

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

Bab ini berisi tentang teori-teori perancangan tata letak fasilitas seperti, pengertian tata letak fasilitas, pengertian gudang, pola aliran barang, macam-macam metode perancangan tata letak fasilitas, dan alat-alat yang digunakan untuk *material handling*.

#### **2.1 Tata Letak Fasilitas**

Subbab ini berisi tentang pengertian tata letak fasilitas, tujuan tata letak fasilitas, tanda-tanda tata letak fasilitas yang efektif, dan jenis tata letak persoalan tata letak fasilitas.

##### **2.1.1 Pengertian Tata Letak Fasilitas**

Menurut Apple (1990), tata letak fasilitas adalah kegiatan yang berhubungan dengan perancangan susunan unsur fisik suatu kegiatan dan selalu berhubungan erat dengan industri manufaktur. Tata letak yang efektif selalu melibatkan tata cara pemindahan bahan atau produk, sehingga kemudian disebut dengan tata letak fasilitas dan pemindahan bahan. Tata letak fasilitas yang akan dirancang sangat berkaitan erat dengan desain suatu bangunan yang digunakan untuk menyimpan segala jenis barang mulai dari bahan mentah hingga barang jadi.

Secara sederhana urutan pengerjaan perancangan tata letak fasilitas yaitu rekayasa rancang fasilitas, membentuk konsep, merancang, dan mewujudkan sistem bagi pembuatan barang atau jasa. Rancangan ini umumnya digambarkan sebagai rancangan rantai yaitu satu susunan fasilitas fisik (perlengkapan, tanah, bangunan, dan sarana lain) untuk mengoptimalkan hubungan antara petugas pelaksana, aliran barang, aliran informasi, dan tata cara.

Tata letak fasilitas dalam suatu perusahaan merupakan hal yang sangat penting, karena setiap perusahaan pasti akan beroperasi dalam jangka waktu yang panjang. Oleh karena itu, jika terjadi kesalahan dalam perencanaan tata letak pada fasilitasnya akan menyebabkan kegiatan berlangsung tidak efektif. Perencanaan tata letak merupakan salah satu tahap perencanaan fasilitas yang bertujuan untuk

mengembangkan suatu sistem yang efisien dan efektif sehingga dapat tercapai proses produksi dengan biaya yang rendah.

### **2.1.2 Tujuan Tata Letak Fasilitas**

Tata letak bertujuan untuk menggambarkan sebuah susunan yang ekonomis dari tempat-tempat kerja yang berkaitan, dimana barang-barang dapat diproduksi secara ekonomis. Menurut Apple (1990), tujuan utama yang ingin dicapai dari suatu tata letak fasilitas adalah:

a. Memudahkan proses manufaktur

Tata letak harus dirancang sedemikian baik sehingga proses pada manufaktur dapat dilaksanakan dengan baik pula, seperti: susunan mesin, perencanaan aliran barang, dan keselamatan kerja yang dapat dilaksanakan dengan efektif.

b. Meminimumkan pemindahan barang

Tata letak harus dirancang sedemikian baik sehingga proses pemindahan barang diturunkan sampai batas minimum, jika mungkin komponen dalam keadaan diproses ketika dipindahkan.

c. Memelihara fleksibilitas susunan dan operasi

Pada sebuah pabrik akan mengalami keadaan dimana dibutuhkan perubahan dalam kemampuan produksi, dan hal tersebut harus direncanakan dari awal.

d. Memelihara perputaran barang setengah jadi yang tinggi

Kemampuan mengendalikan dan mengelola barang setengah jadi dapat tercapai bila barang setengah jadi tersebut berjalan melalui proses operasi dalam waktu yang sesingkat mungkin.

e. Menekan modal tertanam pada peralatan

Susunan mesin dan departemen yang tepat dapat membantu menurunkan jumlah peralatan yang diperlukan.

f. Menghemat pemakaian ruang bangunan

Setiap meter persegi luas lantai dalam sebuah pabrik memakan banyak biaya, oleh karena itu untuk setiap pabrik harus menggunakan luas lantai yang dimiliki dengan sebaik-baiknya.

- g. Memberi kemudahan, keselamatan dan memberi kenyamanan pegawai

Memenuhi tujuan ini diperlukan perhatian atas hal-hal seperti penerangan, kebisingan, pergantian udara, keselamatan, debu, dan kotoran yang harus menjadi perhatian perencana. Serta penempatan fasilitas dalam bangunan juga mempengaruhi terhadap keselamatan kerja.

### **2.1.3 Tanda-Tanda Tata Letak yang Efektif**

Menurut Apple (1990), tata letak yang efektif terwujud dengan memiliki beberapa karakteristik yang jelas yang dapat dilihat bahkan dari satu pengamatan biasa, diantaranya yang paling penting adalah sebagai berikut:

- a. Keterkaitan kegiatan yang terencana.
- b. Pola aliran barang yang terencana.
- c. Aliran yang lurus.
- d. Gang yang lurus.
- e. Pemindahan antar operasi minimum.
- f. Tata letak yang dapat disesuaikan dengan perubahan.
- g. Ruang penyimpanan yang cukup.
- h. Pemindahan bergerak dari penerimaan menuju pengiriman.
- i. Penegndalian kebisingan, kotoran, debu, asap, dan kelembaban.
- j. Penempatan yang tepat bagi bagian penerimaan dan pengiriman.

### **2.1.4 Jenis Persoalan Tata Letak**

Semua rancangan fasilitas atau proyek tataletak dilakukan untuk fasilitas baru, seringkali masalah yang dihadapi melibatkan penataletakan ulang dari satu proses yang telah ada perubahan beberapa bagian dari susunan peralatan tertentu. Menurut Apple (1990), jenis persoalan tata letak dibagi sebagai berikut:

- a. Perubahan rancangan

Seringkali perubahan rancangan produk menuntut perubahan proses atau operasi yang diperlukan. Perubahan ini mungkin hanya memerlukan penggantian sebagian kecil tata letak yang telah ada, atau berbentuk perancangan ulang tata letak, yang bergantung pada perubahan-perubahan yang terjadi.

b. Perluasan departemen

Hal ini terjadi karena suatu alasan diperlukan menambah produksi suatu komponen tertentu, yang memungkinkan untuk perubahan pada tata letak. Penambahan tersebut mungkin hanya merupakan penambahan sejumlah mesin yang dengan mudah dapat diatasi dengan membuat ruangan atau mungkin diperlukan perubahan seluruh tata letak jika penambahan produksi menuntut perubahan proses.

c. Pengurangan departemen

Pada saat jumlah produksi berkurang secara drastis dan menetap maka perlu dipertimbangkan pemakaian proses yang berbeda dari pemakaian proses sebelumnya yang digunakan untuk produksi tinggi. Perubahan seperti ini mungkin menuntut disingkirkannya peralatan yang telah ada sekarang dan merencanakan pemasangan jenis peralatan lain.

d. Penambahan produk baru

Jika terjadi penambahan produk baru yang berbeda prosesnya dengan produk yang telah ada, maka dengan sendirinya akan muncul masalah baru. Peralatan yang ada dapat digunakan dengan menambah beberapa mesin baru pada tata letak yang ada dengan penyusunan ulang minimum atau mungkin memerlukan penyiapan departemen baru dan juga pabrik baru.

e. Memindahkan satu departemen

Memindahkan satu departemen dapat menimbulkan masalah tata letak yang besar. Jika tata letak yang ada masih memenuhi maka hanya diperlukan pemindahan ke lokasi lain. Tetapi, jika tata letak yang ada tidak memenuhi maka sedikit kemungkinan untuk melakukan perubahan tata letak yang baru sehingga memadai.

f. Penambahan departemen baru

Masalah ini dapat timbul karena adanya penyatuan, seperti pekerjaan mesin bor dari seluruh departemen disatukan ke dalam satu departemen terpusat. Masalah ini dapat juga terjadi karena kebutuhan pengadaan suatu departemen untuk pekerjaan yang belum pernah ada sebelumnya. Hal ini dapat terjadi untuk membuat suatu komponen yang selama ini dibeli dari perusahaan lain.

g. Penempatan peralatan yang rusak

Persoalan ini mungkin menuntut untuk pemindahan peralatan yang berdekatan untuk mendapatkan penambahan ruang khusus.

h. Perubahan metode produksi

Setiap perubahan kecil dalam satu tempat kerja seringkali mempunyai pengaruh terhadap tempat kerja yang berdekatan. Hal tersebut akan menuntut untuk peninjauan kembali terhadap wilayah yang terlibat.

i. Penurunan biaya

Hal ini tentunya merupakan akibat dari setiap keadaan atau pun perubahan yang terjadi sebelumnya.

j. Perencanaan fasilitas baru

Perencanaan fasilitas baru merupakan persoalan tata letak terbesar. Perancangan umumnya tidak dibatasi oleh kendala fasilitas yang ada. Perancangan bebas merencanakan tata letak yang paling baik yang dapat dipakai. Bangunan dapat dirancang untuk menampung tata letak setelah diselesaikan. Fasilitas dapat ditata untuk kegiatan manufaktur terbaik.

## **2.2 Gudang**

Subbab ini berisi tentang pengertian gudang, perencanaan gudang pabrik, macam-macam metode penyimpanan, dan pertimbangan dalam perencanaan gudang.

### **2.2.1 Pengertian Gudang**

Gudang merupakan tempat khusus yang bersifat tetap untuk kegiatan yang berhubungan dengan penyimpanan material yang dirancang untuk membantu mencapai target tingkat pelayanan yang baik dengan total biaya yang paling rendah. Material-material yang disimpan di gudang bisa berupa bahan baku, material perlengkapan, atau material jadi. Fungsi dari aktivitas gudang adalah memelihara dan melindungi material sampai material itu digunakan atau dikirim ke tempat lain.

Menurut Apple (1990), gudang adalah tempat yang dibebani untuk menyimpan barang yang akan dipergunakan dalam produksi, sampai barang tersebut diminta sesuai jadwal produksinya. Biasanya, pada kebanyakan perusahaan menggunakan gudang didalam ruangan. Tetapi juga ada yang



menyimpan barang diluar gudang, sehingga menghemat biaya penyimpanan karena tidak memerlukan biaya bangunan. Fungsi penyimpanan seperti ini sering disebut sebagai ruang persediaan dan gudang bahan baku bergantung pada jenis barang yang disimpan.

### **2.2.2 Perencanaan Gudang**

Menurut Ahyari (1986), perencanaan gudang di dalam satu perusahaan akan 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 dari barang jadi yang akan disimpan didalam gudang perusahaan tersebut. Jumlah barang jadi yang akan disimpan didalam 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 didalam 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.

### **2.2.3 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 diatas 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 diatasnya 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.

#### **2.2.4 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 didalam 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 didalam 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.

### 2.3 Pola Aliran Barang

Tata 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:

a. Garis lurus

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

b. 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.

c. 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.

d. Melingkar

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

e. 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.

## 2.4 Metode-Metode Perancangan Tata Letak Fasilitas

Subbab ini berisi tentang metode-metode yang sering dipakai dalam proses perancangan tata letak fasilitas seperti, metode *class based storage*, metode *zoning*, dan metode *block stacking*.

### 2.4.1 Metode *Class Based Storage*

Mengendalikan persediaan barang digudang agar seimbang, maka salah satu metode yang digunakan adalah *class based storage*. Menurut Rene de Koster, dkk (2007), *class based storage* adalah suatu metode dengan penyimpanan dengan membagi-bagi terlebih dahulu semua produk dalam beberapa kelas, dimana kelas tersebut dapat dibagi berdasarkan ciri-ciri barang, *demand*, ukuran frekuensi permintaan produk, atau memilih volume barang. Pengelompokan produk tersebut memiliki tempat yang khusus pada setiap produk yang akan memiliki tempat secara acak di dalam wilayah yang telah disediakan. Penempatan yang acak pada wilayah yang telah disediakan tersebut juga akan memberikan fleksibilitas untuk mengakomodasi variasi pada tingkat persediaan produk dalam kelas.

Konsep penyimpanan berdasarkan *class based storage* berada diantara aturan *dedicated storage* dan *randomized storage*. *Class based storage* ini didasarkan pada hukum pareto dengan memperhatikan level aktifitas *storage* dan *retrieval (S/R)* yang dikembangkan untuk item berbeda. Pada gudang 80% aktifitas *S/R* diberikan pada 20% dari item, 15% pada 30% dari *item*, dan yang terakhir 5% aktifitas *S/R* pada 50% dari *item*. *Item* yang masuk diklasifikasikan berdasarkan tiga kelas yaitu kelas A, B, dan C, berdasarkan level aktifitas *S/R* (dari tinggi kerendah) dikembangkan. Cara untuk meminimumkan waktu atau jarak yang dihabiskan dalam *storage* dan *retrieval*, kelas A diletakkan pada *input/output point*, selanjutnya kelas B dan kelas C diletakkan yang terjauh. Setiap strategi penyimpanan barang setiap pengelompokan agar optimal, maka hal tersebut tergantung pada kebijakan routing dan ukuran gudang serta jumlah *SKU* per *order* setiap jenis barang tersebut.

### 2.4.2 Metode *Zoning*

Menurut Rene de Koster, dkk (2007), *zoning* adalah suatu sistem alternatif dalam pemesanan dan pengeluaran barang pada suatu daerah yang dapat dibagi menjadi zona. Sistem tersebut dikategorikan sebagai jaringan antrian yang

memungkinkan estimasi pemesanan yang cepat melalui rata-rata kerja dalam proses aliran barang digudang. Perkiraan dalam menentukan *zoning* dapat digunakan untuk menentukan jumlah zona dan ukuran sistem serta meneliti konfigurasi dari lorong atau gang dari kebijakan *block stacking*. Hal tersebut dapat menunjukkan bahwa jumlah item pada pemesanan dan kebijakan penyimpanan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap rata-rata jarak yang ditempuh selama perjalanan dalam zona yang ditentukan.

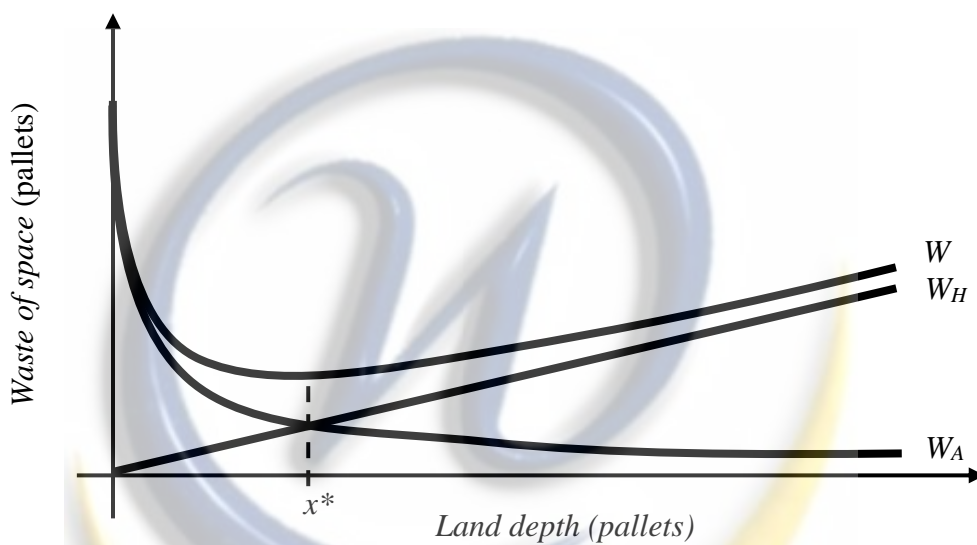
Cara menyeimbangkan beban kerja antara menyesuaikan zona ukuran untuk suatu produk fluktuasi dengan volume *order* dalam sistem zonasi yang progresif. Ini dapat menentukan jumlah optimal zona dalam sistem zonasi yang disinkronkan seperti total *order picking* dan waktu perakitan diminimalkan. Sebuah alternatif untuk zonasi progresif dengan ukuran zona tetap, akan menjadi cara yang lebih dinamis pada zona ukuran dalam pemilihan zona. Koordinat pekerja yang semakin merakit produk sepanjang garis aliran.

### **2.4.3 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 *lane* 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. Ada tiga tipe pemborosan ruang yang sering terjadi:

- a. Pemborosan ruang yang diakibatkan oleh *honeycombing* ( $W_H$ )
- b. Pemborosan ruang yang digunakan untuk gang-gang ( $W_A$ )
- c. Pemborosan ruang penyimpanan kosong diatas jalur yang dipakai ( $W_U$ )



**Gambar 2. 1** Grafik Jumlah Pemborosan Ruang  
(Sumber: *Derhami, et.al., 2016*)

Ada beberapa kondisi yang sering terjadi pada sistem pergudangan. Kasus yang sering dihadapi pada suatu sistem gudang *site* suatu proyek adalah dimana  $P = \infty$ , dimana semua barang yang dibutuhkan untuk suatu proyek datang pada saat bersamaan. Rumus yang digunakan untuk menghitung *optimal lane depth* adalah sebagai berikut:

$$x^* \approx \sqrt{\frac{Qa}{z}} - \frac{a}{2}$$

Adapun rumus-rumus lain yang digunakan dalam metode *block stacking* ini adalah sebagai berikut:



Rumus untuk menghitung *maximum number of lane*:

$$K = \frac{Q}{zx}$$

Rumus untuk menghitung *waste of storage space caused by honeycombing*:

$$W_H \approx \left(\frac{1}{\lambda}\right) \left(\frac{Q(zx - 1)}{2}\right)$$

Rumus untuk menghitung *waste of storage space dedicated to the aisles*:

$$W_A \approx \left(\frac{1}{\lambda}\right) \left( (Q(K + 1) - \left(\frac{K(K + 1)}{2}\right)zx) \left(\frac{az}{2}\right) \right)$$

Rumus untuk menghitung *occupied space time*:

$$O_T \approx \left(\frac{1}{\lambda}\right) \left(\frac{Q(Q - 1)}{2}\right)$$

Rumus untuk menghitung *space utilization*:

$$U \approx \left(\frac{O_T}{O_T + W_A + W_H}\right)$$

Rumus untuk menghitung *average waste of storage space*:

$$W \approx \left(\frac{1}{4x}\right) (Qa - 2x + zx(2x + a))$$

Penyelesaian perhitungan diatas tidak terlepas dari variabel-variabel yang harus diketahui terlebih dahulu dalam setiap perhitungan yang dilakukan. Berikut notasi-notasi yang ada dalam perhitungan menggunakan metode *block stacking* ini, yang selanjutnya akan digunakan untuk perhitungan yang dilanjutkan sebagai data penentuan tata letak fasilitas gudang yang akan dirancang.

$P$  = *production rate (in units of pallet / time)*

$\lambda$  = *depletion rate (in units of pallet / time)*

$x$  = *lane depth (in u. its of pallet)*

$x^*$  = *optimal lane depth for single SKU (in units of pallet)*

$z$  = stackable height (in units of pallet)

$Q$  = production (arrival) batch quantity (in units of pallet)

$H$  = maximum inventory level (approximation)

$K$  = maximum number of lanes required for storage (approximation)

$a$  = aisle width (in units of pallets)

$h$  = height of a pallet of a SKU (in units of distance i.e., inch, cm)

$T$  = inventory cycle time

$O_T$  = occupied space-time in the inventory cycle time (pallets)

$U$  = space utilization (single SKU)

$W_H$  = waste of storage space caused by honeycombing (pallets)

## 2.5 Alat-Alat Material Handling

Gudang selalu terkait dengan *loading* dan *unloading* material., dimana dalam setiap proses tersebut bisa dilakukan dalam keadaan aman. Salah satu faktor yang menentukan keselamatan proses *loading* dan *unloading* material adalah cara *material handling*. Persiapan yang harus dilakukan sebelum melakukan proses *material handling* adalah menentukan alat yang akan digunakan. Alat-alat yang digunakan harus sesuai dengan beban yang akan diangkut, besar barang yang akan diangkut dan keterampilan operator dalam menggunakan alat tersebut. Alat-alat yang sering digunakan dalam proses *material handling* seperti *hand lift*, *fork lift* dan *crane*. Dibawah ini merupakan contoh proses *material handling* yang digunakan di gudang *site* PT Len Industri.



**Gambar 5. 1** *Material Handling* menggunakan *Forklift*  
(Sumber: PT Len Industri, 2018)

*Forklift* yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Merk : Komatsu CX50

Kapasitas : 5 ton

*Power Type* : Diesel

*Travel Speed* : 25 km/h

*Lifting Speed* : 470mm/detik

Detail spesifikasi secara lengkap lihat Lampiran 7.



**Gambar 5. 2** *Material Handling menggunakan Crane*  
(Sumber: PT Len Industri, 2018)

Crane yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Merk : Kato KA5160

Kapasitas *Lifting* : 130ton x 2,5m

*Max. Traveling Speed* : 75km/h

*Min. Turning Radius* : 10,4m

Detail spesifikasi secara lengkap lihat Lampiran 8.