

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan terkait dasar-dasar ilmiah yang memiliki hubungan dengan permasalahan yang ada dalam penelitian serta digunakan dalam tahap analisis.

2.1 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu terkait dengan tata cara sistem penyimpanan barang serta perancangan *layout* pada gudang yang dapat dijadikan sebagai referensi dalam melakukan penelitian ini. Penelitian-penelitian tersebut diantaranya sebagai berikut:

1. Luftimas, Mustofa, dan Susanty (2014) melakukan penelitian pada PT.Chitose Mfg yang merupakan perusahaan penghasil produk kursi yaitu dimana terdapat penyimpanan barang tidak beraturan yang mengakibatkan waktu perpindahan yang lebih lama serta jarak perpindahan yang lebih jauh. Pada penelitian tersebut dilakukan perancangan *layout* baru bagi gudang dengan menggunakan metode *BLOCPLAN* dengan bantuan *software*. Hasil dari pada penelitian yang dilakukan adalah dengan menggunakan alternatif *layout* baru dengan metode *BLOCPLAN* didapatkan total jarak dalam perpindahan sebesar 494 meter dibandingkan pada *layout* awal jarak perpindahan sebesar 516,8 meter. Terdapat minimasi jarak perpindahan sebesar 22,8 meter.
2. Aziz, Choiri, dan Rahman (2014) melakukan penelitian yang berjudul Perancangan Tata Letak dan *Pallet Racking System* Sebagai Pendukung Pengendalian Barang di Gudang Produk Jadi, yang dimana menganalisis sistem penyimpanan dan penataan pada gudang produk jadi yaitu produk pupuk pada PT.Tiara Kurnia Malang. Pada penelitian tersebut dilakukan analisis menggunakan metode *pallet racking system* dengan membandingkan kondisi awal dengan kondisi usulan setelah dilakukannya penelitian. Hasil yang didapatkan bahwa dengan dilakukannya *pallet racking system* terdapat peningkatan persentase aksesibilitas pada penyimpanan sebesar 74,8 % serta terbentuknya rancangan baru dalam pengendalian barang dengan sistem FIFO untuk mencegah proses penyusutan barang dalam gudang produk.

Tabel 2.1
Penelitian Terdahulu

Karakteristik Penelitian	Peneliti				
	Luftimas, Mustofa, & Susanty (2014)	Aziz, Choiri, & Rahman (2014)	Dewi, Choiri, & Eunike (2014)	Setiadi & Raharjdo (2015)	Penelitian ini (2017)
Objek Penelitian	Gudang bahan baku PT.Chitose Mfg	Gudang produk jadi PT.Tiara Kurnia Malang	Proses produksi susu pasteurisasi KUD Batu	Gudang bahan baku PT.Bondi Syad Mulia	Gudang <i>work in process</i> PT.Behaestex
Metode	<i>BLOCPLAN</i>	<i>Pallet Racking System</i>	<i>BLOCPLAN, Analytic Hierarchy Process (AHP)</i>	Manajemen Sistem Pergudangan	Sistem <i>Pallet Racking</i> dan <i>BLOCPLAN</i>
Hasil Penelitian	Penurunan jarak total perpindahan pada alternatif <i>layout</i> yang terpilih	Peningkatan persentase aksesibilitas pada area penyimpanan serta prosedur penyimpanan	Pemilihan alternatif <i>layout</i> terbaik dengan nilai <i>relative score</i> tertinggi	Penurunan momen perpindahan serta penurunan waktu pengambilan barang	Peningkatan persentase aksesibilitas, utilitas volume ruang, dan kapasitas pada alternatif <i>layout</i> terpilih.

3. Dewi, Choiri, dan Eunike (2014) melakukan penelitian yang berjudul Perancangan Tata Letak Menggunakan Metode *BLOCPLAN* dan *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, yang dimana pada penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui hubungan kedekatan antar fasilitas serta perencanaan *layout* alternatif terbaik bagi perusahaan. Metode yang digunakan adalah *BLOCPLAN* untuk melahirkan alternatif *layout* baru, serta *Analytic Hierarchy Process (AHP)* digunakan untuk menentukan alternatif *layout* yang terbaik bagi perusahaan. Hasil dari penelitian yang dilakukan adalah ditentukannya hubungan kedekatan antar fasilitas serta ditemukan lima alternatif *layout* baru dengan nilai *relative score* masing-masing sebesar 0,295 ; 0,235 ; 0,200 ; 0,125 ; dan 0,145. Hasil dari pemilihan *layout* terbaik berdasarkan AHP terpilih nilai bobot 0,295 dengan total jarak tempuh perpindahan material pada proses produksi sebesar 66,225 m.
4. Setiadi dan Raharjdo (2015) melakukan penelitian yang dilakukan pada PT.Bondi Syad Mulia yang merupakan perusahaan pelapisan galvanis berbagai jenis besi, dimana pada penelitian tersebut terdapat permasalahan yaitu belum ditemukannya penataan peralatan –peralatan serta penataan bahan baku yang belum rapi sehingga operator kesulitan untuk mencari barang yang tidak terletak pada tempatnya. Pada penelitian tersebut menggunakan metode manajemen sistem pergudangan yang terdiri dari perancangan

layout, pelabelan, dan pemberian list penempatan barang. Hasil dari pada penelitian yang dilakukan adalah dengan dirancangnya *layout* alternatif baru menghasilkan penurunan momen sebesar 34,25 % serta memberikan penghematan waktu sebesar 10 detik untuk pengambilan arsip serta penghematan waktu 30 detik untuk pengambilan barang.

Pada penelitian ini dilakukan pada gudang barang dalam proses pada PT.Behaestex cabang Pandaan dengan tujuan mengatasi permasalahan keterbatasan aksesibilitas dengan merancang sistem penyimpanan dengan sistem *pallet racking* serta perancangan alternatif *layout* dengan metode *BLOCPLAN*.

2.2 Gudang

Gudang merupakan suatu tempat yang dibebani tugas dalam menyimpan suatu barang yang akan dipergunakan dalam proses produksi sampai dengan barang diminta sesuai dengan jadwal produksi, gudang juga bisa berguna sebagai penyeimbang atau *buffer stock* dalam proses produksi (Hadiguna, 2008).

2.2.1 Fungsi Gudang

Gudang memiliki beberapa fungsi pokok, diantaranya yaitu (Hadiguna, 2008):

- a. *Receiving* (penerimaan) dan *shipping* (pengiriman)
- b. *Identifying and sorting* (pengidentifikasian dan penyaringan)
- c. *Dispacting* ke penyimpanan
- d. *Picking the order* (pemilihan pesanan)
- e. *Storing* (penyimpanan)
- f. *Assembling the order* (perakitan pesanan)
- g. *Packaging* (pengepakan)
- h. *Dispatching the shipment*
- i. *Maintaining record* (perawatan produk)

2.2.2 Tujuan Gudang

Gudang memiliki tiga tujuan utama terkait dengan pengadaan barang, yaitu sebagai berikut (Wignjosoebroto, 2009):

1. Pengawasan, yaitu dengan menjaga sistem administrasi dengan baik, agar dapat melakukan kontrol keluar masuknya material pada gudang. Hal tersebut berfungsi dalam menjaga keamanan serta mencegah adanya kehilangan.
2. Pemilihan, merupakan aktivitas terkait pemeliharaan atau perawatan yang dilakukan pada material yang disimpan pada gudang dengan tujuan agar tidak cepat rusak dalam penyimpanan.
3. Penimbunan atau penyimpanan, yaitu agar material selalu tersedia ketika dibutuhkan selama proses produksi.

2.2.3 Karakteristik Gudang

Dalam suatu pabrik, macam gudang dapat dibedakan menurut karakteristik material yaitu sebagai berikut (Wignjosoebroto, 2009):

- a. *Raw material storage*, yaitu gudang yang digunakan terkait dalam penyimpanan semua material yang dibutuhkan pada proses produksi. Gudang ini berfungsi sebagai *stock room* pada kondisi kebutuhan tertentu.
- b. *Working process storage*, yaitu gudang penyimpanan material yang dikarenakan ketika operasi harus terhenti dalam pengerjaannya dan diharuskan menunggu sampai mesin atau operator berikutnya siap untuk mengerjakan. Dalam *working process storage* terdapat dua macam yaitu:
 1. *Small amount materials*, yaitu material yang diletakan pada antara stasiun atau mesin yang berdekatan dengan lokasi operasi selanjutnya.
 2. *Large amount materials*, merupakan bahan-bahan yang disimpan pada jumlah yang besar dan waktu yang relatif cukup lama yang dimana lokasinya akan terletak di dalam *production area* yang ada.
- c. *Finished goods product storage*, gudang yang mempunyai fungsi untuk menyimpan produk-produk yang telah selesai dikerjakan.
- d. *Storage for suppliers*, yaitu gudang yang digunakan untuk menyimpan *non-productive items* dan digunakan untuk menunjang fungsi dan kelancaran produksi.
- e. *Finished parts storage*, gudang yang digunakan untuk menyimpan *parts* yang siap untuk dirakit.
- f. *Salvage*, gudang untuk benda yang memerlukan pengerjaan kembali untuk membetulkan kualitas produksi.
- g. *Scarp & waste*, gudang penyimpanan untuk material atau komponen yang salah dikerjakan dan tidak bisa diperbaiki lagi.

2.3 Tata letak Penyimpanan

Pada bagian ini akan dijelaskan terkait konsep tata letak penyimpanan dan juga metode dalam merancang *layout* gudang.

2.3.1 Konsep Tata Letak Penyimpanan

Menurut Hadiguna (2008), tujuan dari pada perencanaan tata letak gudang penyimpanan adalah sebagai berikut:

- a. Utilisasi dari pada luas lantai gudang secara efektif.
- b. Menyediakan suatu pemindahan bahan yang efisien.
- c. Dapat meminimalisasi biaya penyimpanan pada saat menyediakan tingkat pelayanan yang dibutuhkan.
- d. Mencapai fleksibilitas yang maksimum.
- e. Dapat menyediakan *housekeeping* yang baik.

2.3.2 Metode Merancang *Layout* Gudang

Menurut Tompkins dan Smith (1988), dalam merancang *layout* gudang terdapat dua langkah diantaranya yaitu:

1. Membuat beberapa alternatif *layout* pada gudang.
2. Melakukan evaluasi dari setiap alternatif terhadap beberapa kriteria yang spesifik untuk mengidentifikasi alternatif *layout* gudang yang terbaik.

2.3.2.1 Pembangkitan Alternatif *Layout* Gudang

Menurut Tompkins dan Smith (1988), langkah dalam membangkitkan alternatif *layout* pada gudang terdiri dari:

1. Melakukan identifikasi lokasi objek tetap pada gudang.

Mengidentifikasi objek-objek yang memiliki tempat dan konfigurasi pengaturan yang spesifik pada gudang. Objek-objek tersebut harus diidentifikasi dan diletakan terlebih dahulu pada *layout* alternatif, sebelum melakukan penempatan objek lainnya yang lebih fleksibel.

2. Menentukan lokasi penerimaan dan pengiriman barang.

Penempatan titik penerimaan dan pengiriman sangatlah penting karena berdampak kepada peningkatan produktivitas, peningkatan aliran material, serta utilitas dari gudang. Pada langkah ini harus ditentukan apakah titik lokasi penerimaan dan pengiriman menjadi satu atau terpisah.

3. Menentukan letak penyimpanan, peralatan serta kebutuhan dari *aisles*.

Menentukan jenis penyimpanan dan peralatan yang digunakan termasuk dengan kebutuhan dari *aisles* dalam membangkitkan alternatif *layout* gudang.

4. Menetapkan barang yang akan disimpan di lokasi penyimpanan.

Memastikan dalam membangkitkan alternatif *layout* gudang sudah mempertimbangkan *allowances* pada semua barang yang akan disimpan digudang.

5. Mengulangi langkah satu sampai empat untuk membangkitkan *layout* lainnya.

Pembangkitan *layout* lain dilakukan dengan membuat bentuk dan konfigurasi peralatan yang berbeda dengan *layout* sebelumnya.

2.3.2.2 Mengevaluasi Alternatif *Layout*

Dalam mengembangkan sebuah *layout* gudang yang efektif terdapat beberapa perdoman dan filosofi. Setiap alternatif *layout* gudang harus dievaluasi berdasarkan kriteria yang spesifik, diantaranya sebagai berikut (Tompkins dan Smith, 1988):

1. *Popularity*

Filosofi *Popularity* merupakan prinsip dengan pendekatan hukum Pareto, dimana item yang memiliki frekuensi perpindahan tinggi diletakan dekat dengan titik I/O (titik *input-output*). *Popularity* menggunakan rasio R/S atau S/R dengan S merupakan *shipping* dan R merupakan *receiving*. Jika suatu item memiliki R/S terbesar maka akan diletakan dekat dengan I/O dan sebaliknya.

2. *Similarity*

Filosofi *similarity* merupakan prinsip meletakan item ditempat yang sama dengan cara perpindahan yang sama, apabila item tersebut memiliki tipe yang sama atau hubungan fungsional yang sama.

3. *Size*

Filosofi *size* merupakan prinsip meletakan item berdasarkan kesesuaian ukuran item dengan tempat penyimpanannya dan menyarankan barang yang lebih berat untuk diletakan didekat titik I/O.

4. *Characteristics*

Pada *characteristic* terdapat kemungkinan item disimpan dan ditangani berlawanan dengan filosofi *similarity*, *popularity*, dan *size*. Pada beberapa material memiliki karakteristik khusus seperti mudah rusak, mudah meledak, dan memiliki nilai tinggi, sehingga membutuhkan penanganan khusus pada karakteristik tersebut.

5. *Space Utilization*

Pada filosofi *space utilization* terbagi menjadi empat diantaranya yaitu:

a. *Conservation of space*

Merupakan jumlah maksimum dari material yang dapat diletakan di penyimpanan dengan efektif dengan meminimalkan *honeycombing*. Pertimbangan penggunaan ketinggian dapat dilakukan untuk mempertimbangkan peningkatan ukuran serta minimasi *honeycombing*.

b. *Limitations on use of space*

Melakukan identifikasi terhadap *layout*, memperhitungkan kebutuhan untuk luas kolom, penopang, *springkler system*, *heating system*, dan *emergency exits*. Selain itu memperhitungkan bahwa lantai dapat menopang beban dari pada material yang disimpan.

c. *Accessibility of material*

Suatu gudang harus dapat memberikan *aisles* yang sesuai dimana dapat memberikan aksesibilitas yang efektif namun juga tidak menghabiskan ruang yang berlebihan. Penentuan luas *aisle* dilakukan berdasarkan alat *material handling* yang digunakan.

d. *Orderliness*

Penggunaan garis pembatas pada gudang untuk memberikan tanda kepada operator pada saat melakukan pengambilan maupun penyimpanan. Penggunaan garis berguna untuk mempertahankan fungsi awal gudang yang sudah direncanakan sebelumnya.

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

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

Sumber: Mardiono (1990)

Dalam mengetahui penggunaan utilitas gudang dalam volume dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Utilitas volume gudang} = \frac{\text{Area aktual kubik digunakan}}{\text{Area aktual kubik tersedia}} \dots\dots\dots(2-2)$$

Sumber: Emmert (2005)

Sedangkan untuk perhitungan nilai perbandingan gang (*aisle*) atau indeks gang dapat dihitung sebagai berikut.

Nilai perbandingan gang = $\frac{\text{luas gang}}{\text{luas ruang}}$ (2-3)

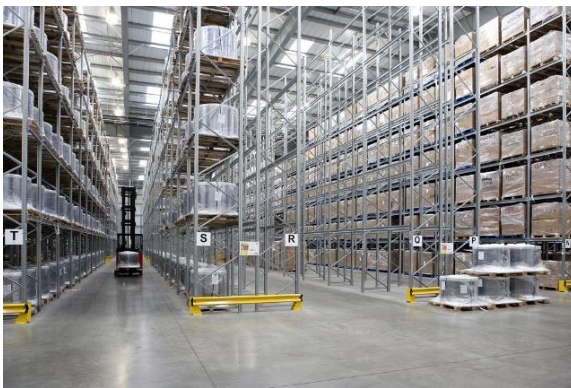
Sumber: Aziz (2014)

2.4 Racking System

Menurut Tompkins dan Smith (1988), terdapat beberapa jenis rak antara lain:

1. *Pallet rack*

Pallet rack merupakan model penyimpanan *pallet* yang paling umum digunakan sebagai alat bantu penyimpanan standar. Pada *pallet rack* kedalaman hanya dapat memuat satu kedalaman saja atau barang tidak tertutup oleh barang yang ada didepannya.



Gambar 2.1 *Pallet rack*

Sumber: Dexion (2015)

2. *Drive in / drive-thru pallet racks*

Pada *drive-in rack*, barang letakan pada satu baris horizontal yang disimpan dan diambil melalui sisi yang sama, hal tersebut memungkinkan penggunaan metode LIFO. Sedangkan pada *drive-through pallet rack*, barang disimpan dan diambil melalui sisi yang berbeda sehingga memungkinkan penerapan metode FIFO. Barang yang berada dalam tengah barisan tidak memungkinkan untuk diakses.



Gambar 2.2 *Drive in rack*

Sumber: Dexion (2015)

3. *Cantilever racks*

Digunakan sebagai penyimpanan barang yang memiliki dimensi panjang seperti pipa. *Cantilever racks* memiliki penyangga yang terpusat ditengah untuk menahan beban dan memiliki cabang untuk meletakkan barang.



Gambar 2.3 Cantilever racks
Sumber: South West Shopfittings (2015)

4. *Stacking Frame*

Stacking frame memungkinkan digunakan sebagai penyimpann barang yang tidak dapat diletakan pada satu buah *pallet*. *Stacking frame* dapat menyangga barang dari bagian sisi samping, namun dalam penggunaannya barang yang disimpan harus memiliki lebar yang lebih kecil dari pada *stacking frame*.



Gambar 2.4 Stacking frame
Sumber: Abel Womack (2015)

5. *Flow rack*

Flow rack merupakan tempat penyimpanan yang mengkombinasikan *racking system* dengan *conveyor*. Kekuatan gravitasi dimanfaatkan dalam menggerakkan barang yang terdapat pada *flow rack*.



Gambar 2.5 Flow rack
Sumber: Dexion (2015)

2.5 Pallet Racking System

Menurut Tompkins (1990), *pallet rack* merupakan penyimpanan penggunaan rak yang paling umum digunakan. Struktur dalam perancangan *pallet rack* adalah menggunakan baja. Dalam melakukan desain *pallet rack*, perlu ditahui dimensi-dimensi tertentu untuk memastikan bahwa desain *pallet rack* sesuai dengan bentuk bangunan dan peralatan yang digunakan. Berikut ini merupakan dimensi penting dalam merancang *pallet rack*:

1. Rack depth

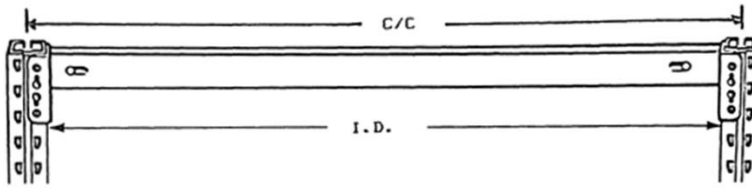
Dimensi dari kedalaman rak yaitu dimensi yang menahan *pallet* dalam penyimpanan. Dimensi *rack depth* ditentukan berdasarkan dimensi *pallet* yang akan disimpan serta jenis alat bantu penyimpanan yang digunakan.

2. Rack height

Dimensi ketinggian rak merupakan tinggi dari pada tiang penyangga dari rak. Ketinggian dari rak ditentukan oleh ketinggian barang beserta *pallet* serta kelonggaran yang digunakan. Pada rak standar, ketinggian tiang atas penyangga dapat diperpanjang 2 sampai dengan 6 inci dari permukaan atas *load beam*.

3. Rack length

Pada dimensi panjang rak terdapat dimensi internal atau panjang *load beam* dan *centerline to centerline* panjang bukaan rak. Pada dimensi panjang *long beam* merupakan panjang rak yang mencakup lebar *pallet* dan *clearance* yang dibutuhkan. Dimensi *centerline to centerline* merupakan panjang rak yang merupakan panjang *load beam* dan panjang tiang penyangga.

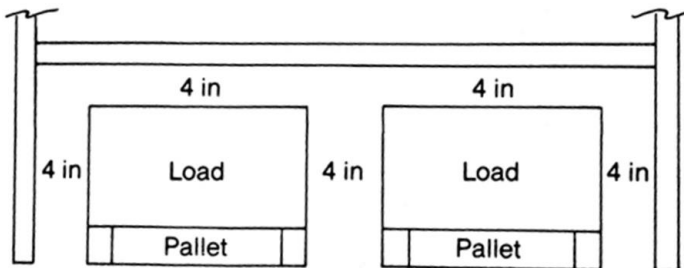


Gambar 2.6 Dimensi internal (I.D.) dan dimensi *centerline to centerline* (C/C)
Sumber: Mulcahy (1994)

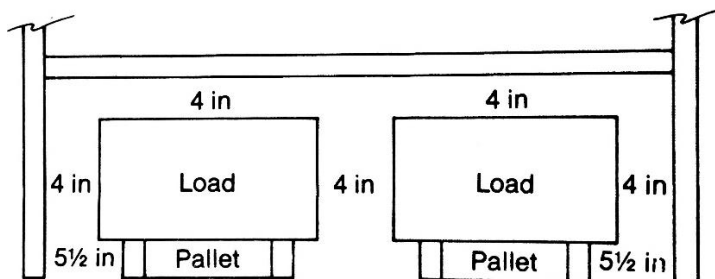
2.5.1 Pallet Rack Clearance Requirement

Menurut Mulcahy (1994), pada umumnya pada rak penyimpanan dapat disimpan dua *pallet* yang berdampingan di atas *load beam*. Sebuah *pallet rack* terdiri dari *upright frame* dan *load beam*. Pada saat pengoprasian penempatan maupun pengambilan oleh *forklift*, dibutuhkan kelonggaran sebesar 4 inci diantara muatan dengan bagian samping rak dan 4 inci kelonggaran antara muatan lainnya. Sedangkan kelonggaran antara muatan dengan bagian atas rak juga sebesar 4 inci. Pemberian kelonggaran tersebut agar dalam penggunaan *forklift*, operator lebih mudah dalam melakukan manuver dan menghindari adanya benturan antara muatan maupun rak.

Selain itu ketinggian dari pada rak penyimpanan harus kompetibel dengan tinggi jangkauan maksimal dari pada *forklift*. Hal tersebut dibutuhkan untuk memastikan semua barang dapat terakses dengan baik dan aman. Paling tidak dibutuhkan jarak dari rak paling atas sebesar 6 inci lebih pendek dari ketinggian jangkauan maksimal dari *forklift*.



Gambar 2.7 Pallet rack clearances
Sumber: Tompkins dan Smith (1988)



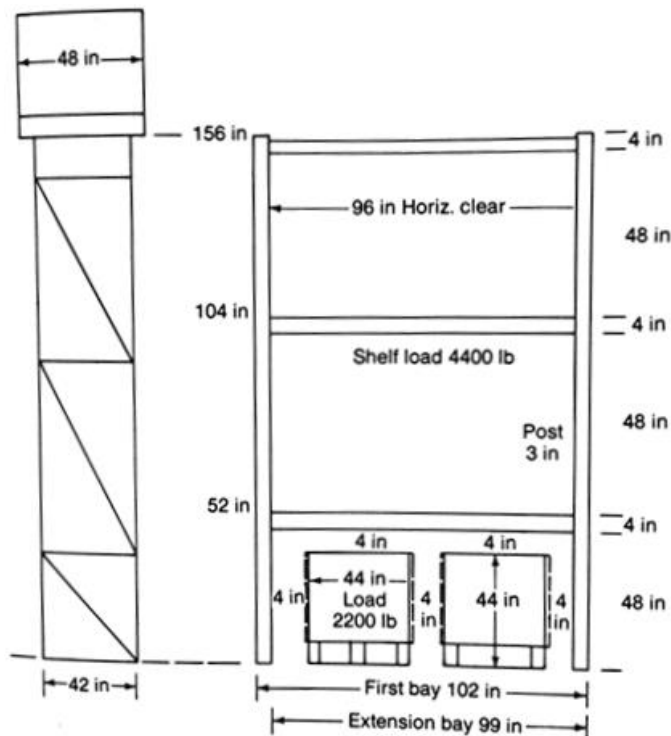
Gambar 2.8 Pallet rack clearances dengan penggunaan *straddle truck*
Sumber: Tompkins dan Smith (1988)

2.5.2 Rack Bay

Menurut Mulcahy (1994), *rack bay* merupakan jarak antara tiang penyangga pada rak penyimpanan. Pada satu *rack bay* bisa terdapat satu atau lebih tingkatan *shelves*. Jika akan dirancang rak penyimpanan yang terdiri dari 1 baris, 20 *bays*, dan 3 tingkat *shelves* maka dibutuhkan 21 tiang penyangga dan 60 pasang *load beams* untuk merakit rak penyimpanan tersebut.

Dalam merancang *rack bay*, perlu mempertimbangkan ukuran dimensi *pallet*, dimensi produk, berat produk dan karakteristik peralatan penyimpanan. Selain itu kelonggaran juga perlu diperhatikan dalam merancang *rack bay*. Pada penggunaan *pallet* standar, kedalaman rak diatas *load beam* paling tidak lebih pendek minimal 6 inci dari pada panjang *pallet* untuk memberikan kelonggaran sebesar 3 inci didepan dan dibelakang *pallet*. Hal tersebut berfungsi untuk mempermudah operator melakukan perpindahan dengan cepat dan aman.

Pada penentuan jumlah tingkat pada rak yang dibutuhkan dalam satu *bay* ditentukan oleh ketinggian jangkauan alat penyimpanan dan ketinggian dari pada bangunan yang digunakan. Menurut *the rack manufacturers institute, Inc, safety specifications* bahwa rasio dari ketinggian atas muatan dibandingkan dengan lebar rak tidak boleh lebih dari 6 banding 1 tanpa adanya penyangga ke struktur bangunan untuk menjaga stabilitas dari rak.



Gambar 2.9 Rack bay

Sumber: Tompkins dan Smith (1988)

2.5.3 Overhead Clearance

Overhead clearances merupakan jarak toleransi yang diberikan sebagai jarak aman dari pada atap pada gudang. Dalam menentukan *overhead clearances* pada gudang dipengaruhi beberapa hal sebagai berikut:

1. Produk

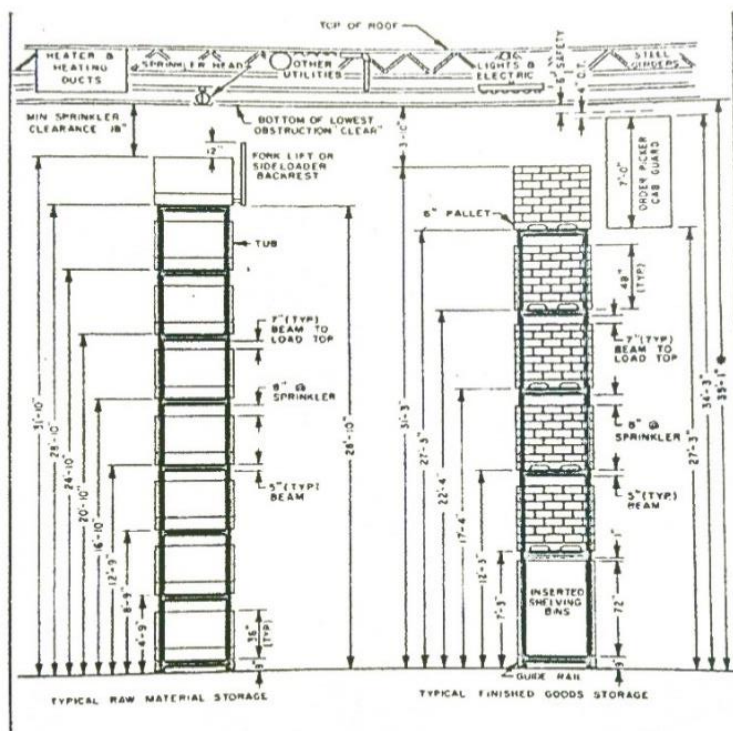
Dimana penetapan ketinggian dari pada penyimpanan yang ditentukan berdasarkan kemampuan produk menahan suatu beban. Sebagai contoh, dengan menggunakan *pallet* yang sesuai, drum besi bisa ditumpuk hingga 6 sampai dengan 8 *pallet* dan bisa hingga 10 *pallet*. Namun sebaliknya, bila produk bahan makanan dan botol plastik jarang bisa ditumpuk sampai lebih dari 4 tumpukan tanpa kerusakan pada bagian bawah tumpukan.

2. Peralatan penyimpanan

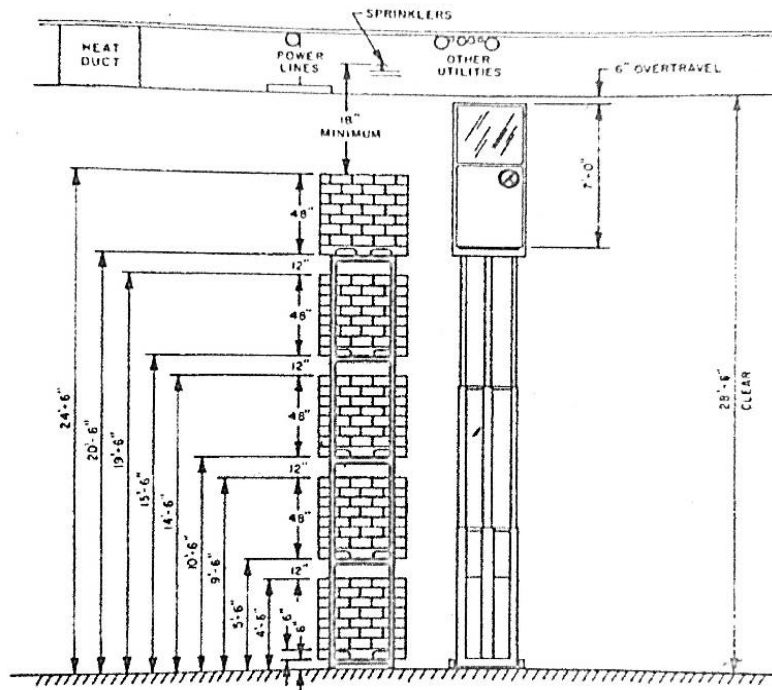
Desain dari pada sistem penyimpanan juga menentukan penyimpanan yang akan digunakan. Ketinggian dari pada tinggi bangunan menjadi acuan dalam menentukan jenis *pallet*, rak, dan alat penyimpanan yang digunakan.

3. Clear height

Dalam melakukan perancangan gudang, ketinggian bersih merupakan dimensi dari lantai hingga peralatan paling bawah yang menggantung di atap gudang.



Gambar 2.10 Kebutuhan perhitungan tinggi di gudang
Sumber: Tompkins dan Smith (1990)



Gambar 2.11 Tinggi clear height
Sumber: Tompkins dan Smith (1990)

2.6 Pallet

Menurut Mulcahy (1994), *pallet* digunakan dalam pendistribusian barang dalam gudang agar dapat mengalir dengan lancar. *Pallet* merupakan perangkat yang membantu perpindahan *stackable product* oleh *lift truck*, dimana *pallet* cocok terhadap hampir semua jenis struktur barang. *Pallet* tersedia dengan banyak ukuran, bentuk serta material penyusunnya, namun *pallet* kayu merupakan jenis *pallet* yang paling banyak digunakan. Terdapat tiga jenis tipe *pallet* yang digunakan pada gudang dan pendistribusian industri yaitu:

1. *A standard pallet board*, digunakan pada gudang yang dimana dapat dipindahkan secara manual maupun dengan *forklift*. *A standard pallet board* terdiri dari *A throwaway pallet board* yang digunakan hanya sementara dan memiliki dimensi lebih tipis serta *the exchange pallet board* yang merupakan *pallet* permanen dengan dimensi yang sudah terstandarisasi.
2. *The take-it-or-leave-it pallet board*, merupakan *pallet* yang digunakan untuk pertukaran barang pada gudang dengan vendor. Pada *pallet* jenis ini terdapat *slip sheet* yang dapat digunakan untuk membawa barang yang membutuhkan *slip-sheet unit load*.
3. *Engineered pallet board*, merupakan *pallet* yang didesain sesuai dengan kebutuhan dari pengguna. *Pallet* memiliki kualitas yang baik sehingga penggunaan *pallet* hanya digunakan pada dalam gudang.

2.7 *Material Handling*

Menurut Tompkins (2003), *material handling* adalah merupakan suatu seni dan ilmu dalam memindahkan, menyimpan, melindungi, dan mengontrol *material*. Selain itu *material handling* juga dapat diartikan sebagai menyediakan *material* yang tepat, jumlah yang tepat, kondisi yang tepat, ditempat yang benar, diposisi yang tepat, biaya yang tepat dan metode yang tepat.

2.7.1 Prinsip *Material Handling*

Menurut Wignjosoebroto (2009), jika akan melakukan perencanaan ataupun evaluasi terhadap sistem *material handling* maka harus ada aturan-aturan dasar yang menjadi pertimbangan, yaitu:

1. Memindahkan aktivitas pemindahan barang, yaitu prinsip dalam mengupayakan untuk sebisa mungkin tidak melakukan pemindahan bahan apabila tidak penting.
2. Pemindahan barang harus direncanakan secara teliti, dimana dalam melakukan pemindahan barang harus dilakukan dengan pertimbangan penempatan mesin dan peralatan produksi. Selain hal itu rencana yang dibuat juga harus dilakukan dengan mengusahakan jarak perpindahan sependek-pendeknya.
3. Pemilihan yang seksama terkait peralatan pemindahan bahan yang dibutuhkan, yaitu dimana pada penggunaan alat pemindahan harus direncanakan dengan baik sesuai dengan kebutuhan secara teknis dan juga ekonomis.
4. Penggunaan peralatan pemindahan bahan harus dilakukan seefektif mungkin, dimana *material* harus mudah dipindahkan serta dilakukannya *preventive maintenance* secara rutin untuk mencegah *breakdown*.
5. Pada kegiatan pemindahan yang membutuhkan biaya namun tidak memberikan nilai tambah pada *material* dari produk yang dipindahkan.
6. *Material* sebisa mungkin dipindahkan melalui lintasan yang lurus serta pendek.
7. Mengkombinasikan aktivitas-aktivitas pemindahan bahan yang efisien dan eliminir pemborosan jika hal ini dimungkinkan.
8. Mempertimbangkan perpindahan operator dibandingkan dengan memindahkan *material*.
9. Mempertimbangkan perpindahan *material* secara mekanis apabila dirasa perpindahan dengan cara manual kurang praktis dan efektif untuk dilaksanakan.
10. Menggunakan lintasan pemindahan lewat atas ruangan apabila hal tersebut dimungkinkan untuk dilakukan.

2.8 Forklift

Forklift digunakan dalam melakukan perpindahan barang- barang dari suatu tempat ke tempat yang dituju agar dapat berjalan lebih mudah dan cepat. *Forklift* memiliki variasi berdasarkan jenis, kapasitas angkut, ketinggian, serta jenis bahan bakarnya. Berikut ini pada tabel 2.2 merupakan jenis *forklift* berdasarkan bahan bakar dan pada tabel 2.3 merupakan jenis *forklift* berdasarkan tipe.

Tabel 2.2
Tipe *Forklift* Berdasarkan Bahan Bakar

Tipe Forklift	Kelebihan	Kelemahan
Baterai	Bersih, minim suara, efisiensi tinggi, biaya <i>maintenance</i> rendah	Membutuhkan waktu pengisian baterai, membutuhkan cadangan baterai, harga <i>forklift</i> lebih mahal
Diesel	Kecepatan dalam perpindahan dan pengisian bahan bakar, daya tahan lebih lama	Suara berisik, butuh area pengisian bahan bakar, emisi tinggi, butuh pemanasan
LPG	Kecepatan dalam perpindahan dan pengisian bahan bakar, daya tahan lebih lama, lebih bersih	Suara berisik, butuh area pengisian bahan bakar, emisi tinggi, butuh tempat untuk membawa tabung

Sumber: Emmert (2005)

Tabel 2.3
Tipe *Forklift* Berdasarkan Tipe

<i>Type</i>	<i>Lift capacity</i>	<i>Lift height</i>	<i>Maximum speed</i>	<i>Minimum aisle width</i>	<i>Application</i>
CBT <i>Counter Balance Truck</i>	3 ton	7 meter	15 kph	3.0 meter	Dalam dan luar ruangan
RT <i>Reach truck</i>	2 ton	11 meter	15 kph	2.1 meter	Dalam ruangan dengan rak
NAT <i>Narrow aisle truck</i>	1.5 ton	15 meter	10 kph	1.3 meter	Dalam ruangan dengan rak
HPT <i>Hand pallet truck</i>	1 ton	8 cm	8 kph	1.3 meter	Dalam ruangan
PPT <i>Powered pallet truck</i>	3 ton	8 cm	12 kph	1.3 meter	Dalam ruangan
MRPT <i>Multi-riser picking truck</i>	1.5 ton	10 meter	10 kph	1.3 meter	Dalam ruangan dengan ketinggian
AFT <i>Articulated fork truck</i>	2 ton	11 meter	15 kph	1.6 meter	Dalam dan luar ruangan dengan rak

Sumber: Emmert (2005)

2.9 Perencanaan Aliran Material

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang analisis aliran material secara kuantitatif serta kualitatif.

2.9.1 Analisis Kuantitatif

Menurut Tompkins (2003), pada analisis kuantitatif aliran bahan diukur jumlah spesifik seperti jumlah potongan per jam, perpindahan per hari, atau pon per minggu. Terdapat beberapa cara analisis kuantitatif yang biasa digunakan diantaranya yaitu:

1. *Triangular Flow Diagram*

Merupakan aliran diagram segitiga atau *triangular flow diagram* yang digunakan sebagai menggambarkan secara grafis aliran material, produk, informasi, manusia dan sebagainya atau bisa juga dipergunakan untuk menggambarkan hubungan kerja antara satu departemen dengan departemen lainnya.

2. *From to chart*

From to chart adalah suatu teknik konvensional yang biasa digunakan dalam perancangan tata letak serta pemindahan bahan dalam suatu proses produksi. Analisis *from to chart* sangat berguna apabila terdapat banyak aliran produk atau item yang mengalir pada suatu tempat atau departemen. Dalam penyusunan *from to chart* mempertimbangkan:

- a. Tata letak terbaik meminimasi total biaya pemindahan
- b. Biaya berkaitan dengan jarak pemindahan
- c. Dapat membandingkan beberapa alternatif tata letak

From \ To	A	B	C	D	E	F	G	H	I	TOTAL
A		2	2	3	1					8
B				1		1		1		3
C				1	1			2		4
D						3	3	1		7
E		1		1		1			1	4
F			1		1		2	1	1	6
G			1		1			1	2	5
H						1			4	6
I										0
TOTAL	0	3	4	7	4	6	5	6	8	

Gambar 2.12 *From to chart*

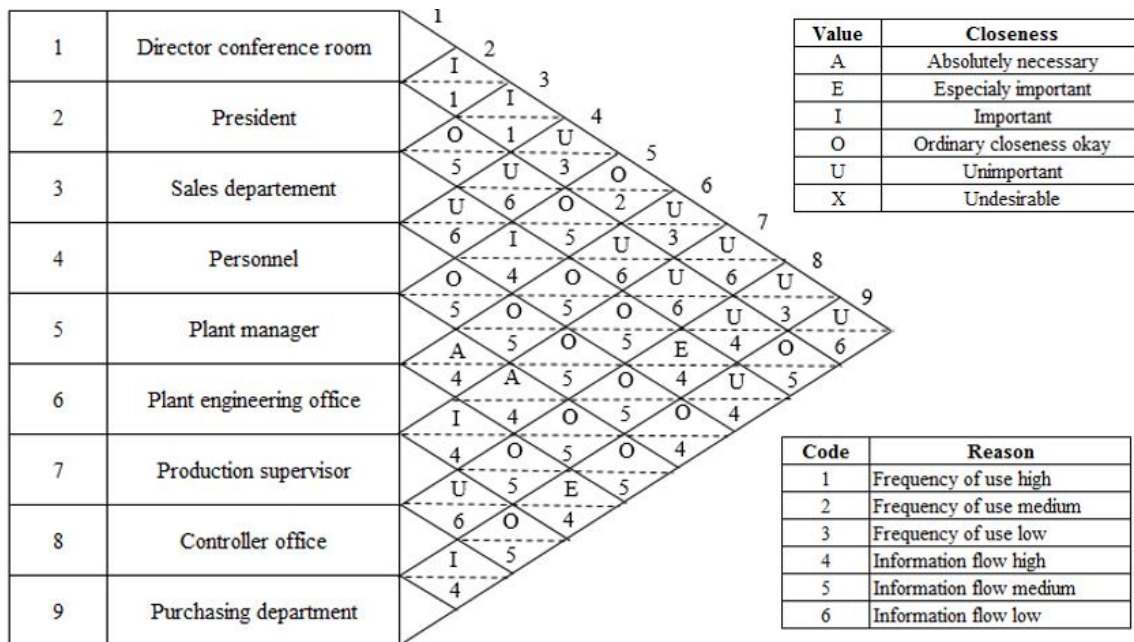
Sumber: Tompkins (2003)

Berdasarkan gambar 2.12 dapat diketahui bahwa perpindahan dari A ke B sebesar 2 satuan, A ke D sebesar 3 satuan dan seterusnya. Pada *from to chart* dibuat berbentuk matriks, jumlah baris serta kolomnya berdasarkan jumlah operasi yang ada pada objek yang diteliti.

2.9.2 Analisis Kualitatif

Menurut Tompkins (2003), aliran dapat dianalisis secara kualitatif dengan cara mempertimbangkan nilai derajat kedekatan antar departemen. Berikut ini merupakan prosedur dalam membuat *relationship chart*:

1. Memasukan semua departemen ke dalam *relationship chart*.
2. Melakukan wawancara dan survey kesetiap departemen serta manajemen yang bertanggung jawab terhadap semua departemen.
3. Mendefinisikan kriteria untuk derajat hubungan kedekatan serta kriteria alasan dari hubungan kedekatan masing-masing departemen pada *relationship chart*.
4. Menentukan nilai hubungan kedekatan serta alasan dari kedekatan tiap departemen.
5. Melakukan evaluasi dengan mendiskusikan *relationship chart* kepada pihak manajemen yang bersangkutan untuk memungkinkan adanya koreksi yang dilakukan.



Gambar 2.13 Activity relationship chart

Sumber: Tompkins (2003)

Pada gambar 2.13 merupakan *activity relationship chart* (ARC) pada suatu perusahaan yang memiliki sembilan departemen. Sedangkan untuk hubungan kedekatan *personnel* dan *plant manager* adalah O – 5. O menunjukkan derajat kedekatan yang biasa, sedangkan angka 5 menunjukkan alasan kedekatan yaitu *information flow medium*.

2.10 Titik Berat Benda Homogen Dua Dimensi

Penentuan titik pusat terhadap suatu bentuk benda dilakukan dengan cara mencari titik berat dari bentuk benda tersebut. Benda dua dimensi merupakan benda yang tebalnya dapat

diabaikan sehingga berat benda tersebut sebanding dengan luasnya. Titik berat gabungan benda homogen berbentuk luasan yang ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

Pada sumbu X:

$$X_o = \frac{A_1 X_1 + A_2 X_2}{A_1 + A_2} \dots\dots\dots(2-4)$$

Sumber: Lasmi (2008)

Pada sumbu Y:

$$Y_o = \frac{A_1 Y_1 + A_2 Y_2}{A_1 + A_2} \dots\dots\dots(2-5)$$

Sumber: Lasmi (2008)

dimana:

X_o = Titik berat gabungan pada sumbu x

Y_o = 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 = Kordinat titik berat benda 1

Y_2 = Kordinat titik berat benda 2

Titik berat benda homogen memiliki bentuk luasan yang bentuknya teratur terletak pada sumbu simetrinya. Pada bidang segi empat, titik berat diperpotongan diagonalnya, dan pada lingkaran terletak di pusat lingkaran.

2.11 Ukuran Jarak

Terdapat beberapa cara yang digunakan dalam menentukan jarak antara satu fasilitas dengan fasilitas lainnya diantaranya yaitu:

1. *Euclidean*

Jarak *euclidean* merupakan jarak yang diukur lurus antara titik pusat suatu fasilitas dengan fasilitas lainnya. Dalam menghitung jarak *euclidean* dapat menggunakan formulasi berikut.

$$d_{ij} = \left\{ (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \right\}^{0.5} \dots\dots\dots(2-6)$$

Sumber: Heragu (2008)

2. *Square euclidean*

Merupakan ukuran jarak menguadratkan bobot terbesar suatu jarak antara dua fasilitas yang berdekatan. Dalam menentukan jarak *square euclidean* antar dua fasilitas dapat menggunakan formulasi berikut.

$$d_{ij} = \{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2\} \dots\dots\dots(2-7)$$

Sumber: Heragu (2008)

3. *Rectilinear*

Jarak *rectilinear* disebut juga sebagai jarak Manhattan merupakan ukuran jarak yang mengikuti garis tegak lurus. Dalam menentukan jarak *rectilinear* menggunakan formulasi berikut.

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

Sumber: Heragu (2008)

4. *Tchebychev*

Merupakan ukuran jarak terbesar dari pada dua nilai. Apabila terdapat komponen horizontal dari dua pusat fasilitas lebih besar dari komponen vertikal, maka jarak horizontal merupakan matriks jarak *tchebychev*. Berikut merupakan matriks jarak *tchebychev*.

$$d_{ij} = \max(|x_i - x_j|, |y_i - y_j|, |z_i - z_j|) \dots\dots\dots(2-9)$$

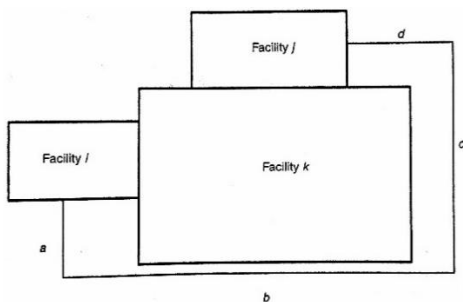
Sumber: Heragu (2008)

5. *Adjacency*

Ukuran kedekatan antara fasilitas-fasilitas atau departemen yang terdapat pada suatu perusahaan. Kelemahan dari pada *adjacency* adalah tidak dapat memberikan perbedaan secara riil jika terdapat dua pasang fasilitas di mana satu dengan lainnya tidak berdekatan.

6. *Aisle Distance*

Merupakan jarak aktual yang ditempuh selama perpindahan material yang sudah disesuaikan dengan kelonggaran penggunaan alat *material handling*.



Gambar 2.14 Perhitungan jarak dengan *aisle distance* dan *adjacency metrics*.
 Sumber: Heragu (2008)

2.12 Algoritma untuk Permasalahan Tata Letak

Menurut Heragu (2008), algoritma merupakan langkah-langkah atau prosedur untuk mencari suatu solusi terhadap suatu model dan juga sebab dari suatu permasalahan.

Penggunaan algoritma pada penyelesaian masalah tata letak terklasifikasi menjadi algoritma optimal dan algoritma *heuristic*. Algoritma *heuristic* terbagi menjadi tiga, yaitu *construction algorithms*, *improvement algorithms*, dan *hybrid algorithms*.

2.12.1 Algoritma Konstruktif

Menurut Heragu (2008), algoritma konstruktif mampu membuat tata letak fasilitas dari awal. Dibuat dari *layout* yang masih kosong, ditelakan satu departemen atau kumpulan dari pada beberapa departemen kemudian dilanjutkan dengan cara menambahkan semua departemen pada *layout* yang ada.

2.12.2 Algoritma Perbaikan

Menurut Heragu (2008), algoritma perbaikan mampu memberikan solusi terhadap permasalahan suatu *layout* yang sudah ada sebelumnya. Algoritma perbaikan dapat menyelesaikan permasalahan terkait *scheduling*, *graph partitioning*, dan kombinasi permasalahan lainnya yang sangat sulit diselesaikan secara optimal. Algoritma perbaikan secara sistematis melakukan modifikasi ketika mencari solusi yang kemudian dilakukan dievaluasi. Ketika hasil evaluasi bernilai baik maka akan diterapkan secara permanen, jika tidak maka akan dilakukan modifikasi secara terus menerus hingga mendapatkan solusi yang lebih baik.

2.12.3 Algoritma Hybrid

Menurut Heragu (2008), algoritma *hybrid* merupakan algoritma yang menggunakan dua pendekatan dalam mencari suatu solusi yaitu bersifat konstruktif dan perbaikan. Beberapa dari algoritma memiliki karakteristik optimal dan algoritma heuristik juga termasuk pada algoritma *hybrid*.

2.13 BLOCPLAN

BLOCPLAN merupakan program yang dikembangkan oleh Donaghey dan Pire pada tahun (1991), dengan menggunakan gabungan dari pada beberapa algoritma heuristik untuk menyelesaikan permasalahan. *BLOCPLAN* dapat menerima input dari *from to chart* serta *relationship chart*. Meskipun *BLOCPLAN* dapat menerima input dari *from to chart* maupun *relationship chart*, jika keduanya digunakan maka data dari *form to chart* akan dikonversikasikan menjadi *relationship chart* dengan rincian nilai ekuivalensi pada tabel 2.4.

Tabel 2.4
Konversi Nilai *From to Chart* Menjadi *Relationship Chart*

Jumlah Aliran antar Departemen	Simbol Hubungan
321 - 400	A
241 - 320	E
161 - 240	I
81 - 160	O
0 - 80	U

Sumber: Heragu (2006)

BLOCPLAN dapat mengembangkan rancangan *single story* maupun *multi story layout*, dalam melakukan pengembangannya dapat dilakukan dengan tiga cara diantaranya:

1. *Randomly using a construction algorithm*

Menghasilkan *layout* tanpa mempertimbangkan adanya interaksi antar masing-masing departemen yang ada.

2. *Using an embedded improvement algorithm*

Menghasilkan perbaikan *layout*, namun dibutuhkan inisial *layout* untuk melakukan proses perbaikan. Dalam pertimbangan perbaikan dilihat berdasarkan nilai *adjacency score* dan *rel-dist score*.

3. *Using an automatic search algorithm*

Menghasilkan *layout* secara acak kemudian dari hasil *layout* yang didapatkan dilakukan perbaikan dengan *improvement algorithm*. Perbaikan dengan cara menukar departemen dilakukan hingga maksimal 20 kali iterasi hingga mendapatkan perbaikan.

BLOCPLAN memiliki beberapa kelebihan diantaranya yaitu:

1. *BLOCPLAN* dapat memecahkan permasalahan tata letak konstruktif maupun perbaikan serta sebaliknya.
2. *BLOCPLAN* memiliki fungsi tujuan dalam meminimasi jarak atau memaksimalkan hubungan kedekatan antar departemen.

Namun metode ini juga memiliki beberapa keterbatasan diantaranya, yaitu:

1. *BLOCPLAN* tidak dapat membaca suatu inisial *layout* dengan baik.
2. *BLOCPLAN* hanya mampu memecahkan permasalahan terkait tata letak dengan jumlah departemen maksimal 18 buah.

Formulasi sistematis untuk menghitung *adjacency score* pada *BLOCPLAN* sebagai berikut:

$$\frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n R_{ij} D_{ij}}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n R_{ij}} \dots \dots \dots (2-10)$$

Sumber: Heragu (2006)

Serta formulasi untuk menghitung *Rel-dist score* adalah sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n d_{ij} R_{ij} \dots \dots \dots (2-11)$$

Sumber: Heragu (2006)

dimana:

$D_{ij} = 1$ Jika departemen i dan j berdekatan, dan 0 jika tidak

R_{ij} = nilai derajat kedekatan antara departemen i dan j

n = jumlah departemen

d_{ij} = jarak *rectilinear* antara departemen i dan j

Setelah menghitung *rel-dist score* selanjutnya menghitung nilai *R-score (normalized relationship distance score)* dengan formulasi sebagai berikut:

$$R \text{ score} = 1 - \frac{\text{rel dist score} - \text{lower bound}}{\text{upper bound} - \text{lower bound}} \dots \dots \dots (2-12)$$

Sumber: Heragu (2008)

$$\text{Upper bound} = D_{\max} S_{\max} + \dots + D_{\min} S_{\min} \dots \dots \dots (2-13)$$

$$\text{Lower bound} = D_{\max} S_{\max} + \dots + D_{\max} S_{\min} \dots \dots \dots (2-14)$$

Halaman ini sengaja dikosongkan