

Bab 4. Tinjauan Pustaka

4.1 Operasi Pergudangan

4.1.1 Definisi Gudang

Gudang atau *storage* merupakan tempat menyimpan barang baik bahan baku yang akan dilakukan proses manufakturing, maupun barang jadi yang siap dipasarkan. Sedangkan pergudangan tidak hanya kegiatan penyimpanan barang saja, melainkan proses penanganan barang mulai dari penerimaan barang, pencatatan, penyimpanan, pemilihan, penyortiran, pelabelan, sampai dengan proses pengiriman barang (Purnomo, 2004).

Sistem produksi tepat waktu akan menjadikan operasi pergudangan seperti proses penerimaan barang, pencatatan dan proses pergudangan lainnya dilakukan seefektif dan seakurat mungkin. Empat hal utama dalam pergudangan yang saling terkait dan sangat penting antara lain :

1. Transportasi
2. Produksi
3. Pelayanan pelanggan
4. Biaya logistik

4.1.2 Misi Pergudangan

Sebagai fasilitas pelayanan produksi, pergudangan mempunyai misi antara lain sebagai berikut :

1. Sebagai penyeimbang dan penyangga bervariasinya antara jadwal produksi dan permintaan. Pergudangan biasanya ditempatkan dekat dengan titik proses produksi. Frekuensi aktivitas penambahan persediaan dilakukan dalam periode bulanan sampai tiga bulanan.
2. Sebagai produk *mixing*. Digunakan untuk menghimpun dan penggabungan produk dari berbagai macam proses produksi dari suatu perusahaan atau beberapa perusahaan sebelum dikirim kepada pelanggan.

3. Pergudangan akan memperpendek jarak transportasi dalam pendistribusian barang. Dengan frekuensi pengambilan item dan pengirimannya ke pelanggan dilakukan setiap hari (Purnomo, 2004)

4.1.3 Fungsi Gudang

Tujuan dari adanya tempat penyimpanan dan fungsi dari pergudangan secara umum adalah memaksimalkan penggunaan sumber-sumber yang ada disamping memaksimalkan pelayanan terhadap pelanggan dengan sumber yang terbatas. Dalam perancangan gudang dan sistem pergudangan diperlukan hal-hal berikut ini (Purnomo, 2004) :

1. Memaksimalkan penggunaan ruangan
2. Memaksimalkan penggunaan peralatan
3. Memaksimalkan penggunaan tenaga kerja
4. Memaksimalkan kemudahan dalam penerimaan seluruh material dan pengiriman barang
5. Memaksimalkan perlindungan terhadap material

Tujuan umum dari metode penyimpanan barang (Apple, 1990) :

1. Penggunaan volume bangunan yang maksimum
2. Penggunaan waktu, buruh dan perlengkapan yang benar
3. Kemudahan pencapaian bahan
4. Pengangkutan bahan yang cepat dan mudah
5. Identifikasi barang yang baik
6. Pemeliharaan barang yang baik
7. Penampilan yang rapi dan tersusun.

4.1.4 Jenis Gudang

Terdapat beberapa jenis tempat penyimpanan yaitu antara lain :

1. Gudang bahan baku
2. Gudang komponen/suku cadang/barang dalam proses
3. Gudang barang produk jadi
4. Gudang pemasok kantor
5. Gudang peralatan

Dari beberapa macam gudang diatas, gudang bahan baku dan gudang komponen, serta barang jadi memerlukan ruangan dan perhatian yang lebih dominan. Ruangan yang diperlukan untuk proses penyimpanan tergantung dari keputusan manajemen perusahaan dalam hal persediaan.

Sedang menurut tenggang waktu penyimpanan, tempat penyimpanan/gudang dapat dibedakan atas gudang secara *temporare* dan gudang semi permanen. *Temporare* dalam arti barang disimpan/ditempatkan hanya untuk sementara waktu menunggu proses operasi berikutnya. Penyimpanan semi permanen merupakan proses penyimpanan barang jadi yang siap dilakukan pengiriman.(Purnomo, 2004)

1. Penyimpanaan sementara

Suatu proses produksi yang dilakukan dengan melewati beberapa operasi akan menghasilkan barang setengah jadi, yaitu barang yang harus menunggu dilakukannya proses operasi berikutnya. Untuk barang setengah jadi, tempat penyimpanan bisa dilakukan dengan dua cara, yang pertama yaitu barang disimpan pada tempat tertentu dalam periode yang agak panjang sampai barang tersebut diperlukan. Sebagian besar penyimpanan barang setengah jadi dilakukan demikian. Yang kedua adalah dengan menaruh barang setengah jadi diantara tempat kerja atau mesin-mesin. Hal ini dapat dilakukan mengingat barang tersebut dalam waktu yang relatif tidak lama segera dilakukan proses operasi berikutnya.

2. Penyimpanan semi permanen

Penyimpanan semi permanen merupakan penyimpanan untuk barang-barang menunggu perintah dikeluarkan dari tempat penyimpanan. Yang termasuk barang-barang ini adalah barang produk jadi, barang sisa, scrap dan barang buangan perlu disimpan karena seringkali barang tersebut masih digunakan sebagai bahan baku utama dari perusahaan lain.

4.1.5 Manfaat Pergudangan

Secara garis besar manfaat pergudangan antara lain (Purnomo, 2004):

1. *Manufacturing support* (pendukung proses produksi). Operasi pergudangan mempunyai peranan sangat penting dalam proses produksi. Sistem administrasi, proses penyimpanan, transportasi dan *material handling*, serta aktivitas lain dalam pergudangan diatur sedemikian hingga proses produksi berlangsung sesuai dengan target yang hendak dicapai.
2. *Product mixing*. Menerima pengiriman barang berbagai macam dalam jumlah besar dari berbagai sumber dan dengan sistem *material handling* baik otomatis maupun manual dilakukan penyortiran dan menyiapkan pesanan pelanggan selanjutnya mengirimnya ke pelanggan.
3. Sebagai perlindungan terhadap barang. Gudang merupakan jenis peralatan/ tempat dengan sistem pengamanan yang dapat diandalkan. Dengan demikian barang akan mendapatkan jaminan keamanan baik dari bahaya pencurian, kebakaran, banjir serta problem keamanan lainnya.
4. Dalam sistem pergudangan, material yang berbahaya dan material yang tercemar akan dipisahkan. Beberapa material ada yang beresiko membahayakan dan menimbulkan pencemaran, untuk itu dengan menggunakan kode keamanan tidak diizinkan material yang beresiko tersebut di tempatkan dekat dengan lokasi pabrik.
5. Sebagai persediaan. Untuk melakukan peramalan permintaan produk yang akurat merupakan hal yang sulit. Agar dapat melayani pelanggan setiap waktu operasi pergudangan dapat digunakan sebagai alternatif tempat persediaan barang.

4.1.6 Aliran Gerak Barang dalam Pergudangan

Menurut aliran kerja dari pergudangan, fungsi pergudangan merupakan rangkaian dari aktivitas-aktivitas berikut ini (Purnomo, 2004).

1. *Receiving*, yaitu melakukan penerimaan bahan dari pemasok

2. *Prepackaging*. Setiap bahan yang diterima setelah dilakukan aktivitas administrasi (pencatatan material masuk) selanjutnya dilakukan pengepakan. Pengepakan bisa dilakukan satu persatu dari satu komponen, bisa juga dikombinasikan dengan komponen lainnya.
3. *Putaway*. Material yang sudah dilakukan pengepakan (kemasan) ditempatkan pada tempat penyimpanan sebelum dilakukan proses selanjutnya.
4. *Storage/Gudang*, merupakan proses penahanan barang sambil menunggu permintaan. Bentuk gudang tergantung ukuran dan kuantitas item didalam persediaan dan karakter dari proses pemindahan/penanganan produk.
5. *Orderpicking*. Merupakan proses pemindahan/pengambilan komponen dari tempat penyimpanan (misalnya dari palet rak), memilih dan mengetahui sejauh mana barang sesuai dengan permintaan.
6. Pengepakan dan atau pemberian harga. Proses ini dilakukan setelah proses pemungutan/pengambilan barang dari tempat penyimpanan. Sama halnya dalam aktivitas *prepacking*, item-item barang baik secara individu maupun kombinasi dari beberapa item barang dilakukan pengepakan. Kemudian dilakukan penetapan daftar harga barang.
7. *Sortation*, merupakan Proses penyortiran barang yang tidak sesuai dengan spesifikasi pesanan.
8. Proses pemuatan dan pengiriman. Sebelum dilakukan pengepakan dan pengirimasn ke pelanggan, maka terlebih dahulu dilakukan pengecekan barang yang akan dilempar ke pasar, kemudian dipak didalam kontainer yang sesuai., dengan meneliti dokumen-dokumen pengiriman termasuk *packing list*, pelabelan alamat dan *bill of loading*. Tugas lain adalah menimbang berat untuk menentukan biaya pengiriman, dan memuatnya kedalam alat angkut.

4.1.7 Fasilitas yang Diperlukan untuk Pergudangan

Untuk menjamin kelancaran operasi penerimaan, maka beberapa fasilitas yang harus ada di dalam pergudangan antara lain adalah (Purnomo, 2004):

1. Area yang cukup digunakan untuk menempatkan alat angkutan
2. *Dock door* atau pintu dermaga sesuai dengan alat angkut yang biasa keluar masuk pabrik
3. *Dock board*, yaitu suatu alat sebagai jembatan penghubung antara lantai *dock* (dermaga) dan lantai trailer, untuk memudahkan perpindahan material dari trailer ke dermaga
4. Area untuk palet atau peti kemas barang produk
5. Area untuk penempatan produk sebelum dilakukan pengiriman
6. Suatu kantor untuk kegiatan administrasi
7. Serta fasilitas lain, seperti area untuk gang (*aisle*), jalan masuk dan sebagainya.

4.1.8 Model Tata Letak Pergudangan

Model tata letak pergudangan adalah penentuan lokasi produk yang disimpan di gudang. Model yang digunakan dalam penyimpanan produk pada suatu gudang dengan mempertimbangkan jarak *rectilinear*. Formulasi yang digunakan adalah:

$$\text{Minimize} = \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^m \frac{F_j}{L_j} \sum_{i=1}^n p_i d_{ik} x_{jk}$$

Kendala:

$$\sum_{j=1}^q x_{jk} = 1 \quad k = 1, \dots, m$$

$$\sum_{k=1}^m x_{jk} = L_j \quad j = 1, \dots, q$$

$x_{jk} = (0,1)$ untuk semua j dan k

Dengan:

q = Jumlah produk

- m = Jumlah lokasi penyimpanan
 n = Jumlah dock (lokasi input/output)
 L_j = Jumlah lokasi penyimpanan untuk produk j
 F_j = Jumlah perpindahan /laju masuk/keluar penyimpanan untuk produk j
 P_i = Prosentase perpindahan masuk/keluar penyimpanan dari/ke titik i (dock)

Titik i/O atau dock i mempunyai peluang yang sama untuk memindahkan produk dari beberapa lokasi penyimpanan untuk produk j

$$f_k = \sum_{i=1}^n p_i d_{ik}$$

f_k = Jarak perpindahan antara lokasi penyimpanan dan dock

Untuk meminimasi total jarak perpindahan dilakukan dengan :

1. Menghitung f_k untuk setiap lokasi penyimpanan
2. Menentukan jumlah produk yang disimpan untuk setiap produk
3. Menyimpan produk 1 ke lokasi penyimpanan 1 yang mempunyai nilai f_k terkecil

4.2 Material Handling

4.2.1 Pengertian Material Handling

Terdapat banyak definisi atau pengertian untuk *material handling*. Secara umum ada dua definisi yaitu :

1. *Material handling* adalah seni dan ilmu pengetahuan dari perpindahan, penyimpanan, perlindungan dan pengawasan material.
 - Seni. *Material handling* dapat dinyatakan sebagai seni karena masalah-masalah *material handling* tidak dapat secara eksplisit diselesaikan semata-mata dengan formula atau model matematika.

- Ilmu pengetahuan. *Material handling* dapat dinyatakan sebagai ilmu pengetahuan karena menyangkut metode *engineering*. Mendefinisikan masalah, mengumpulkan dan menganalisis data, membuat alternatif solusi, evaluasi alternatif, memilih dan mengimplementasikan alternatif terbaik merupakan integral dari penyelesaian masalah *material handling* dan proses perancangan sistem.
- Perpindahan. Perpindahan material membutuhkan waktu dan memerlukan penggunaan tempat (yaitu penanganan material digunakan pada waktu yang tepat dan pada waktu yang benar). Perpindahan material memerlukan kesesuaian antara ukuran, bentuk, berat dan kondisi material dengan lintasannya dan analisis frekuensi gerakan.
- Penyimpanan. Penyimpanan material sebagai penyangga antar operasi, memudahkan dalam pekerjaan manusia dan mesin. Yang perlu dipertimbangkan dalam penyimpanan material antara lain, ukuran berat, kondisi dan kemampuan tumpukan material, keperluan untuk mengambil dan menempatkan material, kendala-kendala bangunan seperti beban lantai, kondisi lantai, jarak antar kolom dan tinggi bangunan.
- Perlindungan. Yang termasuk dalam perlindungan material antara lain pengawasan, pengepakan, dan pengelompokan material untuk melindungi kerusakan dan kehilangan material. Sistem *material handling* harus dirancang untuk meminimasi keperluan pengawasan dan untuk menurunkan biaya.
- Pengawasan. Pengawasan material terdiri dari pengawasan fisik dan pengawasan status material. Pengawasan fisik adalah pengawasan yang berorientasi pada susunan dan jarak penempatan antar material. Sedang pengawasan status adalah pengawasan tentang lokasi, jumlah tujuan, kepemilikan, keaslian dan jadwal material.

- Material. Secara luas, material dapat berbentuk bubuk, padat, cair dan gas. Sistem penanganan diantara bentuk material mempunyai perlakuan yang berbeda diantara bentuk material.
2. *Material handling* mempunyai arti penanganan material dalam jumlah yang tepat dari material yang sesuai dalam kondisi yang baik pada tempat yang cocok, pada waktu yang tepat dalam posisi yang benar, dalam urutan yang sesuai dan biaya yang murah dengan menggunakan metode yang benar. Jika digunakan metode yang sesuai, maka sistem *material handling* akan terjamin/aman dan bebas dari kerusakan (Purnomo, 2004)

4.2.2 Tujuan Material Handling

Tujuan utama dari perencanaan *material handling* adalah untuk mengurangi biaya produksi. Beberapa tujuan dari sistem *material handling* antara lain (Purnomo,2004) :

1. Menjaga atau mengembangkan kualitas produk, mengurangi kerusakan, dan memberikan perlindungan terhadap material.
2. Meningkatkan keamanan dan mengembangkan kondisi kerja.
3. Meningkatkan produktivitas:
 - a. Material akan mengalir pada garis lurus
 - b. Material akan berpindah dengan jarak sedekat mungkin
 - c. Perpindahan sejumlah material pada satu kali waktu
 - d. Mekanisasi penanganan material
 - e. Otomasi penanganan material
 - f. Menjaga atau mengembangkan rasio antara produksi dan penanganan material
 - g. Meningkatkan muatan/beban dengan penggunaan peralatan *material handling*
4. Meningkatkan tingkat penggunaan fasilitas :
 - a. Meningkatkan penggunaan bangunan
 - b. Pengadaan peralatan serbaguna

- c. Standardisasi peralatan *material handling*
 - d. Menjaga dan menempatkan seluruh peralatan sesuai kebutuhan dan mengembangkan program pemeliharaan preventif
 - e. Integrasi seluruh peralatan *material handling* dalam suatu sistem
5. Mengurangi bobot mati
 6. Sebagai pengawasan persediaan

4.2.3 Prinsip-prinsip *Material Handling*

Dua puluh prinsip *material handling* adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan: Semua perencanaan material dan aktivitas-aktivitas penyimpanan untuk mendapatkan efisiensi operasi semaksimal mungkin.
2. Sistem aliran: Mengintegrasikan sebanyak mungkin aktivitas penanganan dan mengkoordinasikan sistem operasi meliputi agen, penerimaan, penyimpanan produksi, inspeksi pengawasan, transportasi dan konsumen.
3. Aliran material: Merencanakan urutan operasi dan tata letak produk untuk mengoptimalkan aliran barang.
4. Penyederhanaan: Menyederhanakan penanganan dengan cara mengurangi, menghilangkan dan menggabungkan pemindahan.
5. Gravitasi: Menggunakan gravitasi untuk memindahkan barang jika mungkin.
6. Memanfaatkan ruangan: Memanfaatkan volume bangunan seoptimal mungkin.
7. Ukuran satuan: Meningkatkan jumlah ukuran, berat beban atau tingkat aliran.
8. Mekanisasi: Mengoperasikan penanganan secara mekanik.
9. Otomasi: Menggunakan peralatan otomatis untuk produksi, penanganan dan penyimpanan.
10. Pemilihan peralatan: Dalam pemilihan peralatan mempertimbangkan semua aspek penanganan material, pemindahan dan metode yang digunakan.

11. Standardisasi: Standardisasi metode penanganan, jenis dan ukuran peralatan penanganan.
12. Kemampuan adaptasi: Menggunakan metode dan peralatan yang dapat menjalankan berbagai macam tugas dan penerapan yang baik.
13. Bobot mati: Mengurangi perbandingan bobot mati dari peralatan penanganan yang bergerak terhadap beban yang dibawa.
14. Utilisasi: Merencanakan pemakaian peralatan penanganan dan *man power* atau sumber tenaga daya manusia secara optimum.
15. Perawatan: Merencanakan perawatan pencegahan dan jadwal perbaikan dari semua peralatan penanganan.
16. Keuangan: Mengganti metode dan peralatan penanganan yang usang dan jika ada metode atau peralatan yang lebih efisien akan meningkatkan operasi.
17. Pengawasan: Menggunakan aktivitas penanganan material untuk mengendalikan persediaan dan penanganan biaya.
18. Kapasitas: Menggunakan peralatan penanganan untuk membantu dalam mencapai kapasitas produksi yang diinginkan.
19. Efektifitas: Menentukan efektifitas kinerja penanganan dalam bentuk biaya persatuan yang ditangani.
20. Keamanan: Menetapkan metode dan peralatan yang sesuai untuk keamanan penanganan.

Prinsip-prinsip ini dapat disusun ringkas untuk mencapai tujuan tertentu. Sebagai contoh prinsip untuk menurunkan biaya penanganan, salah satunya harus mengurangi penanganan yang tidak diperlukan dengan cara merencanakan perpindahan material dengan tepat, pengiriman satuan ketempat satuan yang dituju dilakukan pertama kali tanpa singgah ke tempat lain, gunakan *material handling* secara tepat, mengganti peralatan yang rusak dengan yang baru, sistem yang lebih efisien dan dengan mengurangi rasio beban mati terhadap muatan/beban yang dibawa.

Prinsip untuk meningkatkan produktivitas dilakukan dengan meminimumkan waktu tunggu operator mesin, dengan mengirim bahan baku

dan sub *assembling* bila diperlukan dan dengan mempertahankan gerakan yang stabil dari laju kerja yang dipadukan dengan laju operator mesin.

Prinsip untuk memproduktifkan tenaga kerja dilakukan dengan menghilangkan aktivitas-aktivitas tidak produktif dihubungkan dengan penanganan material secara tepat, dengan mengeluarkan komponen yang rusak dari lintasan perakitan sebelum mencapai stasiun kerja, tidak menggunakan peralatan khusus dan tidak standar, dan dengan menyelaraskan perpindahan material di lingkungan pabrik.

Prinsip yang dapat mengurangi penggunaan luas lantai dilakukan dengan menggunakan peralatan penanganan material dan jadwal produksi yang akan diperlukan untuk meminimumkan jumlah barang di lantai dengan menyimpan material di tempat yang tidak menghalangi lintasan produksi, dengan menyusun tata letak pabrik agar supaya aliran material antar stasiun dapat lancar (Apple, 1990).

4.2.4 Pola-pola Aliran Umum Gerak Barang

Pola aliran ini menggambarkan barang masuk sampai barang keluar gudang. Beberapa pola aliran umum adalah (Purnomo, 2004):

1. Pola aliran garis lurus (*Straight line*) digunakan untuk proses pemindahan barang berlangsung pendek dan sederhana.
2. Pola aliran serpentine atau zig-zag (*S-Shaped*) dapat diterapkan jika lintasan lebih panjang dari ruangan yang dapat ditempatinya.
3. Pola aliran bentuk U (*U-Shaped*) digunakan jika aliran masuk barang dan aliran keluarnya barang pada lokasi yang relatif sama.
4. Pola aliran melingkar (*Circular*) digunakan jika keluar masuknya barang pada satu tempat/satu pintu, kondisi ini untuk memudahkan dalam pengawasan keluar masuknya barang.
5. Pola aliran bersudut ganjil (*Old angle*) merupakan pola tak tentu, tetapi sering digunakan untuk kondisi-kondisi seperti:
 - a) Bilamana tujuan utamanya adalah untuk memperpendek lintasan aliran antar kelompok dari wilayah yang berdekatan.

- b) Bilamana proses *handling* dilaksanakan secara mekanis.
- c) Bilamana keterbatasan ruangan menyebabkan pola aliran yang lain terpaksa tidak dapat diterapkan.
- d) Bilamana lokasi permanen dari fasilitas yang ada menuntut pola seperti itu.

4.2.5 Jalan Lintasan (*Aisle*) Didalam Pemindahahan Barang

Jalan lintasan atau *aisle* dalam gudang dipergunakan terutama untuk dua hal yaitu komunikasi dan transportasi. Perencanaan yang baik dari pada jalan lintasan ini akan banyak menentukan proses gerakan perpindahan dari personil, barang ataupun peralatan pemindah. Dengan demikian maka jalan lintasan ini dalam pabrik maupun gudang akan dipergunakan antara lain:

- *Material handling*
- Gerakan perpindahan personil
- *Finished good product handling*
- Pembuangan sekrap dan limbah industri lainnya
- Pemindahan peralatan produksi baik untuk pergantian baru maupun untuk perawatan
- Kondisi-kondisi darurat semacam kebakaran dan lain-lain

Didalam penentuan lokasi dari jalan lintasan ini maka akan dijumpai dua macam problema utama yaitu:

- Di lokasi mana jalan lintasan tersebut akan ditempatkan
- Berapa lebar jalan lintasan yang sebaiknya diambil

Pada dasarnya ada dua macam jalan lintasan yang umum dijumpai dalam suatu pabrik yaitu jalan lintasan utama (*main aisle*) dan jalan lintasan intern departemen (*departmental aisle*). Jalan lintasan utama disebut juga dengan *back-bone aisle* dipakai untuk lalu lintas perpindahan bahan dari satu departemen ke departemen yang lain dan juga perpindahan bahan dari luar ke dalam pabrik dan sebaliknya. Sedangkan jalan lintasan intern departemen dipergunakan untuk gerakan perpindahan bahan di dalam departemen itu sendiri.

Suatu pabrik umumnya mempunyai sekurang-kurangnya satu jalan lintasan utama yang ditempatkan pada/atau dekat tengah-tengah bangunan (*center of building*) dan mempunyai lebar sekitar 10 sampai 20 feet atau sekitar 3 sampai 7 meter tergantung pada kebutuhan dan luas area pabrik yang ada. Pada tabel 6.1 dapat dilihat standart lebar dari jalan lintasan yang direkomendasikan untuk dipakai dengan mengingat macam lalu lintas yang akan melewatinya.

Lebar beban (*load width*) disini menunjukkan lebar dari standart pallets dan skids yang sering digunakan bersama-sama pesawat pengangkat yang disebutkan. Demikian juga lebar jalan lintasan (*aisle width*) yang ditetapkan disini seharusnya disesuaikan lagi dengan kondisi *personel traffic* yang bersama-sama akan ikut melintasi jalan (Wignjosoebroto, 1996).

Tabel 4.1 Standar Lebar Jalan Lintasan yang Direkomendasikan

| Macam lalu lintas | Lebar beban/bahan yang melintas (meter) | Lebar jalan lintasan (meter) |
|--|---|------------------------------|
| 1. Hanya orang yang bergerak melintasi dalam dua arah | - | 1,00 |
| 2. Jalan lintasan antar departemen yang akan dilewati orang dan gerobak/kereta dorong (2 roda), satu arah dan tidak bisa untuk putar balik | 0,75 | 1,50 |
| 3. Truk pengirim barang dimana orang/karyawan gudang harus bergerak mengelilingi truk saat melakukan kegiatan | 1,50 | 2,0 |
| 4. Jalan lintas satu arah yang dilewati <i>forklift</i> truk | 1,50 | 2,25 |
| 5. Jalan lintas dua arah yang dilewati <i>forklift</i> truk | 3,00 | 4,50 |
| 6. Jalan lintas dua arah yang dilewati <i>tractor-trailer train</i> | 3,00 | 4,50 |
| 7. Jalan lintas dua arah yang dilewati <i>mobile crane</i> atau <i>truck</i> besar | - | 5,00 |

(Sumber: Sritomo W. hal.224)

4.2.6 Jenis Peralatan Material Handling

Terdapat empat jenis peralatan pemindah: (1) penghantar, (2) derek dan kerekan, (3) truk, (4) peralatan tambahan. Untuk masing-masing jenis klasifikasi lebih lanjut yaitu (Apple, 1990) :

1. Penghantar. Peralatan yang menggunakan gaya berat atau tenaga (mesin) biasanya digunakan untuk memindahkan muatan merata dari tempat ke tempat yang lain sepanjang satuan lintasan tetap, dengan fungsi utama menghantar. Contoh peralatan yang digunakan antara lain :

- a. Roda penghantar
- b. Sabuk penghantar
- c. Corong
- d. Rantai penghantar
- e. Keranjang penghantar
- f. Penghantar pneumatik
- g. *Conveyor* (ban berjalan)

2. Derek dan kerekan. Peralatan layang digunakan untuk memindahkan berbagai beban atau muatan secara serentak dan terputus-putus antara dua tempat yang tetap, melalui dukungan dan pengarah rel, dengan fungsi utama memindahkan. Contoh peralatan yang digunakan antara lain :

- a. Derek-layang pemindah
- b. Derek jembatan
- c. Derek dinding
- d. Kerekan
- e. Derek penumpuk
- f. Monorel
- g. *Cranes* (derek) dan *hoists* (kerekan)

3. Truk industri. Kendaraan tangan atau bermesin yang digunakan untuk memindahkan beban campuran atau sejenis secara serentak sepanjang berbagai lintasan yang mempunyai permukaan dapat dilalui, dengan fungsi utama mengangkut. Contoh peralatan yang digunakan antara lain :

- a. Truk pengangkat (*fork lift trucks*)

- b. Truk anjungan (*fork trucks*)
 - c. Truk tangan beroda dua (*hand trucks*)
 - d. Kereta traktor-gandengan (*trailer trains*)
 - e. Truk tangan penumpuk
 - f. Truk dorong
 - g. *Automated guided vehicles* (AGV)
4. Perlengkapan tambahan. Peralatan atau penunjang yang digunakan dengan peralatan pemindah agar lebih mudah dalam pemakaiannya. Contoh perlengkapan yang digunakan antara lain :
- a. Palet, gerobak
 - b. Peti kemas
 - c. Peralatan kait
 - d. Penunjang truk-pengangkat
 - e. Papan galangan dan pengaras
 - f. Pemuat dan penurun muatan palet
 - g. Penempat, peletak
 - h. Peralatan penimbang

4.2.7 Peti-Kemas (*Containerization*)

Peti-kemas menunjukkan pengelompokan karton-karton induk untuk penanganan atau pengangkutan. Konsep peti-kemas meliputi semua bentuk penyatuan (*Unitization*), dari penggabungan dari 2 karton induk sampai kepada pemakaian TOFC khusus atau pengaturan transport terkoordinir lainnya. Semua peti-kemas ini hanya mempunyai satu tujuan pokok, yaitu meningkatkan efisiensi penanganan material dalam sistem operasi logistik. Peti-kemas dibagi menjadi dua yaitu peti-kemas yang tak kaku (*Nonrigid containerization*) dan peti-kemas kaku (*Rigid containerization*). (Bowersox, 2002)

1. Peti-kemas yang tak kaku (*Nonrigid containerization*)

Peti-kemas yang tak kaku (*Nonrigid containerization*) ini tidak dilindungi oleh penutup yang lengkap. Variasinya yang paling lazim adalah

menumpukkan karton-karton induk diatas pallet untuk maksud penanganan material. Pallet adalah sebuah landasan atau anjungan mendatar yang digunakan sebagai landasan untuk merakit, menyimpan dan memindahkan barang sebagai satu satuan muatan dan biasanya terdiri atas dua permukaan rata yang dipisahkan oleh tiga balok. Ciri-ciri pallet antara lain (Apple, 1990) :

1. Dapat diperlebar, serbaguna, atau untuk pemakaian khusus
2. Dapat bermuka dua atau tunggal
3. Dapat berbalik rendah dengan sayap tunggal atau ganda
4. dapat mempunyai satu, dua atau empat arah pemasukan
5. Terbuat dari kayu, kayu lapis, logam, plastik dan lain sebagainya
6. Melindungi barang yang sedang dipindah dari kerusakan, kebocoran dan lainnya
7. Mempermudah penyimpanan
8. Meningkatkan kebersihan dan pemeliharaan barang
9. Menyimpan barang tidak pada lantai (lepas pada lantai) sehingga mudah dipindahkan
10. Berguna untuk :
 - Sistem yang menggunakan banyak truk-bergarpu
 - Pemanfaatan barang
 - Pemanfaatan kubik bangunan
 - Meningkatkan ukuran muatan
 - Mengurangi pemindahan barang-barang secara satu demi satu
 - Meminimumkan pengepakan barang-barang secara satu demi satu

a. Tipe dan Ukuran Pallet

Kebanyakan asosiasi memilih suatu ukuran pallet yang standar untuk dipakai seluas mungkin oleh perusahaan-perusahaan besar dalam industri itu. Misalnya (*Grocery manufacturers of America* = Pengusaha pangan Amerika) telah menerima atau mengambil ukuran pallet 40 kali 48 inci dengan 4 jalan masuk sebagai konfigurasi yang diusulkan untuk distribusi pangan. Ukuran yang paling sering dipakai adalah 40 kali 48

inci, 32 kali 40 inci dan 32 kali 36 inci. Jika sebuah pallet memberikan 4 jalan masuk (*four-way-entry*), maka pallet itu dapat digerakkan oleh peralatan penanganan dari sisi mana saja.

Semakin besar sebuah pallet maka semakin ekonomis. Penentuan ukuran pallet didasarkan atas ukuran muatan, kecocokannya (*Comptability*) dengan peralatan penanganan dan transport yang dipakai diseluruh sistem logistik, dan praktek-praktek industri yang standard. Berbagai material yang dapat dipakai untuk membuat pallet adalah kayu keras (*hardwood*), tetapi ada juga yang terbuat dari baja, plastik, alumunium dan berbagai material sintetis.

b. Penumpukan Karton Induk

Ada 4 metode penumpukan yang dipakai dalam menyusun karton induk diatas pallet yaitu penumpukan dengan bentuk balok, bata, baris dan roda-jepit. Metode balok dipakai untuk karton yang sama lebar dan panjangnya. Jika panjang dan lebarnya berbeda yang dipakai adalah pola bata, baris dan roda-jepit. Untuk metode bata, baris dan roda-jepit karton-karton yang ditempatkan diatas pallet dengan susunan dalam pola saling mengunci (*interlocking*) dengan tingkat-tingkat yang berdekatan pada sudut 90^0 satu sama lainnya. Stabilitas muatan akan meningkat dengan susunan saling mengunci (*interlocking*).

c. Pengamanan Muatan Pallet

Stabilitas pola pallet itu belum menjamin pengamanan muatan itu sementara pallet ditangani (*handled*) atau sewaktu dalam perjalanan. Metode-metode yang standard untuk menambah stabilitasnya meliputi pengikatan dengan tali, tiang-tiang disudut, lilitan baja, penggandengan dan pengeleman (*glue bonding*).

d. Penentuan Posisi Pallet

Untuk menentukan posisi pallet ada dua metode yaitu posisi 90^0 atau persegi dan posisi menyudut (*angle*). Posisi 90^0 atau persegi berarti pallet diletakkan tegak lurus pada gang (*perpendicular to the aisle*). Penempatan posisi menyudut berarti pallet ditempatkan pada suatu sudut.

Sudut-sudut yang dipakai berkisar antara 10° sampai 45° dengan $26,5^{\circ}$ yang paling lazim. Metode persegi digunakan dalam gudang-gudang yang mula-mula karena mudahnya denahnya. Sedangkan metode menyudut memberikan potensi yang lebih besar untuk efisiensi operasi. Lebar gang dapat dikurangi karena truk *fork-lift* dapat meletakkan pallet dalam sistem penempatan sudut ini tanpa perlu memutar penuh 90° . Efisiensi operasi meningkat karena mudahnya penempatan yang disebabkan oleh pendeknya pemutaran. Dalam keadaan tertentu, gang-gang yang dikurangi (*reduced aisles*) dapat mengimbangi kerugian karena penyudutan (*losses due to angling*). (Bowersox, 2002).

2. Peti Kemas Kaku (*Rigid containerization*)

Peti Kemas Kaku (*Rigid containerization*) adalah kotak didalam dimana ditempatkan karton-karton induk atau produk-produk lepas (*loose product*) selama dalam pengangkutan dan perjalanan (*transportation*). Tujuannya adalah menempatkan barang kedalam suatu peti-kemas yang dapat melindungi dan juga mudah menanganinya (Bowersox, 2002).

Manfaat dan kelebihan dari peti-kemas kaku antara lain :

1. Memperbaiki seluruh efisiensi pengangkutan material
2. Mengurangi kerusakan dalam penanganan dan perjalanan
3. Mengurangi pencurian
4. Mengurangi kebutuhan pengepakan pelindung
5. Meningkatkan proteksi terhadap produk dari lingkungan unsur
6. Memberikan satuan pengiriman yang dapat dipakai berkali-kali, sehingga mengurangi pemborosan dan tidak perlu membuang peti-kemas itu.

Hambatan mengapa peti-kemas kaku belum terwujud didalam negeri karena adanya 4 faktor berikut ini :

1. Sikap dan praktek para pengangkut (*carrier*)
2. Kurangnya standard
3. Kurangnya kepemimpinan
4. Kurangnya koordinasi

4.3 Rasio Space Utilization Efficiency (SUE)

Rasio *space utilization efficiency* adalah perbandingan dari volume (m^3) dari ruangan yang terisi atau dimanfaatkan dengan total ruangan yang tersedia. Rasio ini akan mengukur efisiensi penggunaan ruang yang tersedia. SUE biasanya dipakai untuk menganalisa pemanfaatan ruangan untuk pergudangan dan dilaksanakan secara terus-menerus (*regular*).

Rasio ini dapat dihitung dengan formulasi (Wignjosoebroto, 1996)

$$SUE \text{ Ratio} = \frac{\text{Ruangan (m}^3\text{) yang terpakai / dimanfaatkan}}{\text{Ruangan (m}^3\text{) yang tersedia dan bisa digunakan}}$$

4.4 Tingkat Penyusunan Barang

Untuk tingkat penyusunan produk, maka dapat diketahui beban yang dapat ditahan oleh pallet. Untuk perhitungan (tegangan yang diperkenankan) kayu dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.2 Modulus Kenyal (E) Kayu Sejajar Serat

| Kelas kuat kayu | E // (kg/cm^2) |
|-----------------|--------------------|
| I | 125.000 |
| II | 100.000 |
| III | 80.000 |
| IV | 60.000 |

Tabel 4.3 Tegangan yang Diperkenankan Untuk Kayu Mutu A

| | Kelas kuat | | | | | Jati (<i>Tectonagrandis</i>) |
|--------------------------------|------------|----------|-----------|----------|---------|-----------------------------------|
| | K1 I | K1 II | K1 III | K1 IV | K1 V | |
| σ_{lt} (kg/cm^2) | 150 | 100 | 75 | 50 | - | 130 |
| σ_{tr11} (kg/cm^2) | 130 | 85 | 60 | 45 | - | 110 |
| σ_{tk1} (kg/cm^2) | 40 | 25 | 15 | 10 | - | 30 |
| τ_{11} (kg/cm^2) | 20 | 12 | 8 | 5 | | 15 |

Lembaga pusat penyelidikan kehutanan membagi kekuatan kayu indonesia dalam lima kelas kuat didasarkan kepada jenis kayu sebagai berikut:

Tabel 4.4 Pembagian kekuatan kayu berdasarkan jenis kayu

| Kelas kuat | Berat jenis | Kekuatan lengkung absolut (kg/cm^2) | Kekuatan tekan absolut (kg/cm^2) |
|------------|-------------|---|--------------------------------------|
| I | $\geq 0,90$ | ≥ 1100 | ≥ 650 |
| II | 0,90 – 0,60 | 1100 – 725 | 650 – 425 |
| III | 0,60 – 0,40 | 725 – 500 | 425 – 300 |
| IV | 0,40 – 0,30 | 500 – 360 | 300 – 215 |
| V | $< 0,30$ | < 360 | < 215 |

Pallet yang digunakan terbuat dari kayu dengan tegangan kayu (δ_{kayu}) yang diperbolehkan adalah sebesar $30 kg/cm^2$. Untuk mengetahui tegangan masing-masing produk maka dapat di cari dengan rumus :

$$\delta_{produk} = \frac{P}{A}$$

Dimana :

P = Berat produk keseluruhan (kg)

A = Luas pallet (cm^2)

Untuk menghitung tingkat penyusunan kardus, dapat dirumuskan :

$$Tingkat\ penyusunan = \frac{Tegangan\ produk}{Berat\ kardus + berat\ produk / Luas\ kardus}$$

4.5 Penentuan Jumlah Barang Usulan

Perhitungan dibawah ini digunakan untuk mengetahui berapa banyak produk atau barang yang bisa disimpan pada palet dengan menggunakan tingkat penyusunan usulan yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Tingkat penyusunan usulan} = \frac{\text{Jumlah barang} \times (\text{berat kardus} + \text{berat produk}) / \text{Luas palet}}{(\text{berat kardus} + \text{berat produk}) / \text{Luas kardus}}$$

Maka jumlah barang usulan dapat dirumuskan :

$$\text{Tingkat penyusunan usulan} = \frac{\text{Jumlah barang}}{\text{Luas palet}} \times \text{Luas kardus}$$

$$\text{Jumlah barang} = \frac{\text{Tingkat penyusunan} \times \text{Luas palet}}{\text{Luas kardus}}$$

Untuk mengetahui kelipatan kenaikan barang, maka dapat dirumuskan :

$$\text{Kelipatan kenaikan} = \frac{\text{Jumlah item usulan}}{\text{Jumlah item awal}}$$