



Jurnal Artikel

Perbaikan Tata Letak Gudang dengan Metode *Dedicated Storage* dan *Class Based Storage* serta Optimasi Alokasi Pekerjaan *Material Handling* di PT. Dua Kuda Indonesia

Helena Sitorus¹, Rudianto², Meriastuti Ginting³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya
¹helena.sitorus@dsn.ubharajaya.ac.id, ²rudiannt84@gmail.com, ³meriastuti.ginting@ukrida.ac.id
*Corresponding author – Email : meriastuti.ginting@ukrida.ac.id

Artkel Info - : Received : 8 Aug 2020; Revised : 28 Aug 2020; Accepted: 31 Aug 2020

Abstrak

Tingkat pelayanan gudang barang jadi PT. Dua Kuda Indonesia masih kurang 1,7% dalam memenuhi permintaan barang. Penempatan barang di gudang tidak beraturan, bercampur, dan berdasarkan space kosong yang tersedia. Alokasi beban kerja yang berbiaya minimum untuk kedua forklift sebagai alat material handling belum diperhitungkan. Untuk itu dilakukan penelitian yang bertujuan menentukan tata letak yang menghasilkan total jarak perpindahan terkecil dan optimasi alokasi beban kerja forklift. Perbandingan metode *Dedicated Storage* dan *Class Based Storage* dilakukan untuk memilih layout dengan jarak tempuh terkecil. Metode Transportasi digunakan dalam menentukan optimasi alokasi pekerjaan forklift. Hasil penelitian menunjukkan bahwa layout terpilih adalah layout dengan metode *Class Based Storage*. Dibandingkan layout awal, layout ini memberikan penurunan jarak perpindaham sebesar 32,24% dan peningkatan produktivitas sebesar 49,98%. Alokasi pekerjaan yang optimum yaitu forklit 3 ton mengambil dan menyimpan barang di blok A, B (23 slot), E, F dan forklift 2,5 ton di blok B (1 slot), C, D, G dan H.

Kata kunci: tata letak, *Dedicated Storage*, *Class Based Storage*, transportasi

Abstract

The level of finish good warehouse service at PT. Dua Kuda Indonesia still lack 1.7% in meeting the demand for goods. Placement of goods in warehouses is irregular, mixed, and based on available empty space. The allocation of a minimum cost of workload for both forklifts as a material handling tool has not been taken into account. For this reason, research is aimed at determining the layout that produces the smallest total displacement distance and optimizing the forklift workload allocation. A comparison of *Dedicated Storage* and *Class Based Storage* methods is done to choose the layout with the smallest distance traveled. The transportation method is used in determining the optimization of forklift work allocation. The results showed that the selected layout was a *Class Based Storage* method. Compared to the initial layout, this layout gives a reduction in the distance of the move by 32.24% and an increase in productivity by 49.98%. The optimum work allocation is a 3-ton forklift taking and storing goods in blocks A, B (23 slots), E, F and 2.5 tons forklifts in block B (1 slot), C, D, G and H.

Keywords: layout, *Dedicated Storage*, *Class Based Storage*, transportation

1. PENDAHULUAN

Tata letak fasilitas merupakan masalah yang penting dalam sistem manufaktur modern saat ini. Kondisi lahan yang

semakin terbatas mengakibatkan perusahaan-perusahaan yang ada semakin terdorong untuk mengupayakan sistem penyimpanan (gudang) yang lebih terpadu (Zaerpour & de Koster, 2017). Disamping

itu salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan daya saing adalah dengan pengelolaan gudang dengan baik, khususnya gudang *finished goods* (Hidayat & Maarif, 2018). Penelitian yang menyatakan bahwa sekitar 23% biaya logistik di US dan 39% di Eropa terletak pada aktivitas di gudang mengakibatkan mengelola gudang dengan cara hemat biaya menjadi perhatian perusahaan yang ingin mengurangi pengaruh biaya yang cukup signifikan ini (Fumi, Scarabotti, & Schiraldi, 2013). Inilah yang menjadi dasar pentingnya penelitian perencanaan ulang tata letak gudang.

Tata letak gudang menyangkut pengaturan ruang penyimpanan dan material handling yang ditujukan untuk memaksimalkan utilitas ruang, efisiensi, menurunkan biaya, dan peningkatan produktivitas dengan meminimalkan jarak tempuh untuk menyimpan (*storage*) dan mengambil (*order picking*) sebuah item barang. Hal ini akan dipengaruhi oleh dimensi gudang, panjang lorong (*pick aisle* dan *cross aisle*), metode pengambilan, sistem material handling, dan infrastruktur teknologi informasi pendukung.

Tata letak gudang yang baik berarti mengatur peralatan dalam suatu fasilitas sedemikian rupa sehingga membantu fasilitas tersebut bekerja secara produktif karena memberikan kemudahan dalam operasional dan kecepatan pelayanan, terhindar dari pekerjaan yang bolak-balik karena peralatan/barang sudah ditempatkan sesuai dengan karakteristiknya. Skema tata letak yang baik akan memberikan kontribusi pada efisiensi operasi secara keseluruhan (Zhenyuan, Xiaohong, Wei, Jie, & Wang, 2011).

Gudang PT. Dua Kuda menyimpan barang jadi berupa bahan-bahan kimia. Saat ini permintaan pengeluaran barang tidak dapat terpenuhi 100 sementara jumlah barang yang tersedia di gudang melebihi jumlah permintaan. Operator gudang sering mengalami kesulitan dalam mengambil dan menyimpan barang karena

barang disimpan tak beraturan dan bercampur. Barang disimpan pada space kosong yang tersedia tanpa memperhatikan apakah barang di sekitarnya adalah barang yang sama atau tidak. Area gudang digunakan seluruhnya tanpa memperhitungkan penggunaan area penyimpanan yang tepat. Demikian juga lebar lorong belum diperhitungkan seefisien mungkin. Terdapat 2 forklift yang digunakan untuk alat *material handling* yaitu forklift 3 ton dan 2,5 ton. Kedua forklift digunakan secara acak padahal keduanya mengkonsumsi bahan bakar yang berbeda. Forklift 3 ton mengkonsumsi bahan bakar 2,1 liter/jam dan forklift 2 liter/jam. Apabila secara acak forklift 3 ton selalu mengangkat barang ke area penyimpanan yang terjauh tentu saja biaya akan tinggi. Biaya perpindahan material perlu diminimumkan dengan mengalokasikan beban kerja pada masing-masing forklift.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk menentukan tata letak yang menghasilkan total jarak perpindahan minimum dan menentukan alokasi optimum beban kerja masing-masing forklift.

2. METODE PENELITIAN

Beberapa penelitian terdahulu tentang perencanaan ulang tata letak fasilitas telah memberikan hasil penurunan jarak tempuh dan penurunan biaya material handling serta meningkatkan efisiensi dengan berbagai metode. Dua diantaranya adalah *Dedicated Storage* (Astuti, Pratikto, Irawan, & Sugiono, 2016), (Febianti, Ilhami, & G., 2016; 1(2)), (Meldra & Purba, 2018), (Audrey, Sukania, & Nasution, 2019) dan *Class Based Storage* (Basuki & Kudori, 2016) (Hidayat & Maarif, 2018) (Johan & Suhada, 2018). Penelitian-penelitian yang tersebut di atas menyatakan bahwa metode yang digunakan telah berhasil menurunkan jarak perpindahan, menurunkan biaya *material*

handling termasuk penambahan *allowance* area penyimpanan.

Penelitian ini akan melakukan perencanaan ulang tata letak fasilitas dengan membandingkan metode *Dedicated Storage* dan *Class Based Storage* serta dan memilih metode yang memberikan jarak perpindahan dan biaya *material handling* paling minimum. Sedangkan untuk mengoptimasi alokasi beban forklift akan menggunakan metode transportasi dengan metode *Vogel Approximation Method* (VAM) solusi layak dasar dan *Stepping Stone* untuk mendapatkan solusi optimal.

2.1 *Dedicated Storage*

Dedicated Storage adalah metode yang sering disebut sebagai penyimpanan yang sudah tertentu dan tetap karena lokasi untuk tiap barang sudah ditentukan tempatnya (Tompkins & Bozer, 2010). Kebijakan demikian didesain dengan luas penyimpanan setiap item sama dengan level maksimal persediaan.

Langkah-langkah pembuatan tata letak dengan *Dedicated Storage* adalah:

1. Menghitung *Space Requirement* :

$$S_j = \frac{\text{Penyimpanan maksimum}}{\text{ukuran kapasitas blok}} \quad (1)$$

2. Menghitung *Throughput* (Aktivitas Penyimpanan) :

$$T_j = \left(\frac{\text{Rata-rata penerimaan}}{\text{jumlah Pemindahan Sekali Angkut}} \right) + \left(\frac{\text{Rata-rata pengiriman}}{\text{jumlah Pemindahan Sekali Angkut}} \right) \quad (2)$$

3. Penempatan produk pada lokasi penyimpanan dilakukan dengan menghitung T_j/S_j . Penempatan dimulai dengan nilai perbandingan T_j/S_j terbesar di area terdekat ke titik in out (I/O) berturut-turut hingga nilai perbandingan T_j/S_j terkecil di area terjauh.

2.2 *Class Based Storage*

Class Based Storage merupakan metode penyimpanan barang dengan membagi item-item ke dalam kelas-kelas berdasarkan kesamaan kriteria tertentu

seperti jenis material, tipe movement (*fast moving, medium moving, slow moving*) dan lainnya. Heragu (2006) mengelompokkan material dalam gudang menjadi tiga kelas yaitu kelas A, kelas B, dan kelas C berdasarkan pada hukum pareto dengan pertimbangan pada aktivitas level storage dan retrieval (S/R) pada aktivitas dalam gudang. Pengaturan tempat dirancang lebih fleksibel karena tiap kelas ditempatkan pada daerah tertentu dan masing-masing kelas dapat disusun secara acak.

2.3 Metode *Rectilinear Distance*

Jarak perjalanan (*distance traveled*) merupakan jarak yang harus ditempuh *material handling* dari lokasi penyimpanan ke titik in/out (I/O) sebagai titik awal perjalanan. Metode *rectilinear distance* mengukur jarak sepanjang lintasan dengan menggunakan garis tegak lurus (*orthogonal*) satu dengan yang lainnya. Pengukurannya dilakukan dengan rumus berikut:

$$d_{ij} = |X_i - X_j| + |Y_i - Y_j| \quad (3)$$

2.4 Metode Transportasi

Ongkos *material handling* sebanding dengan jarak perpindahan barang saat keluar dan masuk Gudang. Biaya ini perlu diminimumkan karena merupakan bagian dari biaya di gudang. Alokasi optimum pekerjaan alat material handling dalam memasukkan dan mengeluarkan barang di gudang perlu dilakukan supaya mendapatkan biaya yang minimum. Dalam hal ini metode yang digunakan adalah metode Transportasi. Metode ini menentukan pekerjaan apa saja yang dialokasikan pada tiap alat material handling berikut jumlah pekerjaannya sehingga total biaya perpindahan barang minimum.

Model transportasi adalah model pemindahan penumpang atau barang dari satu tempat ke tempat lain. Sesuai dengan namanya, model ini berkaitan dengan

penentuan rencana biaya terendah untuk mengirim sesuatu dari sejumlah sumber ke sejumlah tujuan (Taha, 2007). Solusi optimum persoalan transportasi diperoleh dengan terlebih dahulu mendapatkan solusi layak dasar dan dilanjutkan dengan mencari solusi optimum. Solusi layak dasar yang digunakan adalah *Vogel Approximation Method* (VAM). Metode lanjutan untuk mendapatkan solusi optimal adalah metode *Stepping Stone* dan *U-V Multiplier Modified Distribution Method (MODI)*

3. TAHAPAN PENELITIAN

Secara lebih lengkap tahapan penelitian diuraikan seperti berikut ini.

- a. Pengumpulan data (rata-rata jumlah barang masuk, keluar dan yang disimpan setiap hari)
- b. Menghitung kebutuhan ruang (space requirement) dan aktivitas (throughput)
- c. Menggambarkan layout awal dan menghitung jarak perpindahan
- d. Relayout menggunakan metode *Dedicated Storage*
 - Menghitung nilai *throughput/space requirement* (T/S) dan mengurutkan nilai T/S dari terbesar sampai terkecil
 - Penempatan area penyimpanan item berdasarkan nilai T/S tertinggi sampai terendah berturut-turut sebagai area terdekat sampai terjauh dari in/out (pintu gudang)
 - Menggambar layout metode *Dedicated Storage*
 - Menghitung jarak perpindahan layout metode *Dedicated Storage*
- e. Relayout menggunakan metode *Dedicated Storage*
 - Mengelompokkan item-item berdasarkan nilai *throughput* ke dalam kelas A (tinggi), B(sedang), dan C (rendah)
 - Penempatan area penyimpanan berdasarkan kelas berturut-turut dari kelas A,B,C sebagai area terdekat

sampai terjauh dari in/out (pintu gudang).

- Menggambar layout metode *Classed Based Storage*
 - Menghitung jarak perpindahan layout metode *Classed Based Storage*
- f. Pemilihan layout terbaik (yang menghasilkan jarak perpindahan terpendek) dengan cara membandingkan nilai jarak perpindahan metode *Dedicated Storage* dengan metode *Classed Based Storage*
 - g. Membandingkan layout terpilih dengan layout awal
 - h. Melakukan optimasi alokasi beban Forklift dengan VAM dan *Stepping Stone*.

4. JASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Data yang diketahui dari gudang *finished goods* PT. Dua Kuda Indonesia diantaranya adalah luas gudang = 3750 m², panjang =75 m, lebar = 50 m. Jumlah *slot* = 220 *slot*, panjang *slot* = 4,6m, lebar *slot* =1,5m dengan kapasitas *slot* = 8 palet dengan susunan 4 palet di bawah dan 4 palet disusun diatasnya. Ukuran palet penyimpanan adalah 110 x 150 x 15 (cm) dengan kapasitas 1 ton. Space palet adalah 115 x 150 x 15 dimana ada tambahan untuk panjang 5cm dan lebar 20cm. Alat material handling adalah forklift 3 ton dan 2,5 ton dengan jumlah operator = 6 orang. Sedangkan data penyimpanan dan keluar masuk barang di gudang untuk periode tahun 2019 dapat dilihat pada tabel 1.

4.2 Pengolahan Data

Perhitungan Kebutuhan Ruang dan *Throughput* (Aktivitas)

Menggunakan Pers.1 dan Pers. 2 dapat dihitung kebutuhan ruang dan *throughput*. Sebagai contoh perhitungan dapat dilihat untuk produk *Stearic Acid* 1860 sebagai berikut:

Tabel 1. Penyimpanan, Pemasukan, dan pengeluaran Harian Barang di Gudang

No	Nama Item	Penyimpanan Maksimum		Rata-rata Penerimaan		Rata-rata Pengambilan	
		Jumlah (ton)	Palet	Jumlah (ton)	Palet	Jumlah (ton)	Palet
1	Steard Acid 1680	38,59	39	13,55	14	13,14	14
2	Steard Acid 1820	125,23	126	37,38	38	34,52	35
3	Steard Acid 1838	374,78	375	130,17	131	128,76	129
4	Steard Acid 1842	297,17	298	153,67	154	151,73	152
5	Steard Acid 1850	23,09	24	6,56	7	6,56	7
6	Steard Acid 1685	18,95	19	4,78	5	4,19	5
7	Steard Acid 1832	30,52	31	4,64	5	4,64	5
8	Steard Acid 1860	144,24	145	48,87	49	46,95	47
9	Glycerine	107,92	108	51,1	52	47,94	48
10	Acid Oil	19,58	20	7,81	8	7,68	8
11	AW	70,06	71	31,91	32	31,18	32
12	HRBDPS	225,15	226	103,8	104	100,67	101
	Total	1.475,28	1.482	594,24	599	577,96	583

Kebutuhan Ruang = $\frac{38,59}{8} = 4,82 = 5 \text{ slot}$

Kebutuhan Luas Lantai = $5 \times 4,6\text{m} \times 1,5\text{m} = 34,5 \text{ m}^2$

Throughput (aktivitas) penerimaan atau pengiriman pada gudang *finished goods* menggunakan *forklift* sebagai *material handling*. Dalam sekali pengangkutan *forklift* dapat mengangkat sebanyak 1 ton (1 palet) untuk semua jenis barang. Sebagai contoh perhitungan dapat dilihat untuk produk *Stearic Acid* 1860 sebagai berikut: $T = \frac{14}{1} + \frac{14}{1} = 28$

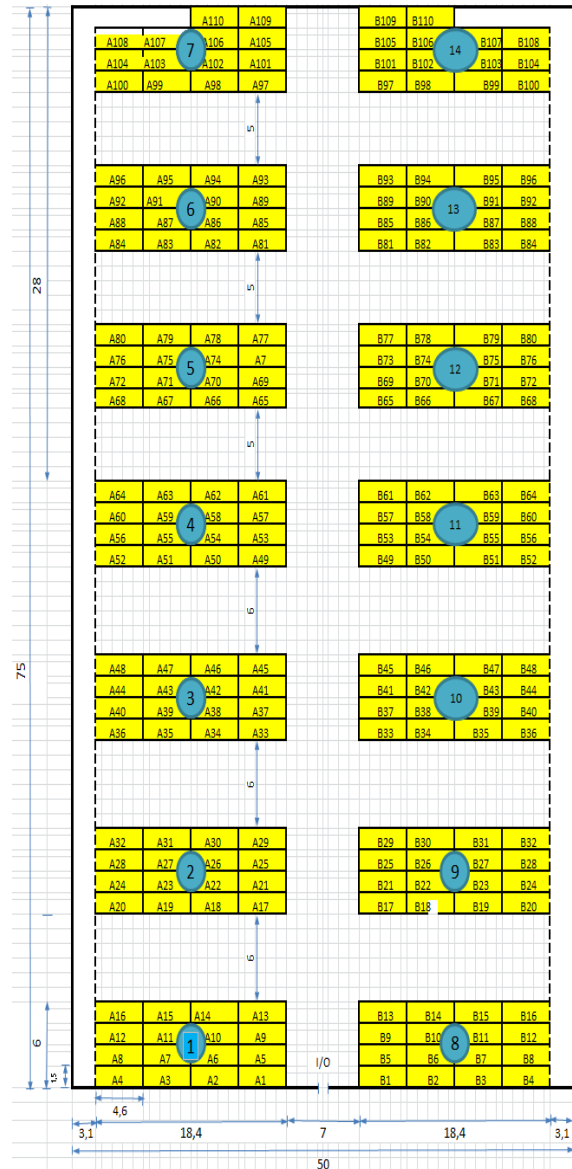
Dengan cara yang sama untuk produk lain diperoleh kebutuhan ruang dan *throughput* untuk semua item di gudang seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Space Requirement (Kebutuhan Ruang) dan Throughput

No	Nama Item	Penyimpanan Maksimum (ton)	Space Requirement (slot)	Kebutuhan Luas Area (m ²)	Throughput /Aktivitas (palet)	Rata-rata Pengambilan Jumlah (ton)	Palet
1	Steard Acid 1680	38,59	5	34,5	28	13,14	14
2	Steard Acid 1820	125,23	16	110,4	73	34,52	35
3	Steard Acid 1838	374,78	47	324,3	260	128,76	129
4	Steard Acid 1842	297,17	38	262,2	306	151,73	152
5	Steard Acid 1850	23,09	3	20,7	14	6,56	7
6	Steard Acid 1685	18,95	3	20,7	10	4,19	5
7	Steard Acid 1832	30,52	4	27,6	10	4,64	5
8	Steard Acid 1860	144,24	19	131,1	96	46,95	47
9	Glycerine	107,92	14	96,6	100	47,94	48
10	Acid Oil	19,58	3	20,7	16	7,68	8
11	AW	70,06	9	62,1	64	31,18	32
12	HRBDPS	225,15	29	200,1	205	100,67	101
	Total	1.475,28	190	1.311,00	1.182	577,96	583

Tata Letak Awal

Jumlah slot pada tata letak sekarang berjumlah 220 slot. Barang-barang ditempatkan pada *space* kosong yang tersedia. Pada tata letak gudang awal lebar gang belum mempunyai ukuran yang baku. Perusahaan hanya menentukan jumlah *slot* untuk masing-masing baris. Tata letak awal gudang PT. Dua Kuda Indonesia dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tata Letak PT. Dua Kuda Indonesia

Ukuran kotak persegi 1x1 menunjukkan ukuran sebenarnya 1m x 1m. Jarak tiap blok ke titik in/out (I/O atau titik awal keluar masuk) dihitung dengan metode *rectilinear*. Berikut adalah contoh perhitungan untuk blok 1 berdasarkan

gambar 1. Dengan $i =$ blok 1 dan $j =$ I/O yaitu pintu gudang yang merupakan titik awal yaitu titik (0,0) berada pada pojok kiri bawah.

$$X_i = 3,1 + (18,4/2) = 12,3 \text{ dan } Y_i = 6/2 = 3$$

$$X_j = 3,1 + 18,4 + (7/2) = 25 \text{ dan } Y_j = 0$$

$$d_{ij} = |X_i - X_j| + |Y_i - Y_j| = 12,3 - 25 + |3 - 0| = 15,7$$

Total barang keluar dan masuk = 599 + 583 = 1182 palet = 147,75 slot (1 slot = 8 palet)

Frekuensi keluar masuk tiap blok = $147,75/14 = 10,55$

Total jarak tempuh dari blok 1 = $d_{ij} \times$ Frekuensi = $15,7 \times 10,55 = 165,69$ m

Demikian selanjutnya dengan cara yang sama dilakukan perhitungan untuk blok 2 – 14 sehingga diperoleh hasil seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Jarak Tempuh Tata Letak Gudang Awal

No Blok	Slot No	X_i	Y_i	X_j	Y_j	$ X_i - X_j $	$ Y_i - Y_j $	d_{ij} (meter)	Frekuensi (dij x Frekuensi)	Jarak Tempuh (dij x Frekuensi) (meter)
1	A1-A16	12,3	3	25	0	12,70	3,00	15,70	10,55	165,69
2	A17-A32	12,3	15	25	0	12,70	15,00	27,70	10,55	292,33
3	A33-A48	12,3	27	25	0	12,70	27,00	39,70	10,55	418,98
4	A49-A64	12,3	39	25	0	12,70	39,00	51,70	10,55	545,62
5	A65-A80	12,3	50	25	0	12,70	50,00	62,70	10,55	661,71
6	A81-A96	12,3	61	25	0	12,70	61,00	73,70	10,55	777,80
7	A97-A110	12,96	71,68	25	0	12,04	71,68	83,72	10,55	883,56
8	B1-B16	37,70	3	25	0	12,70	3,00	15,70	10,55	165,69
9	B17-B32	37,70	15	25	0	12,70	15,00	27,70	10,55	292,33
10	B33-B48	37,70	27	25	0	12,70	27,00	39,70	10,55	418,98
11	B49-B64	37,70	39	25	0	12,70	39,00	51,70	10,55	545,62
12	B65-B80	37,70	50	25	0	12,70	50,00	62,70	10,55	661,71
13	B81-B96	37,70	61	25	0	12,70	61,00	73,70	10,55	777,80
14	B97-B110	37,04	71,68	25	0	12,04	71,68	83,72	10,55	883,56
Total Jarak Tempuh										7.491,38
Total Jarak Tempuh Bolak Balik										14.982,75

Gambar 1 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa luas lantai terpakai untuk penyimpanan = $(75 \times 50) - ((3,1 \times 75 \times 2) + (4,6 \times 1,5 \times 2)) = 3257,4 \text{ m}^2$. Kapasitas gudang = $220 + 4 = 224$ slot. Rata-rata jarak tempuh tiap slot = $14.982,75/190 = 78,86$ m. Fleksibilitas = $((224-190)/190) \times 100\% = 17,89\%$. Jumlah slot/ $\text{m}^2 = 190/3257,4 = 0,06$. Produktivitas = $190/6 = 31,67$ slot per operator.

Tata Letak dengan Metode *Dedicated Storage*

Langkah-langkah dalam penempatan produk:

1. Perankingan produk berdasarkan perbandingan *Throughput* (Tj) dan *Storage* (Sj) seperti pers. 3. Sebagai contoh perhitungan untuk produk *Stearic Acid* 1680 adalah: $\frac{T}{S} = \frac{28}{5} : 5,6$ Aktivitas. Untuk perbandingan *Throughput* (Tj) dan *Storage* (Sj) item barang berdasarkan urutan ranking selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Perbandingan *Throughput* (Tj) dan *Storage* (Sj)

No	Nama Item	<i>Throughput</i> (Aktivitas)	<i>Space Requirement</i> (slot)	T/S (Aktivitas/Slot)	Warna di Tata Letak
1	Stearid Acid	306	38	8,05	
2	Glycerine	100	14	7,14	
3	AW	64	9	7,11	
4	HRBDPS	205	29	7,07	
5	Stearid Acid	28	5	5,6	A87
6	Stearid Acid	260	47	5,53	
7	Acid Oil	16	3	5,33	
8	Stearid Acid	96	19	5,05	
9	Stearid Acid	14	3	4,67	
10	Stearid Acid	73	16	4,56	
11	Stearid Acid	10	3	3,33	
12	Stearid Acid	10	4	2,5	
Total		1182	190		

2. Penempatan dan Perhitungan Jarak

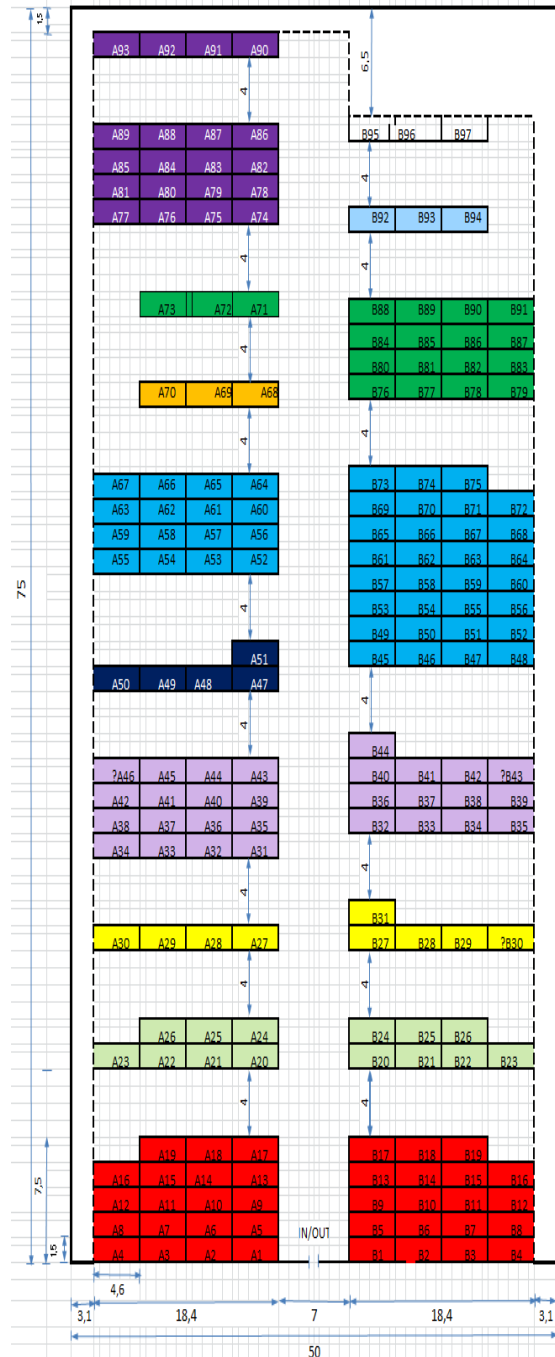
Perhitungan daerah jalur *forklift* dihitung dengan memperkirakan panjang diagonal *forklift*. Karena panjang diagonal *forklift* 3 ton lebih besar dari *forklift* 2,5 ton maka yang akan digunakan sebagai pertimbangan untuk menetapkan lebar gang pada gudang *finished goods* adalah panjang diagonal *forklift* 3 ton.

Panjang diagonal *forklift* 3 ton =

$$\sqrt{(3,78)^2 + (1,23)^2} = 3,98 = 4\text{m}$$

Item dengan ranking T/S tertinggi ditempatkan di area terdekat ke pintu keluar masuk sebagai titik awal (I/O). Urutan ranking pertama adalah Stearid Acid 1842 yang membutuhkan area sebanyak 38 slot. Item ini ditempatkan di 38 area slot terdekat ke titik I/O. Slot-slot yang didedikasikan ke Stearid Acid 1842 adalah slot A001 – A019 dan slot B001 – B019. Urutan penempatan selanjutnya adalah Glycerine karena item ini adalah ranking ke dua. Item ranking pertama dan ranking ke dua diberi jarak sejauh 4m. Jarak ini adalah space kosong untuk jalur

material handling dengan menggunakan forklift berdiagonal 4 m. Glycerine membutuhkan area sebanyak 14 slot yaitu pada slot A020-A026 dan B020-B026. Demikian selanjutnya penempatan setiap item berturut-turut di area terdekat sampai terjauh dari I/O berdasarkan prioritas urutan ranking T/S. Penempatan keseluruhan item dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Tata Letak *Dedicated Storage*

Jarak tiap slot ke titik in/out (I/O atau titik awal keluar masuk) dihitung dengan metode *rectilinear*.

Tabel 5. Perhitungan Jarak Tempuh Tata Letak *Dedicated Storage*

No	Nama Item	Slot No	X_i	y_i	X_j	y_j	$ X_i - X_j $	$ y_i - y_j $	dij (m)	Frekuensi	Jarak Tempuh (dij x Frekuensi) (m)	Jarak Tempuh Item (m)
1	Stearid Acid 1842	A1	19	0,8	25	0	5,8	0,75	6,55	1,007	6,59	609,28
2	Stearid Acid 1842	A2	15	0,8	25	0	10,4	0,75	11,15	1,007	11,22	
...		
38	Stearid Acid 1842	B19	40	6,8	25	0	15	6,75	21,75	1,007	21,89	307,59
39	Glycerine	A20	19	12	25	0	5,8	12,25	18,05	0,893	16,12	
40	Glycerine	A21	15	12	25	0	10,4	12,25	22,65	0,893	20,22	
...	
52	Glycerine	B26	40	14	25	0	15	13,75	28,75	0,893	25,67	250,80
53	AW	A27	19	19	25	0	5,8	19,25	25,05	0,889	22,27	
54	AW	A28	15	19	25	0	10,4	19,25	29,65	0,889	26,36	
...	
61	AW	B31	31	21	25	0	5,8	20,75	26,55	0,889	23,60	1.022,48
62	HRBDPS	A31	19	25	25	0	5,8	24,75	30,55	0,884	26,99	
63	HRBDPS	A32	15	25	25	0	10,4	24,75	35,15	0,884	31,06	
...	
90	HRBDPS	B44	31	31	25	0	5,8	30,75	36,55	0,884	32,30	162,30
91	Stearid Acid 1680	A47	19	35	25	0	5,8	34,75	40,55	0,700	28,39	
92	Stearid Acid 1680	A48	15	35	25	0	10,4	34,75	45,15	0,700	31,61	
...	
95	Stearid Acid 1680	A51	19	36	25	0	5,8	36,25	42,05	0,700	29,44	1.780,76
96	Stearid Acid 1838	A52	19	42	25	0	5,8	41,75	47,55	0,691	32,88	
97	Stearid Acid 1838	A53	15	42	25	0	10,4	41,75	52,15	0,691	36,06	
...	
142	Stearid Acid 1838	B75	40	47	25	0	15	46,75	61,75	0,691	42,70	124,30
143	Acid Oil	A68	19	52	25	0	5,8	51,75	57,55	0,667	38,37	
144	Acid Oil	A69	15	52	25	0	10,4	51,75	62,15	0,667	41,43	
...	
145	Acid Oil	A70	10	52	25	0	15	51,75	66,75	0,667	44,50	807,25
146	Stearid Acid 1860	A71	19	57	25	0	5,8	57,25	63,05	0,632	39,82	
147	Stearid Acid 1860	A72	15	57	25	0	10,4	57,25	67,65	0,632	42,73	
...	
164	Stearid Acid 1860	B91	45	57	25	0	19,6	56,75	76,35	0,632	48,22	127,14
165	Stearid Acid 1850	B92	31	62	25	0	5,8	62,25	68,05	0,583	39,70	
166	Stearid Acid 1850	B93	35	62	25	0	10,4	62,25	72,65	0,583	42,38	
...	
167	Stearid Acid 1850	B94	40	62	25	0	15	62,25	77,25	0,583	45,06	709,01
168	Stearid Acid 1820	A74	19	63	25	0	5,8	62,75	68,55	0,570	39,09	
169	Stearid Acid 1820	A75	15	63	25	0	10,4	62,75	73,15	0,570	41,72	
...	
183	Stearid Acid 1820	A89	5,4	67	25	0	19,6	67,25	86,85	0,570	49,53	97,69
184	Stearid Acid 1685	B95	31	68	25	0	5,8	67,75	73,55	0,417	30,65	
185	Stearid Acid 1685	B96	35	68	25	0	10,4	67,75	78,15	0,417	32,56	
...	
186	Stearid Acid 1685	B97	40	68	25	0	15	67,75	82,75	0,417	34,48	106,81
187	Stearid Acid 1832	A90	19	73	25	0	5,8	72,75	78,55	0,313	24,55	
188	Stearid Acid 1832	A91	15	73	25	0	10,4	72,75	83,15	0,313	25,98	
...	
189	Stearid Acid 1832	A92	10	73	25	0	15	72,75	87,75	0,313	27,42	28,86
190	Stearid Acid 1832	A93	5,4	73	25	0	19,6	72,75	92,35	0,313	28,86	
Total Jarak Tempuh											6.105,41	
Total Jarak Tempuh Bolak Balik											12.210,82	

Berikut adalah contoh perhitungan untuk slot A1 berdasarkan gambar 2 di atas:

$i = \text{slot A1}$ dan $j = \text{I/O}$ yaitu pintu gudang yang merupakan titik awal.

Titik (0,0) berada pada pojok kiri bawah
 $X_i = 3,1 + (3 \times 4,6) + (4,6/2) = 19,2$ dan $Y_i = 1,5/2 = 0,75$

$X_j = 3,1 + 18,4 + (7/2) = 25$ dan $Y_j = 0$

$$d_{ij} = | X_i - X_j | + | Y_i - Y_j | = 19,2 - 25 + | 0,75 - 0 | = 6,55$$

Slot A ditempati Stearid Acid 1842 dimana jumlah keluar masuk 306 palet = 38,25 slot dan ruang penyimpanannya 38 slot.

Frekuensi keluar masuk tiap slot Stearid Acid 1842 = $38,25/38 = 1,007$

Total jarak tempuh dari slot A1 = $d_{ij} \times$ Frekuensi = $6,55 \times 1,007 = 6,59$ m

Demikian selanjutnya dengan cara yang sama dilakukan perhitungan untuk seluruh 190 slot sehingga diperoleh hasil seperti pada tabel 5.

Gambar 2 dan tabel 5 di atas menunjukkan beberapa hal berikut yaitu :

- Luas lantai terpakai untuk penyimpanan = $(75 \times 50) - ((3,1 \times 75 \times 2) + (25,4 \times 1,5) + (18,4 \times 6,5)) = 3.127,3 \text{ m}^2$
- Kapasitas gudang = $190 + 22 = 212$ slot
- Rata-rata jarak tempuh tiap slot = $12.210,82/190 = 64,27$ m
- Fleksibilitas = $((212-190)/190) \times 100\% = 11,58\%$
- Jumlah slot/ $\text{m}^2 = 190/3.127,3 = 0,06$
- $\frac{\text{Jumlah operator tata letak awal}}{\text{Jumlah operator dedicated storage}} = \frac{\text{Jarak tempuh tata letak awali}}{\text{Jarak tempuh dedicated storage}}$
 Jumlah operator *dedicated storage* = $(6 \times 12.219,82)/14,982,75 = 4,89 = 5$ orang
- Produktivitas = $190/5 = 38$ slot per operator

Tata Letak dengan Metode *Class Based Storage*

1. Pembentukan Kelas

Pembentukan kelas dilakukan berdasarkan *throughput* yang menunjukkan frekuensi keluar masuk item dari dan ke gudang. Kelas dibentuk dengan pendekatan Pareto. Berikut pada tabel 6 adalah pembentukan kelas.

2. Penempatan dan Perhitungan Jarak

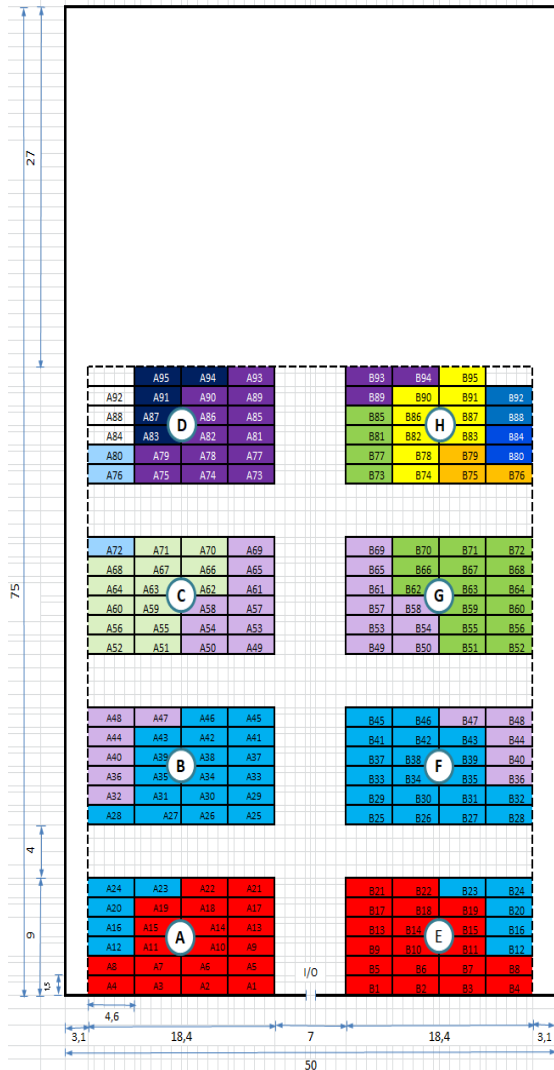
Item-item di gudang ditempatkan pada blok-blok dimana jumlah blok di sisi kanan dan kiri jumlahnya sama. Jumlah slot terbanyak dari 12 item adalah Stearic

Acid 1838 yaitu sebanyak 47 slot. Item ini akan dialokasikan masing-masing ke dalam blok kiri dan kanan sebanyak $47/2 = 23,5$ slot. Tiap blok berisikan kolom sebanyak 4 slot sehingga untuk Stearid Acid 1838 banyaknya baris dalam satu blok adalah $23,5/4 = 5,875 = 6$ slot. Jadi ukuran 1 blok untuk Stearic Acid 1838 adalah 4 slot (kolom) x 6 slot (baris) dengan jumlah total slot 24. Ukuran blok digunakan untuk keseluruhan item di gudang. Maka jumlah blok yang diperlukan adalah $190/24 = 7,92 = 8$ blok yang disusun masing-masing 4 blok di sisi kiri dan 4 blok di sisi kanan. Selanjutnya diitung jarak tiap-tiap slot ke titik I/O dan menempatkan item kelas A di area berjarak terkecil ke I/O diikuti kelas B dan kemudian kelas C.

Tabel 6. Hasil Pembentukan Kelas

No	Nama Item	Throughput <i>t</i> (Aktivitas)	Persentase Throughput (%)	Persentase Kumulatif Throughput (%)	Kelas	Persentase Jumlah Item (%)	Persentase Nilai (%)
1	Stearid Acid	306	26	26			
2	Stearid Acid	260	22	48	A	25	65
3	HRBDPS	205	17	65			
4	Glycerine	100	8	74			
5	Stearid Acid	96	8	82			
6	Stearid Acid	73	6	88	B	33	28
7	AW	64	5	93			
8	Stearid Acid	28	2	96			
9	Acid Oil	16	1	97			
10	Stearid Acid	14	1	98	C	42	7
11	Stearid Acid	10	1	99			
12	Stearid Acid	10	1	100			
Total		1182	100			100	100

Alokasi item menunjukkan bahwa satu jenis item yang sama posisinya berjauhan. Hal ini dapat menimbulkan kesalahan pengambilan dan atau penyimpanan. Untuk itu dilakukan penyesuaian alokasi item dengan menempatkan satu jenis item yang sama pada satu lokasi atau berdekatan dengan tetap mengacu pada penempatan item yang memiliki *throughput* tinggi pada lokasi dengan jarak terkecil ke in/out. Hasil penyesuaiannya dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3. Tata Letak *Class Based Storage*

Berikut pada tabel 7 adalah kelas item dan *space requirement* :

Tabel 7. Kelas Item dan *Storage Requirement*

No	Kelas	Nama Item	Warna	<i>Space Requirement (slot)</i>
1		Stearid Acid 1842		38
2	A	Stearid Acid 1838		47
3		HRBDPS		29
4		Glycerine		14
5	B	Stearid Acid 1860		19
6		Stearid Acid 1820		16
7		AW		9
8		Stearid Acid 1680		5
9		Acid Oil		3
10	C	Stearid Acid 1850		3
11		Stearid Acid 1832		4
12		Stearid Acid 1685		3
Total				190

Jarak tiap slot ke titik in/out (I/O atau titik awal keluar masuk) dihitung dengan metode *rectilinier*. Berikut adalah contoh perhitungan untuk slot A1 berdasarkan gambar 3 di atas :

$i = \text{slot A1}$ dan $j = \text{I/O}$ yaitu pintu gudang yang merupakan titik awal.

Titik (0,0) berada pada pojok kiri bawah
 $X_i = 3,1 + (3 \times 4,6) + (4,6/2) = 19,2$ dan $Y_i = 1,5/2 = 0,75$

$X_j = 3,1 + 18,4 + (7/2) = 25$ dan $Y_j = 0$

$$d_{ij} = |X_i - X_j| + |Y_i - Y_j| = 19,2 - 25 + |0,75 - 0| = 6,55$$

Slot A ditempati Stearid Acid 1842 dimana jumlah keluar masuk 306 palet = 38,25 slot dan ruang penyimpanannya 38 slot.

Frekuensi keluar masuk tiap slot Stearid Acid 1842 = $38,25/38 = 1,007$

Total jarak tempuh dari slot A1 = $d_{ij} \times \text{Frekuensi} = 6,55 \times 1,007 = 6,59 \text{ m}$

Demikian selanjutnya dengan cara yang sama dilakukan perhitungan untuk seluruh 190 slot sehingga diperoleh hasil seperti pada tabel 8 berikut :

Tabel 8. Perhitungan Jarak Tempuh Tata Letak *Class Based Storage*

No	Blok Lokasi	Slot No	X_i	Y_i	X_j	Y_j	$ X_i - X_j $	$ Y_i - Y_j $	d_{ij}	Frekuensi	Jarak Tempuh (dij x Frekuensi) (m)	Jarak Tempuh (dij x Frekuensi) Per Blok (m)	Jarak Tempuh (dij x Frekuensi) Per Blok Balik (m)
1	A	A1	19,20	0,75	25	0	5,80	0,75	6,55	1,007	6,59		
2	A	A2	14,60	0,75	25	0	10,40	0,75	11,15	1,007	11,22	375,92	751,85
...
24	A	A24	5,40	8,25	25	0	19,60	8,25	27,85	0,691	19,26		
25	B	A25	19,20	13,75	25	0	5,80	13,75	19,55	0,691	13,52		
26	B	A26	14,60	13,75	25	0	10,40	13,75	24,15	0,691	16,70	544,52	1.089,03
...
48	B	A48	5,40	21,25	25	0	19,60	21,25	40,85	0,884	36,10		
49	C	A49	19,20	26,75	25	0	5,80	26,75	32,55	0,884	28,76		
50	C	A50	14,60	26,75	25	0	10,40	26,75	37,15	0,884	32,83		
...
72	C	A72	5,40	34,25	25	0	19,60	34,25	53,85	0,583	31,41	905,96	1.811,93
73	D	A73	19,20	39,75	25	0	5,80	39,75	45,55	0,570	25,98		
74	D	A74	14,60	39,75	25	0	10,40	39,75	50,15	0,570	28,60	741,85	1.483,70
...
95	D	A92	5,40	45,75	25	0	19,60	45,75	65,35	0,417	27,23		
96	E	B1	30,80	0,75	25	0	5,80	0,75	6,55	1,007	6,59		
97	E	B2	35,40	0,75	25	0	10,40	0,75	11,15	1,007	11,22	375,92	751,85
...
119	E	B24	44,60	8,25	25	0	19,60	8,25	27,85	0,691	19,26		
120	F	B25	30,80	13,75	25	0	5,80	13,75	19,55	0,691	13,52		
121	F	B26	35,40	13,75	25	0	10,40	13,75	24,15	0,691	16,70	537,82	1.075,64
...
143	F	B48	44,60	21,25	25	0	19,60	21,25	40,85	0,884	36,10		
144	G	B49	30,80	26,75	25	0	5,80	26,75	32,55	0,884	28,76		
145	G	B50	35,40	26,75	25	0	10,40	26,75	37,15	0,884	32,83		
...
167	G	B72	44,60	34,25	25	0	19,60	34,25	53,85	0,632	34,01	738,94	1.477,88
168	H	B73	30,80	39,75	25	0	5,80	39,75	45,55	0,632	28,77		
169	H	B77	30,80	41,25	25	0	5,80	41,25	47,05	0,632	29,72	855,29	1.710,58
...
190	H	B92	44,60	45,75	25	0	19,60	45,75	65,35	0,313	20,42		
Total Jarak Tempuh											5.076,23	10.152,46	

Gambar 3 dan tabel 8 di atas menunjukkan beberapa hal berikut yaitu :

- Luas lantai terpakai untuk penyimpanan = $(75 \times 50) - ((3,1 \times 75 \times 2) + (43,8 \times 27)) = 2.102,4 \text{ m}^2$
- Kapasitas gudang = $190 + (24 \times 4) + 2 = 288 \text{ slot}$
- Rata-rata jarak tempuh tiap slot = $10.152,46 / 190 = 53,43 \text{ m}$
- Fleksibilitas = $((288 - 190) / 190) \times 100\% = 51,58\%$
- Jumlah slot/ $\text{m}^2 = 190 / 2.102,4 = 0,09$
- $$\frac{\text{Jumlah operator tata letak awal}}{\text{Jumlah operator class based storage} \times \frac{\text{Jarak tempuh tata letak awali}}{\text{Jarak tempuh class based storage}}} =$$
- Jumlah operator *class based storage* = $(6 \times 10.152,46) / 14,982,75 = 4 \text{ orang}$
- Produktivitas = $190 / 4 = 47,5 \text{ slot per operator}$

Perbandingan 3 jenis tata letak gudang menunjukkan bahwa tata letak terpilih adalah tata letak gudang *class based storage*. Jika dibandingkan dengan tata letak awal maka tata letak ini memberikan perbandingan pada table 9 berikut.

Tabel 9. Perbandingan 3 Jenis Tata Letak Gudang

Deskripsi	Tata Letak Awal	Tata Letak Dedicated Storage	Tata Letak Class Based Storage	Perbandingan (Naik/Turun) %
Jarak Tempuh (m)	14.982,75	12.219,82	10.152,46	32,24
Luas Lantai Terpakai untuk Penyimpanan (m^2)	3.257,40	3.127,00	2.102,40	35,46
Kapasitas Gudang (slot)	224	212	288	28,57
Rata-rata Jarak Tempuh Tiap Slot (m)	78,86	64,27	53,43	32,25
Fleksibilitas (%)	17,89	11,58	51,58	188,32
Jumlah Slot/ m^2	0,06	0,06	0,09	50
Jumlah Operator (orang)	6	5	4	33,33
Produktivitas (slot/operator)	31,67	38	47,5	49,98

Optimasi Alokasi Beban Forklift dengan Metode Transportasi

Material handling di gudang dilakukan dengan menggunakan forklift 3 ton dan 2,5 ton. Metode transportasi digunakan untuk mendapatkan total biaya transportasi yang minimum dengan mengalokasikan beban kerja yang tepat untuk tiap forklift. Perhitungan biaya transportasi forklift 3 ton ke blok A untuk tata letak gudang

class based storage dapat dilihat sebagai berikut berikut :

- Jarak tempuh blok A (lihat tabel 9) = $751,85 \text{ m} = 0,75185 \text{ km}$
- Waktu tempuh blok A dimana kecepatan rata-rata forklift 4 km/jam = $0,75185 / 4 = 0,19 \text{ jam}$
- Konsumsi solar blok A dimana per jam 2,1 liter = $0,19 \times 2,1 = 0,39 \text{ liter}$
- Konsumsi solar per slot di blok A dimana blok A ada 24 slot = $0,39 / 24 = 0,02 \text{ liter}$
- Biaya transportasi per slot di blok A dimana harga solar Rp 9.600,- per liter = $0,02 \times 9600 = \text{Rp } 157,89,-$

Demikian selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama untuk perhitungan biaya seluruh blok dengan forklift 3 ton dan 2,5 ton sehingga diperoleh hasil seperti pada tabel 10 dan 11 berikut:

Tabel 10. Biaya Transportasi per Slot untuk Forklift 3 ton

Deskripsi	Blok A	Blok B	Blok C	Blok D	Blok E	Blok F	Blok G	Blok H
Jarak (km)	0,75	1,09	1,81	1,48	0,75	1,08	1,48	1,71
Waktu Tempuh (jam); Kec Rata-rata = 4 km/jam	0,19	0,27	0,45	0,37	0,19	0,27	0,37	0,43
Konsumsi Solar per Blok (liter) dimana 2,1 liter/jam	0,39	0,57	0,95	0,78	0,39	0,56	0,78	0,90
Konsumsi Solar per Slot (Liter)	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04
Biaya per Slot (Rp 9600,- per liter)	157,89	228,70	380,50	325,12	157,89	225,88	310,35	374,84

Tabel 11. Biaya Transportasi per Slot untuk Forklift 2,5 ton

Deskripsi	Blok A	Blok B	Blok C	Blok D	Blok E	Blok F	Blok G	Blok H
Jarak (km)	0,75	1,09	1,81	1,48	0,75	1,08	1,48	1,71
Waktu Tempuh (jam); Kec Rata-rata = 4 km/jam	0,19	0,27	0,45	0,37	0,19	0,27	0,37	0,43
Konsumsi Solar per Blok (liter) dimana 2 liter/jam	0,38	0,54	0,91	0,74	0,38	0,54	0,74	0,86
Konsumsi Solar per Slot (Liter)	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04
Biaya per Slot (Rp 9600,- per liter)	150,37	217,81	362,39	309,64	150,37	215,13	295,58	356,99

Data biaya di atas dimasukkan ke tabel transportasi dimana kapasitas kedua forklift masing-masing 95 slot.

Vogel Approximation Method (VAM)

Metode ini digunakan untuk mendapatkan solusi layak dasar. Matrix VAM dapat dilihat pada tabel 12 berikut ini.

Tabel 12. Matriks *Vogel Approximation Method (VAM)*

Jenis Forklift	Blok A	Blok B	Blok C	Blok D	Blok E	Blok F	Blok G	Blok H	Kapasitas	Pinalti Baris					
Forklift 3 ton	157,09	220,70	380,50	325,12	157,09	225,60	310,35	374,04	95	60,00	60,00	2,81	2,81	2,81	2,81
Forklift 2,5 ton	150,37	217,81	362,39	309,64	150,37	215,13	295,50	356,99	95	64,76	64,76	2,60	2,60	2,60	2,60
Kebutuhan	24	24	24	23	24	24	24	23	190						
Pinalti Kolom	7,52	10,09	18,12	15,48	7,52	10,76	14,78	17,85							
	(-)	10,09	18,12	15,48	(-)	10,76	14,78	17,85							
	(-)	10,09	18,12	15,48	(-)	10,76	14,78	17,85							
	(-)	10,09	(-)	15,48	(-)	10,76	14,78	17,85							
	(-)	10,09	(-)	15,48	(-)	10,76	14,78	(-)							
	(-)	10,09	(-)	(-)	(-)	10,76	14,78	(-)							
	(-)	10,09	(-)	(-)	(-)	10,76	(-)	(-)							

Selisih terbesar diantara pinalti baris dan kolom iterasi 1 adalah angka 68,00 pada baris forklift 3 ton. Alokasikan pada baris forklift 3 ton pada sel yang memiliki biaya terendah (dalam hal ini adalah sel baris forklift 3 ton – kolom blok A). Besarnya alokasi adalah nilai minimum (baris kapasitas forklift 3 ton, kebutuhan blok A) yaitu min (95,24). Jadi alokasinya sebesar 24 slot. Iterasi 2 masih dilakukan karena belum semua kebutuhan terpenuhi. Selanjutnya untuk iterasi 2 kolom blok A tidak dapat diikutsertakan kembali dalam proses perhitungan karena sudah dipenuhi permintaannya. Demikian seterusnya dilakukan sampai iterasi 7 seperti yang ditunjukkan pada tabel 12.

Metode Stepping Stone

Metode ini digunakan untuk mendapatkan solusi optimum dari hasil solusi layak dasar *Vogel Approximation Method (VAM)*. Pada tabel 12 tidak terjadi degenerasi/redundansi, dimana jumlah sel yang terisi adalah 9 sel, sedangkan persyaratan harus terisi 9 sel (jumlah baris + jumlah kolom - 1 = 2 + 8 - 1). Untuk itu variabel epsilon (ε) tidak dibutuhkan. Selanjutnya pada hasil tabel 12 dilakukan pengujian mengisi sel kosong apakah akan menambah atau mengurangi biaya dengan menggunakan batu loncatan (*stepping stone*).

- C13 = X13 - X23 + X22 - X12 = (380,50) - (362,39) + (217,81) - (228,70) = 7,23

- C14 = X14 - X24 + X22 - X12 = (380,50) - (362,39) + (217,81) - (228,70) = 4,59

Demikian selanjutnya dilakukan pengujian untuk sel-sel kosong dan hasilnya menunjukkan seluruhnya bernilai positif. Artinya apabila sel kosong diisi dari sel-sel yang berisi maka hasilnya akan menambah biaya. Jadi hasil pada tabel 12 sudah merupakan hasil optimum dimana alokasi pekerjaan tiap forklift adalah:

- Forklift 3 ton menyimpan dan mengambil barang di blok A (24 slot), blok B (23 slot), blok E (24 slot), blok F (24 slot)
- Forklift 2,5 ton menyimpan dan mengambil barang di blok B (1 slot), blok C (24 slot), blok D (23 slot), blok G (24 slot), blok H (23 slot).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, tata letak gudang PT. Kuda Dua Indonesia yang memberikan perbaikan dengan jarak tempuh yang paling kecil adalah tata letak *class based storage*. Tata letak ini jika dibandingkan dengan tata letak awal menghasilkan penurunan jarak tempuh sebesar 32,24%, penurunan luas lantai terpakai untuk penyimpanan sebesar 35,46%, peningkatan kapasitas sebesar 28,57%, peningkatan fleksibilitas sebesar 188,32%, dan peningkatan produktivitas sebesar 49,98%.

Alokasi pekerjaan optimum yang memberikan biaya transportasi minimum adalah bahwa forklift 3 ton menyimpan dan mengambil barang di blok A (24 slot), blok B (23 slot), blok E (24 slot), blok F (24 slot). Sementara forklift 2,5 ton menyimpan dan mengambil barang di blok B (1 slot), blok C (24 slot), blok D (23 slot), blok G (24 slot), blok H (23 slot).

6. NOMENKLATUR

- S_j = kebutuhan penyimpanan untuk produk j
- T_j = kebutuhan *throughput* atau level aktivitas untuk produk j
- d_{ij} = jarak *slot* i ke j (titik I/O)

X_i = jarak titik tengah tujuan terhadap sumbu x

X_j = titik awal perhitungan I/O pada sumbu X (*horizontal*)

Y_i = jarak titik tengah tujuan terhadap sumbu y

Y_j = titik awal perhitungan I/O pada sumbu y (*vertical*)

7. DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, M., Pratikto, Irawan, Y.S. & Sugiono, 2016, "Perbaikan Tata Letak Gudang untuk Produk Industri Kreatif Kerajinan Batu Alam dengan Kebijakan Dedicated Storage". *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi Industri (Seniati) 2016*, C92-C97.
- Audrey, O., Sukania W. & Nasution S.R.. 2019, "Analisis Tata Letak Gudang dengan Menggunakan *Dedicated Storage*". *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*. Vol.(1), 43-49.
- Basuki & Kudori M.. 2016, "Implementasi Penempatan dan Penyusunan Barang di Gudang Finished Goods Menggunakan *Class Based Storage*", *Industrial Engineering Journal*. Vol. 5(2), 11-16.
- Febianti, E., Ilhami M.A. & Ferdiansah G, 2016, "Relayout Gudang Produk Polypropylene dengan Metode *Dedicated Storage*". *Journal Industrial Servicess. Industrial Engineering Advance Research & Application*, Vol.1(2)
- Fumi, A., Scarabotti, L. & Schiraldi M.M.. 2013, "Minimizing Warehouse Space with a Dedicated Storage Policy", *International Journal of Engineering Business Management*. Vol. 5(21), 1-8.
- Heragu, S.S. 2016. *Facilities Design Fourth Edition*. CRC Press, Florida.
- Hidayat, M,N. & Maarif V., 2018, "Perencanaan Tata Letak Gudang Menggunakan Metode Class Based Storage e-Craftpada Distributor Computer & Office Equipment", *Jurnal Evolusi*, Vol. 6(2), 36-42.
- Johan & Suhada, K., 2018, "Usulan Perancangan Tata Letak Gudang dengan Menggunakan Metode ClassBased Storage (Studi Kasus di T Heksatex Indah, Cimahi Selatan)". *Journal of Integrated System*, Vol. 1(1), 52-71..
- Meldra, D. & Purba, H.M.. 2018, "Relayout Tata Letak Gudang Barang dengan Menggunakan *Dedicated Storage*", *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, Vol.4(1), 32-39.
- Taha, H.A., 2007, *Operation Research : An Introduction* Eight Edition. Pearson Inc-Prentice Hall, New Jersey.
- Tompkins, White & Bozer, 2010, Tanchoco. *Facilities Planning: Fourth Edition*, Wiley, New York
- Zaerpour, N.Y. & de Koster, R.B., 2017, "Optimal Two-Class-Based Storage in a Live-Cube Compact Storage System.", *IISE Transactions*, Vol. 49(7) 653-668.
- Zhenyuan, J., Xiaohong, L., Wei. W., Jie, D. & Wang, L, 2011, "Design and Implementation of Lean Facility Layout System of a Productin Line". *International Journal of Industrial Engineering*, Vol.18(5), 260-269.