada penentuan konfigurasi "optimal" dari sistem penyimpanan di mana beban unit disimpan dan diambil menggunakan metode konvensional. Serta mempertimbangkan material handling dengan menggunakan truk angkat (*fork lift*) yang dioperasikan secara manual. Menurut Tomkins (2010), ada empat metode penyimpanan alternatif dianalisis: block stacking, deep line storage, rak penyimpanan tunggal, dan rak penyimpanan ganda.

## **1. Metode *Block Stacking***

Metode *block stacking* mengacu pada unit produk ditumpuk ke arah atas dan disimpan berjajar menjadi sebuah baris atau blok. Palet ditumpuk dengan ketinggian tertentu berdasarkan kriteria seperti : kondisi palet, berat beban termasuk produk, ketinggian yang diijinkan dan kapabilitas peralatan gudang. Palet yang disimpan dalam metode ini dapat diambil dengan metode *LIFO (Last-In-First-Out)*. Metode ini tidak memungkinkan bagi pengambilan barang dengan metode pengurutan tanggal atau *FIFO (First-In-First-Out)*. Pengambilan barang dapat menyebabkan "*honeycombing*" dimana ada kekosongan yang tidak dapat diisi hingga seluruh *line* kosong. Metode ini tidak memakan biaya karena tidak memerlukan rak dan dapat dilakukan di berbagai tipe gudang dengan lahan yang terbuka luas. *Block stacking* ini merupakan unit sistem penyimpanan palet unit (SKU) ditumpuk satu sama lain pada jalur-jalur yang ada di gudang. Palet ditumpuk berdasarkan maksimum ketinggian yang boleh dicapai yang didasari oleh : ketinggian palet, beban barang, batas keamanan, ketinggian izin gudang, dan sebagainya.

Meminimalkan pemborosan ruang dan memaksimalkan pemanfaatan ruang merupakan tujuan dari *block stacking*. Salah satu cara untuk memaksimalkan pemanfaatan ruang adalah dengan cara menghitung berapa kedalaman jalur optimal (*optimal lane depth*) yang bisa meminimalkan pemborosan ruang yang tidak terpakai.

## **2. *Deep Line Storage***

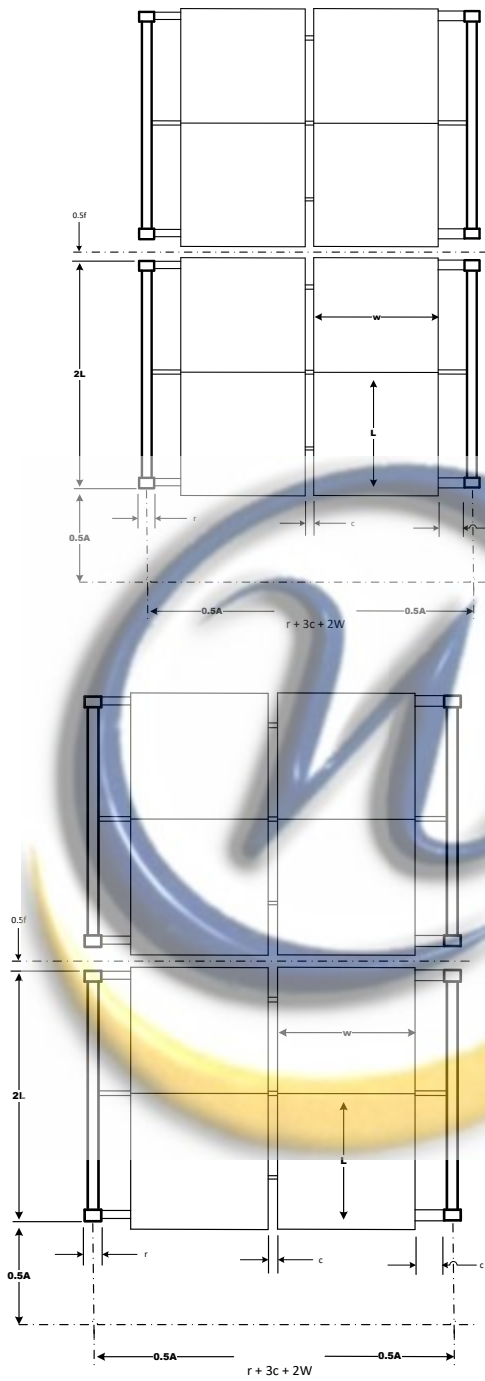
Penyimpanan jalur dalam, pada umumnya digunakan oleh industri penanganan material sebagai penyimpanan yang didukung rak di mana penempatan unit muatan dan penyimpanan unit. Penyimpanan dilakukan dari ujung yang sama dari jalur penyimpanan. Pengisian ulang rak palet dilakukan di salah satu ujung jalur penyimpanan dan penarikan dilakukan di ujung lain jalur penyimpanan. Seperti *block stacking*, *deep lane storage* menggunakan kebijakan *Last-In-First-Out (LIFO)*, sedangkan dengan *non-rack pallet*, kebijakan *First-In-First-Out (FIFO)* berlaku. Karena setiap beban unit didukung secara individual dalam penyimpanan jalur dalam

dan dalam palet sekarang rak, tidak ada kehilangan sarang lebah vertikal dengan metode penyimpanan mana pun. Namun, karena kebijakan pengambilan LIFO, kehilangan honeycomb horizontal terjadi dengan penyimpanan jalur dalam. (Kebijakan FIFO menghilangkan kehilangan sarang lebah horizontal dengan rak palet Row.)

### 3 Rack Pallet

Metode yang biasa digunakan untuk menyimpan produk jadi adalah rak penyimpanan, khususnya rak penyimpanan palet tunggal dan rak penyimpanan palet ganda. Pada bagian ini, model yang dapat digunakan untuk membandingkan ruang lantai rata-rata yang diperlukan untuk menyimpan produk di rak palet dibandingkan *block stacking*, dan *deep line storage*.

Rak penyimpanan tunggal dan ganda dapat dipertimbangkan sebagai kasus khusus *deep line storage* dengan masing-masing  $X_{DL} = 1$  dan  $X_{DL} = 2$ . Perbedaan antara rak palet standar dan *deep line storage* adalah bahwa beberapa produk (tidak harus produk yang sama atau dari lot yang sama) dapat disimpan berdampingan menggunakan rak palet tunggal atau rak palet ganda. Oleh karena itu, lebar penyimpanan untuk rak palet akan menjadi lebar beban ( $W$ ) ditambah satu jarak bebas penuh antara beban dan bagian rak vertikal ( $c$ ) ditambah ruang jarak sisi ke sisi antara beban secara umum balok beban ( $0.5c$ ) ditambah setengah lebar bagian rak vertikal ( $0.5r$ ), atau  $W + 1.5c + 0.5r$ , seperti yang digambarkan pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1.** Rak penyimpanan palet. (atas) Rak tunggal. (bawah) Rak ganda.

**a. Double-Deep Pallet Storage Rack**

Mengingat hasil untuk *deep line storage*, relatif mudah untuk menghitung nilai  $S$  pada instalasi rak penyimpanan ganda ( $S_{DDSS}$ ). Maka kedalaman jejak kaki dua kali lipat akan menjadi  $2L + 0.5(A + f)$ . (Catatan Kedalaman beban digunakan, bukan jarak dari balok beban ke balok beban karena beban menggantungkan balok beban, baik depan dan belakang, dengan rak penyimpanan dua arah, rak palet tunggal, dan rak palet jalur dalam). Area beban diproporsikan berdasarkan jumlah level penyimpanan. Oleh karena itu, jumlah rata-rata ruang lantai yang dibutuhkan untuk rak penyimpanan ganda, dengan *safety stock*, ( $S_{DDSS}$ ) adalah

$$S_{DDSS} = v(W + 1.5c + 0.5r)[2L + 0.5(A + f)] [2(Q + s) - 2v + 2]/2(Q + s)z \quad (1.5)$$

Tanpa stok pengaman, maka jumlah rata-rata luas lantai ( $S_{DD}$ ) adalah :

$$S_{DD} = v(W + 1.5c + 0.5r)[2L + 0.5(A + f)] (Q - v + 1)/Qz \quad (1.6)$$

Karena kedalaman penyimpanan diketahui,  $v$  sama dengan  $Q/2$  jika  $Q$  genap dan  $(Q + 1)/2$  jika  $Q$  ganjil. Maka, jika  $Q$  genap, dengan *safety stock* :

$$S_{DDSS} = Q(W + 1.5c + 0.5r)[2L + 0.5(A + f)] (Q + 2s + 2) / 4(Q + s)z \quad (1.7)$$

dan, tanpa stok pengaman,

$$S_{DD} = (W + 1.5c + 0.5r)[2L + 0.5(A + f)](Q + 2)/4z \quad (1.8)$$

Jika  $Q$  ganjil, dengan *safety stock*,

$$S_{DDSS} = (Q + 1) (W + 1.5c + 0.5r) [2L + 0.5(A + f)](Q + 2s + 1)/4(Q + s)z \quad (1.9)$$

dan, tanpa stok pengaman,

$$S_{DD} = (W + 1.5c + 0.5r) [2L + 0.5(A + f)](Q + 1)^2/4Qz \quad (1.10)$$

#### **b. Single-Deep Pallet Storage Rack**

Untuk menentukan luas lantai rata-rata untuk pemasangan rak penyimpanan tunggal ( $S_{SD}$ ), maka kedalaman penyimpanan =  $L + 0.5(A + f)$ .

Lebar tapak sama dengan untuk rak penyimpanan dua kali lipat ( $W + 1.5c + 0.5r$ ).

Jika  $x_{SD} = 1$  dan  $v = Q$  maka jumlah rata-rata ruang lantai yang dibutuhkan untuk rak penyimpanan tunggal, dengan *safety stock* ( $S_{SDSS}$ ), adalah :

$$S_{SDSS} = Q(W + 1.5c + 0.5r)[L + 0.5(A + f)](Q + 2s + 1) / 2(Q + s)z \quad (1.11)$$

Tanpa adanya *safety stock*,

$$S_{SD} = (W + 1.5c + 0.5r)[L + 0.5(A + f)](Q + 1) / 2z \quad (1.12)$$

Dimana :

- $Q$  : Ukuran lot penyimpanan diukur dalam satuan muatan
- $S$  : Luas lantai
- $s$  : *safety stock*
- $L$  : Panjang unit beban
- $W$  : Lebar unit beban
- $A$  : Lebar lorong penyimpanan
- $r$  : Lebar tiang rak
- $c$  : Jarak antar palet atau jarak antara unit beban dengan tiang rak
- $f$  : Jarak antara rak
- $z$  : Tinggi penyimpanan