

Perancangan Tata Letak Penyimpanan Material di Gudang *Packaging* PT X

Rachel Christina¹, Herry Christian Palit²

Abstract: PT X is a multinational manufacturing company located in Surabaya that produce mosquito coils. The current warehouse system is using a random storage method where the same code materials are storage separatedly. Random method that company use occurs high number of materials' moment displacement and transportation time. The main purpose of this research is to design material's storing layout with classbased storage method that minimizing moment displacement and transportation time. Minimizing moment displacement is done by ABC classification, family grouping, and material's placement at storage while transportation time is measured by Promodel simulation from the storage area to warehouse exit. There are two main proposed soulution in this research the first is dedicated storage location for each material's type for first floor warehouse and the second is devided storage area into three area based on classification and distance measurement for second floor warehouse. Results of this proposed soulutions are reducing moment displacement as 25.12% and 21.51% for first and second floor warehouse also minimizing average transportation time as 3.94 minutes.

Keywords: design warehouse layout; moment displacement; transportation time; simulation

Pendahuluan

PT X merupakan perusahaan multinasional yang bergerak dalam bidang manufaktur di Surabaya dengan produk utama yang dihasilkan adalah obat anti nyamuk bakar. PT X dilengkapi dengan fasilitas logistik yaitu gudang material *packaging*. Jenis material yang disimpan meliputi *folding box*, *carton*, *carton divider*, *plastic film*, *barcode*, dan *coil holder*. Setiap jenis material terdiri dari beberapa nomor *item* yang berbeda. Nomor *item* ini digunakan sebagai standar penyimpanan dan pengambilan material. Secara keseluruhan terdapat 243 nomor *item* material *packaging*.

Kedatangan setiap material *packaging* di gudang adalah sesuai dengan *Stock Keeping Unit* (SKU) produk jadi yang sedang dan akan diproduksi dengan *lead time* penyimpanan kurang lebih dua hingga tiga hari. Kedatangan material *packaging* selalu berubah untuk nomor *item* dan jumlahnya setiap periode, hal ini untuk menyesuaikan SKU barang jadi yang sedang diproduksi. Jumlah penyimpanan di gudang sesuai dengan peramalan untuk produksi dan stok pengaman sebesar 10% setiap material.

Perusahaan menerapkan sistem penyimpanan acak yang mana material yang datang akan diletakkan pada bin penyimpanan yang kosong. Material dengan nomor *item* yang sama diletakkan pada bin penyimpanan yang berbeda atau tidak dalam pengelompokkan yang sama dan suatu pengaturan tertentu. Tata letak penyimpanan material di gudang juga selalu berubah setiap hari, yang mana material dengan nomor *item* tertentu pada setiap kedatangan disimpan pada lokasi bin penyimpanan yang berbeda menyesuaikan dengan ketersediaan lokasi penyimpanan yang kosong.

Penempatan material yang acak ini dilakukan karena ketidakpastian jumlah dan nomor *item* material yang datang. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data historis bulan Desember 2019 hingga Maret 2020 yang meliputi data material keluar dan masuk untuk dapat menghasilkan perancangan tata letak penyimpanan material yang sesuai dengan kondisi perusahaan. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan perancangan tata letak penyimpanan material di gudang *packaging* untuk mendapatkan momen perpindahan dan waktu transportasi material *packaging* yang minimum.

Metode Penelitian

Metode penelitian tahap awal melakukan observasi awal dengan cara wawancara kepada *supervisor* dan

^{1,2} Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: rachel.christina1997@gmail.com, herry@petra.ac.id

staf gudang untuk mendapatkan informasi mengenai sistem pergudangan saat ini. Tujuannya adalah untuk mengetahui permasalahan apa yang dialami pada gudang *packaging*. Langkah selanjutnya adalah pengamatan secara langsung terhadap proses pergudangan dan pengambilan data meliputi ukuran gudang dan data historis material masuk dan keluar yang diberikan oleh perusahaan.

Momen Perpindahan

Momen perpindahan merupakan hasil perkalian jarak dengan frekuensi material (Heragu [1]). Perhitungan momen perpindahan harus memperhatikan metode yang digunakan dalam perhitungan jarak dan data frekuensi material. Rumus perhitungan momen perpindahan dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{Momen} = f \times d \quad (1)$$

Keterangan:

f = *flow*

d = *distance* (meter)

Frekuensi Material

Frekuensi merupakan jumlah pengambilan material di gudang sesuai dengan permintaan. Data yang digunakan dalam perhitungan frekuensi meliputi data material masuk dan material keluar selama empat bulan dari bulan Desember 2019 hingga Maret 2020. Perhitungan frekuensi material adalah dengan menjumlahkan data material masuk dan keluar untuk setiap material yang telah dikonversikan dalam satuan palet. Satuan palet digunakan karena pengambilan material dengan alat transportasi adalah per palet.

Jarak Perpindahan

Jarak perpindahan merupakan jarak yang dihitung untuk perpindahan material dari satu fasilitas ke fasilitas lainnya (Heragu [2]). Tujuannya dalam merancang tata letak penyimpanan adalah untuk meminimumkan waktu transportasi. Metode yang digunakan untuk perhitungan jarak perpindahan dalam penelitian ini adalah metode *aisle*. Rumus jarak dengan menggunakan metode *aisle* dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{Jarak} = a + b + c \quad (2)$$

Keterangan:

a, b, c = jalur yang dilalui oleh alat transportasi

Klasifikasi ABC

Klasifikasi ABC adalah pembagian material dalam tiga kategori berdasarkan konsep pareto 80/20 yang mana 20% material memiliki 80% permintaan. Material yang disimpan di dalam gudang memiliki klasifikasi tertentu berdasarkan frekuensi keluar

masuk material. Klasifikasi ABC ini menggunakan persentase permintaan kemudian diurutkan dari nilai tertinggi hingga terendah dan hasil persentase tersebut diakumulasi hingga mencapai nilai 80%, 15%, dan 5%. Parameter klasifikasi berdasarkan nilai suatu produk dengan menggunakan ABC adalah sebagai berikut (Emmet [2]):

- Kelas A, untuk jenis barang yang *fast moving* (10% total produk yang menghasilkan 80% penjualan).
- Kelas B, untuk jenis barang *medium moving* (25% total produk yang menghasilkan 15% penjualan).
- Kelas C, untuk jenis barang *slow moving* (65% total produk yang menghasilkan 5% penjualan).

Tata letak penyimpanan material ditentukan oleh hasil berdasarkan klasifikasi ABC. Barang dengan kelas A akan diletakkan di dekat pintu keluar untuk meningkatkan *service* dari material lebih mudah untuk dicari dan waktu transportasi yang minimum.

Simulasi

Simulasi adalah tiruan dari sistem yang bersifat dinamis dengan menggunakan model komputer yang bertujuan untuk mengevaluasi dan memperbaiki sistem yang ada (Harrel *et al* [3]). Model untuk simulasi ini adalah pengambilan material dari setiap sub bin penyimpanan sesuai dengan permintaan produksi. Perpindahan dalam simulasi adalah dari sub bin penyimpanan menuju pintu keluar gudang *packaging*. Model simulasi dibangun dengan entitas, lokasi, kedatangan entitas, sumber daya, dan proses.

Entitas

Entitas pada simulasi tata letak meliputi permintaan dan nomor *item* material yang disimpan di gudang. Entitas permintaan adalah jumlah material keluar dari data selama empat bulan. Nomor *item* material yang disimpan dalam gudang adalah material yang diambil dan dipindahkan ke pintu keluar gudang sesuai dengan jumlah permintaan.

Lokasi

Lokasi pada simulasi meliputi sub bin penyimpanan, *gate*, *drop point*, pintu keluar, dan produksi. Sub bin penyimpanan adalah tempat material disimpan, *gate* untuk meletakkan material sementara di lantai 2, dan *drop point* tempat untuk meletakkan material yang dipindahkan di lantai 1. Pintu keluar, tempat keluarnya material pada simulasi dan lokasi produksi adalah tempat kedatangan permintaan.

Kedatangan Entitas

Kedatangan entitas pada simulasi ini terjadi pada lokasi produksi dan sub bin penyimpanan. Lokasi

produksi digunakan untuk kedatangan permintaan sedangkan lokasi sub bin penyimpanan untuk kedatangan setiap material. Entitas masuk ke dalam sistem simulasi dengan jumlah kedatangan dan waktu telah ditentukan sesuai kebutuhan yaitu 4226 untuk permintaan dan *infinite* untuk setiap material.

Sumber Daya

Sumber daya pada simulasi tata letak ini adalah alat transportasi untuk perpindahan material terdiri dari *forklift*, *pallet mover*, dan *hand pallet*. *Forklift* pada simulasi digunakan untuk memindahkan material dari *gate* menuju *drop point* sedangkan *pallet mover* dan *hand pallet* digunakan untuk melakukan pengambilan material masing-masing lantai 1 dan lantai 2 gudang *packaging*. Alat transportasi tersebut dijalankan dengan kecepatan 7 km/jam.

Proses

Proses pengambilan material pada simulasi ini dimulai dari sub bin penyimpanan menuju pintu keluar gudang dengan menggunakan operasi *random* probabilitas. *Random* pengambilan material menggunakan data material keluar sebagai permintaan dan untuk lokasi material dilakukan berdasarkan jumlah palet material yang disimpan. Pengambilan material, entitas permintaan datang di lokasi produksi untuk pengambilan material dengan operasi *random*. Entitas permintaan yang datang dilakukan proses untuk membangkitkan bilangan *random* antara 0 hingga 1 untuk pengambilan nomor *item* material dan lokasi dari sub bin penyimpanan. Material terpilih akan dikirim menuju pintu keluar dengan menggunakan *pallet mover* hingga di pintu keluar gudang, material akan secara langsung akan keluar dari sistem simulasi.

Pengambilan material di gudang *packaging* lantai 2 adalah material terpilih akan dikirim ke *gate* dengan *hand pallet* dan dipindahkan ke *drop point* lantai 1 dengan menggunakan *forklift*. Material di *drop point* kemudian dipindahkan menggunakan *pallet mover* menuju pintu keluar gudang dan keluar dari sistem. Material yang telah keluar sistem dihitung sebagai jumlah material yang diambil.

Hasil dan Pembahasan

Gudang *packaging* di PT X terdiri dari dua lantai ruang penyimpanan dengan luas total 281.511 m². Kapasitas penyimpanan adalah 362 palet yang mana 172 palet untuk gudang lantai 1 dan 190 palet untuk gudang lantai 2. Jenis material *packaging* yang disimpan meliputi material *folding box*, *plastic film*, *shipper box*, *barcode*, *coil holder*, *carton*, dan *carton*

divider. Kode penamaan jenis material *packaging* ditunjukkan pada Tabel 1.

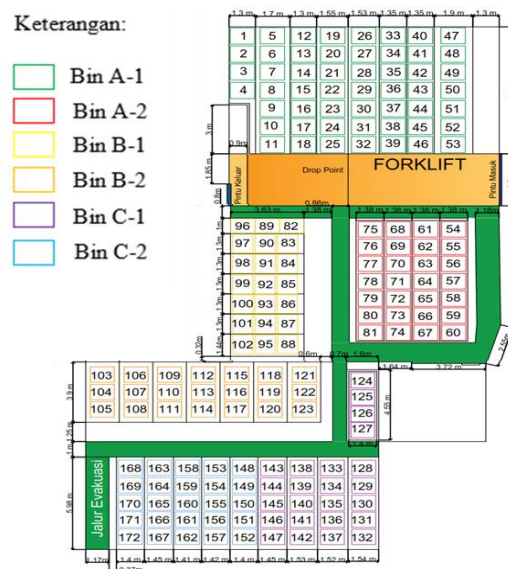
Tabel 1. Kode penamaan jenis material *packaging*

Nomor	Kode Material	Jenis Material
1	SF	<i>Folding Box</i>
2	CC	<i>Carton</i>
3	FM	<i>Plastic Film</i>
4	SHPBX	<i>Shipper Box</i>
5	LA	<i>Barcode I</i>
6	DEVIDER	<i>Carton Divider</i>
7	PL	<i>Barcode II</i>
8	MC	<i>Coil Holder</i>

Standar penyimpanan yang digunakan oleh perusahaan adalah jenis material SF, FM, LA, PL, MC, dan DEVIDER disimpan pada gudang *packaging* lantai 1 sedangkan sisanya disimpan pada gudang *packaging* lantai 2. Setiap jenis material terdiri dari beberapa variasi yang dibedakan dengan nomor *item*, penggunaannya juga digunakan dalam pendataan, penyimpanan, dan pengambilan material. Penyimpanan material dilakukan dengan menggunakan palet secara *on floor* dan tidak menggunakan rak karena keterbatasan ruang.

Tata Letak Gudang *Packaging*

Tata letak gudang *packaging* lantai 1 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tata letak gudang *packaging* lantai 1

Bin penyimpanan adalah *area* penyimpanan di dalam gudang. Terdapat enam bin penyimpanan di gudang lantai 1 meliputi bin A-1, A-2, B-1, B-2, C-1, dan C-2 seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Tata letak gudang *packaging* lantai 2 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tata letak gudang *packaging* lantai 2

Terdapat tiga gudang *packaging* di gudang lantai 2 meliputi bin D-1, D-2, dan D-3. Bin penyimpanan tersebut terdiri dari beberapa sub bin yang dapat dilihat pada gambar persegi dan di dalamnya adalah nomor palet.

Kondisi Awal Tata Letak Gudang *Packaging*

Data yang digunakan untuk kondisi awal tata letak gudang *packaging* adalah tanggal 26 Maret 2020. Terdapat 76 nomor *item* material yang disimpan di gudang *packaging* meliputi 42 nomor *item* material di gudang *packaging* lantai 1 dan 34 nomor *item* material di gudang *packaging* lantai 2.

Terdapat 11,9% dan 21,62% material disimpan secara acak pada kondisi awal penyimpanan. Penyimpanan acak yang dimaksud adalah material dengan nomor *item* yang sama disimpan pada bin penyimpanan yang berbeda. Penyimpanan material acak di gudang lantai 1 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Penyimpanan material acak di gudang lantai 1

No. <i>Item</i>	Jenis	Satuan	Bin	Sub Bin
1043790	SF	EA	A-1	1-8;12-17; 22-25
			C-2	169-172
1022666	SF	EA	A-1	18
			C-1	134-137
1022662	SF	EA	A-2	32
			B-1	83;90;97
1043799	SF	EA	A-2	81
			B-1	84-85; 88 ;91; 95; 98 ;102
			B-2	112-114;117
			C-2	149-152
1043803	SF	EA	C-1	126; 128-132
			C-2	161; 163-167

Penyimpanan material acak di gudang *packaging* lantai 2 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penyimpanan material acak di gudang lantai 2

No. <i>Item</i>	Jenis	Satuan	Bin	Sub Bin
1080491	CC	EA	D-1	4; 29-31
			D-2	106;111-114
1004067	CC	EA	D-1	14-15
			D-2	126-129
1004071	CC	EA	D-1	17-20
			D-2	81-83; 157-158
1086756	CC	EA	D-1	53-54
			D-2	171
1072943	CC	EA	D-1	87-88; 142-143
			D-2	149-152
1080492	CC	EA	A-1	76
			D-1	16
			D-2	162; 172-173
			D-3	184; 187
1086756	CC	EA	D-1	53-54
			D-2	171
1007943	CC	EA	B-2	119
			D-3	188

Momen Perpindahan Kondisi Awal

Momen perpindahan kondisi awal dihitung dengan menggunakan data rata-rata frekuensi material per hari kemudian dikalikan dengan jarak masing-masing material dari pintu masuk gudang hingga ke sub bin dan dari sub bin menuju pintu keluar. Hasil perhitungan momen perpindahan kondisi awal untuk material yang disimpan di gudang *packaging* lantai 2 adalah total 17.838,47 meter sedangkan momen perpindahan material pada kondisi awal di gudang *packaging* lantai 1 adalah total 18.915,89 meter.

Perancangan Tata Letak Penyimpanan Material *Packaging*

Perancangan tata letak penyimpanan material *packaging* dilakukan untuk menghasilkan rancangan tata letak dengan momen perpindahan yang minimum. Metode yang digunakan adalah *class based storage*. Perancangan tata letak penyimpanan material *packaging* ini dilakukan dengan klasifikasi ABC. Material yang telah dikelompokkan ditempatkan pada bin penyimpanan yang diusulkan mempertimbangkan jarak bin penyimpanan menuju pintu keluar, frekuensi, dan kebutuhan untuk produk SKU *packaging*.

Klasifikasi ABC

Klasifikasi ABC dilakukan dengan menghitung akumulasi persentase masing-masing material hingga didapatkan nilai akumulasi kurang lebih 80%, 15%, dan 5% jika nilai akumulasi melebihi atau kurang dari angka tersebut maka dipilih dengan selisih terkecil.

Hasil klasifikasi ABC material di gudang *packaging* lantai 1 pada kondisi awal dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil klasifikasi ABC material di gudang *packaging* lantai 1

Kategori	Akumulasi Persentase (%)	Jumlah Material (%)
A	80,783	26,316
B	14,637	26,316
C	4,579	47,368

Hasil klasifikasi ABC material di gudang *packaging* lantai 2 pada kondisi awal dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil klasifikasi ABC material di gudang *packaging* lantai 2

Kategori	Akumulasi Persentase (%)	Jumlah Material (%)
A	80,475	32,211
B	15,323	21,053
C	4,203	44,737

Klasifikasi ABC di atas menunjukkan bahwa 26,316% material di gudang *packaging* lantai 1 dan 32,211% material termasuk kategori A. Material-material ini akan diletakkan pada bin penyimpanan dekat dengan pintu keluar pada usulan.

Perancangan Tata Letak Penyimpanan dengan Pengelompokkan Jenis Material

Perancangan tata letak penyimpanan dengan pengelompokkan jenis material, material dengan jenis yang sama dikelompokkan menjadi satu dan dilakukan perhitungan jarak dari bin penyimpanan menuju pintu keluar gudang. Jarak bin penyimpanan ke pintu keluar gudang *packaging* lantai 1 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Jarak bin penyimpanan ke pintu keluar gudang *packaging* lantai 1

Bin	Total Jarak (meter)	Kapasitas (palet)
A-1	12,73	53
A-2	10,79	28
B-1	18,34	21
B-2	35,76	21
C-1 (1)	23,51	4
C-1 (2)	29,79	20
C-2	36,35	25

Hasil perhitungan jarak di atas menunjukkan bahwa bin A-2 merupakan bin penyimpanan yang terdekat dengan pintu keluar dengan total jarak 10,79 meter sedangkan bin penyimpanan terjauh adalah bin. Bin penyimpanan ini akan diusulkan untuk penyimpanan material dengan kategori A.

Jarak bin penyimpanan ke pintu keluar gudang *packaging* lantai 2 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Jarak bin penyimpanan ke pintu keluar gudang *packaging* lantai 2

Bin	Total Jarak (meter)	Kapasitas (palet)
D-1	77,835	80
D-2 (1)	80,655	90
D-2 (2)	49,295	6
D-3 (1)	32,810	6
D-3 (2)	33,105	8

Penempatan jenis material pada bin penyimpanan sesuai dengan jumlah kebutuhan palet dan mempertimbangkan kategori material yang disimpan dari hasil klasifikasi ABC, jenis material, kapasitas bin, dan karakteristik material. Usulan penempatan jenis material di gudang *packaging* lantai 1 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Usulan penempatan jenis material di gudang *packaging* lantai 1

Bin	Kode Material	Kebutuhan (palet)	Kapasitas Bin (palet)
A-1	SF	52	53
A-2	SF, MC	24	38
B-1	SF	20	21
B-2	FM, LA, PL	12	21
C-1 (1)	SF	4	4
C-1 (2)	SF	16	20
C-2	SF	14	25

Jumlah kapasitas bin penyimpanan yang disediakan mencukupi kebutuhan material yang disimpan. Hasil perhitungan kemudian di validasi menggunakan rata-rata *on hand inventory* untuk mengetahui apakah mencukupi kebutuhan harian sesuai dengan kapasitas bin yang disediakan. Hasil perhitungan validasi total pada masing-masing bin ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Validasi kebutuhan palet usulan di gudang *packaging* lantai 1

Bin	Kebutuhan <i>On Hand</i> <i>Inventory</i> (palet)	Kapasitas Bin (palet)
A-1	52	53
A-2	27	28
B-1	28	21
B-2	15	21
C-1 (1)	4	4
C-1 (2)	15	20
C-2	14	25

Kondisi seperti bin B-1 yang mana kebutuhan *on hand inventory* lebih besar dari kapasitas bin dilakukan penyesuaian dengan mengalokasikan material untuk disimpan pada bin C-2. Pengalokasian ditujukan untuk bin penyimpanan dengan jenis material sama.

Langkah selanjutnya adalah penempatan material di gudang *packaging* lantai 2 dilakukan dengan membagi bin penyimpanan berdasarkan kategori dari klasifikasi

ABC. Kategori A akan diletakkan pada bin terdekat dari pintu keluar. Usulan penempatan material di gudang *packaging* lantai 2 dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Usulan penempatan material di gudang *packaging* lantai 2

Bin	Kategori Material	Kebutuhan (palet)	Kapasitas (palet)
D-1	A	52	80
D-2 (1)	B dan C	50	90
D-2 (2)	B dan C	6	6
D-3 (1)	A dan C	3	6
D-3 (2)	A dan C	4	8

Material kategori A diletakkan pada bin D-1 yang merupakan jarak bin penyimpanan terdekat dari pintu keluar sedangkan bin D-3 untuk kategori C bertujuan memisahkan material *slow moving* untuk dapat mempercepat aliran material. Bin D-3 dapat digunakan untuk material kategori A jika jumlah kedatangan material lebih besar dari yang disediakan. Langkah selanjutnya dilakukan validasi kebutuhan palet usulan di gudang *packaging* lantai 2 dengan menggunakan data *on hand inventory* dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Validasi kebutuhan palet usulan di gudang *packaging* lantai 2

Bin	Kebutuhan <i>On Hand Inventory</i> (palet)	Kapasitas Bin (palet)
D-1	105	80
D-2	89	96
D-3	13	14

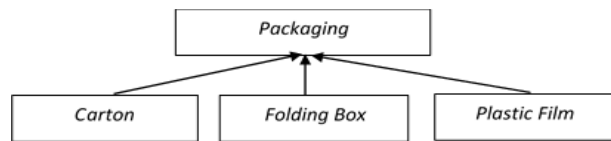
Kebutuhan palet berdasarkan *on hand inventory* menunjukkan bahwa bin D-1 kebutuhan melebihi kapasitas bin penyimpanan sedangkan bin D-2 dan D-3 menunjukkan bahwa bin penyimpanan yang disediakan memenuhi kebutuhan. Penyesuaian dilakukan terhadap material kategori A di bin D-1 dapat dialokasikan pada bin D-3.

Perancangan tata letak penyimpanan material berdasarkan jenisnya pada gudang *packaging* lantai 1 dan 2 dibandingkan momen perpindahannya dengan kondisi awal. Momen perpindahan usulan material di gudang lantai 1 terjadi pengurangan 4.306,85 meter atau sebesar 25,12% dari kondisi awal. Momen perpindahan material di gudang *packaging* lantai 2 terjadi pengurangan 3.896,91 meter atau sebesar 21,13% dari kondisi awal.

Perancangan Tata Letak Berdasarkan SKU Produk *Packaging*

Perancangan tata letak berdasarkan SKU produk *packaging* adalah mendekatkan penyimpanan setiap jenis material yang dibutuhkan untuk membuat produk *packaging*. Usulan ini lebih tepat jika digunakan pada gudang *packaging* lantai 1 karena

lebih banyak menyimpan jenis material. Jenis material yang dibutuhkan untuk membuat produk *packaging* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Jenis material yang dibutuhkan untuk membuat produk *packaging*

Terdapat 2 kategori material untuk pembuatan SKU *packaging* meliputi material khusus dan universal. Material khusus adalah material yang memiliki nomor *item* berbeda untuk setiap SKU produk *packaging* meliputi jenis material *folding box* dan *carton*. Material universal adalah material dengan satu nomor *item* dapat digunakan membuat beberapa SKU produk *packaging* meliputi *plastic film* dan *barcode*.

Usulan tata letak ini adalah dengan menempatkan jenis material *packaging* yang bersifat universal berada di bin penyimpanan yang dekat dengan pintu keluar dan disimpan diantara material khusus. Usulan 2 untuk penempatan jenis material di gudang *packaging* lantai 1 dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Usulan 2 penempatan jenis material di gudang *packaging* lantai 1

Bin	Jenis Material	Kebutuhan (palet)	Kapasitas Bin (palet)
A-1	SF	52	53
A-2	SF, MC	24	38
B-1	SF, FM	21	21
B-2	FM, LA, PL, SF	8	21
C-1 (1)	SF	4	4
C-1 (2)	SF	20	20
C-2	SF	13	25

Kebutuhan palet pada usulan 2 gudang *packaging* lantai 1 menunjukkan bahwa kapasitas bin yang disediakan mencukupi kebutuhan palet material pada usulan. Hasil ini di validasi dengan data *on hand inventory* per hari. Selanjutnya, dilakukan validasi kebutuhan palet usulan 2 di gudang *packaging* lantai 1 dengan menggunakan data *on hand inventory* dapat dilihat pada Tabel 13.

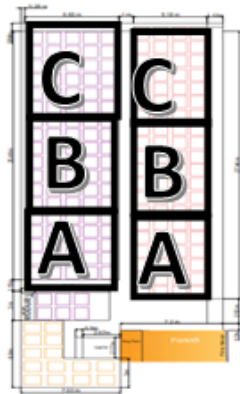
Tabel 13. Validasi kebutuhan palet usulan 2 di gudang *packaging* lantai 1

Bin	Kebutuhan <i>On Hand Inventory</i> (palet)	Kapasitas Bin (palet)
A-1	52	53
A-2	27	28
B-1	30	21
B-2	7	21
C-1	24	24
C-2	15	25

Kebutuhan palet berdasarkan *on hand inventory* menunjukkan bahwa material yang disimpan di bin A-1, A-2, dan C-1 mencukupi kebutuhan. Bin B-1 dan C-1 kapasitas bin penyimpanan tidak mencukupi kebutuhan palet yang disediakan, untuk itu diusulkan bahwa material pada bin B-1 dapat dialokasikan untuk disimpan pada bin B-2 atau C-2 jika kedatangan material melebihi kapasitas bin yang tersedia. Hasil penempatan material usulan 2 pada gudang *packaging* lantai 1 menghasilkan pengurangan momen sebesar 3.974,98 meter atau sebesar 23,18% dari kondisi awal.

Perancangan Tata Letak Berdasarkan Jarak Terdekat

Bin penyimpanan di gudang lantai 2 memiliki tata letak yang memanjang ke belakang. Usulan kedua ini adalah dengan membagi setiap bin penyimpanan ke dalam tiga bagian yaitu bagian A, B, dan C. Bagian A untuk material dengan kategori A yang terletak paling dekat dengan *gate* sedangkan bagian C digunakan untuk material yang termasuk kategori C. Pembagian lokasi bin penyimpanan di gudang *packaging* lantai 2 ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pembagian lokasi bin penyimpanan di gudang *packaging* lantai 2.

Pembagian bin penyimpanan ini digunakan untuk memberikan prioritas lokasi penyimpanan yang dekat dengan pintu keluar gudang untuk material dengan kategori A dan yang jauh dari pintu keluar digunakan untuk material dengan kategori C. Tata letak penyimpanan ini sesuai dengan hasil klasifikasi ABC. Kebutuhan palet pada penempatan material usulan 2 di gudang *packaging* lantai 2 dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Kebutuhan palet pada usulan 2 penempatan material di gudang *packaging* lantai 2

Bin	Kebutuhan (palet)	Kapasitas (palet)
D-1	61	80
D-2	87	96
D-3	7	14

Hasil di atas menunjukkan bahwa kapasitas bin penyimpanan mencukupi kebutuhan palet material. Jumlah kebutuhan palet ini kemudian di validasi dengan berdasarkan *inventory on hand* dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Validasi usulan 2 penempatan material d gudang *packaging* lantai 2

Bin	Kebutuhan <i>On Hand Inventory</i> (palet)	Kapasitas (palet)
D-1	92	80
D-2	102	96
D-3	13	14

Berdasarkan data *on hand inventory* menunjukkan bahwa material yang disimpan di bin D-1 dan D-2 melebihi kapasitas yang tersedia untuk itu material ini dapat disimpan terlebih dahulu di *temporary area* karena jumlah kebutuhan palet harian berdasarkan data melebihi kapasitas gudang secara keseluruhan.

Langkah selanjutnya yaitu dengan melakukan perhitungan momen untuk membandingkan dengan kondisi awal. Hasil perbandingan momen usulan ini menunjukkan terdapat pengurangan momen perpindahan sebesar 4.067,8 meter atau sebesar 21,505%. Perbandingan ini menunjukkan bahwa usulan 2 memiliki tata letak yang lebih baik dibandingkan dengan kondisi awal.

Perbandingan Hasil Usulan Perancangan Tata Letak Penyimpanan Material

Perbandingan hasil dari momen perpindahan usulan perancangan tata letak penyimpanan material dengan kondisi awal dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Perbandingan momen perpindahan usulan dan kondisi awal

Momen	Lantai 1 (meter)	Lantai 2 (meter)
Kondisi Awal	17.145,32	18.915,89
Usulan 1	12.838,47	14.561,10
Usulan 2	13.170,34	14.848,09

Kedua usulan dalam perancangan tata letak yang memberikan hasil penurunan momen perpindahan dari kondisi awal. Hasil perbandingan menunjukkan momen perpindahan minimum untuk gudang *packaging* lantai 1 adalah pada usulan 1 yaitu sedangkan untuk gudang lantai 2 momen terkecil pada usulan 2 yaitu perancangan tata letak berdasarkan jarak dan membagi bin penyimpanan menjadi tiga lokasi penyimpanan untuk masing-masing kategori material yang digambarkan dengan *highlight* bewarna kuning pada tabel. Pengurangan momen perpindahannya sebesar 25,12% dan usulan 2 untuk gudang lantai 2 adalah sebesar 21,51%.

Hasil Simulasi

Hasil simulasi dengan menggunakan Promodel dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Hasil simulasi dengan Promodel

Bin	Kondisi Awal	Usulan 1	Usulan 2
Permintaan (palet)	4227	4227	4227
Exit (palet)	4229	4229	4229
Average Move Logic (menit)	222,92	218,98	219,40

Average move logic atau waktu rata-rata transportasi material dari sub bin penyimpanan menuju pintu keluar gudang *packaging* pada simulasi, dihasilkan waktu transportasi minimum terjadi pada usulan 1 yaitu 218,98 menit seperti yang di *highlight* bewarna kuning pada tabel di atas. Waktu transportasi juga dipengaruhi oleh waktu menunggu material jika kondisi gudang penuh. Kondisi ini dilakukan dengan menjumlahkan waktu tempuh material dan waktu operasi, hasil simulasi ditunjukkan pada Tabel 18.

Tabel 18. Hasil simulasi dengan Promodel dengan waktu menunggu material

Bin	Kondisi Awal	Usulan 1	Usulan 2
Permintaan (palet)	4227	4227	4227
Exit (palet)	4229	4229	4229
Average Move Logic (menit)	222,92	218,98	219,40
Average Operation (menit)	36,11	38,17	37,82
Total Waktu (menit)	259,03	257,16	257,23

Hasil simulasi waktu total minimum adalah usulan 1 dengan waktu sebesar 257,16 menit seperti pada tabel yang di *highlight* bewarna kuning. Simulasi ini menunjukkan bahwa tata letak usulan 1 memiliki waktu transportasi minimum dan usulan terbaik.

Simpulan

Permasalahan penyimpanan material *packaging* secara acak dapat diperbaiki dengan melakukan perancangan tata letak pengelompokan material berdasarkan jenisnya dan penyusunan setiap individu material pada sub bin penyimpanan dengan menggunakan hasil klasifikasi ABC. Hasil penempatan material ini mampu mengurangi momen perpindahan material sebesar 25,12% untuk material di gudang lantai 1 dan 21,51% untuk material di gudang lantai 2 serta penurunan rata-rata waktu transportasi sebesar 3,94 menit. Usulan yang digunakan pada gudang lantai 1 adalah dengan melakukan pengelompokan material berdasarkan jenis dan penempatan material yang sesuai dengan kategori hasil klasifikasi ABC.

Perlu diperhatikan beberapa hal dalam perancangan tata letak penyimpanan material ini seperti penyimpanan material harus dalam pengelompokan contohnya yaitu material dengan nomor *item* yang sama diletakkan berdekatan, klasifikasi ABC perlu dilakukan setiap periode untuk menyesuaikan dengan SKU barang jadi yang di produksi, dan perlu adanya penyediaan tempat penyimpanan sebelum kedatangan material sehingga penyimpanan material lebih teratur sesuai dengan hasil klasifikasi.

Daftar Pustaka

1. Heragu, S. S., *Facilities Design*, 3rd ed., CRC Press, Boca Raton, 2008.
2. Emmett, S., *Excellence in Warehouse Management: How to Minimise Cost and Maximise Value*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2005.
3. Harrel, C., Ghosh, B., & Bowden, R., *Simulation Using Promodel*, 3rd ed., McGraw Hill, New York, 2012.