

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan pustaka yang mendukung pembahasan dan berguna dalam menganalisis serta mengolah data pada penelitian ini. Tinjauan pustaka penelitian ini berasal dari berbagai studi literatur.

### 2.2 Penelitian Terdahulu

Ada beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan perbaikan tata letak gudang fasilitas penyimpanan, yaitu:

1. Harjono (2010) dengan penelitian mengenai penyelesaian masalah mengenai pemanfaatan kapasitas gudang yang kurang maksimal pada gudang penyimpanan produk tepung 25 kg di gudang A dan gudang B pada PT ISM Bogasari Flour Mills Surabaya menyebabkan banyaknya produk-produk yang tidak tertampung dalam blok-blok penyimpanan sehingga produk-produk disimpan pada gang/ruas jalan. Kebijakan penyimpanan secara *randomized* pada kondisi *exsiting* juga menyebabkan besarnya biaya yang dikeluarkan untuk operasional *forklift* tiap harinya. Penerapan kebijakan *dedicated storage* dapat mengurangi biaya operasional *forklift* serta mengurangi jumlah produk yang diletakkan di luar blok .
2. Karonsih, Setyanto, dan Tantrika (2013) pada penelitiannya tentang perbaikan tata letak penempatan material di gudang material PT Filtrona Indonesia belum memperhatikan prinsip popularitas dalam penempatan material. Metode yang digunakan untuk perbaikan tata letak pada penelitian ini adalah *class based storage policy*. Hasil penelitian diperoleh material dengan pengelompokan dalam tiga kelas, alternatif *layout* terpilih, dan penurunan jarak perpindahan serta ongkos *material handling*.
3. Tippayawong, Sapodang, dan Patitad (2013) dengan penelitiannya mengenai masalah jumlah jenis produk ayam yang meningkat mengakibatkan pekerja kesulitan untuk mencari produk secara tepat pada gudang rumah potong ayam. Metode yang digunakan untuk memperbaikinya adalah dengan menggunakan *ABC-class based storage* dan pengalokasian produk dengan *linier programming*. Hasil penelitian diperoleh pengurangan jarak tempuh, peningkatan kinerja utilisasi ruang, dan peningkatan *service level*.

4. Aziz, Chori, dan Rahman (2014) pada penelitiannya mengenai perancangan tata letak, *racking system*, dan pengendalian produk yang sesuai untuk mengatasi permasalahan penyusutan berat produk pupuk akibat penataan gudang produk yang masih acak dan kesulitan dalam akses penataan dan pengambilan produk dalam gudang PT Tiara Kurnia Malang. Hasil penelitian diperoleh rancangan tata letak, usulan alat *material handling* sesuai, dan rancangan sistem pengendalian barang pada gudang.

Tabel 2.1 berikut merupakan tabel perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian ini:

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

	Harjono (2010)	Karonsih dkk (2013)	Tippayawong dkk (2013)	Aziz dkk (2014)	Penelitian ini
Objek Penelitian	Gudang penyimpanan produk jadi PT ISM Bogasari Flour Mills Surabaya	Gudang material PT Filtrona Indonesia	Rumah Potong Ayam	Gudang produk jadi PT Tiara Kurnia Malang	Gudang produk jadi PT Maya Food Industries
Metode	<i>Classed Based Storage, Dedicated Storage</i>	<i>Classed Based Storage</i>	<i>ABC-Class Based, Linier Programming</i>	Perancangan tata letak gudang, <i>Pallet Racking System</i> , Pengendalian barang gudang	<i>Racking System, Class Based Storage</i> , pengendalian barang gudang
Hasil Penelitian	Pengurangan jumlah produk yang diletakan di luar blok sebesar 9,74 % serta pengurangan biaya operasional <i>forklift</i> sebesar 57,28%.	Pengelompokan material dalam tiga kelas, alternatif <i>layout</i> terpilih, dan penurunan jarak perpindahan sebesar 52,94% serta <i>biaya material handling</i> sebesar 30,81 %.	Pengelompokan multi produk dengan menggunakan <i>ABC Class Based Storage</i> . Penurunan jarak tempuh sebesar 45% serta peningkatan utilisasi ruang sebesar 45%.	Rancangan tata letak menghasilkan akses area penyimpanan sebesar 100%, usulan transportasi terpilih adalah <i>reach truck</i> , kapasitas rak penyimpanan sebesar 12.320 sak, dan rancangan sistem pengendalian barang pada gudang.	Rancangan <i>layout</i> dan <i>racking system</i> gudang produk jadi, penurunan jarak perpindahan dan ongkos <i>material handling</i> , dan sistem pengendalian barang gudang

## 2.2 Gudang

Berikut ini akan dijabarkan mengenai definisi gudang, fungsi gudang, dan karakteristik gudang.

### 2.2.1 Definisi Gudang

Gudang merupakan tempat yang dibebani tugas untuk menyimpan barang yang akan dipergunakan dalam produksi sampai barang yang diminta sesuai dengan jadwal produksi. Menurut Purnomo (2004:280), gudang adalah tempat menyimpan barang baik bahan baku yang akan dilakukan proses manufaktur, maupun barang jadi yang siap dipasarkan.

### 2.2.2 Fungsi Gudang

Gudang sebagai tempat penyimpanan produk untuk memenuhi permintaan pelanggan secara cepat mempunyai beberapa fungsi. Fungsi-fungsi pokok gudang diantaranya adalah sebagai berikut (Purnomo, 2004:284):

1. *Receiving*, yaitu melakukan permintaan bahan dari pemasok/supplier.
2. *Prepacking* setiap bahan yang diterima setelah dilakukan aktivitas administrasi kemudian dilakukan pengepakan.
3. *Putaway*, material yang sudah dilakukan pengepakan ditempatkan ada tempat penyimpanan sebelum dilakukan proses selanjutnya.
4. *Storage*, merupakan proses penahanan barang.
5. *Order picking*, merupakan proses pemindahan atau pengambilan komponen dari tempat penyimpanan, memilih dan mengetahui sejauh mana barang sesuai dengan permintaan.
6. Pengepakan dan atau pemberian harga. Proses ini dilakukan setelah proses pengambilan barang dari tempat penyimpanan.
7. *Sortation*, merupakan proses penyortiran barang yang tidak sesuai dengan spesifikasi.
8. Proses pemuatan dan pengiriman barang.

### 2.2.3 Karakteristik Gudang

Menurut Hadiguna dan Setiawan (2008:155), jenis gudang ditinjau dari karakteristik material yang disimpan dibedakan menjadi:

1. Penyimpanan Bahan Baku

Gudang bahan baku merupakan tempat untuk menyimpan material yang digunakan untuk proses produksi.

## 2. Penyimpanan Barang Setengah Jadi

Dalam industri manufaktur, terkadang benda kerja harus melalui beberapa macam operasi dalam pengerjaannya. Prosedur demikian sering pula harus terhenti karena dari satu operasi ke operasi berikutnya waktu pengerjaannya yang membutuhkan besar yang tidak sama. Akibatnya, barang atau material harus menunggu sampai mesin atau operator siap mengerjakan. Gudang barang setengah jadi merupakan tempat untuk menyimpan barang yang harus menunggu untuk dilakukan operasi selanjutnya.

## 3. Penyimpanan Produk Jadi

Gudang produk jadi adalah gudang untuk menyimpan produk-produk yang telah selesai dikerjakan dan menunggu untuk dikirimkan ke pelanggan.

### 2.3 Tata Letak Penyimpanan

Berikut ini akan dijelaskan mengenai konsep tata letak penyimpanan, metode perancangan *layout* gudang, pembangkitan alternatif *layout* gudang, prinsip merancang *layout* gudang, serta kebijakan penyimpanan pada gudang.

#### 2.3.1 Konsep Tata Letak Penyimpanan

Tata letak penyimpanan merupakan bagian dari sistem manajemen pergudangan. Tata letak yang baik akan membuat sistem pergudangan berjalan dengan efisien. Menurut Hadiguna dan Setiawan (2008:167), tujuan diadakannya perencanaan tata letak gudang penyimpanan antara lain:

1. Utilitas luas lantai secara efektif
2. Menyediakan pemindahan bahan yang efisien
3. Meminimalisasi biaya penyimpanan saat menyediakan tingkat pelayanan
4. Mencapai fleksibilitas maksimum
5. Menyediakan *housekeeping* yang baik

Untuk mencapai tujuan-tujuan yang telah disebutkan di atas, perencanaan harus memadukan beberapa prinsip mengenai gudang. Prinsip yang berhubungan tersebut adalah (Tompkins dan Smith, 1990:111):

#### 1. *Popularity*

*Popularity* adalah prinsip meletakkan item yang memiliki *accessibility* terbesar di dekat titik I/O (titik *input-output*) tertentu. *Popularity* menggunakan suatu rasio R/S atau S/R

dengan S adalah *Shipping* dan R adalah *Receiving*. Apabila rasio R/S suatu item terbesar, maka item dapat didekatkan dengan titik I/O dan sebaliknya.

2. *Similarity*

*Similarity* merupakan prinsip meletakkan item yang memiliki kemiripan, yaitu item yang diterima dan dikirim bersama harus disimpan bersama-sama pula.

3. *Size*

*Size* yaitu prinsip menyimpan barang berdasarkan kesamaan ukuran. Prinsip ini menyarankan untuk barang yang lebih berat, besar, dan susah untuk ditangani harus diletakkan dekat dengan titik I/O.

4. *Characteristic*

Karakteristik material yang disimpan seringkali berlawanan penyimpanan dan penanganan dengan metode *similarity*, *popularity*, dan ukuran. Beberapa karakteristik material di antaranya material mudah rusak, bentuk unik, item mudah hancur, material berbahaya, keamanan material, dan *compability*.

5. *Space Utilitation*

Perencanaan penyimpanan meliputi pula menentukan kebutuhan luas lantai untuk penyimpanan barang. Walaupun demikian, saat mempertimbangkan prinsip-prinsip *popularity*, *similarity*, *size*, dan *characteristic*, tata letak harus dibangun sedemikian rupa sehingga dapat memaksimalkan utilitas luas lantai dan tingkat pelayanan yang disediakan.

Utilitas atau pemanfaatan ruang dalam gudang digunakan untuk mengetahui seberapa banyak luas ruangan di dalam gudang dipakai sebagai tempat penyimpanan barang. Untuk menghitung utilitas gudang, digunakan rumus:

$$\text{Utilitas gudang} = \frac{\text{Luas yang digunakan}}{\text{Luas total gudang}} \quad (2-1)$$

Sumber: Mardiono (1990:279)

Sedangkan untuk perhitungan nilai perbandingan gang (*aisle*) atau indeks gang dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Nilai perbandingan gang} = \frac{\text{Luas total gang}}{\text{Luas ruang}} \quad (2-2)$$

Sumber: Mulyati (2011:4)

Menurut Mulcahy (1994:3.20) prinsip gudang dapat dibagi berdasarkan rotasi produk, yang terdiri dari:

1. Rotasi Produk FIFO (*First In First Out*)

Dalam rotasi produk FIFO, barang yang diterima pertama di gudang adalah yang akan dikirim pertama keluar gudang. Ini mengindikasikan bahwa produk tersebut memiliki batas waktu.

2. Rotasi Produk LIFO (*Last In First Out*)

Dalam rotasi produk LIFO, barang yang terakhir diterima di gudang adalah barang yang keluar pertama dari gudang. Jenis produk yang menggunakan prinsip ini tidak mempunyai batas waktu.

### 2.3.2 Metode Perancangan *Layout* Gudang

Perancangan *layout* gudang alternatif dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur berikut (Tompinks dan Smith, 1990:108):

1. Membangkitkan alternatif *layout* gudang
2. Mengevaluasi tiap alternatif terhadap kriteria tertentu untuk mengidentifikasi *layout* terbaik.

#### 2.3.2.1 Pembangkitan Alternatif *Layout* Gudang

Menurut Tompinks dan Smith (1990:109), metode perancangan *layout* gudang terdiri dari beberapa langkah, yaitu:

1. Mengidentifikasi lokasi objek tetap di gudang  
Beberapa objek di gudang dapat diletakkan hanya pada tempat tertentu dan dengan pengaturan tertentu. Objek ini harus diidentifikasi dan ditempatkan di alternatif *layout* terlebih dahulu, sebelum objek lain yang lebih fleksibel ditempatkan.
2. Menentukan lokasi penerimaan dan pengiriman barang  
Penentuan lokasi penerimaan dan pengiriman barang menjadi salah satu hal yang penting. Penerimaan dan pengiriman adalah area dengan tingkat aktivitas tinggi dan harus ditempatkan sehingga dapat memaksimalkan produktivitas, meningkatkan aliran material.
3. Menetapkan sistem penyimpanan, perlengkapan dan *aisle* yang dibutuhkan  
Menetapkan sistem penyimpanan dan peralatan yang akan digunakan akan banyak mempengaruhi pengaturan dari *layout* penyimpanan dan *aisle* yang dibutuhkan.
4. Menempatkan barang yang akan disimpan di lokasi penyimpanan

Langkah berikutnya dalam pembangkitan *layout* alternatif memastikan bahwa *allowance* penyimpanan telah sesuai dengan keseluruhan item yang akan disimpan.

5. Mengulang langkah satu sampai empat untuk pembangkitan alternatif selanjutnya  
Pengulangan proses pembangkitan *layout* alternatif agar didapatkan tambahan alternatif *layout* jika dibutuhkan.

### 2.3.2.2 Prinsip Merancang *Layout* Gudang

Purnomo (2004:283) menyebutkan bahwa terdapat beberapa prinsip yang harus diperhatikan dalam merancang *layout* untuk arus gudang, yaitu:

1. Barang yang bersifat *fast moving*, sebaiknya diletakkan dekat dengan pintu keluar.
2. Barang yang bersifat *slow moving*, sebaiknya diletakkan jauh dengan pintu keluar atau dekat dengan pintu masuk.
3. Jalan masuk dan keluar diatur agar memudahkan keluar masuknya barang.
4. Bila kegiatan di dalam gudang sangat tinggi, sebaiknya pintu masuk dan keluar dipisahkan.
5. Sebaiknya lorong yang dilalui barang tidak berkelok-kelok.

Adapun beberapa alternatif untuk menggambarkan aliran penempatan barang di dalam gudang. Warman (1990:70), menggambarkan tiga alternatif. Sistem aliran tersebut tampak pada Gambar 2.1:

1. Arus Garis Lurus Sederhana

Arus garis lurus sederhana digambarkan dengan aliran secara lurus untuk penyimpanan dan pengambilan barang. Pada sistem ini, pintu masuk dan keluar barang diletakkan secara terpisah.

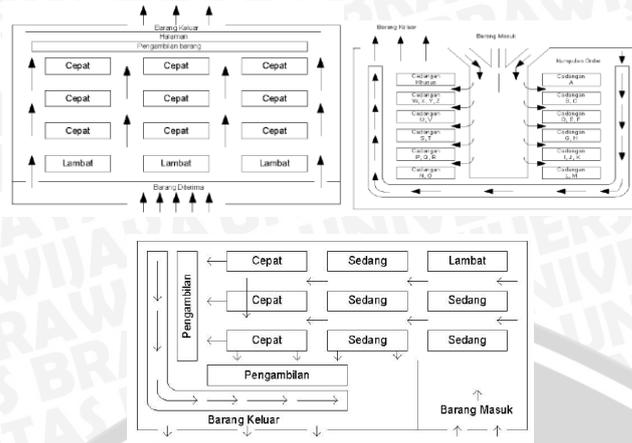
2. Sistem Arus 'U'

Sistem arus 'U' yaitu alur pengambilan dan penyimpanan barang membentuk huruf 'U'. Pintu masuk maupun keluar barang diletakkan menjadi satu maupun terpisah.

3. Sistem Arus 'L'

Sistem arus 'L' yaitu alur penyimpanan dan pengambilan barang membentuk huruf 'L'.

Ketiga alternatif alur penyimpanan dan pengambilan barang tersebut dapat digambarkan seperti Gambar 2.1:



Gambar 2.1 Jenis alur pengambilan dan penyimpanan  
Sumber: Warman (1990:71)

### 2.3.3 Kebijakan Penyimpanan Barang

Penyimpanan barang atau produk dalam suatu gudang diatur dan ditata sesuai dengan kebijakan perusahaan yang telah ditentukan. Pengaturan dan tata letak suatu gudang dapat dilihat dalam beberapa bentuk kebijakan penyimpanan, di mana metode terbaik yang akan diambil tergantung pada karakteristik item. Menurut Heragu (2008:445), beberapa kebijakan penyimpanan barang di gudang antara lain:

#### 1. *Dedicated Storage*

Kebijakan *dedicated storage* menyimpan produk berdasarkan tipenya, sehingga memudahkan pencarian. Kekurangan dari kebijakan ini adalah utilisasi ruang rendah karena lokasi produk tidak dapat diubah-ubah atau digunakan oleh produk yang lain walaupun lokasi tersebut kosong.

#### 2. *Randomized*

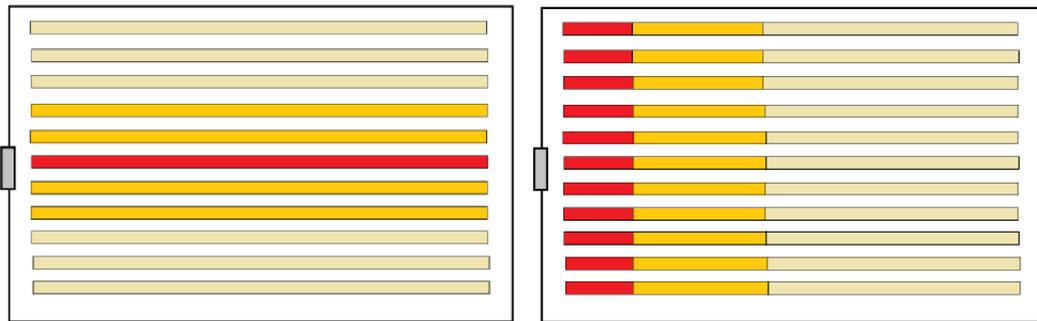
Kebijakan *randomized* merupakan kebalikan dari kebijakan *dedicated*. Kebijakan ini tidak mewajibkan lokasi yang tetap untuk suatu produk. Produk yang datang diletakkan disembarang tempat yang terdekat dengan pintu masuk atau pintu keluar. Kekurangannya adalah jika jumlah produk yang dialokasikan banyak dan bermacam-macam jenisnya, maka waktu pencarian dan pengambilan produk menjadi lama.

#### 3. *Class Based Storage*

Kebijakan *class based storage* merupakan kebijakan yang didasarkan pada penelitian diagram Pareto bahwa negara yang memiliki populasi dengan persentase terkecil merupakan jutawan. Dalam gudang, 80 % dari kegiatan penerimaan dan pengeluaran yang ditimbulkan oleh 20% dari jumlah produk akan dimasukkan dalam kelas A, untuk

kelas B yaitu 15 % dari kegiatan penerimaan dan pengeluaran yang ditimbulkan oleh 30 % dari jumlah produk, serta kelas C yaitu 5 % dari kegiatan penerimaan dan pengeluaran dari 50 % dari jumlah produk. Kelas A diletakkan di dekat pintu masuk-keluar untuk menghemat waktu penyimpanan, kelas B diletakkan sesudah kelas A, dan seterusnya.

Beberapa kemungkinan untuk memposisikan kelas A, B, dan C dalam *low-level picker-to-part-system* yaitu tipe *aisle*. Terdapat dua tipe *aisle* yang umumnya digunakan dalam mengimplementasikan *class-based dedicated storage* yaitu *within-aisle storage* dan *across-aisle storage* yang bisa dilihat pada gambar Gambar 2.2.:



Gambar 2.2 *Within-aisle storage* dan *a cross-aisle storage*  
Sumber: (De Koster et al, 2007:490)

#### 4. *Shared Storage*

Kebijakan tersebut ada di antara *random storage* dan *dedicated storage*. Seperti pada pengoperasian *random storage policy*, ruang penyimpanan yang sama menjaga item yang berbeda dari waktu ke waktu, bagaimanapun alokasi item ke ruang penyimpanan tidaklah acak tetapi dikontrol secara hati-hati. Item yang bergerak cepat disimpan didalam ruangan yang semakin dekat dengan titik I/O. Item yang bergerak lambat disimpan dalam ruang yang lebih jauh dengan titik I/O, sebab item tidak mungkin diisi ulang dengan segera tetapi dengan level konstan. Waktunya yang dihabiskan dalam inventori bisa bervariasi dari jumlah walaupun untuk produk yang sama. Karena item yang berbeda bisa mencapai tingkat persediaan maksimum pada waktu yang berbeda, alokasi item yang sesuai untuk penempatan penyimpanan yang didasarkan pada *shared storage policy* dapat meningkatkan sistem *throughput* dan meningkatkan utilitas ruang.

#### 5. *Cube-per-Order-Index (COI)*

Kebijakan *Cube-per-Order-Index (COI)* ini didefinisikan sebagai rasio dari kebutuhan penyimpanan barang dengan jumlah transaksi S/R barang tersebut. Menurut kebijakan ini seorang manajer gudang mengurutkan barang dengan urutan naik berdasarkan nilai

COI barang tersebut. Alokasi barang pertama dalam daftar sesuai dengan kebutuhan ruang penyimpanan pada tempat terdekat dari titik *input/output*, alokasikan barang kedua dalam daftar pada ruang penyimpanan yang terdekat berikutnya dari titik I/O dan seterusnya, hingga seluruh item teralokasi. Oleh karena itu kebijakan COI menempatkan barang yang mempunyai jumlah permintaan S/R besar dan membutuhkan ruang penyimpanan kecil di dekat titik I/O.

## 2.4 Sistem Gudang

Berikut ini akan diuraikan mengenai *ground store*, *statical racking system*, dan dimensi-dimensi yang terkait dalam perancangan *racking system*.

### 2.4.1 *Ground Store*

Barang disimpan atau ditumpuk langsung di atas lantai. Ketinggian tumpukan bergantung pada karakteristik dari produk atau pada penggunaan alat bantu pemuatan, alat pemindahan, dan konstruksi *layout* gudang. Menurut Mulcahy (1994:4.71) terdapat dua tipe penyimpanan pada *ground store*, yaitu:

#### 1. *Ground Block Storage*

Barang disusun rapi menjadi sebuah blok. Utilitas penggunaan ruang dapat optimal menggunakan cara ini, tetapi hanya barang pada baris pertama yang bisa diakses. Oleh karena itu, cara ini hanya bisa digunakan pada gudang yang menerapkan metode LIFO.

#### 2. *Ground Line Storage*

Untuk memberikan akses yang lebih baik pada masing-masing barang yang disimpan, maka *ground block storage* diberi gang-gang untuk memudahkan akses barang. Sehingga utilitas penggunaan ruang yang ada digunakan dapat meningkatkan akses barang yang disimpan.

### 2.4.2 *Statical Racking System*

Rak adalah cara yang sering digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan ruang dan ketinggian dari ruang. Barang yang disimpan di *line rack* bisa diakses dari semua sisi sementara *block rack* memungkinkan untuk penyimpanan yang lebih kompleks dan pemanfaatan tinggi ruang sejalan dengan *throughput* yang tinggi. Menurut Tompkins (1990:237), terdapat beberapa jenis *statical racking system* antara lain:

### 1. *Pallet Rack*

*Pallet rack* adalah model penyimpanan *pallet* paling umum digunakan dan didesain untuk penggunaan alat bantu penyimpanan standar dengan kedalaman rak yang hanya memuat satu kedalaman saja atau barang tidak tertutupi oleh barang yang ada pada dalam rak.

### 2. *Container Rack*

Bila barang yang akan disimpan berukuran kecil dengan menggunakan *standard pallet* seringkali terjadi pemborosan ruang. Sehingga timbul *container rack* yang digunakan sebagai solusi penyimpanan barang berukuran kecil dengan ukuran *container* yang sesuai.

### 3. *Drive in/drive-through Pallet Rack*

Pada *drive-in rack*, barang yang akan disimpan dan diambil hanya melalui satu sisi saja, sehingga memungkinkan penggunaan metode LIFO. Sedangkan pada *drive-through rack*, pengambilan dan penyimpanan barang dapat dilakukan melalui sisi yang berbeda, sehingga memungkinkan penerapan FIFO. Tipe ini memungkinkan penyimpanan barang dengan kepadatan tinggi. Barang yang disimpan di rak tidak bisa diambil melalui sisi samping rak.

### 4. *Cantilever Rack*

Rak ini digunakan untuk menyimpan barang dengan ukuran panjang, seperti pipa. *Cantilever rack* memiliki tiang penyangga yang berada di tengah untuk mendukung lengan penahan beban.

### 5. *High Bay Racking*

*High bay racking* adalah sistem pada tempat penyimpanan yang memiliki tinggi rak lebih dari 12 meter ke atas.

### 6. *Push-back Racking*

Merupakan *racking system* yang memperbolehkan *pallet* didorong oleh *pallet* yang ada di belakangnya. Dibutuhkan *pallet* yang memiliki roda dan sistem ini cocok untuk metode LIFO.

## 2.4.3 *Pallet Racking System*

Menurut Tompkins (1990:283), *pallet rack* adalah tipe paling umum dari sistem penyimpanan dengan rak. Struktur baja pada tipe ini didesain untuk menyediakan penyimpanan maksimum barang pada gudang. *Pallet rack* menyediakan kemudahan akses untuk mengambil barang dalam jumlah yang besar maupun kecil sesuai keinginan.

Dalam mendesain rak penyimpanan, perlu mengetahui dimensi rak untuk memastikan bahwa desain rak penyimpanan yang diinginkan sesuai dengan bangunan yang ada. Dapat dilihat dimensi panjang *centerline to centerline* pada Gambar 2.3 dan terdapat tiga dimensi rak yaitu:

#### 1. *Rack Depth*

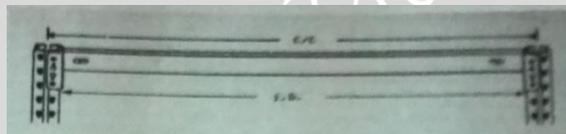
Dimensi kedalaman rak atau lebar rak adalah dimensi yang menahan *pallet* penyimpanan. *Rack depth* ditentukan oleh *pallet* yang akan disimpan dan alat bantu penyimpanan yang digunakan.

#### 2. *Rack Height*

Dimensi ketinggian rak adalah tinggi dari tiang penyangga rak itu sendiri. Ketinggian ini ditentukan oleh tinggi barang yang akan disimpan dan kelonggaran ketinggian. Pada rak standar, ketinggian rak penyangga diperpanjang 2 hingga 3 inchi pada puncak barang yang disimpan sampai *load beam* di atasnya.

#### 3. *Rack Length*

Panjang rak memiliki dua dimensi penting, yaitu dimensi internal. Dimensi internal atau panjang *load beam* dan *centerline to centerline* panjang bukaan rak. Dimensi panjang *load beam* adalah panjang rak yang mencakup kombinasi lebar dari *pallet* penyimpanan dan *clearance* yang dibutuhkan. Dimensi *centerline to centerline* adalah panjang rak yang merupakan kombinasi dari panjang *load beam* dan panjang tiang penyangga. Saat menghitung panjang pada gang pada gudang menggunakan dimensi *centerline to centerline* ditambah dengan panjang salah satu tiang penyangga. Dimensi *centerline to centerline* adalah panjang rak yang merupakan kombinasi dari panjang *load beam* dan panjang tiang penyangga.



Gambar 2.3 Dimensi internal dan dimensi *centerline to centerline*  
Sumber: Mulcahy (1994:4.78)

#### 2.4.3.1 *Overhead Clearances*

*Overhead clearances* adalah jarak toleransi yang ditambahkan sebagai jarak tambahan dari atap gudang. *Overhead clearances* di gudang dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu:

##### 1. Produk

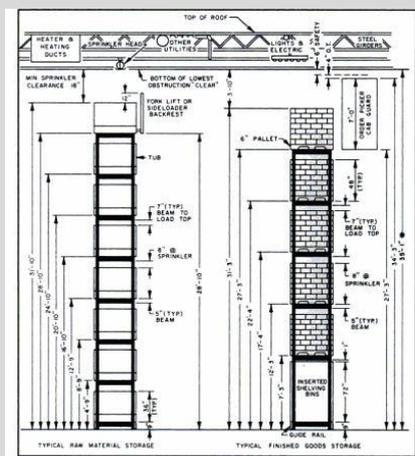
Penetapan ketinggian penyimpanan harus berdasarkan pada kemampuan produk menahan beban. Sebagai contoh, dengan *pallet* yang diisi drum besi bisa ditumpuk hingga 6 hingga 8 *pallet*. Sebaliknya, produk bahan makanan di botol plastik jarang ditumpuk lebih dari 4 *pallet* tanpa terjadi kerusakan pada bagian bawah tumpukan dan dapat menyebabkan runtuhnya tumpukan.

## 2. Alat Penyimpanan

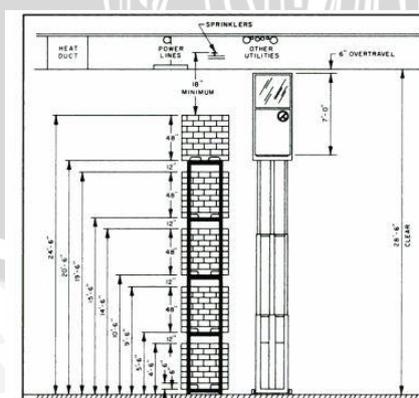
Selain sistem penyimpanan menentukan peralatan penyimpanan yang akan dipakai. Pilihan *pallet*, rak, dan alat penyimpanan menambahkan pertimbangan baru dalam perhitungan tinggi bangunan.

## 3. Clear Height

Dalam desain gudang, ketinggian bersih adalah dimensi dari lantai hingga peralatan paling bawah yang menggantung di atap gudang.



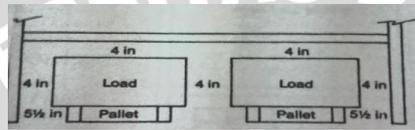
Gambar 2.4 Contoh kebutuhan perhitungan tinggi di gudang  
Sumber: Tompkins dan Smith (1990:300)



Gambar 2.5 Contoh tinggi clear height  
Sumber: Tompkins dan Smith (1990:300)

### 2.4.3.2 Pallet Rack Allowance Requirement

*Pallet rack* terdiri dari penyangga tegak lurus (*upright frame*) dan sepasang penyangga (*load beam*). Normalnya, dua *pallet* diletakkan berdampingan di atas *load beams*. Ketika penyimpanan dan pengambilan dipindahkan dengan *forklift*, harus diberikan kelonggaran sebesar 4 inci antara tiang penyangga tegak lurus dengan muatan dan 4 inci di antara muatan. Sedangkan untuk kelonggaran operasi dari atas muatan hingga papan rak di atasnya diberikan 4 inci. Penambahan 4 inci di antara muatan dan tiang penyangga tegak lurus dan 4 inci antara muatan dengan *rack* di atasnya merupakan hal penting sebagai kelonggaran operasi. Kelonggaran dasar ini menyediakan operator *forklift* untuk kemudahan manuver dan menghindari agar tidak tersangkut.



Gambar 2.6 *Pallet rack allowance*  
Sumber: Tompkins dan Smith (1990:239)

Ketinggian keseluruhan dari rak harus kompatibel dengan ketinggian maksimum yang dicapai oleh peralatan penyimpanan. Tingkat rak paling atas harus 6 inci lebih pendek dari ketinggian maksimal yang bisa dicapai *forklift* atau truk.

### 2.4.3.3 Rack Bay

*Rack bay* adalah jarak antar tiang penyangga rak (Tompkins dan Smith, 1990:304). Dalam satu *rackbay* bisa terdapat satu atau lebih tingkat ketinggian. Sebagai contoh, jika akan merancang rak yang terdiri dari satu baris, 20 *bays*, dan 3 tingkat (*shelves per bay*) maka akan memisahkan 21 tiang penyangga dan 60 pasang papan penyangga (*load beams*) untuk rak tersebut. Untuk menghitung jumlah *bay* yang dibutuhkan dan lebar penyangga rak maka perlu memperhatikan ukuran dimensi *pallet*, dimensi produk, berat produk, dan karakteristik peralatan penyimpanan. *Allowance* operasi juga perlu diperhatikan pada ketinggian muatan dan lebar papan penyangga.

Untuk penggunaan *pallet* standar, lebar rak lebih pendek dari 6 inci dari lebar *pallet* yang digunakan, yang terdiri dari 3 inci dari depan dan 3 inci dari belakang. Perbedaan lebar ini diberikan agar operator truk dapat dengan cepat dan aman dalam menaruh *pallet* di rak. Penentuan jumlah tingkat pada rak yang dapat digunakan dalam satu *bay* ditentukan oleh ketinggian alat penyimpanan dan batas ketinggian operasi yang diperbolehkan dalam gudang. Jumlah tingkat dan beban muatan menentukan apakah dibutuhkan struktur

pendukung pada tiang penyangga rak. Rasio dari keseluruhan tinggi hingga atas muatan pada rak dibandingkan lebar rak tidak boleh lebih dari 6:1 tanpa adanya penyangga ke struktur bangunan untuk menjaga stabilitas dan keamanan dari rak.

## 2.5 Titik Berat Benda Homogen Dua Dimensi

Untuk menentukan titik pusat pada suatu bentuk benda, dilakukan dengan mencari titik berat dari bentuk benda tersebut. Benda berbentuk luasan (dua dimensi) adalah benda yang tebalnya dapat diabaikan sehingga berat benda tersebut sebanding dengan luasnya. Titik berat gabungan benda homogen berbentuk luasan dapat ditentukan dengan Persamaan (2-3) dan (2-4).

Pada sumbu X:

$$x_0 = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2}{A_1 + A_2} \quad (2-3)$$

Sumber: Lasmi (2008:30)

Pada sumbu Y:

$$y_0 = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A_1 + A_2} \quad (2-4)$$

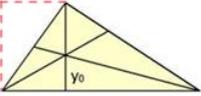
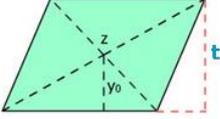
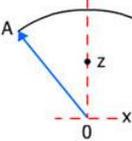
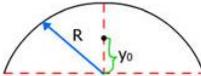
Sumber: Lasmi (2008:30)

Dengan:

- $x_0$  = Titik berat gabungan pada sumbu x
- $y_0$  = Titik berat gabungan pada sumbu y
- $A_1$  = Luas bidang 1
- $A_2$  = Luas bidang 2
- $x_1$  = absis titik berat benda 1
- $x_2$  = absis titik berat benda 2
- $y_1$  = ordinat titik berat benda 1
- $y_2$  = ordinat titik berat benda 2

Titik berat benda homogen berbentuk luasan yang bentuknya teratur terletak pada sumbu simetrinya. Untuk bidang segi empat, titik berat diperpotongan diagonalnya, dan untuk lingkaran terletak di pusat lingkaran. Titik berat benda homogen dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Titik Berat Benda Homogen Dua Dimensi

Nama benda	Gambar benda	Letak titik berat	Keterangan
1. Bidang segitiga		$y_0 = \frac{1}{3} t$	t = tinggi segitiga
2. Jajaran Genjang		$y_0 = \frac{1}{2} t$	t = tinggi
3. Bidang juring lingkaran		$y_0 = \frac{2}{3} R \frac{\text{talibusur AB}}{\text{busur AB}}$	R = jari-jari lingkaran
4. Bidang setengah lingkaran		$y_0 = \frac{4R}{3\pi}$	

Sumber: Lasmi (2008:31)

## 2.6 Metode Pengukuran Jarak

Perhitungan jarak perpindahan bahan ditentukan oleh frekuensi perpindahan antar fasilitas dan jarak antar fasilitas. Jarak antar fasilitas ditentukan oleh ukuran fasilitas dan teknik pengukuran jarak yang digunakan. Ada beberapa teknik pengukuran yang digunakan untuk memperkirakan jarak dalam tata letak, yaitu:

1. *Euclidean*, yaitu mengukur secara garis lurus jarak antara pusat fasilitas-fasilitas. Untuk menentukan jarak *Euclidean* fasilitas satu dengan fasilitas lainnya menggunakan formula sebagai berikut:

$$d_{ij} = [(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2]^{0,5} \quad (2-5)$$

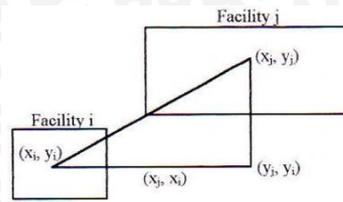
Sumber: Heragu (2008:47)

Dimana:  $x_i$  = koordinat x pada pusat fasilitas  $i$   
 $y_i$  = koordinat y pada pusat fasilitas  $i$   
 $x_j$  = koordinat x pada pusat fasilitas  $j$   
 $y_j$  = koordinat y pada pusat fasilitas  $j$   
 $d_{ij}$  = jarak antar pusat fasilitas  $i$  dan  $j$  (meter)

2. *Rectilinear* yang dikenal dengan jarak Manhattan, merupakan jarak yang diukur mengikuti jalur tegak lurus. Pada Gambar 2.8 dapat dilihat untuk jarak *rectilinear* diwakili oleh garis horizontal dan vertikal antar pusat departemen  $i$  dan  $j$ . Dalam pengukuran jarak *rectilinear* digunakan notasi sebagai berikut:

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \quad (2-6)$$

Sumber: Heragu (2008:48)



Gambar 2.7 Jarak *rectilinear*  
Sumber: Heragu (2008:48)

3. *Tchebychev* merupakan ukuran jarak terbesar dua nilai. Bila asumsinya adalah komponen horizontal dua pusat fasilitas lebih besar dari komponen vertikal, maka garis horizontal merupakan matriks jarak *Tchebychev*. Adapun matriks jarak *Tchebychev* sebagai berikut

$$d_{ij} = \max([x_i - x_j], [y_i - y_j], [z_i - z_j]) \quad (2-7)$$

Sumber: Heragu (2008:48)

4. *Adjacency* adalah ukuran kedekatan antara fasilitas-fasilitas atau departemen-departemen yang terdapat dalam suatu perusahaan. Kelemahan ukuran jarak *adjacency* adalah tidak dapat member perbedaan secara riil jika terdapat dua pasang fasilitas di mana satu dengan lainnya tidak berdekatan.
5. *Squared Euclidean*, yaitu ukuran jarak dengan mengkuadratkan bobot terbesar suatu jarak antara dua fasilitas yang berdekatan. Formulasi yang digunakan yaitu:

$$d_{ij} = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \quad (2-8)$$

Sumber: Heragu (2008:47)

6. Metode *Aisle Distance*, yaitu jarak yang diukur melalui *aisle* yang dilakukan dengan peralatan *material handling*.

## 2.7 Pemindahan Barang

Terdapat bermacam-macam aktivitas dalam gudang, salah satunya adalah pemindahan bahan. Berikut ini akan dijelaskan definisi pemindahan barang, tujuan pemindahan barang, dan prinsip pemindahan barang.

### 2.7.1 Definisi Pemindahan Barang

Kegiatan pemindahan bahan menyerap sekitar 25% dari seluruh tenaga kerja, menggunakan ruangan sekitar 55% dari seluruh ruangan dan diperkirakan menggunakan biaya sekitar 15-70% dari total biaya pada suatu pabrik (Purnomo, 2004:240). Pemindahan material atau bahan memiliki arti penanganan material yang sesuai dalam kondisi yang baik pada tempat yang cocok, pada waktu yang tepat dalam posisi yang benar, dalam urutan yang

sesuai, maka sistem pemindahan material atau bahan ini akan terjamin bebas dari kerusakan dan aman. Sedangkan menurut Wignosoebroto (2009:212), pemindahan bahan atau material (*material handling*) adalah suatu aktivitas yang penting dalam kegiatan produksi dan memiliki kaitan erat dengan perencanaan fasilitas.

### 2.7.2 Prinsip Dasar Perencanaan Pemindahan Bahan

Ada beberapa aturan-aturan dasar yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan perpindahan bahan atau material. Aturan-aturan perencanaan pemindahan bahan (Wignosoebroto,200:214):

1. Memindahkan aktivitas pemindahan bahan.
2. Pemindahan bahan harus direncanakan secara teliti.
3. Pemilihan seksama terhadap peralatan pemindahan bahan yang dibutuhkan.
4. Penggunaan peralatan pemindahan bahan harus seefektif dan seefisien mungkin.
5. Mengkombinasikan aktivitas-aktivitas pemindahan bahan dan meminimalkan sejauh jarak tempuh bila dimungkinkan.

### 2.8 Depresiasi

Depresiasi menurut Pujawan (2009:188) adalah penurunan nilai suatu properti atau aset karena waktu dan pemakaian. Depresiasi pada suatu properti atau aset biasanya disebabkan karena satu atau lebih faktor-faktor berikut:

1. Kerusakan fisik akibat pemakaian dari alat atau properti tersebut.
2. Kebutuhan produksi atau jasa yang lebih baru dan lebih besar.
3. Penurunan kebutuhan produksi atau jasa.
4. Properti atau aset tersebut menjadi usang karena adanya perkembangan teknologi.
5. Penemuan fasilitas-fasilitas yang bisa menghasilkan produk yang lebih baik dengan ongkos yang lebih rendah dan tingkat keselamatan yang memadai.

Banyak metode yang dapat digunakan untuk menentukan beban depresiasi tahunan dari suatu aset, diantaranya adalah metode Garis Lurus (*Straight Line* atau SL), Jumlah Digit Tahun (SOYD), Keseimbangan Menurun (DB), Depresiasi *Sinking Fund* (SF), dan Depresiasi Unit Produksi (UP). Metode yang paling mudah dan paling sering digunakan untuk menghitung penyusutan adalah metode penyusutan garis lurus. Metode depresiasi garis lurus didasarkan atas asumsi bahwa berkurangnya nilai suatu aset secara linier

(proporsional) terhadap waktu atau umur dari aset tersebut. Rumus perhitungan depresiasi dengan menggunakan metode garis lurus dapat dilihat pada Persamaan (2-9).

$$D_t = \frac{P-S}{N} \quad (2-10)$$

Di mana:

$D_t$  = besarnya depresiasi pada tahun ke-t

P = ongkos awal dari aset yang bersangkutan

S = nilai sisa aset tersebut

N = umur aset

## 2.9 Ongkos Material Handling

Ongkos *material handling* adalah biaya yang timbul akibat adanya aktivitas material dari satu fasilitas ke fasilitas lain yang besarnya ditentukan pada satuan tertentu. Biasanya, satuan ongkos *material handling* adalah rupiah/meter gerakan (Purnomo, 2004:263). Faktor-faktor yang mempengaruhi perhitungan ongkos *material handling* sendiri antara lain alat angkut yang digunakan, jarak pengangkutan, dan cara pengangkutan.

Untuk menghitung biaya *material handling* digunakan rumus:

Ongkos *Material Handling* (z) = Biaya Mesin + Biaya Operator

Biaya Mesin = Biaya Perawatan + Biaya Bahan Bakar + Depresiasi

Setelah diketahui alat angkut serta jarak untuk setiap pengangkutan, maka ongkos *material handling* dapat dicari, dimana:

$$z = \sum_i \sum_j f_{ij} c_{ij} d_{ij} \quad (2-10)$$

Sehingga, biaya *material handling* tiap satuan jaraknya adalah:

$$c_{ij} = \frac{z}{\sum_i \sum_j f_{ij} d_{ij}} \quad (2-11)$$

Sumber: Purnomo (2004:263)

Dimana :  $f_{ij}$  = frekuensi perpindahan antara stasiun  $i$  dan  $j$

$c_{ij}$  = biaya *material handling* per satuan jarak (rupiah)

$d_{ij}$  = jarak antar stasiun  $i$  dan  $j$  (meter)

## 2.10 Warehouse Control System

Pengendalian gudang sering disebut sebagai pengendalian barang. Sistem pengendalian barang dapat didefinisikan sebagai sistem pengendalian yang melacak barang yang mengalir di gudang dan melacak lokasi material (Tompinks dan Smith, 1990:581). Sistem pengendalian barang harus cukup canggih untuk bisa memenuhi pengendalian yang diinginkan tetapi cukup mudah dilakukan oleh orang yang terlibat.

Ada banyak indikasi terkait kurangnya pengendalian sebagai berikut:

1. Rasio lokasi barang yang tidak terisi dengan total keseluruhan lokasi yang dialokasikan untuk penyimpanan barang yang tinggi.
2. Kesalahan penempatan barang di gudang.
3. Pengembalian barang oleh pelanggan disebabkan oleh kerusakan pengiriman atau kesalahan jenis barang yang dikirim.
4. Ketidakkuratan mengenai jumlah dan lokasi barang di gudang.

Beberapa elemen penting untuk pengendalian barang yang baik antara lain:

1. Melacak barang di semua lokasi di gudang.
2. Pengendalian barang sedini mungkin ketika baru dikirim.
3. Melacak barang yang mengalir dari penerimaan ke penyimpanan, dari penyimpanan ke pengiriman.
4. Merekap pergerakan barang secara tepat waktu.
5. Merekap ketidaksesuaian secara tepat waktu.

Pengendalian barang pada aktivitas-aktivitas di gudang dapat dijabarkan sebagai berikut:

#### 1. Penerimaan Barang

##### a. Mengidentifikasi Penerimaan

Petugas bagian penerimaan merekap barang yang masuk di bagian penerimaan, di mana barang tersebut biasanya disertai dokumen yang berisi nomor pembelian, nomor barang, dan jumlah barang.

##### b. Inspeksi

Sistem harus bisa memilih mana barang yang harus diinspeksi atau tidak diinspeksi. Pada aktivitas ini dilakukan inspeksi terkait keadaan barang masuk gudang, agar dapat diketahui kondisi awal barang masuk gudang.

##### c. *Receipt Location*

Jika memungkinkan, barang yang diterima seharusnya dengan segera disalurkan ke bagian penyimpanan. Beberapa kondisi memungkinkan barang untuk tetap tinggal di bagian penerimaan menunggu untuk disimpan di dalam gudang, sehingga barang diletakkan di bagian penerimaan untuk beberapa waktu. Pengendalian barang terkait lokasi dan status barang tetap harus dilaksanakan sehingga barang tidak hilang atau salah meletakkan di bagian gudang.

#### 2. Penyimpanan Barang

Saat barang sudah diidentifikasi, selanjutnya dilakukan penentuan lokasi barang yang akan disimpan.

a. Pengendalian lokasi

Penyimpanan barang atau produk dalam suatu gudang (*storage*) diatur dan ditata sesuai dengan kebijakan perusahaan yang telah ditentukan. Pengaturan dan tata letak suatu gudang dapat dilihat dalam beberapa bentuk kebijakan penyimpanan, dimana metode terbaik yang diambil tergantung pada karakteristik item.

b. Pengendalian pergerakan barang

Pengendalian setiap pergerakan barang yang terjadi di dalam gudang, sehingga lokasi dan status barang selalu memberikan informasi terbaru.

3. Pengambilan Barang

Dalam meminimasi pengambilan barang di gudang dapat dilakukan dengan beberapa hal sebagai berikut:

a. Mengembangkan sistem lokasi stok yang efektif

Pada saat pengambilan, operator harus mengetahui dengan mudah di mana lokasi stok yang harus diambil sehingga kesalahan pengambilan stok dapat diminimalisir.

b. Menggunakan dokumen yang teridentifikasi dan jelas

Dalam pengambilan barang diperlukan adanya dokumen yang jelas untuk mengambil barang tersebut. Deskripsi item harus distandarisasi sehingga urutan label pengemasan, dan label rak semua berisi deskripsi yang sama.

c. Aturan keputusan yang tepat

Metodologi pemilihan pemesanan harus ditentukan oleh prioritas gudang. Aturan-aturan keputusan untuk sistem kontrol tidak boleh diremehkan. Aturan pengambilan ini harus dipikirkan dengan baik agar tidak terjadi kesalahan pengambilan. Tanpa adanya petunjuk khusus, pekerja cenderung untuk membuat keputusan sendiri.

d. Pencatatan ketidaksesuaian secara tepat waktu

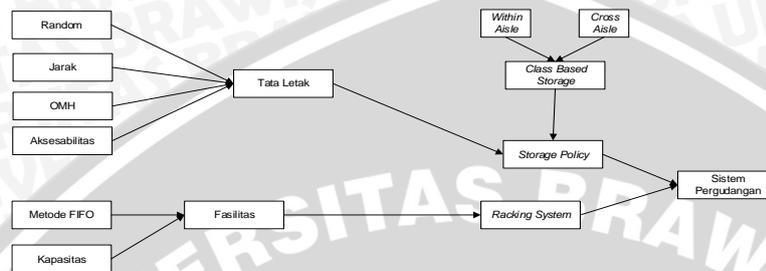
Pencatatan ketidaksesuaian secara tepat waktu adalah hal yang penting dalam aktivitas pengambilan. Ketika terjadi ketidaksesuaian, dengan aturan yang berlaku maka pencatatan terhadap ketidaksesuaian itu harus dilakukan sesegera mungkin untuk menghindari dari kesalahan berikutnya.

e. Otomatisasi sebagai upaya meminimasi kesalahan manusia

Sistem otomasi yang baik dapat menggantikan pekerjaan manusia sehingga bisa didapatkan produktivitas yang lebih baik dan pengendalian terhadap barang yang tinggi.

## 2.11 Kerangka Pemikiran Teoritis

Kerangka pemikiran teoritis merupakan gambaran dari penelitian secara keseluruhan. Kerangka pemikiran teoritis ini terdiri dari permasalahan yang dialami perusahaan, metode yang digunakan untuk melakukan analisa, serta rekomendasi perbaikan dari hasil penelitian yang dilakukan. Gambar 2.9 menunjukkan kerangka pemikiran teoritis penelitian ini.



Gambar 2.8 Kerangka pemikiran teoritis penelitian

