

ANALISIS *RELAYOUT* GUDANG UNTUK PENATAAN *DANGEROUS GOODS* DI PT LINFOX LOGISTICS INDONESIA CIKARANG

Dr. Ir. Agus Purnomo, M.T.

Prodi D4 Logistik Bisnis - Sekolah Vokasi, Universitas Logistik Dan Bisnis Internasional
aguspurnomo@ulbi.ac.id

Abstrak

Relayout gudang untuk menata dangerous goods yang sesuai dengan standarisasi asosiasi internasional IMO dan IMDG merupakan hal yang esensi dilakukan untuk menjamin keamanan dan keselamatan baik manusia maupun barang yang ditangani. Data memperlihatkan terdapat jumlah yang signifikan dari dangerous goods yang rusak pada tahun 2020. Dengan demikian tujuan penelitian ini untuk menganalisis penataan dangerous goods dan relayout gudang PT Linfox Logistics Indonesia Cikarang agar sesuai standar IMO (International Maritime Organization) dan IMDG (International Maritime Dangerous Goods) sehingga dapat meningkatkan performansi gudang. Hasil penelitian menunjukkan Penataan dangerous goods di PT Linfox Logistics Indonesia belum sesuai dengan standarisasi asosiasi internasional IMO (International Maritime Organization) dan IMDG (International Maritime Dangerous Goods) dilihat dari Segregation IMDG Code sehingga banyak barang yang rusak dan membahayakan keselamatan pegawai. Relayout gudang usulan dengan menggunakan metode class-based storage dapat mendukung penataan dangerous goods yang sesuai dengan standarisasi asosiasi internasional IMO dan IMDG dengan mempertimbangkan luas blok gudang, penataan pallet, space requirement, jarak rectilinear yang minimum menuju pintu keluar/masuknya (In/Out), allowance aisle untuk mobilisasi pergerakan forklift, dan memenuhi segregation IMDG Code. Relayout gudang usulan juga dapat meningkatkan performansi material handling untuk dangerous goods yang semula waktu stripping 30 menit menjadi 15 menit.

Kata Kunci: dangerous goods, metode class-based storage, standar IMO, standar IMDG, relayout gudang

1. PENDAHULUAN

Pencapaian kinerja *supply chain* perusahaan yang baik merupakan penentu kelangsungan hidup perusahaan di persaingan dunia bisnis saat ini. Efisiensi dan efektivitas jaringan distribusi perusahaan pada gilirannya, sangat tergantung pada kinerja gudang dalam jaringan seperti itu [1]. Kinerja gudang demikian penting dalam konteks logistik karena mempersiapkan semua jenis persediaan dari bahan mentah hingga produk akhir yang dibutuhkan mulai dari hulu hingga ke hilir *supply chain* [2]. Penyimpanan barang di gudang berkaitan dengan penempatan produk ke lokasi penyimpanan untuk mengoptimalkan ruang gudang dan memfasilitasi penanganan material yang efisien [3]. Masalah cara menempatkan *stock keeping unit* (SKU) baik untuk barang *non dangerous goods* maupun *dangerous*

goods harus dilakukan mengacu pada standar kelas dunia yang telah ditetapkan untuk mengoptimalkan kinerja gudang [4].

PT Linfox Logistics Indonesia Cikarang mengoperasikan lebih dari 3.822 meter persegi pergudangan, menangani lebih dari 100 juta barang per tahun melalui beberapa pusat distribusi. Layanan pergudangan PT Linfox Logistics Indonesia Cikarang mencakup integrasi sistem pergudangan, penyimpanan barang multi-suhu, dan penyimpanan *dangerous goods*.

Penanganan *dangerous goods* harus dilakukan pengawasan yang ketat mengacu pada standar operasi prosedur (SOP) yang telah ditetapkan. Muatan *dangerous goods* memiliki risiko apabila

penanganannya tidak sesuai SOP sehingga dapat mengakibatkan bencana seperti kebakaran, ledakan bahkan pencemaran lingkungan atau resiko K3LH (Keselamatan, Kesehatan, Keamanan Lingkungan Hidup) lainnya. Dengan demikian perusahaan memerlukan fasilitas khusus untuk penanganan *dangerous goods* guna menjaga keselamatan, kesehatan, keamanan lingkungan hidup, dan area perusahaan baik digudang maupun lapangan *container*.

Dangerous goods yang tidak dikelola sesuai standar akan menyebabkan kejadian insiden bahkan aksiden. Kecelakaan besar di gudang berawal dari kurang paham dan kurang pelatihan penanganan *dangerous goods* kepada pegawai. Ketentuan *dangerous goods* diatur oleh Direktorat Perhubungan Udara Kementerian Perhubungan Republik Indonesia dan

pihak Internasional yang lebih banyak menggunakan peraturan IATA (*International Air Transport Association*) yang mewakili pihak penerbangan dan bisnis pergudangan udara menurut IATA [6].

Hasil observasi peneliti bahwa penataan *dangerous goods* dan layout gudang PT Linfox Logistics Indonesia Cikarang belum tertata dengan baik dan belum sesuai dengan standarisasi IMO dan IMDG. Hal ini mengakibatkan terjadinya kerusakan barang yang disebabkan oleh salahnya pengaturan di rak dan proses *handling dangerous goods*. Contohnya operator *forklift* saat proses bongkar muat *dangerous goods* dari *container* menuju ke dalam gudang mengalami kesulitan karena ukuran aisle yang tidak standar mengakibatkan barang terbentur atau jatuh. Berikut adalah data kerusakan barang di PT Linfox Logistics Indonesia Cikarang pada tahun 2020:

Tabel 1 Kerusakan *dangerous goods* akibat salah penataan di gudang Tahun 2020

No.	Bulan	Jumlah Barang	Jumlah Kerusakan Barang
1	Januari	106	5
2	Februari	467	5
3	Maret	213	2
4	April	360	3
5	Mei	178	12
6	Juni	103	1
7	Juli	203	4
8	Agustus	137	2
9	September	543	3
10	Oktober	66	0
11	November	80	0
12	Desember	511	10

Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan penelitiain ini yaitu apakah penataan dan penangan *dangerous goods* di gudang PT Linfox Logistics Indonesia Cikarang telah sesuai standar badan asosiasi internasional IMO (*International Maritime Organization*) dan IMDG (*International Maritime Dangerous Goods*) dan bagaimana relayout gudangnya yang baik. Sedangkan tujuan penelitian ini untuk menganalisis penataan *dangerous goods* dan *relayout* gudang PT Linfox Logistics Indonesia Cikarang agar sesuai standar IMO dan IMDG sehingga dapat meningkatkan performansi gudang.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Kebijakan Penyimpanan di Gudang

Beberapa prinsip umum yang digunakan untuk desain *layout* gudang yaitu: *space utilization*, *size*, *popularity*, *similarity*, dan *characteristics*. Sedangkan karakteristik barang yang penting diperhatikan yaitu:

hazarduous materials (barang berbahaya), *oddly shaped and crushable items* (barang bentuk khusus dan mudah rusak), *perishable materials* (barang yang mudah rusak), *compatibility* (kecocokan/kesesuaian) dan *security items* (barang dengan pengamanan khusus).

Kebijakan penempatan barang berpengaruh pada waktu transportasi yang dibutuhkan dan proses pencarian atau penelusuran barang yang telah disimpan. Barang dapat ditempatkan ke lokasi penyimpanan di gudang berdasarkan kriteria tertentu misalnya yang paling dekat dengan lokasi input barang atau disebut sebagai kebijakan acak (*Random storage*). Kebijakan penyimpanan lainnya adalah disebut sebagai penyimpanan khusus (*dedicated storage*) yaitu satu jenis barang ditempatkan di lokasi penyimpanan khusus [5]. Kedua jenis kebijakan penyimpanan ini berbasis kelas kebijakan penyimpanan.

Kebijakan penyimpanan acak menganggap semua barang memiliki prioritas yang sama (hanya satu kelas) sedangkan kebijakan penyimpanan khusus menganggap adanya prioritas yang berbeda-beda untuk setiap produk barang dengan satu kelas untuk setiap produk (dibagi menjadi beberapa kelas). Sebagai contoh kebijakan penyimpanan khusus menempatkan item/barang yang permintaannya tinggi (*fast moving*) di dekat titik input/output (I/O), sehingga *material handling* lebih efisien karena akan mengurangi waktu dalam pencarian barang dibandingkan dengan kebijakan acak. Namun di sisi lainnya, kebijakan penyimpanan khusus membutuhkan lebih banyak ruang penyimpanan untuk mengakomodasi tingkat persediaan maksimum masing-masing produk di lokasi yang telah ditentukan. Berdasarkan hal tersebut maka dikembangkan metode *Class-based Storage* yaitu kebijakan penyimpanan yang mencoba mengkompromikan keuntungan dari kedua kebijakan acak dan kebijakan khusus [3].

2.2. Metode Class based storage

Metode yang digunakan yaitu metode *class-based storage* merupakan metode penempatan barang berdasarkan atas kesamaan suatu jenis barang kedalam suatu kelompok. Kelompok yang terbentuk akan ditempatkan pada suatu lokasi khusus di gudang. Kriteria kesamaan barang pada suatu kelompok, bisa dalam bentuk kesamaan jenis barang atau kesamaan pada suatu daftar pemesanan konsumen [3]. Metode *class-based storage* dengan tiga kelas sering disebut sebagai penyimpanan ABC [7, 8]. Metode *class-based storage* populer digunakan oleh para praktisi karena keunggulannya seperti mudah diimplementasi, mudah untuk melakukan penyesuaian bila adanya perubahan karakteristik barang dan mudah digunakan untuk mengatasi bauran produk dan variasi permintaan [9].

Penelitian ini mengelompokkan produk berdasarkan karakteristik *dangerous goods*. Tujuan penelitian ini adalah untuk memaparkan, menjelaskan, dan merancang penataan *dangerous goods* di gudang, mulai dari menggambarkan bagaimana kondisi aktivitas operasional perusahaan, kemudian menganalisis penataan yang sesuai berdasarkan panduan badan asosiasi internasional untuk penataan *dangerous goods* dan merencanakan tempat yang sesuai dengan standar badan asosiasi internasional IMO (*International Maritime Organization*) dan IMDG (*International Maritime Dangerous Goods*).

Tahap-tahapan rancangan analisis sebagai berikut:

1. Perhitungan *Space Requirement* (Kebutuhan Ruang), untuk mengetahui kapasitas kebutuhan

ruang masing-masing *dangerous goods* yang akan disimpan pada gudang PT Linfox Logistics Indonesia. Dengan diketahui dimensi *packaging* yang digunakan *material* khususnya *dangerous goods*, dapat dihitung kebutuhan ruang dalam penyimpanan *material* di gudang.

$Space Requirement = \text{Luas dimensi } packaging \times \text{kebutuhan luas permukaan}$

2. Perhitungan *Throughput* dan Perhitungan Jarak Perpindahan *Material*, hal ini dilakukan untuk mengetahui jarak dari blok penyimpanan dengan pintu keluar masuknya *material* pada gudang (*In/Out*).

(T):
$$\frac{\text{Jumlah material masuk} + \text{Jumlah material keluar}}{\text{Waktu}}$$

3. Perhitungan jarak perpindahan menggunakan metode penghitungan jarak berdasarkan frekuensi keluar masuk barang dan jarak lokasi penyimpanan. Pengukuran jarak ini menggunakan asumsi bahwa *forklift* sebagai alat *material handling* menempuh lintasan yang sama pada tempat peletakan dan pengambilan barang.
4. Perhitungan luas *Aisle* diterapkan agar *forklift* yang digunakan untuk menyimpan dan mengeluarkan *material* di gudang agar lebih efektif dan efisien dalam menyimpan dan mengeluarkan *material* di gudang.

$$d = \sqrt{p^2 + l^2}$$

5. Pengurutan *Throughput* dilakukan untuk menentukan kelas-kelas dari *material* untuk memudahkan pengambilan *material* yang telah disimpan pada gudang. Perhitungan *Throughput* adalah dengan menjumlahkan *material* yang masuk dan *material* yang keluar dari gudang untuk kemudian dilakukan kegiatan produksi.
6. Menentukan Rak Penyimpanan memiliki fungsi agar *material* yang disimpan dengan *packaging* berbeda-beda dapat tersimpan sesuai dengan ukuran atau dimensi yang dimiliki dan meminimalisir penyimpanan yang terdapat di luar *racking systems* yang tersedia.
7. Analisis hasil dari perhitungan yang didapatkan berdasarkan metode *class-based storage* sesuai dengan standarisasi asosiasi internasional IMO (*International Maritime Organization*) dan IMDG (*International Maritime Dangerous Goods*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan secara langsung pada gudang dengan menggunakan sistem informasi dimensi gudang yang terdiri dari Gudang A dan Gudang B, sebagai berikut :

Lebar Gudang = 27 m; Panjang Gudang = 141,5 m; Luas Gudang = 3.822 m² ; Volume Gudang = 7.166 m³. Kondisi *layout* awal gudang *dangerous goods* PT Linfox Logistics Indonesia sebelum menggunakan

penerapan standarisasi penataan *dangerous goods*, dengan ukuran luas masing-masing blok penyimpanan sebagai berikut :

Tabel 2. Luas Blok gudang *dangerous goods* PT Linfox Logistics Indonesia

Nama Blok	Tinggi Blok	Panjang Blok	Lebar Blok	Luas Blok
Blok A	1.75 meter	33 meter	3 meter	99 meter
Blok B	1.75 meter	26,4 meter	3 meter	79,2 meter
Blok C	1.75 meter	26,4 meter	3 meter	79,2 meter
Blok D	1.75 meter	26,4 meter	3 meter	79,2 meter
Blok E	1.75 meter	26,4 meter	3 meter	79,2 meter
Blok F	1.75 meter	39,6 meter	3 meter	118,8 meter
Blok G	1.75 meter	13,2 meter	3 meter	39,6 meter
Blok H	1.75 meter	6,6 meter	3 meter	19,8 meter
Blok I	1.75 meter	6,6 meter	3 meter	19,8 meter
Blok J	1.75 meter	11 meter	3 meter	33 meter
Blok K	1.75 meter	33 meter	3 meter	99 meter
Blok L	1.75 meter	30,8 meter	3 meter	92,4 meter
Blok M	1.75 meter	30,8 meter	3 meter	92,4 meter
Blok N	1.75 meter	26,4 meter	3 meter	79,2 meter
Blok O	1.75 meter	26,4 meter	3 meter	79,2 meter
Blok P	1.75 meter	28,6 meter	3 meter	85,8 meter
Blok Q	1.75 meter	11 meter	3 meter	33 meter
Total				1207,8 meter

3.1 Menentukan Dimensi Material

Pada area gudang penyimpan *dangerous goods* berbagai macam jenis barang menggunakan *packaging* yang berbeda-beda dan disimpan menggunakan *packaging pallets*. Ukuran dimensi

material disesuaikan dengan dimensi masing-masing material, dengan mengetahui dimensi *packaging* material maka dapat diketahui kebutuhan tempat penyimpanan.

Tabel 3. Jumlah Penyimpanan *Pallet*

Nama Blok	Column Blok	Row Blok	Jumlah Penyimpanan
Blok A	30	4	120 <i>Pallet</i>
Blok B	24	4	96 <i>Pallet</i>
Blok C	24	4	96 <i>Pallet</i>
Blok D	24	4	96 <i>Pallet</i>
Blok E	24	4	96 <i>Pallet</i>
Blok F	36	4	144 <i>Pallet</i>
Blok G	12	4	48 <i>Pallet</i>
Blok H	6	4	24 <i>Pallet</i>
Blok I	6	4	24 <i>Pallet</i>
Blok J	10	4	40 <i>Pallet</i>
Blok K	30	4	120 <i>Pallet</i>
Blok L	28	4	112 <i>Pallet</i>
Blok M	28	4	112 <i>Pallet</i>
Blok N	24	4	96 <i>Pallet</i>
Blok O	24	4	96 <i>Pallet</i>
Blok P	26	4	104 <i>Pallet</i>
Blok Q	10	4	40 <i>Pallet</i>
Total			1.464 <i>Pallets</i>

Pallet Size : 1100 (P) X 1100 (L) X 2200 (T) mm
Rack Size : 2700 (P) X 1000 (L) X 4600 (T) mm
Load Of Pallet : Max 1.000 Kg / Pallet

Layout di area gudang dirancang untuk dapat menyimpan berbagai macam *packaging* seperti *pallet, drum, roll, case, carton,* dan *packages* dikarenakan barang yang masuk ke dalam gudang bervariasi. Area gudang mempunyai 1.464 tempat penyimpanan, sedangkan penanganan barang menggunakan alat bantu berupa *forklift* 3 dan 5 Ton untuk membantu proses *stripping* dan *stuffing*. Gudang memiliki 3 jalur, setiap jalurnya memiliki lebar 5 meter. Berdasarkan rasio penggunaan ruang untuk penyimpanan di gudang TPS, maka utilitas ruang sebesar:

$$\text{Utilitas Ruang: } \frac{\text{Luas total blok}}{\text{Luas ruang}} \times 100 \% = \frac{1207,8}{3822} \times 100 \% = 31,60\%$$

Perhitungan tersebut menunjukkan besar utilitas ruang sebesar 31,60 % atau sebesar 1.207,8 m² dari total luas gudang sebesar 3.822 m².

3.2. Perhitungan *Space Requirement* (Kebutuhan Tempat Penyimpanan)

Jumlah kebutuhan tempat penyimpanan *dangerous goods* didapatkan dari data barang masuk pada setiap bulannya. Kemudian jumlah kebutuhan tempat penyimpanan dihitung dengan cara mengonversikan jumlah barang masuk ke satuan *drum* yang merupakan *packaging dangerous goods* dalam penyimpanan material pada gudang dan dikalikan dengan kebutuhan luas permukaan masing-masing material. *Space Requirement* sangat penting untuk perancangan tata letak dengan material yang memiliki frekuensi perpindahan terbesar akan disimpan di dekat pintu keluar/masuknya (*In/Out*) material di gudang TPS PT *Indonesian Air and Marine Supply*.

Space Requirement: Luas dimensi *packaging* x kebutuhan luas permukaan

Space Requirement: (1,1 x 1,1 meter) x 30

Space Requirement: 36 meter untuk Blok A

Tabel 4. *Space Requirement* Gudang *Dangerous Goods*

Nama Blok	Luas Blok	Jumlah Penyimpanan Barang	Kapasitas
Blok A	99 meter	36 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok B	79,2 meter	29 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok C	79,2 meter	29 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok D	79,2 meter	29 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok E	79,2 meter	29 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok F	118,8 meter	44 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok G	39,6 meter	15 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok H	19,8 meter	8 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok I	19,8 meter	8 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok J	33 meter	12 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok K	99 meter	36 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok L	92,4 meter	34 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok M	92,4 meter	34 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok N	79,2 meter	29 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok O	79,2 meter	29 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok P	85,8 meter	32 meter	Terdapat <i>space</i> kosong
Blok Q	33 meter	12 meter	Terdapat <i>space</i> kosong

3.3. Perhitungan Jarak *Rectilinear*

Jarak *Rectilinear* merupakan jarak yang diukur mengikuti jalur tegak lurus, sering digunakan karena mudah perhitungannya, mudah dimengerti dan untuk beberapa masalah lebih sesuai, misalnya menentukan jarak antar kota, jarak antar fasilitas dimana peralatan

pemindahan bahan hanya dapat bergerak secara tegak lurus. Karena bentuk blok persegi panjang, maka titik (x) adalah setengah dari panjang sumbu x dari blok, sedangkan titik (y) adalah setengah dari panjang sisi sumbu y dari blok.

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j|$$

Keterangan:

dij : Jarak perpindahan

Xi : Titik pusat x pintu keluar masuk pada gudang (In/Out)

Xj : Titik pusat x blok penyimpanan pada gudang (In/Out)

Yi : Titik pusat y pintu keluar masuk pada gudang

Yj : Titik pusat y blok penyimpanan pada gudang

Berikut merupakan contoh perhitungan jarak perpindahan yang terdiri dari pintu keluar/masuknya material (In/Out) serta area penyimpanan *dangerous goods*:

Tabel 5. Tabel Kordinat Titik Pusat Blok Penyimpanan dengan Pintu In/Out

Lokasi	Kordinat Titik Pusat (x,y) meter
<i>In/Out Point</i>	(141,5) ; (27,0)
Blok A	(125,0) ; (25,5)
Blok B	(128,3) ; (25,5)
Blok C	(128,3) ; (25,5)
Blok D	(128,3) ; (25,5)
Blok E	(128,3) ; (25,5)
Blok F	(121,7) ; (25,5)
Blok G	(134,9) ; (25,5)
Blok H	(138,2) ; (25,5)
Blok I	(138,2) ; (25,5)
Blok J	(136,0) ; (25,5)
Blok K	(125,0) ; (25,5)
Blok L	(126,1) ; (25,5)
Blok M	(126,1) ; (25,5)
Blok N	(128,3) ; (25,5)
Blok O	(128,3) ; (25,5)
Blok P	(127,2) ; (25,5)
Blok Q	(136,0) ; (25,5)

Berikut merupakan jarak *rectilinear* dari blok penyimpanan menuju pintu keluar/masuknya (In/Out) di gudang *dangerous goods*:

Tabel 6. Jarak *rectilinear*

Lokasi	<i>Rectilinear</i> ke pintu In/Out gudang TPS (m)
Blok A	18
Blok B	14,7
Blok C	14,7
Blok D	14,7
Blok E	14,7
Blok F	21,3
Blok G	8,1
Blok H	4,8
Blok I	4,8
Blok J	7
Blok K	18
Blok L	16,9
Blok M	16,9
Blok N	14,7
Blok O	14,7
Blok P	15,8
Blok Q	7

3.4. Perhitungan Material Handling

Material Handling Forklift yang dipakai pada proses penyimpanan dan pengeluaran *dangerous goods* di gudang, merupakan *electric forklift* dimana bahan bakarnya adalah solar. *Material Handling Forklift* yang dipakai adalah yang berukuran 3 ton dan 5 ton. Berdasarkan hasil pengukuran *forklift* 3 ton memiliki panjang dengan garpu angkat yaitu 3.78 meter dan lebar 1.23 meter, serta ukuran garpu pada saat mengangkat material adalah 1 meter dan panjang *forklift* yaitu 2.78 meter dengan tinggi maksimal 3 m. Beban maksimal yang dapat diangkat oleh *forklift* adalah 2400 kg. Sedangkan *forklift* 5 ton memiliki panjang dengan garpu angkat yaitu 4.22 meter dan lebar 1.99 meter, serta ukuran garpu pada saat mengangkat material adalah 1.22 meter dan panjang *forklift* yaitu 3 meter dengan tinggi maksimal 3 m. Beban maksimal yang dapat diangkat oleh *forklift* adalah 4000 kg.

$$d = \sqrt{p^2+l^2}$$

$$d = \sqrt{3^2+1.99^2}$$

$$d = \sqrt{9+3.96} = 3.6 \text{ m}$$

atau dibulatkan menjadi 4 meter
Selanjutnya dilakukan penghitungan *allowance* untuk *forklift* 3 Ton, yaitu:

$$Allowance = \frac{15}{100} \times 3.03 = 0.45 \text{ m}$$

Allowance untuk *forklift* 5 Ton, yaitu:

$$Allowance = \frac{15}{100} \times 3.6 = 0.54 \text{ m}$$

Sehingga total lebar *aisle* adalah jumlah dari dimensi terpanjang *forklift* 3 Ton dengan *allowance* yang telah ditetapkan yaitu:

lebar *aisle* = 3.03 + 0.45 = 3.48 m
Menurut perhitungan lebar *aisle*, didapatkan ukuran 3.48 m dan dibulatkan menjadi 3.5 m. Sedangkan total lebar *aisle* adalah jumlah dari dimensi terpanjang *forklift* 5 Ton dengan *allowance* yang telah ditetapkan yaitu:

lebar *aisle* = 3.6 + 0.54 = 4.14 m
Menurut perhitungan lebar *aisle*, didapatkan ukuran 4.14 m dan dibulatkan menjadi 5 m, karena barang-barang selain *dangerous goods* yang terdapat digudang memiliki ukuran dan berat yang berbeda-beda.

3.5. Perhitungan Aisle

Perusahaan memutuskan untuk memberi *allowance* pada lebar *aisle* 15% supaya pergerakan *forklift* lancar. *material handling forklift* yang dipakai adalah yang berukuran 3 ton dan 5 ton. Berdasarkan hasil pengukuran, *forklift* 3 ton memiliki lebar 1.23 meter, panjang garpu 1 meter, dan panjang *forklift* yaitu 2.78 meter dengan tinggi maksimal 3 m. Sedangkan *forklift* 5 ton memiliki lebar 1.99 meter, panjang garpu yaitu 1.22 dan panjang *forklift* yaitu 3 meter dengan tinggi maksimal 3 meter. Dimensi terpanjang *forklift* 3 Ton dapat dihitung sebagai berikut:

$$d = \sqrt{p^2+l^2}$$

$$d = \sqrt{2.78^2+1.23^2}$$

$$d = \sqrt{7.73+1.51} = 3.03 \text{ m}$$

atau dibulatkan menjadi 3 meter
Dimensi terpanjang *forklift* 5 Ton dapat dihitung sebagai berikut:

3.6. Standarisasi Asosiasi Internasional IMO (International Maritime Organization) dan IMDG (International Maritime Dangerous Goods)

Berdasarkan *segregation IMDG Code* [10] pada Tabel 7 sebagai panduan untuk menentukan penataan *dangerous goods* di gudang PT Linfox Logistics Indonesia, *dangerous goods* harus ditangani dengan baik serta dipisahkan sesuai dengan kelasnya. Tidak semua jenis *dangerous goods* dapat disatukan atau dicampur dalam penataannya, jarak dari masing-masing *dangerous goods* juga diatur sesuai dengan aturan ditabel *segregation IMDG Code*.

Tabel 7. Segregation IMDG Code

IMDG Code Class	Segregation IMDG Code																	
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	6.2	7	8	9
	1.5	1.6																
EXPLOSIVE 1.2, 1.2, 1.5	*	*	*	C	B	B	C	C	C	C	C	C	C	B	C	B	C	X
EXPLOSIVE 1.3, 1.6	*	*	*	C	B	B	C	C	C	C	C	C	C	B	C	B	C	X
EXPLOSIVE 1.4	*	*	*	B	A	A	B	B	B	B	B	B	B	X	C	B	B	X
FLAMMABLE GASES 2.1	C	C	B	X	X	X	B	A	B	X	B	B	X	C	B	A	X	
NON TOXIC FLAMMABLE GASES 2.2	B	B	A	X	X	X	A	X	X	X	A	X	X	B	A	X	X	
TOXIC GASES 2.3	B	B	A	X	X	X	B	X	B	X	B	X	B	X	B	A	X	
FLAMMABLE LIQUIDS 3	C	C	B	B	A	B	X	X	A	X	A	X	A	B	X	C	B	X
FLAMMABLE SOLIDS 4.1	C	C	B	A	X	X	X	X	A	X	A	X	A	B	X	C	B	X
SPONTANEOUSLY COMBUSTIBLE 4.2	C	C	B	B	A	B	B	A	X	A	A	B	B	A	C	B	A	X
DANGEROUS WHEN WET 4.3	C	C	B	X	X	X	A	X	A	X	B	B	B	X	C	B	A	X
OXIDIZING SUBSTANCES 5.1	C	C	B	B	X	X	B	A	B	B	B	X	B	A	C	A	B	X
ORGANIC PEROXIDES 5.2	C	C	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	X	A	C	A	B	X
TOXIC SUBSTANCES 6.1	B	B	X	X	X	X	X	X	A	X	A	X	A	A	X	X	C	X
INFECTIOUS SUBSTANCES 6.2	C	C	C	C	B	B	C	C	C	C	B	C	C	A	X	C	C	X
RADIOACTIVE MATERIALS 7	B	B	B	B	A	A	B	B	B	B	A	B	B	X	C	X	B	X
CORROSIVES 8	C	B	B	A	X	X	X	A	A	A	B	B	B	X	C	B	X	X
MISCELLANEOUS 9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	TIDAK DIPERLUKANNYA SEGREGASI																	
A	DIBERI JARAK 3 METER																	
B	DIBERI JARAK 6 METER																	
C	TERPISAH ATAU DILETAKAN DILAIN BLOK																	
*	TIDAK BOLEH DISATUKAN																	

Berdasarkan tabel *segregation IMDG Code* di atas sebagai panduan untuk menentukan penataan *dangerous goods* di gudang PT Linfox Logistics Indonesia, *dangerous goods* harus ditangani dengan baik serta dipisahkan sesuai dengan kelasnya. Tidak semua jenis *dangerous goods* dapat disatukan atau dicampur dalam penataannya, jarak dari masing-masing *dangerous goods* juga diatur sesuai dengan aturan ditabel *segregation IMDG Code*.

Pada tabel di atas, simbol X berwarna putih berarti penataan barang tersebut tidak membutuhkan *segregation*, untuk simbol A berwarna hijau berarti penataan barang tersebut dapat disatukan namun diberi jarak 3 meter, untuk B berwarna kuning berarti penataan barang tersebut dapat disatukan namun dipisahkan dengan jarak 6 meter, untuk simbol C berwarna merah berarti penataan barang tersebut tidak boleh disatukan dan harus dipisahkan dilain blok dan untuk tanda bintang putih berarti penataan barang tersebut tidak boleh disatukan.

Untuk gudang yang memiliki lahan yang terbatas, *segregation* yang diterapkan tidak lah terlalu berbeda namun cukup diberi batasan seperti label atau *line marking* dan dikontrol untuk penanganan barang berbahayanya. Penjelasan berikut adalah cara pembuatan label serta *line marking* dan pemeriksaan penanganan barang berbahaya:

3.6.1. Pembuatan Label dan Line Marking

Untuk pembuatan label atau *marking* berdasarkan kelas *dangerous goods* di gudang berikut tata caranya:

1. Semua label ditempel di tempat aman pada dinding dan rak gudang sehingga mudah dibaca, dilihat dan tidak kabur.
2. Setiap label harus ditempel atau tercetak secara jelas dan warna yang kontras.
3. Ditempel yang kuat dan ukurannya sesuai aturan yang berlaku.
4. Untuk *line marking*, dibuat diujung rak untuk pembatas antar kelas *dangerous goods* tercetak secara jelas dan warna yang kontras.

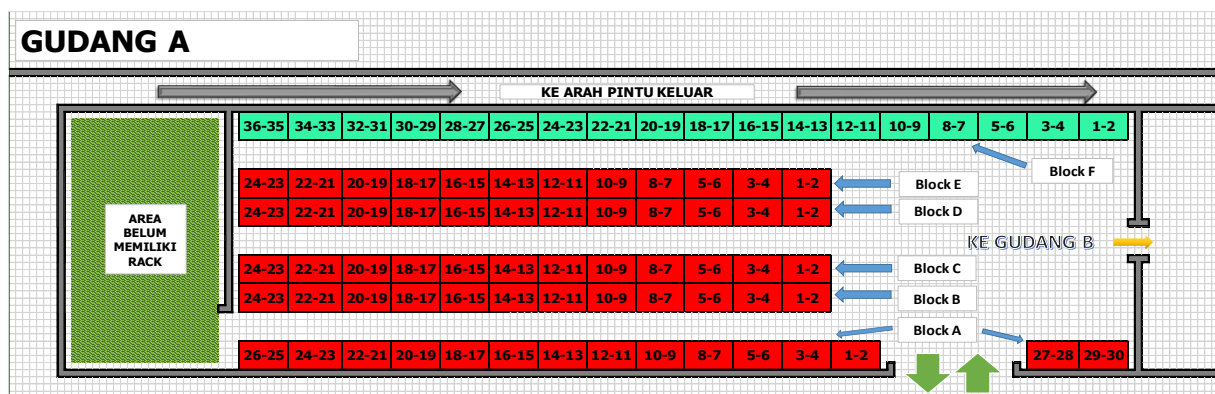
3.6.2. Langkah Penanganan *Dangerous goods*

Dalam rangka pemeriksaan suatu *dangerous goods* diperlukan petunjuk atau pedoman yaitu pada daftar *dangerous goods* yang sudah sesuai dari *IMDG Code*. Adapun langkah-langkah sebagai berikut:

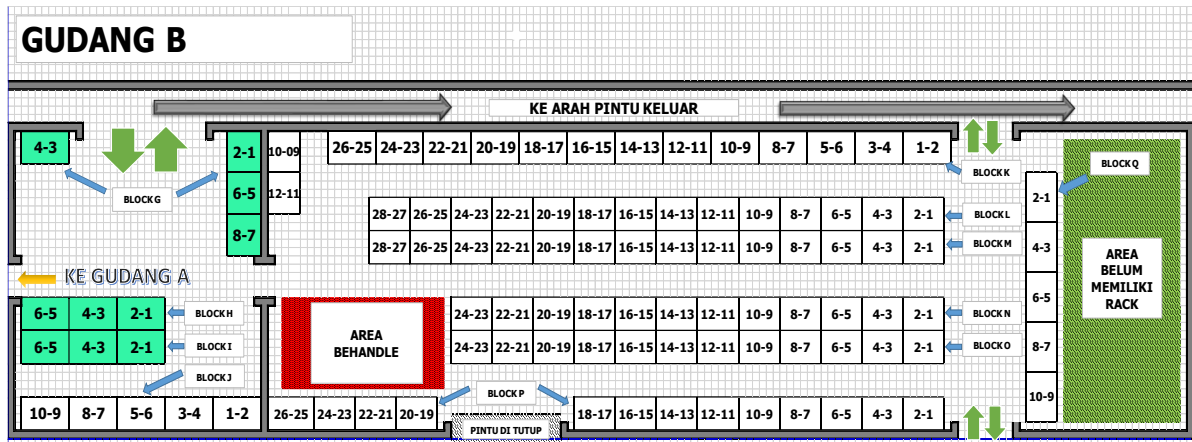
1. Lihat nama jenis *dangerous goods*.
2. Pastikan kelas atau divisi apakah sesuai dengan daftar *dangerous goods*.
3. Catat dan perhatikan *harzad label*, cocok atau tidak.
4. Lihat dan perhatikan *packing group*.
5. Perhatikan dengan cermat berat paket *dangerous goods*.
6. Periksa catatan apakah *dangerous goods* tersebut ada penangananan khusus (*special provisions*) atau tidak.
7. Meletakkan barang tersebut diblok dan *racking* yang sesuai dengan kelasnya

3.7. Perancangan penataan *Dangerous Goods* di gudang PT Linfox Logistics Indonesia

Berdasarkan butir 3.1. sampai dengan butir 3.6. maka langkah selanjutnya adalah perancangan *layout* usulan dengan menentukan rak penyimpanan khusus *Dangerous Goods* yang sesuai dengan standarisasi asosiasi internasional IMO (*International Maritime Organization*) dan *IMDG (International Maritime Dangerous Goods)*. Proses penyimpanan barang dalam keadaan sudah *dipackaging* dan kemudian diletakkan pada blok dan rak yang sudah diusulkan. Blok yang diusulkan untuk penataan barang berbahaya adalah dari blok A sampai dengan blok I, dengan pertimbangan kebutuhan *pallet* untuk barang berbahaya sesuai dengan kapasitas blok tersebut yang telah dianalisis di atas. Maka penataan *Dangerous Goods* di gudang PT Linfox Logistics Indonesia ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4 berikut ini.



Gambar 1. Gudang A Setelah *Relayout*



Gambar 2. Gudang B Setelah Relayout

Penjelasan mengenai *re-layout* gudang dengan skala 1:100 adalah sebagai berikut :

1. Luas gudang masih sama yaitu 3.822 m², dengan 4 pintu keluar masuk yang berukuran 10 meter berada disisi gudang dan alur keluar masuknya material ditandai dengan anak panah, hijau untuk alur masuk dan keluarnya barang.
2. Pada *layout* baru penyimpanan barang dikelompokkan berdasarkan jenis kelas barang agar *dangerous goods* yang sering keluar dan masuk pada gudang diletakkan blok dan rak khusus *dangerous goods*. Setelah melakukan pengolahan data, didapatkan rancangan penempatan *dangerous goods* sesuai dengan setiap jenis kelasnya.
3. Pada gambar *re-layout* denah gudang di atas dapat diketahui, serta memiliki lebar *aisle* dengan *allowance* yaitu 5 meter untuk mempermudah *material handling* dalam melakukan penyimpanan dan pengeluaran barang di gudang timur. Perancangan *layout* usulan tersebut dirancang berdasarkan frekuensi perpindahan *dangerous goods* dan dikelompokkan berdasarkan kelasnya, hal tersebut dilakukan untuk meminimalisir terjadinya kerusakan barang yang diakibatkannya salahnya penataan *dangerous goods*. Penataan dilakukan untuk mempersingkat jarak tempuh *material handling* menjadi efektif dan efisien dalam penyimpanan dan pengeluaran *dangerous goods* dari gudang.

3.8. Analisis Pembahasan

Setelah dilakukan pengolahan data menggunakan metode *class-based storage* di atas, selanjutnya dilakukan analisa dari pengolahan data yang telah dilakukan.

3.8.1 Kebutuhan Tempat Penyimpanan Barang (*Space Requirement*)

Re-layout gudang *dangerous goods* yang akan diusulkan berdasarkan permasalahan yang terjadi pada gudang tersebut yang selanjutnya dipecahkan dengan menggunakan metode *class-based storage*. Dari hasil perhitungan menggunakan metode *class-based storage* dapat diketahui kebutuhan luas penyimpanan khusus *dangerous goods* dalam gudang. Dari hasil *re-layout* gudang yang telah dilakukan terdapat blok penyimpanan yang memiliki *space* kosong, untuk penataan barang *dangerous goods* di gudang. Blok dan rak tersebut dikhususkan untuk *dangerous goods* agar tidak bercampur dengan barang lainnya. Jika hal ini dilakukan maka akan mempermudah dalam penanganan *material handling* dan mengurangi resiko kerusakan barang yang akan merugikan perusahaan.

3.8.2. Jarak Perpindahan Barang

Dengan dilakukan penghitungan jarak perpindahan untuk *re-layout* penataan *dangerous goods* disimpan di blok dan rak yang telah diperhitungkan dari Kapasitas perpindahan barang berbahaya di gudang. Kemudian dengan adanya perhitungan jarak perpindahan, dapat diketahui jarak antara blok penyimpanan dengan pintu keluar masuknya (*In/Out*) material di gudang agar dapat meminimalisir jarak yang ditempuh *material handling* dalam melakukan penyimpanan dan pengeluaran barang berbahaya.

3.8.3 Penentuan Lebar Aisle

Lebar *Aisle* yang digunakan pada *re-layout* gudang yaitu 5meter, lebar *Aisle* ini didapatkan dari panjang dan lebar *forklift* yang digunakan pada gudang timur perusahaan. *Forklift* yang digunakan berukuran 3 ton dan 5 ton. Penggambaran Lebar *Aisle* 5 ton dipilih sebagai ukuran jalur *material handling* yang digunakan dalam penyimpanan dan pengeluaran barang dari gudang. Penentuan lebar *aisle* memiliki

manfaat agar *forklift* dapat bergerak dengan maksimal dalam menyimpan dan mengeluarkan barang dari gudang.

3.8.4. Rak Penyimpanan

Rak penyimpanan yang diusulkan dalam *re-layout* gudang berada di blok A hingga blok I, hal ini dilakukan berdasarkan perhitungan dari perpindahan barang dan menyesuaikan dengan standarisasi asosiasi internasional IMO (*International Maritime Organization*) dan IMDG (*International Maritime Dangerous Goods*) dalam penataan barang. *Dangerous Goods* harus dikelompokkan berdasarkan kelas nya dan disimpan disatu blok dan rak sesuai dengan kelasnya masing masing agar tidak terkontaminasi dengan barang lain dan mempermudah pengambilan barang berbahaya serta mempersingkat jarak tempuh *material handling* menjadi efektif dan efisien dalam penyimpanan dan pengeluaran *Dangerous Goods* dari gudang.

Setelah dilakukan analisis *re-layout* pada gudang, maka hal ini diharapkan dapat memudahkan karyawan dan operator *forklift* untuk melakukan pekerjaan

dengan efektif dan efisien. Hal tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui penanganan dan lokasi khusus penataan barang berbahaya yang sesuai dengan standarisasi asosiasi internasional IMO (*International Maritime Organization*) dan IMDG (*International Maritime Dangerous Goods*).
2. Penataan menjadi lebih rapi menggunakan metode *class-based storage* karena barang ditempatkan sesuai dengan jenis dan kelasnya diarea blok A sampai dengan blok I telah sesuai dengan dengan standarisasi asosiasi internasional IMO (*International Maritime Organization*) dan IMDG (*International Maritime Dangerous Goods*).
3. Mempersingkat waktu transportasi *material handling* khusus barang berbahaya yang semula *stripping* 30 menit menjadi 15 Menit karena lokasi unuk *Dangerous Goods* telah ditentukan berdasarkan blok dan rak yang dianalisis oleh penulis.

Tabel 8. Waktu *Material Handling* setelah relayout gudang

Kelas Barang	Tgl. Gate In	Waktu. Stripping	Tgl. Release	Quantity	Blok
3	2020-07-14	15 Menit	2020-07-16	12	A
3	2020-07-14	15 Menit	2020-07-16	4	A
3	2020-07-16	15 Menit	2020-07-23	5	A
3	2020-07-21	15 Menit	2020-07-23	8	A
3	2020-07-28	15 Menit	2020-07-29	4	A
3	2020-08-11	15 Menit	2020-08-12	5	A
3	2020-08-11	15 Menit	2020-08-12	2	A
3	2020-08-11	15 Menit	2020-08-14	12	A
3	2020-08-25	15 Menit	2020-09-14	10	A
3	2020-08-26	15 Menit	2020-09-07	4	A
3	2020-09-01	15 Menit	2020-09-15	2	A
3	2020-09-02	15 Menit	2020-09-08	28	A
3	2020-09-03	15 Menit	2020-09-08	3	A
3	2020-09-04	15 Menit	2020-09-15	20	A
3	2020-09-07	15 Menit	2020-09-14	12	B
3	2020-09-10	15 Menit	2020-09-11	18	B
3	2020-09-14	15 Menit	2020-09-17	1	B
3	2020-09-21	15 Menit	2020-09-24	8	B
3	2020-09-29	15 Menit	2020-10-01	11	B
3	2020-10-01	15 Menit	2020-10-09	3	B
3	2020-10-13	15 Menit	2020-10-15	10	B
3	2020-11-02	15 Menit	2020-11-03	11	B
3	2020-11-07	15 Menit	2020-11-11	40	C
3	2020-11-16	15 Menit	2020-11-18	1	C
3	2020-11-24	15 Menit	2020-11-25	4	C
3	2020-12-10	15 Menit	2020-12-15	12	C
3	2020-12-14	15 Menit	2020-12-15	6	C
3	2020-12-16	15 Menit	2020-12-17	3	C
3	2020-12-18	15 Menit	2020-12-21	4	C
3	2020-12-28	15 Menit	2021-01-04	4	C
3	2020-12-29	15 Menit	2021-01-06	15	C
6.1	2020-04-02	15 Menit	2020-04-07	32	D
6.1	2020-09-08	15 Menit	2020-09-10	4	D
6.1	2020-09-22	15 Menit	2020-09-23	3	D
6.1	2020-10-13	15 Menit	2020-10-15	8	D
6.1	2020-10-16	15 Menit	2020-10-23	25	D
6.1	2020-11-02	15 Menit	2020-11-03	5	D
6.1	2020-11-03	15 Menit	2020-11-07	14	D
6.1	2020-11-06	15 Menit	2020-11-10	1	D
6.1	2020-11-12	15 Menit	2020-11-13	2	E
6.1	2020-12-04	15 Menit	2020-12-22	2	E
6.1	2020-12-16	15 Menit	2020-12-17	2	E
				380	

4. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini dibuat dari hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan, sebagai berikut:

1. Penataan *dangerous goods* di PT Linfox Logistics Indonesia belum sesuai dengan standarisasi asosiasi internasional IMO (*International Maritime Organization*) dan IMDG (*International Maritime Dangerous Goods*) dilihat dari Segregation IMDG Code sehingga banyak barang yang rusak dan membahayakan keselamatan pegawai.
2. *Relayout* gudang usulan dengan menggunakan metode *class-based storage* dapat mendukung penataan *dangerous goods* yang sesuai dengan standarisasi asosiasi internasional IMO (*International Maritime Organization*) dan IMDG (*International Maritime Dangerous Goods*) dengan mempertimbangkan luas blok gudang, penataan pallet, *space requirement*, jarak rectilinear yang minimum menuju pintu keluar/masuknya (*In/Out*), *allowance aisle* untuk mobilisasi pergerakan forklift, dan memenuhi *segregation IMDG Code*.
3. *Relayout* gudang usulan juga dapat meningkatkan performansi *material handling* untuk *dangerous goods* yang semula waktu *stripping* 30 menit menjadi 15 menit.

5. REFERENSI

- [1] Rouwenhorst, B., et al. Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, 2000. 122(3): p. 515-533.
- [2] Choy, K.L., G.T.S. Ho, and C.K.H. Lee. A RFID-based storage assignment system for enhancing the efficiency of order picking. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2017. 28(1): p. 111-129.
- [3] Gu, J., M. Goetschalckx, and L.F. McGinnis, Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 2007. 177(1): p. 1-21.
- [4] Kovács, A. Optimizing the storage assignment in a warehouse served by milkrun logistics. *International Journal of Production Economics*, 2011. 133(1): p. 312-318.
- [5] Malmberg, C.J. Analysis of storage assignment policies in less than unit load warehousing systems. *International Journal of Production Research*, 1998. 36(12): p. 3459-3475.
- [6] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor Pm 39 Tahun 2019 Tentang Tatanan Kebandarudaraan Nasional
- [7] Roodbergen, K.J. and I.F.A. Vis, A survey of literature on automated storage and retrieval systems. *European Journal of Operational Research*, 2009. 194(2): p. 343- 362.
- [8] de Koster, R., T. Le-Duc, and K.J. Roodbergen, Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 2007. 182(2): p. 481-501.
- [9] Le-Duc, T. and R.B.M. De Koster, Travel distance estimation and storage zone optimization in a 2-block class-based storage strategy warehouse. *International Journal of Production Research*, 2005. 43(17): p. 3561-3581.
- [10] Embankment, A. *IMDG International Maritime Dangerous Goods Code Edition 2018 SUPPLEMENT*. UK Lodon: International Maritime Organization.