



PERBAIKAN TATA LETAK GUDANG PENYIMPANAN UNTUK MEMINIMALISASI WAKTU PENCARIAN BOX KOMPONEN

Rinto Yusriski*, Ragil Pardiyo

Program Studi Teknik Industri, Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia

Abstrak: Penelitian ini dilakukan pada perusahaan yang bergerak dalam bidang perbaikan komponen turbin gas pembangkit listrik. Tujuan penelitian untuk merancang tata letak gudang penyimpanan box komponen menggunakan metode *dedicated storage*, untuk mengurangi waktu pencarian. *Dedicated storage* adalah cara mengatur tata letak Gudang untuk produk berdasarkan jumlah aktivitas keluar masuk di gudang dengan jarak tempuh terpendek terhadap *I/O point (throughput)*. Rancangan tata letak gudang berguna untuk memudahkan operator dalam menyimpan dan mengambil produk sehingga aliran produk menjadi lancar. Berdasarkan hasil pengolahan data perbaikan layout, diperoleh waktu pencarian rata-rata 2,12 menit per box komponen. Waktu ini lebih cepat dari waktu pencarian sebelum dilakukan perbaikan layout yaitu rata-rata selama 12,12 menit per box komponen. Hasil simulasi menggunakan promodel diperoleh total exit (barang yang keluar) dengan 251 box komponen. Rata-rata waktu yang didapatkan dalam pencarian box komponen yaitu 1,62 jam, lebih cepat 7,27 jam dibandingkan waktu yang dibutuhkan untuk pencarian box sebelum dilakukan perbaikan layout yaitu 8,89 jam. Total jarak material handling mengalami penurunan sebesar 15,47% dari total jarak *material handling* sebelum dilakukan perbaikan layout adalah 14.345 m, dengan total jarak material handling setelah dilakukan perbaikan layout adalah 12.126 m.

Kata kunci: dedicated storage, grup teknologi, gudang, tata letak

I. PENDAHULUAN

PT. GE adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang perbaikan komponen turbin gas pembangkit listrik. Komponen yang diperbaiki diantaranya *transition pieces, combustion liner, nozzle, shroud, bucket, bearing, bullhorn, flowsleeve* dan *crossfire tube*. Komponen dikemas dalam box kemudian disimpan di gudang, yang datang pertama belum tentu akan dikirim lebih dahulu dari komponen yang datang setelahnya, begitupun sebaliknya bergantung pada kesepakatan bersama.

Jumlah box komponen yang dikirimkan rata-rata antara 5-16 box per konsumen, dengan rata-rata 7-10 konsumen/bulan. Selain sebagai tempat box komponen barang masuk, juga terdapat box baru yang nantinya dipakai sebagai box pengganti setelah komponen turbin selesai diperbaiki. Terdapat juga box bekas dari perbaikan yang telah selesai dan beberapa tumpukan *scrap* sisa produksi dan gudang barang *chemical*. Pada Gambar 1 adalah kondisi gudang penyimpanan box tersebut.

Gudang penyimpanan box memiliki panjang area 50m dan lebar 30m dengan luas area 1500m². Saat ini, untuk mengatur posisi penyimpanan dan penyusunan box dilakukan secara acak bergantung pada lokasi gudang

^{*)} yusarisaki@gmail.com

Diterima: 13 April 2022

Direvisi: 30 April 2022

Disetujui: 6 Juni 2022

DOI: 10.23969/infomatek.v24i1.5740

yang kosong. Ketidakteraturan membuat tidak rapi, mengganggu jalannya forklift, serta menyebabkan waktu pencarian pada saat akan diperbaiki dan pada saat akan dikirim ke konsumen menjadi lama (Hidayat, 2012). Berdasarkan sampling waktu pencarian untuk 44 jenis box komponen pada 3 konsumen, diperoleh rata-rata waktu pencarian box perkonsumen rata-ratanya 11 menit, 13 menit dan 12 menit. Setiap box komponen akan mengalami dua kali pencarian, yaitu pada saat akan diperbaiki dan pada saat akan dikirim ke konsumen. Waktu pencarian sangat merugikan perusahaan, maka diperlukan perbaikan agar pencarian box komponen bisa dihilangkan (Santos et.al, 2016).

Setelah dilakukan analisa menggunakan metode 5Why terhadap lamanya waktu pencarian box komponen, diperoleh akar penyebab lamanya waktu pencarian adalah tata letak gudang yang belum teratur. Metode 5Why adalah alat untuk mencari akar masalah (Pacana et al, 2019), (Ridwan et.al, 2020). Penempatan box komponen hanya berdasarkan ruang yang kosong. Perusahaan belum mengatur gudang penyimpanan dan mengelompokkan berdasarkan *type* agar mempermudah pencarian. Maka tujuan penelitian ini adalah merancang tata letak gudang penyimpanan box komponen untuk memudahkan operator dalam melakukan pencarian box komponen.



Gambar 1. Kondisi gudang saat ini

II. METODOLOGI

Gudang merupakan salah satu penunjang dan bagian penting dari suatu sistem produksi. Kondisi bagus dan penataan di gudang diharapkan dapat menghindari kerugian perusahaan dan meminimalkan biaya yang dikeluarkan dan mempercepat operasi dan layanan di gudang. Proses penyimpanan dapat dilakukan dengan cara yang berbeda kebijakan penyimpanan. Salah satu desain gudang secara umum menggunakan jenis sistem yang digunakan, tata letak, dan kebijakan untuk mengendalikan semua proses operasional (Roodbergen et.al, 2015).

2.1 Metode Dedicated Storage

Dedicated storage adalah cara mengatur tata letak gudang untuk produk berdasarkan jumlah aktivitas keluar masuk di gudang dengan jarak tempuh terpendek terhadap *I/O point (throughput)* (Audrey et.al, 2019). Rancangan tata letak gudang berguna untuk memudahkan operator dalam menyimpan dan mengambil produk sehingga aliran produk menjadi lancar (Yu & De Koster, 2013). Hal ini dikarenakan suatu lokasi simpanan diberikan pada satu produk yang spesifik. *Dedicated storage* terdiri dari *part number sequence storage* dan *throughput – based dedicated storage*. *Part number sequence storage* adalah metode yang sering digunakan karena lebih sederhana (Liu et.al, 2012). *Dedicated storage* bisa membuat jumlah lokasi penyimpanan harus mampu memenuhi kebutuhan penyimpanan maksimum produk (Guerriero et.al, 2013).

2.1.1 Space Requirement

Space Requirement digunakan untuk satu jenis produk yang ditempatkan pada lokasi yang lebih spesifik (Parameshwaran et.al, 2012). Rumus yang digunakan dalam perhitungan kebutuhan ruang, dengan S_i adalah jumlah blok yang diperlukan (m^3), J_i

adalah rata-rata penerimaan komponen (box), dan B_i adalah kapasitas blok (box/blok).

$$S_i = \frac{J_i}{B_i} \quad (1)$$

2.1.2 Throughput

Pengukuran aktivitas atau penyimpanan yang sifatnya dinamis, yang menunjukkan aliran dalam penyimpanan (Lee & Kim, 2013). Pengukuran *throughput* didasarkan pada pengukuran aktivitas penerimaan dan pengiriman dalam gudang produk jadi rata-rata perhari. Rumus yang digunakan untuk menghitung *throughput*, dengan T_i adalah nilai *throughput*, M_i adalah rata-rata penerimaan komponen (box), K_i adalah rata-rata pengiriman komponen (box), dan P_i merupakan jumlah komponen dalam box yang di angkut (box).

$$T_i = \frac{M_i}{P_i} + \frac{K_i}{P_i} \quad (2)$$

2.1.3 Penempatan Produk Pada Lokasi Penyimpanan

Metode *dedicated storage* membutuhkan jumlah slot penyimpanan yang cukup diberikan "*dedicated*" untuk tiap produk. Masalah penempatan menjadi menjadi suatu yang penting ketika penempatan produk pada slot harus disesuaikan dengan kriteria tertentu. Dalam kasus ini kriteria yang diberikan adalah meminimasi fungsi jarak perjalanan yang ditempuh pada saat proses penyimpanan. Jika presentasi perjalanan antara salah satu I/O *point* dan lokasi penyimpanan adalah sama untuk tiap produk, maka prosedur berikut dapat memberikan solusi optimum dalam masalah penyusunan produk pada *dedicated storage*.

2.1.4 Rasio Kebutuhan

Rumus menghitung rasio kebutuhan *throughput* dan *space requirement* produk (T/S) dapat dilihat pada Pers. 3.

$$T/S = \frac{T_i}{S_i} \quad (3)$$

2.1.5 Perhitungan nilai jarak perjalanan dari tiap lokasi penyimpanan

Tempatkan barang pada lokasi penyimpanan S_j yang memiliki nilai jarak terkecil. Lakukan seterusnya hingga produk mendapatkan tempatnya masing-masing. Tujuan merangking ini adalah untuk meletakkan produk dengan rasio *throughput* (T_j) dan *storage* (S_j) tersebar pada lokasi penyimpanan dengan jarak yang rata-rata kecil.

Prosedur perangkingan ini bertujuan untuk meletakkan produk dengan nilai *throughput* (T_j) dan *storage* (S_i) pada lokasi rak/slot penyimpanan dengan nilai jarak tempuh yang kecil, dan dilakukan seterusnya. Rumus yang digunakan untuk perhitungan jarak tempuh adalah :

$$\text{Jarak tempuh} = S_j \times (T/s) \times (\text{Jarak tempuh total} : S_j) \quad (4)$$

2.1.6 Pemindahan Material

Pemindahan material memberi pengaruh mengenai hubungan dan kondisi fisik dari material dan produk terhadap proses produksi tanpa adanya perubahan-perubahan dan kondisi material atau produk tersebut. Apabila terdapat dua buah sistem yang koordinatnya ditunjukkan sebagai (x_i, y_i) dan (x_j, y_j).

2.1.7 Rectilinear Distance

Jarak diukur sepanjang lintasan dengan menggunakan garis tegak lurus (*orthogonal*) satu dengan yang lainnya. Untuk menghitung jarak tersebut dijelaskan dengan Dij adalah jarak tempuh, x_i = kordinat x untuk blok, x_j adalah koordinat x untuk pintu atau I/O point, y_i adalah kordinat y untuk blok, dan y_j adalah koordinat y untuk pintu atau I/O point:

$$Dij = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \quad (5)$$

2.1.8 Euclidean Distance

Jarak *euclidean* dapat diilustrasikan sebagai *conveyor* lurus yang memotong dua buah stasiun kerja. Perhitungan jarak tempuh (*Dij*), *x* adalah koordinat *x* untuk bangun ke-1, *a* adalah koordinat *x* untuk bangun ke-2, *y* merupakan koordinat *y* untuk bangun ke-1, dan *b* adalah koordinat *y* untuk bangun ke-2.

$$Dij = \sqrt{[(x - a)^2 + (y - b)^2]} \quad (6)$$

Jarak diukur sepanjang lintasan sebenarnya yang melintas antara dua buah titik. Oleh karena itu, jarak lintasan aliran bisa lebih panjang dibandingkan dengan *rectilinear* atau *euclidean*

$$Dij = (x-a)^2 + (y-b)^2 \quad (7)$$

Keterangan : *Dij*: Jarak tempuh, *x*: Koordinat X titik ke-1, *a*: Koordinat X titik ke-2, *y*: Koordinat Y titik ke-1, dan *b*: Koordinat Y titik ke-2.

2.3 Group Technology

Group technology ini merupakan metode produksi pendek yang relatif baru yang sering digunakan dalam situasi *job-shop* (Heragu, 2018). Kelompok yang tidak sama dikelompokkan kedalam satu kelompok berdasarkan kesamaan bentuk komponen, bukan kesamaan penggunaan akhir. *Group technology* digunakan untuk menyelesaikan masalah masalah yang mempunyai kesamaan yaitu dengan cara mengelompokkan masalah-masalah yang mirip menjadi satu sel sehingga pemecahan masalah tersebut dapat menghemat waktu dan upaya.

2.4 Materi Promodel

Promodel merupakan *software* simulasi berbasis *windows* yang dipergunakan guna mensimulasikan dan menganalisis suatu sistem (Brown, 2017). Promodel memberikan kombinasi yang baik dalam pemakaian,

fleksibilitas dan memodelkan suatu sistem nyata agar tampak lebih realistik. Elemen-elemen dasar promodel, yaitu *location*, *entity*, *arrival*, *processing*, *resource*, dan *path network*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

PT. GE memiliki gudang penyimpanan box komponen luas area 1500m², panjang area 50m dan lebar 30m. Komponen yang masuk ke gudang untuk diperbaiki berjumlah 44 jenis produk dengan berbagai macam ukuran. Ukuran produk di bedakan menjadi beberapa *frame*, yaitu *frame 5*, *frame 6*, *frame 7* dan *frame 9*. Data penerimaan adalah data dari jumlah produk yang masuk ke gudang penyimpanan box komponen dalam bentuk box. Data pengiriman adalah data produk harian yang keluar dari gudang penyimpanan untuk dikirim ke konsumen. Data yang diperoleh adalah data jumlah penerimaan dan pengiriman produk selama 6 bulan, terhitung dari bulan Januari 2021 sampai dengan Juni 2021. Semua data yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah dengan menggunakan metode *dedicated storage*, hasil pengolahan data disajikan pada Tabel 1.

3.1 Space Requirement (Sj)

Blok pada gudang penyimpanan box memiliki panjang 6m, lebar 4m dan tinggi 3m. Kapasitas blok ini dapat menampung box komponen dengan jumlah yang berbeda-beda bergantung dari ukuran box komponen tersebut. Contoh perhitungan kapasitas blok pada *type box 7010 F5*.

Bi = Kapasitas blok (box/blok)

$$Bi = \frac{\text{Panjang blok}}{\text{Panjang box}} \times \frac{\text{Lebar blok}}{\text{Lebar box}} \times \frac{\text{Tinggi blok}}{\text{Tinggi box}}$$

$$Bi = \frac{600}{116} \times \frac{400}{227} \times \frac{300}{128} = 10 \text{ box perblok}$$

Kebutuhan untuk penyimpanan produk 7010 F5 TP adalah 30 pcs. Dalam satu box maksimal menampung 10 pcs, maka produk 7010 F5 TP terdapat 3 box, dengan kapasitas blok 21 box/blok. Perhitungan *space requirement* untuk produk ini adalah :

$$S_i = \frac{J_i}{B_i} = \frac{3}{10} = 0,3 \text{ blok}$$

3.2 Perhitungan Throughput (Ti)

Aktivitas untuk aliran *material handling* dari penerimaan dan pengiriman dengan menggunakan *forklift* 3 ton dengan ukuran *forklift* 2,7 meter (P) x 1,2 meter (L) x 2,1 meter (T), dengan lebar gang untuk jalan *forklift* 5 meter. Jumlah box yang dapat diangkat setiap aktivitas berbeda-beda bergantung jenis box komponennya. *Forklift* hanya dapat mengangkut maksimal 2 box dan ini merupakan batas maksimal yang diperbolehkan dalam proses pemindahan produk.

3.3 Perbandingan Throughput dengan Space Requirement (T/S)

Perhitungan T/S ini dibutuhkan untuk dijadikan patokan pada penempatan produk. Misal pada produk TP adalah T/S = aktivitas/blok = 45/2 = 22.5 Aktivitas/blok. Peletakan produk dilakukan berdasarkan perbandingan *throughput* dengan *space requirement* (T/S), dimana T/S yang paling besar diletakkan pada blok yang paling pendek jarak tempuhnya.

3.4 Perhitungan Jarak Perjalanan tiap Blok ke I/O Point

Perhitungan jarak perjalanan tiap blok ke I/O point dilakukan dengan menggunakan metode *rectilinear distance*. dimana jarak perjalanan merupakan jarak yang harus ditempuh *material handling* menuju blok yang ada, dengan titik pintu keluar masuk sebagai titik awal perjalanannya. Metode *rectilinear*

distance digunakan karena alat *material handling* yang digunakan menggunakan *forklift*, *forklift* itu sendiri terbatas searah sumbu x, y dan z, *Forklift* tidak mampu melakukan gerakan *diagonal*.

Contoh untuk perhitungan pada blok A1 adalah sebagai berikut :

$$D_{ij} = |X_i - X_j| + |Y_i - Y_j| = |40 - 18| + |28 - 0| = 22 + 28 = 50 \text{ meter.}$$

3.5 Merancang Layout Usulan berdasarkan Perhitungan kedekatan Jarak

Pada kondisi *eksisting* penempatan produk tidak memiliki aturan baku, sehingga produk bebas ditempatkan dimana saja. Kondisi inilah yang mengakibatkan jarak tempuh menjadi besar dan tidak bisa diprediksi dengan akurat. Perhitungan dapat menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Tempuh} &= (S_j) \times (T/S) \times (\text{Jarak tempuh} : S_j) \\ &= 2 \times 22.5 \times ((50 + 44) : 2) \\ &= 45 \times 47 = 2115 \text{ m} \end{aligned}$$

Penempatan produk jadi di gudang pada kondisi *eksisting*, penempatan produk menghasilkan jarak tempuh total pada kondisi *eksisting* sebesar 14.345 meter.

$$\begin{aligned} \text{Jarak Tempuh} &= (S_j) \times (T/S) \times (\text{urutan jarak tempuh yang terpendek} : S_j) \\ &= 2 \times 42 \times ((18 + 20) : 2) \\ &= 84 \times 19 = 1.596 \text{ m} \end{aligned}$$

Penempatan produk usulan dihitung dengan jarak tempuh total pada kondisi usulan sebesar 12.126 meter. Selisih jarak antara usulan dan sebelum usulan sebesar 2.219 meter, dengan persentase penurunan jarak sebesar 15,47%. Berikut pada tabel 2 adalah posisi komponen dalam box pada penempatan usulan perbaikan:

Tabel 1. Rekapitulasi pengolahan data

No	Kode Produk	Nama Produk	Jumlah Komponen (pcs)	p.l.t (cm)	Jumlah penerimaan komponen (pcs)	Jumlah pengiriman komponen (pcs)	p.blok/ p.box	l.blok/ l.box	t.blok/ t.box	Kapasitas blok (box/blok)	Space Requirement teoritis (blok)	Space Requirement (blok)	Mi /Pi	Ki/Pi	Ti per type (Aktivitas)	Ti total (Aktivitas)	T/S (Aktivitas/ Blok)
1	7010 F5 TP	F5 TRANSITION PIECE	10	227x116x128	30	20	5	1	2	10	0.30		3	2	5	45	22.5
2	7010 6B TP	6B TRANSITION PIECE	10	196x112x87	60	160	3	3	3	27	0.22	2	6	16	22		
3	7010 7E TP	7E TRANSITION PIECE	10	289x145x141	50	70	2	2	2	8	0.63		5	7	12		
4	7010 9E TP	9E TRANSITION PIECE	14	220x127x154	112	14	2	3	1	6	0.83		5	1	6		
5	7010 F5 CL	F5 COMB LINER	10	195x84x126	30	20	3	4	2	24	0.17		4	2	6	65	32.5
6	7010 6B CL	6B COMB LINER	10	195x84x95	150	140	3	4	3	36	0.42	2	15	14	29		
7	7010 7E CL	7E COMB LINER	10	245x104x151	70	120	2	3	2	12	0.58		7	12	19		
8	7010 9E CL	9E COMB LINER	14	198x104x144	126	28	3	3	2	18	0.50		9	2	11		
9	7010 F5 S1N	F5 STAGE 1 NOZZLE	24	192x192x45	72	48	3	2	6	36	0.08		3	2	5	31.5	31.5
10	7010 6B S1N	6B STAGE 1 NOZZLE	18	182x177x52	198	252	2	2	4	16	0.69	1	5.5	7	12.5		
11	7010 7E S1N	7E STAGE 1 NOZZLE	18	248x155x60	90	108	3	2	5	30	0.17		5	6	11		
12	7010 9E S1N	9E STAGE 1 NOZZLE	18	297x177x71	54	54	3	4	4	48	0.06		1.5	1.5	3		
13	7010 F5 S2N	F5 STAGE 2 NOZZLE	14	230x142x66	42	28	2	3	4	24	0.13		1.5	1	2.5	29	29
14	7010 6B S2N	6B STAGE 2 NOZZLE	16	192x98x69	128	176	2	2	5	20	0.40	1	8	11	19		
15	7010 7E S2N	7E STAGE 2 NOZZLE	16	141x141x54	80	96	4	2	5	40	0.13		2.5	3	5.5		
16	7010 9E S2N	9E STAGE 2 NOZZLE	16	148x148x53	32	32	3	2	5	30	0.07		1	1	2		
17	7010 6B S3N	6B STAGE 3 NOZZLE	16	202x104x69	64	96	2	2	4	16	0.25		4	6	10	18	18
18	7010 7E S3N	7E STAGE 3 NOZZLE	16	152x152x54	112	112	4	2	5	40	0.18	1	3.5	3.5	7		
19	7010 9E S3N	9E STAGE 3 NOZZLE	16	172x164x54	16	16	3	2	5	30	0.03		0.5	0.5	1		
20	7010 6B S1S	6B STAGE 1 SHROUD	36	133x115x34	144	144	4	3	8	96	0.04		2	2	4	9	9
21	7010 7E S1S	7E STAGE 1 SHROUD	48	185x159x39	240	144	4	3	9	108	0.05	1	2.5	1.5	4		
22	7010 9E S1S	9E STAGE 1 SHROUD	48	202x174x39	48	48	4	4	8	128	0.01		0.5	0.5	1		
23	7010 6B S2S	6B STAGE 2 SHROUD	36	133x103x31	144	252	3	2	7	42	0.10		2	3.5	5.5	9	9
24	7010 7E S2S	7E STAGE 2 SHROUD	48	195x174x37	144	96	3	2	8	48	0.06	1	1.5	1	2.5		
25	7010 9E S2S	9E STAGE 2 SHROUD	48	195x174x37	48	48	4	3	8	96	0.01		0.5	0.5	1		
26	7010 6B S3S	6B STAGE 3 SHROUD	30	147x85x34	90	90	2	2	7	28	0.11	1	1.5	1.5	3	7	7
27	7010 7E S3S	7E STAGE 3 SHROUD	32	138x128x36	128	64	3	2	8	48	0.08		2	1	3		
28	7010 9E S3S	9E STAGE 3 SHROUD	32	153x158x33	32	32	3	2	9	54	0.02		0.5	0.5	1		
29	7010 6B S2B	6B STAGE 2 BUCKET	92	166x147x58	1748	1472	3	2	5	30	0.63		19	16	35	84	42
30	7010 7E S2B	7E STAGE 2 BUCKET	92	155x147x75	1472	1288	3	2	4	24	0.67	2	16	14	30		
31	7010 9E S2B	9E STAGE 2 BUCKET	92	154x154x83	1380	368	3	2	4	24	0.63		15	4	19		
32	7010 6B S3B	6B STAGE 3 BUCKET	92	190x155x64	1196	552	4	2	3	24	0.54		13	6	19	59	29.5
33	7010 7E S3B	7E STAGE 3 BUCKET	92	149x147x82	1288	1012	3	2	3	18	0.78	2	14	11	25		
34	7010 9E S3B	9E STAGE 3 BUCKET	92	162x160x91	1104	276	3	2	3	18	0.67		12	3	15		
35	7010 6B FS	6B FLOW SLEEVE	10	161x111x73	10	30	3	3	4	36	0.03		1	3	4	11	11
36	7010 7E FS	7E FLOW SLEEVE	10	194x142x139	10	40	3	2	2	12	0.08	1	1	4	5		
37	7010 9E FS	9E FLOW SLEEVE	14	260x136x106	14	14	2	2	2	8	0.13		1	1	2		
38	7010 BEAR	BEARING	1	260x136x106	12	25	5	3	5	75	0.16	1	12	25	37	37	37
39	7010 6B BH	6B BULLHORN	10	82x92x40	30	30	7	4	7	196	0.02		1.5	1.5	3	5	5
40	7010 7E BH	7E BULLHORN	10	82x92x40	10	10	7	4	7	196	0.01	1	0.5	0.5	1		
41	7010 9E BH	9E BULLHORN	14	82x92x40	14	14	7	4	7	196	0.01		0.5	0.5	1		
42	7010 6B XFT	6B CROSSFIRE TUBE	10	82x92x40	80	60	7	4	7	196	0.04		4	3	7	9.5	9.5
43	7010 7E XFT	7E CROSSFIRE TUBE	10	82x92x40	10	20	7	4	7	196	0.01	1	0.5	1	1.5		
44	7010 9E XFT	9E CROSSFIRE TUBE	14	82x92x40	14	14	7	4	7	196	0.01		0.5	0.5	1		

Tabel 2. Posisi komponen dalam box pada penempatan usulan perbaikan

Blok	Jarak (m)	Nama Komponen	T/S (Aktivitas/Blok)	Jarak tempuh (m)
C4	18	7010 6B,7E,9E S2B	42	1596
B3	20			
C5	24	7010 BEARING	37	888
B2	25	7010 F5,6B,7E 9E CL	32.5	1722.5
C1	28			
C6	29	7010 F5,6B,7E,9E S1N	31.5	913.5
A5	30	7010 6B,7E,9E S3B	29.5	1799.5
B1	31			
A4	32	7010 F5,6B,7E,9E S2N	29	928
C2	34	7010 F5,6B,7E,9E TP	22.5	1530
D3	34			
A6	36	7010 6B,7E,9E S3N	18	648
A3	38	7010 6B,7E,9E FS	11	418
C3	39	7010 6B,7E,9E XFT	9.5	370.5
D2	39	7010 6B,7E,9E S1S	9	351
A2	44	7010 6B,7E,9E S2S	9	396
D1	45	7010 6B,7E,9E S3S	7	315
A1	50	7010 6B,7E,9E BH	5	250
TOTAL JARAK				12.126

3.6 Merancang Kodefikasi

Perancangan kodefikasi dilakukan setelah melakukan perancangan tata letak gudang, guna mempermudah dalam proses pencarian, sehingga didapatkan *database*/pusat informasi penyimpanan box komponen di gudang. Perancangan kodefikasi dilakukan untuk mengklasifikasikan produk dengan jenis tertentu, dan digunakan sebagai informasi lokasi box komponen di simpan.

Susunan kodefikasi terdiri dari 8 digit, yang terdiri dari XX XX XX XX :

Digit 1 dan 2 : Menunjukkan jenis komponen

Digit 3 dan 4 : Menunjukkan ukuran *frame* komponen

Digit 5 dan 6 : Menunjukkan area blok penyimpanan

Digit 7 dan 8 : Menunjukkan nama konsumen

3.7 Pembahasan

Hasil simulasi diperoleh total *exit* (barang yang keluar) yaitu 251 box komponen. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk pencarian box yaitu 1,62 jam. Tercatatnya waktu 1,62 jam dikarenakan waktu pencarian perkemasan produk menjadi 5-10 menit lebih cepat dibandingkan sebelumnya. Waktu yang dibutuhkan untuk pencarian box dalam tata letak gudang usulan lebih cepat 7,27 jam dibandingkan waktu yang dibutuhkan untuk pencarian box dalam tata letak waktu

sekarang yaitu 8,89 jam. Penghematan waktu dapat diperoleh menggunakan metode dedicated storage pada desain tata letak gudang (Sitorus et.al, 2020).

Validasi adalah suatu proses membandingkan apakah model yang telah dibuat sudah mempresentasikan sistem nyata yang sudah ada. Validasi model dilakukan dengan membandingkan waktu perpindahan produk jadi berdasarkan pada sistem simulasi dengan sistem nyata dengan dua kali replikasi. Material handling yang digunakan di sini yaitu dua orang operator. Hasil perbandingan waktu pada sistem simulasi dengan sistem nyata dalam proses pencarian produk dalam proses pengiriman produk dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Validasi Model Simulasi

Replikasi Gudang	Gudang Usulan	Gudang Sekarang	Selisih jam
1	1.62	8.17	-6.55
2	1.62	8.9	-7.28
Rata-rata			-6.915
Standar deviasi			0.516

Dari hasil selisih dari sistem nyata dan simulasi tersebut kemudian menghitung rata-rata dan standar deviasi dari hasil selisih tersebut. Setelah dihitung rata-rata dan standar deviasi dilakukan perhitungan *half width (hw)* dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 hw &= \frac{\left(\left(t_n - 1, \frac{\alpha}{2} \right) S(1-2) \right)}{\sqrt{2}} \\
 &= \frac{\left(\left(t_2 - 1, \frac{0,05}{2} \right) S(1-2) \right)}{\sqrt{2}} \\
 &= \frac{\left((12,706)(0,516) \right)}{\sqrt{2}} = 4,64 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan hw di atas, dilanjutkan dengan menghitung selang interval dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$x(1-2) - hw \leq \mu(1-2) \leq x(1-2) + hw$$

$$-6,915 - 4,64 \leq \mu(1-2) \leq -6,915 + 4,64$$

$$-11,55 \leq \mu(1-2) \leq 2,275$$

Berdasarkan hasil perhitungan selang interval diatas, dapat disimpulkan bahwa model simulasi valid karena interval memuat angka nol (0).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di PT. GE untuk memecahkan permasalahan yang berkaitan dengan tata letak gudang penyimpanan box komponen, dari sampling pencarian box 3 konsumen setelah dilakukan perbaikan layout, diperoleh waktu pencarian rata-rata 2,12 menit per box komponen. Waktu ini lebih cepat dari waktu pencarian sebelum dilakukan perbaikan layout yaitu rata-rata selama 12,12 menit per box komponen.

Hasil simulasi menggunakan promodel diperoleh total exit (barang yang keluar) dengan 251 box komponen. Rata-rata waktu yang didapatkan dalam pencarian box komponen yaitu 1,62 jam, lebih cepat 7,27 jam dibandingkan waktu yang dibutuhkan untuk pencarian box sebelum dilakukan perbaikan layout yaitu 8,89 jam. Total jarak material handling mengalami penurunan sebesar 15,47% dari total jarak material handling sebelum dilakukan perbaikan layout adalah 14.345 m, dengan total jarak material handling setelah dilakukan perbaikan layout adalah 12.126 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Audrey, O., Sukania, W., Nasution, S.R. (2019). Analisis Tata Letak Gudang dengan Menggunakan Metode Dedicated Storage. *Jurnal Asimetri, Jurnal Ilmiah Rekayasa dan Inovasi*, 1(1), 43-49. doi: 10.35814/asiimetrik.v1i1.221
- Brown, J. W. (2017). Models of anterior cingulate cortex function in cognitive control. *The Wiley handbook of cognitive control*, 259-273.
- Guerriero, F., Musmanno, R., Pisacane, O., & Rende, F. (2013). A mathematical model for the Multi-Levels Product Allocation Problem in a warehouse with compatibility constraints. *Applied Mathematical Modelling*, 37(6), 4385-4398.
- Heragu, S. S. (2018). *Facilities design*. Crc Press.
- Hidayat, N.P.A. (2012). Perancangan Tata Letak Gudang dengan Metode Class-Based Storage Studi Kasus CV. SG Bandung. *Jurnal Al-Azhar Indonesia, Seri Sains dan Teknologi*, 1(3) doi: 10.36722/sst.v1i3.54
- Lee, B. K., & Kim, K. H. (2013). Optimizing the yard layout in container terminals. *OR spectrum*, 35(2), 363-398.
- Liu, N., Cope, J., Carns, P., Carothers, C., Ross, R., Grider, G. & Maltzahn, C. (2012, April). On the role of burst buffers in leadership-class storage systems. In *2012 IEEE 28th Symposium on Mass Storage Systems and Technologies (MSST)* (pp. 1-11). IEEE.
- Santos, M., Gralha, C., Goulao, M., Araújo, J., Moreira, A., & Cambeiro, J. (2016). What is the impact of bad layout in the understandability of social goal models?. *2016 IEEE 24th International Requirements Engineering Conference (RE)* pp. 206-215
- Pacana, A., Czerwińska, K., & Bednarova, L. (2019). Comprehensive improvement of the surface quality of the diesel engine piston. *Metalurgija*, 58(3-4), 329-332.
- Parameshwaran, R., Kalaiselvam, S., Harikrishnan, S., & Elayaperumal, A. (2012). Sustainable thermal energy storage technologies for buildings: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2394-2433.
- Ridwan, A., Arina, F., Permana, A. (2020). Peningkatan kualitas dan efisiensi pada proses produksi dunnage menggunakan metode lean six sigma (Studi Kasus di PT. XYZ). *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 16(2), 186-199 doi: 10.36055/tjst.v16i2.9618
- Roodbergen, K. J., Vis, I. F., & Taylor Jr, G. D. (2015). Simultaneous determination of warehouse layout and control policies. *International Journal of Production Research*, 53(11), 3306-3326.
- Sitorus, H., Rudianto, R., & Ginting, M. (2020). Perbaikan Tata Letak Gudang dengan Metode Dedicated Storage dan Class Based Storage serta Optimasi Alokasi Pekerjaan Mateial Handling di PT. Dua

Kuda Indonesia. *Jurnal Kajian Teknik Mesin UTA'45 Jakarta*, 5(3), 87-98, doi: 10.52447/jktm.v5i2.4139

Yu, Y., & De Koster, R. B. (2013). On the suboptimality of full turnover-based storage. *International Journal of Production Research*, 51(6), 1635-1647.