

Perancangan Alokasi Penyimpanan Gudang Adorable Projects Menggunakan *Shared Storage* Dan Pendekatan Simulasi Untuk Meminimasi *Overcapacity* Pada Rak Penyimpanan

1st Andina Eprilliani
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

andinaeprilliani@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Yodi Nurdiansyah
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

yodinur@telkomuniversity.ac.id

3rd Hardian Kokoh Pambudi
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

hkpambudi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Adorable Projects merupakan usaha mikro kecil menengah yang melakukan penjualan dalam bidang *fashion* wanita yang memiliki 30 vendor untuk memproduksi produknya, memiliki 500 jenis produk dan memiliki ± 70.000 SKU (*Stock Keeping Unit*). Dalam pelaksanaannya, gudang Adorable Project mengalami *overcapacity* sehingga pemanfaatan gudang tersebut tidak optimal. Selain itu juga terdapat utilitas dalam gudang tersebut sebesar 55,5%. Dengan menerapkan pendekatan *Shared Storage*, penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan masalah *overcapacity* yang terdapat di dalam gudang dan menyelesaikan masalah utilitas pada gudang Adorable Projects yang pada kondisi eksisting sebesar 55,5% menjadi 58,5%. Hasil dari penelitian ini terdapat tiga *point* yaitu, pertama, mereka perlu merancang tata letak usulan pada gudang dengan menerapkan metode *shared storage*. Kedua, Adorable Project perlu menambahkan rak penyimpanan pada kondisi eksisting menyebabkan *overcapacity* sebesar 32% dapat diatasi di kondisi usulan. Jumlah penambahan rak penyimpanan yang optimal berdasarkan hasil perhitungan *space requirement* yang telah dilakukan yaitu penambahan sebanyak tujuh rak. Ketiga, dengan menggunakannya metode *shared storage* ini dapat meminimasi jarak tempuh sebesar 1104 meter. Berdasarkan selisih dari jarak perpindahan eksisting dengan usulan dapat meminimasi waktu aktifitas *order picking* sebesar 121,62 menit.

Kata kunci—*shared storage*, *overcapacity*, utilitas, Gudang

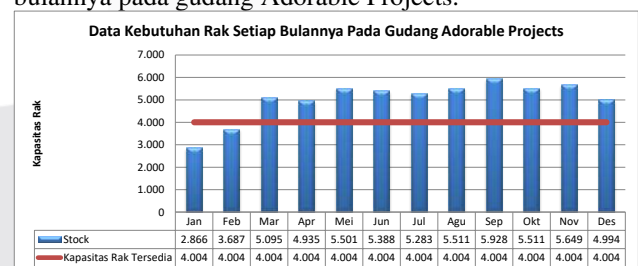
I. PENDAHULUAN

Adorable Projects merupakan usaha mikro kecil menengah yang berfokus pada penjualan produk dalam industri *fashion* wanita yang memiliki 30 vendor untuk memproduksi produknya, memiliki 500 jenis produk dan memiliki ± 70.000 SKU (*Stock Keeping Unit*). Adorable Projects juga menjalin kerja sama dengan pengrajin skala kecil yang berbasis di rumah. Beberapa di antara mereka mengkhususkan diri dalam pembuatan produk *Make to Stock*, sementara yang lain menerima pesanan untuk produk yang didesain sesuai dengan keinginan konsumen. Dengan adanya produk *Make to Stock*, permintaan pelanggan akan terus meningkat sesuai dengan *trend* yang ada pada

kalangan masyarakat sehingga sistem penyimpanan gudang pun sangat perlu diperhatikan.

Gudang Adorable Projects memiliki luas sebesar 676 m². Seluruh produk yang ada di gudang Adorable Projects ini diklasifikasikan menjadi beberapa unit. Pengklasifikasian barang-barang yang ada di gudang Adorable Projects yaitu *Footwear*, *Bag*, *Clothes*, dan *Accessories*.

Sistem penyimpanan di gudang Adorable Projects saat ini mengandalkan penempatan barang secara acak, yang mengakibatkan barang diletakkan di lokasi sembarang dan kapasitas gudang belum dimanfaatkan sepenuhnya. Karena pengaturan ini, kapasitas gudang yang sebenarnya belum termanfaatkan sepenuhnya, mengakibatkan penurunan efisiensi dalam pengelolaan ruang penyimpanan. Berikut merupakan grafik kebutuhan rak penyimpanan setiap bulannya pada gudang Adorable Projects. Berikut merupakan grafik kebutuhan rak penyimpanan setiap bulannya pada gudang Adorable Projects.



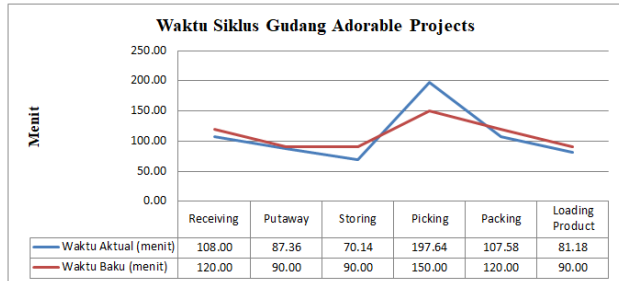
GAMBAR 1

Data Kebutuhan Rak Setiap Bulannya Pada Gudang Adorable Projects

Pada grafik di atas, menunjukkan bahwa terdapat *overcapacity stock* yang ada pada gudang Adorable Project. *Stock* tertinggi yang ada yaitu pada bulan Desember sebanyak 5.928 unit produk yang tersimpan di dalam rak. Sedangkan kapasitas rak yang dapat ditampung hanya sebanyak 4.004 unit produk sehingga menyebabkan *overcapacity* sebesar 32%.

Berdasarkan rak yang tersedia, utilisasi penggunaan gudang Adorable Projects memiliki utilisasi sebesar 55,5%. Menurut Tompkins (2010), mengatakan bahwa ketika gudang sudah terisi 85% maka dibutuhkan ruangan tambahan. Sehingga utilisasi pada gudang ini dapat dinaikkan hingga mencapai angka 85%.

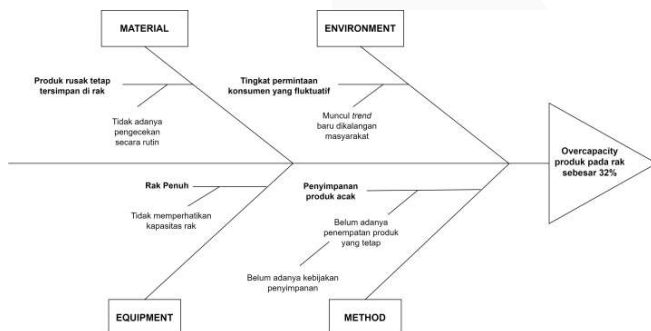
Dengan adanya *overcapacity* mengakibatkan banyak produk ditempatkan di lantai gudang karena keterbatasan rak penyimpanan yang tersedia. Hal ini mempengaruhi waktu operasional pengambilan produk oleh *picker* ketika akan mengambil produk pada rak, *picker* harus memindahkan produk yang berada di lantai yang akan dilalui oleh *material handling*. Berikut merupakan perbandingan antara waktu aktual dan waktu baku setelah dilakukan pengamatan.



GAMBAR 2

Gratik Waktu Siklus Pada Gudang Adorable Projects

Berdasarkan gambar I. dapat dilihat bahwa waktu aktual aktivitas *picking* adalah sebesar 197,64 menit sehingga terdapat perbedaan dengan waktu baku sebesar 47,64 menit. Dalam penelitian ini, terdapat beberapa faktor yang dapat menjadi penyebab terjadinya overkapasitas pada rak penyimpanan. Faktor-faktor ini telah dianalisis dan digambarkan dalam bentuk *fishbone diagram*, seperti yang terlihat pada Gambar 3 di penelitian ini.

GAMBAR 3
Fishbone Diagram

Berdasarkan *fishbone diagram* di atas terdapat empat kategori yang menyebabkan *overcapacity* produk pada rak. Kategori pertama dari segi *method* yaitu penyimpanan produk secara acak dikarenakan belum adanya penempatan produk dan belum adanya kebijakan penyimpanan pada gudang Adorable Projects. Kedua dari segi *environment* yaitu tingkat permintaan konsumen yang fluktuatif dikarenakan banyak muncul *trend* baru di kalangan masyarakat. Kategori ketiga dari segi *material* yaitu produk rusak tetapi tersimpan di rak penyimpanan dikarenakan tidak adanya pengecekan secara rutin. Pada kategori terakhir dari segi *equipment* yaitu rak penuh tidak dapat menampung produk dikarenakan tidak memperhatikan kapasitas dari rak penyimpanan tersebut.

II. KAJIAN TEORI

A. Tata Letak

Menurut Heizer (2009) mendefinisikan tata letak gudang sebagai desain yang berusaha mengurangi biaya

keseluruhan dengan menentukan keseimbangan yang baik antara ruang dan manajemen produk. Menemukan keseimbangan yang baik antara biaya penanganan produk dan ruang gudang adalah tujuan dari tata letak gudang. Sebagai hasilnya, tugas manajemen adalah menggunakan setiap kotak di gudang dengan kapasitas maksimal dengan memanfaatkan volume penuhnya agar menjaga biaya penanganan produk tetap rendah.

B. Pengertian Gudang

Menurut Richard (2014) Gudang adalah sebuah bangunan yang dirancang untuk menyimpan produk sebagai pemenuhan permintaan sehingga permintaan yang terjadi dapat terpenuhi. Selain itu, gudang juga berfungsi sebagai lokasi pengiriman di mana semua barang diterima dan diangkut secara efektif dan efisien.

C. Jenis dan Karakteristik Gudang

Berdasarkan karakteristik material yang disimpan, gudang dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu (Tompkins, 2010).

1. Gudang Bahan Baku: berfungsi sebagai tempat penyimpanan *raw material* atau bahan baku yang akan dipakai untuk produksi.
2. Gudang Penyimpanan Produk Setengah Jadi: berfungsi sebagai tempat penyimpanan produk setengah jadi berasal dari bahan baku yang sudah diproses namun belum sampai tahap penyelesaian.
3. Gudang Penyimpanan *Finish Goods*: berfungsi untuk menyimpan produk jadi atau produk yang sudah melalui proses sampai selesai.

Selain berdasarkan karakteristik barangnya, berdasarkan fungsi tujuan gudang dapat dikategorikan menjadi beberapa macam tipe :

1. *Manufacturing Plant Warehouse*: kegiatan yang terjadi di dalam gudang ini melibatkan serangkaian proses, seperti penerimaan material, penyimpanan material, pengambilan material, penempatan barang jadi di gudang, aktivitas internal di dalam gudang, dan pengiriman barang jadi ke pusat penyimpanan utama, gudang distribusi, atau langsung ke pelanggan. gudang yang terletak di dalam pabrik. Transaksi di dalam gudang meliputi proses penerimaan material, penyimpanan material, pengambilan material, penyimpanan barang jadi ke gudang, transaksi internal gudang, dan pengiriman barang jadi ke *central warehouse*, *distribution warehouse*, atau konsumen langsung.
2. *Central Warehouse*: gudang pokok yang proses transaksinya meliputi penerimaan barang jadi (berasal dari *manufacturing warehouse*, pabrik, atau *supplier*), penyimpanan barang jadi ke gudang dan ke *distribution warehouse*.

D. Utilitas Gudang

Menurut Tompkins (2010) mengatakan bahwa ketika gudang sudah terisi 85% maka dibutuhkan ruangan tambahan. Hal ini menunjukkan bahwa maksimal utilisasi pada gudang yaitu mencapai 85% dari luas gudang yang ada.

E. Kebijakan Penyimpanan

Terdapat banyak cara untuk menentukan kebijakan penyimpanan produk ke dalam area penyimpanan. Jenis kebijakan penyimpanan produk yang sering digunakan adalah (Jerry Agus Arlianto, I.H, 2013).

1. *Random Storage*

Metode *random storage* menghasilkan pemanfaatan ruang yang tinggi sehingga kebutuhan ruang menjadi rendah akan tetapi menghasilkan jarak tempuh operator yang menjadi besar.

2. *Dedicated Storage*

Kebijakan *dedicated storage* memiliki pemanfaatan ruang yang paling rendah dibandingkan dengan semua kebijakan penyimpanan.

3. *Class-Based Storage*

Dalam pengendalian persediaan, cara klasik untuk membagi produk ke dalam kelas yang berdasarkan popularitas adalah metode pareto.

4. *Shared Storage*

Shared storage adalah gabungan antara *random storage* dan *dedicated storage* yang mengurangi ruang yang dibutuhkan di gudang dan meningkatkan efisiensi dalam penempatan barang.

F. Perpindahan Produk

Produk dapat diletakkan secara acak atau sesuai dengan lokasi tertentu, baik di lantai maupun di rak penyimpanan. Dalam konteks dua stasiun kerja atau departemen I dan J dengan koordinat (x,y) dan (a,b), terdapat beragam metode untuk menghitung jarak antara titik tengah Dij. (Wedana, 2012).

1. *Rectilinear Distance*

Jarak di ukur sepanjang lintasan dengan menggunakan garis tegak lurus satu dengan yang lainnya.

$$d_{ij} = |x - a| + |y - b|$$

2. *Euclidean Distance*

Jarak diukur sepanjang lintasan garis lurus antara dua buah titik.

$$d_{ij} = \sqrt{[(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2]}$$

3. *Squared Euclidean Distance*

Jarak diukur sepanjang lintasan sebenarnya yang melintas antara dua buah titik.

$$d_{ij} = (x - a)^2 + (y - b)^2$$

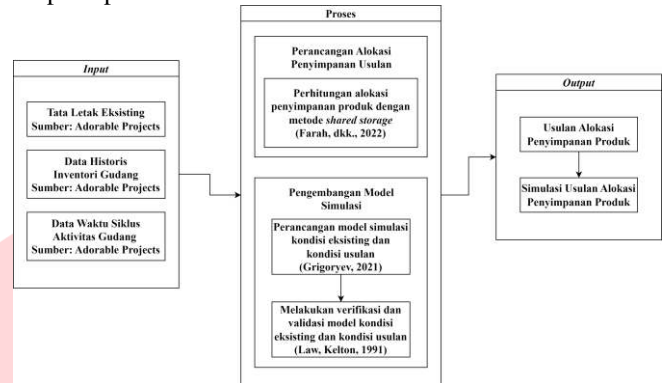
G. Discrete Event Simulation

Discrete Event Simulation digunakan untuk memudahkan dalam memahami dan mengelola sistem manufaktur yang rumit. Model ini dapat di temui pada industri-industri yang berkembang saat ini (Law, 2015). *Discrete Event Simulation* adalah tentang pemodelan sistem yang merepresentasikan perubahan waktu dengan menggambarkan variabel keadaan yang berubah pada titik waktu terpisah, dimana setiap titik waktu ini terkait dengan suatu peristiwa yang mempengaruhi perubahan dalam model tersebut.

III. METODE

A. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan konsep pemikiran yang menjadi alat bantu dalam perumusan sistematisa penyelesaian masalah pada penelitian. Secara umum, penelitian yang dilakukan untuk perancangan tata letak gudang Adorable Projects digambarkan dalam kerangka berpikir pada Gambar 4.

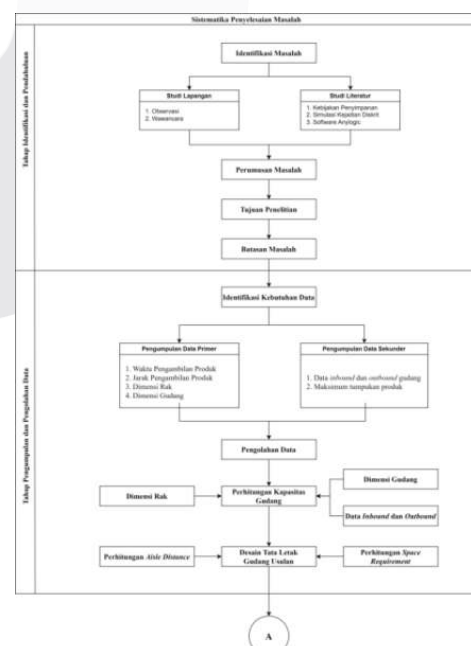


GAMBAR 4
Kerangka Berpikir

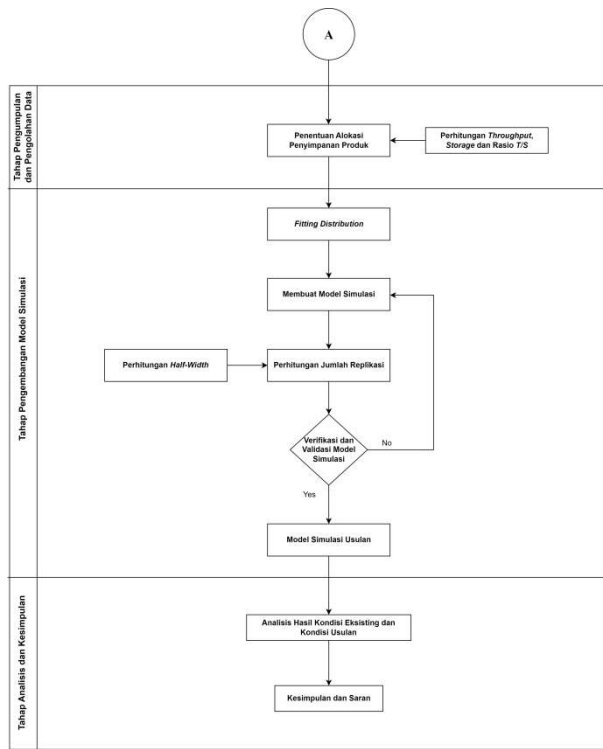
Dalam kerangka penelitian ini, terdapat input berupa data tata letak gudang dan informasi historis persediaan yang diperoleh dari gudang Adorable Projects. Prosesnya melibatkan perhitungan alokasi penyimpanan menggunakan metode shared storage, yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan model simulasi. Model tersebut mencakup kondisi eksisting dan kondisi usulan, serta tahap verifikasi dan validasi. Dari proses ini, diharapkan mendapatkan rekomendasi alokasi penyimpanan dan hasil simulasi sesuai dengan tujuan penelitian.

B. Sistematisa Penyelesaian Masalah

Sistematisa pemecahan masalah dilakukan untuk mendapatkan solusi optimal pada perusahaan agar permasalahan yang terjadi dapat diselesaikan dengan tepat. Dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah.



GAMBAR 5
Sistematisa Penyelesaian Masalah



GAMBAR 6
Sistematika Penyelesaian Masalah (Lanjutan)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tata Letak Eksisting

Gudang Adorable Projects merupakan gudang *finished goods* yang memiliki luas sebesar 676 m², dengan ukuran panjang dan lebar 26 m². Pada gudang Adorable Project memiliki beberapa area untuk melakukan proses operasionalnya. Berikut merupakan gambaran tata letak kondisi eksisting.



26 m

GAMBAR 7
Tata Letak Eksisting

Pada Gambar 7 di atas, dapat dilihat bahwa penempatan produk *best-seller* Adorable Project tersebar pada beberapa rak yang tidak berada pada rak terdekat dari jarak *picker*.

Penempatan produk sesuai dengan rak dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

TABEL 1
Kode Area Penempatan Produk

Kode Area	Produk
H7	Vailey Oxford Black
J6	Medalion White Sneakers
H7	Vailey Oxford Matte Black
E5	Ronan Sandals Black
E3	Lannister Black Chelsea Boots
A6	Lobosa Platform Strap Black
H4	Butterpop Boots Black
G5	Blugi Boots Black
L1	Drivia Sneakers White
L1	Drivia Sneaker Black
N4	Thormy Sneakers White
D1	Wickle Boots Black
M7	Butty Boots Black
L6	Dooriya Sandals Black
K1	Alexa Monochrome Sneakers
K1	Alexa White Sneakers
J10	Hushfire Flatsshoes Black
J10	Alumbra White Sneakers

B. Perhitungan *Distance Travel* dengan Titik *Picker* Kondisi Eksisting

TABEL 2
Perhitungan *Distance Travel* Kondisi Eksisting

No	Kode Area	Produk	Jarak	Frekuensi	Jarak Perjalanan
1	H7	Vailey Oxford Black	26,4	3	79,2
2	J6	Medalion Sneakers White	19,0	4	75,8
3	H7	Vailey Oxford Matte Black	26,4	3	79,2
4	E5	Ronan Sandals Black	33,2	4	132,8
5	E3	Lannister Black Chelsea Boots	39,2	4	156,8
6	A6	Lobosa Platform Strap Black	39,1	4	156,3
7	H4	Butterpop Boots Black	30,3	3	90,9
8	G5	Blugi Boots Black	28,8	2	57,5
9	L1	Drivia Sneakers White	30,4	3	91,3
10	L1	Drivia Sneakers Black	30,4	4	121,7
11	N4	Thorny Sneakers White	17,0	2	50,9
12	D1	Wickle Boots Black	48,2	4	192,7
13	M7	Butty Boots Black	14,5	2	29,1

No	Kode Area	Produk	Jarak	Frekuensi	Jarak Perjalanan
14	L6	Dooriya Sandals Black	14,5	3	43,6
15	K1	Alexa Sneakers Monochrome	31,9	5	159,4
16	K1	Alexa Sneakers White	31,9	3	95,6
17	J10	Hushfire Flat Shoes Black	31,0	2	61,9
18	J10	Alumbra White Sneakers	31,0	2	61,9

Dari hasil perhitungan jarak perjalanan di atas, untuk total jarak perjalanan yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Total Distance Travel} &= \text{semua jarak tiap rak} \\ &= 79,2 + 75,8 + 79,2 \dots + 61,9 \\ &= 1736,7 \text{ meter}\end{aligned}$$

C. Perhitungan Utilitas Gudang Kondisi Eksisting

Menurut Tompkins (2010), bahwa saat gudang mencapai 85% kapasitasnya, diperlukan ruang tambahan. Ini mengindikasikan bahwa penggunaan maksimum gudang adalah 85% dari total luas gudang yang tersedia. Luas gudang Adorable Projects adalah 676 m², dan saat ini hanya digunakan sekitar 55,5% dari kapasitasnya. Pada penelitian ini utilitas gudang hanya ditinjau dari luas area rak, maka dari itu berdasarkan rumus di atas, luas lantai yang terpakai merupakan luas dari area rak yang tersedia. Berikut merupakan perhitungan dari luas lantai terpakai.

$$\begin{aligned}\text{luas lantai terpakai} &= \text{jumlah rak} \times \text{dimensi rak} \\ &= 252 \times (1,5 \text{ m} \times 0,745 \text{ m}) \\ &= 281,61 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Berdasarkan penggunaan rumus di atas, diperoleh hasil perhitungan luas lantai yang terpakai sebesar 281,61 m². Dengan memperoleh luas lantai yang terpakai, dapat diketahui persentase dari utilitas luas gudang sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{utilitas luas gudang} &= \frac{\text{luas lantai terpakai}}{\text{luas lantai gudang tersedia}} \\ &= \frac{281,61}{676} \\ &= 0,40 = 40\%\end{aligned}$$

TABEL 3
Perhitungan Utilitas Gudang Kondisi Eksisting

Deskripsi	Luas	Satuan	Persentase	Utilitas
Luas Area Rak	281,61	m ²	40%	55,5%
Luas Offline Store	15,4	m ²	2,3%	
Luas Packing	55,25	m ²	8,2%	
Luas Inbound	10,08	m ²	1,5%	
Luas Dapur	1,145	m ²	0,2%	
Luas Wudhu	3,75	m ²	0,6%	
Luas	3,75	m ²	0,6%	

Deskripsi	Luas	Satuan	Persentase	Utilitas
Toilet				
Luas CS	5,4	m ²	0,8%	
Luas Mushola	8,45	m ²	1,3%	

D. Perhitungan Kapasitas Rak

$$\text{Kapasitas Rak} = \frac{\text{Volume Rak}}{\text{Volume Barang}}$$

Berdasarkan rumus diatas, didapatkan besarnya luasan area terpakai untuk gudang Adorable Projects yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Rak} &= \frac{150 \times 74,5 \times 276}{30,5 \times 29,5 \times 12} \\ &= 285,6 \approx 286 \text{ unit}\end{aligned}$$

E. Perhitungan Space Requirement

TABEL 4
Perhitungan Space Requirement

No	Produk	Rata-Rata Jumlah Barang Masuk	Kapasitas Rak	Space Requirement
1	Vailey Oxford Black	481	286	2
2	Medalion White Sneakers	376	286	2
3	Vailey Oxford Matte Black	303	286	2
4	Ronan Sandals Black	235	286	1
5	Lannister Black Chelsea Boots	261	286	1
6	Lobosa Platform Strap Black	119	286	1
7	Butterpop Boots Black	98	286	1
8	Blugi Boots Black	102	286	1
9	Drivia Sneakers White	69	286	1
10	Drivia Sneakers Black	89	286	1
11	Thormy Sneakers White	80	286	1
12	Wickle Boots Black	81	286	1
13	Butty Boots Black	79	286	1
14	Dooriya Sandals Black	69	286	1
15	Alexa Monochrome Sneakers	55	286	1
16	Alexa White Sneakers	66	286	1
17	Hushfire Flatshoes Black	69	286	1
18	Alumbra White Sneakers	56	286	1

F. Perhitungan Throughput

TABEL 5
Perhitungan *Throughput*

No	Produk	Rata-Rata Penerimaan	Rata-Rata Pengeluaran	Throughput
1	Vailey Oxford Black	481	491	16,2
2	Medalion White Sneakers	376	327	11,7
3	Vailey Oxford Matte Black	303	266	9,5
4	Ronan Sandals Black	235	232	7,8
5	Lannister Black Chelsea Boots	261	214	7,9
6	Lobosa Platform Strap Black	119	93	3,5
7	Butterpop Boots Black	98	89	3,1
8	Blugi Boots Black	102	93	3,3
9	Drivia Sneakers White	69	73	2,4
10	Drivia Sneakers Black	89	83	2,9
11	Thorny Sneakers White	80	68	2,5
12	Wickle Boots Black	81	84	2,8
13	Butty Boots Black	79	61	2,3
14	Dooriya Sandals Black	69	65	2,2
15	Alexa Monochrome Sneakers	55	48	1,7
16	Alexa White Sneakers	66	70	2,3
17	Hushfire Flatshoes Black	69	65	2,2
18	Alumbra White Sneakers	56	53	1,8

G. Perhitungan Rasio T/S

TABEL 6
Perhitungan Rasio T/S

No	Produk	Space Requirement	Throughput	Rasio T/S
1	Vailey Oxford Black	481	491	16,2
2	Medalion White Sneakers	376	327	11,7
3	Vailey Oxford	303	266	9,5

No	Produk	Space Requirement	Throughput	Rasio T/S
	Matte Black			
4	Ronan Sandals Black	235	232	7,8
5	Lannister Black Chelsea Boots	261	214	7,9
6	Lobosa Platform Strap Black	119	93	3,5
7	Butterpop Boots Black	98	89	3,1
8	Blugi Boots Black	102	93	3,3
9	Drivia Sneakers White	69	73	2,4
10	Drivia Sneakers Black	89	83	2,9
11	Thorny Sneakers White	80	68	2,5
12	Wickle Boots Black	81	84	2,8
13	Butty Boots Black	79	61	2,3
14	Dooriya Sandals Black	69	65	2,2
15	Alexa Monochrome Sneakers	55	48	1,7
16	Alexa White Sneakers	66	70	2,3
17	Hushfire Flatshoes Black	69	65	2,2
18	Alumbra White Sneakers	56	53	1,8

H. Tata Letak Hasil Alokasi Penyimpanan Usulan

Penggunaan metode *shared storage* dapat mengubah kondisi eksisting yang awalnya meletakkan produk secara acak menjadi tertata berdasarkan jarak terdekat oleh *picker*. Dalam hal ini, metode *shared storage* terbukti merupakan solusi yang tepat dilakukan untuk perbaikan pada gudang Adorable Projects. Dapat dilihat pada Gambar 8 merupakan tata letak hasil alokasi penyimpanan usulan.



GAMBAR 8
Tata Letak Kondisi Usulan

Gambar 8 menunjukkan bahwa dengan penambahan rak, kapasitas penyimpanan gudang Adorable Projects telah meningkat dari sebelumnya hanya 4.004 unit produk menjadi 6.006 unit produk yang dapat disimpan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah rak penyimpanan dapat mengatasi masalah *overcapacity* sebanyak 1.924 unit produk. Dengan penanganan *overcapacity* ini, *picker* tidak akan mengalami kesulitan dalam mengambil produk dari rak penyimpanan.

I. Perhitungan Utilitas Gudang Kondisi Usulan

Pada hasil perhitungan utilitas gudang kondisi eksisting didapat sebesar 55,5%. Dengan hasil usulan penambahan rak maka luas dari penggunaan rak bertambah sebesar 289,43 m².

$$\begin{aligned} \text{utilitas luas gudang} &= \frac{\text{luas lantai terpakai}}{\text{luas lantai gudang tersedia}} \\ &= \frac{289,43}{676} \\ &= 0,43 = 43\% \end{aligned}$$

TABEL 7
Perhitungan Utilitas Gudang Kondisi Usulan

Deskripsi	Luas	Satuan	Persentase	Utilitas
Luas Area Rak	289,43	m ²	43%	58,5%
Luas Offline Store	15,4	m ²	2,3%	
Luas Packing	55,25	m ²	8,2%	
Luas Inbound	10,08	m ²	1,5%	
Luas Dapur	1,145	m ²	0,2%	
Luas Wudhu	3,75	m ²	0,6%	
Luas Toilet	3,75	m ²	0,6%	
Luas CS	5,4	m ²	0,8%	
Luas Mushola	8,45	m ²	1,3%	

Berdasarkan perhitungan utilitas gudang kondisi usulan di atas, dengan adanya penambahan rak utilitas gudang meningkat sebesar 3% menjadi 58,5%. Peningkatan ini dapat diterima karena utilitas gudang tidak melebihi 85% sehingga tidak perlu menambah ruang gudang yang baru (Tompkins, 2010).

J. Perhitungan *Distance Travel* dengan Titik *Picker* Kondisi Usulan

TABEL 8
Perhitungan *Distance Travel* Kondisi Usulan

Kode Area	Produk	Jarak	Rasio T/S	Space Require-ment	Jarak Perpindahan
S6, S7	Vailey Oxford Black	11,4	8,1	2	92,3
R6	Lannister Black Chelsea Boots	4,9	7,9	1	39,1
S5	Ronan Sandals Black	5,1	7,8	1	39,6
R4, R5	Medalion White Sneakers	14,7	5,9	2	86,1
Q4, Q5	Vailey Oxford Matte Black	16,1	4,7	2	76,4
T5	Lobosa Platform Strap Black	6,6	3,5	1	23,2
O6	Blugi Boots Black	7,1	3,3	1	23,1
R7	Butterpop Boots Black	7,9	3,1	1	24,7
S4	Drivia Sneakers Black	8,1	2,9	1	23,3
P5	Wickle Boots Black	9,5	2,8	1	26,2
U5	Thorny Sneakers White	9,5	2,5	1	23,5
T4	Drivia Sneakers White	9,6	2,4	1	22,5
N6	Butty Boots Black	10,1	2,3	1	23,4
O7	Alexa White Sneakers	10,1	2,3	1	22,9
S8	Dooriya Sandals Black	10,2	2,2	1	22,8
R8	Hushfire Flat Shoes Black	10,9	2,2	1	24,3

Kode Area	Produk	Jarak	Rasio T/S	Space Requirement	Jarak Perpindahan
O5	Alumbr a White Sneakers	11,0	1,8	1	20,0
S3	Alexa Monochrome Sneakers	11,1	1,7	1	19,1

Dari hasil perhitungan jarak perjalanan diatas, untuk total jarak perjalanan yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Total Distance Travel} &= \text{distance travel tiap rak} \\ &= 92,3 + 39,1 + 39,6 \dots + 19,1 \\ &= 632,7 \text{ meter}\end{aligned}$$

K. Penentuan Parameter Distribusi

TABEL 9
Hasil Fitting Distribution

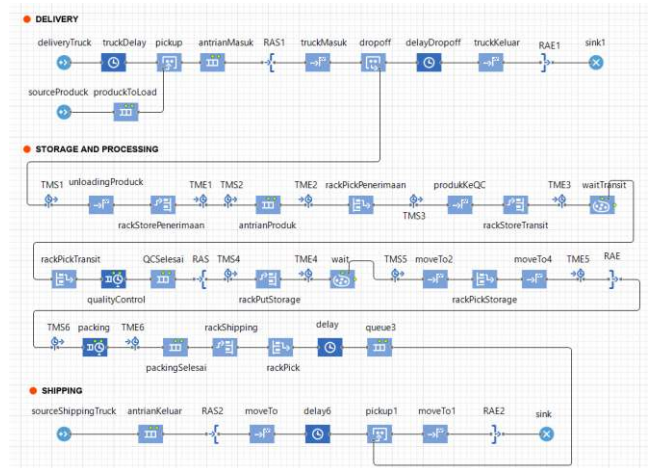
No	Waktu (menit)
1	197.013
2	198.108
3	196.559
4	195.391
5	197.989
6	197.663
7	197.308
8	199.676
9	198.060
10	201.289
Fitting Distribution: TRIA (195, 197, 202) Square Error: 0.010522	

L. Variabel Keputusan

TABEL 10
Variabel Keputusan

Input	Variabel Keputusan	
	Terkendali	Tidak Terkendali
Jumlah Material Handling	✓	
Kecepatan Material Handling	✓	
Kapasitas Material Handling		✓
Jumlah Rak	✓	
Kapasitas Rak	✓	
Kecepatan Pekerja	✓	
Permintaan (Demand)		✓
Waktu Antar Kedatangan		✓

Setelah dilakukan penentuan variabel keputusan, hal yang dapat dilakukan yaitu pembuatan model simulasi dengan membagi tiga aktivitas. Urutan dari aktivitas entitas yang ada pada sistem terdiri dari aktivitas kedatangan (*delivery*), aktivitas *storage* dan aktivitas pengiriman (*shipping*). Dari ketiga aktivitas tersebut, terdapat urutan proses untuk masing-masing aktivitas yang dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



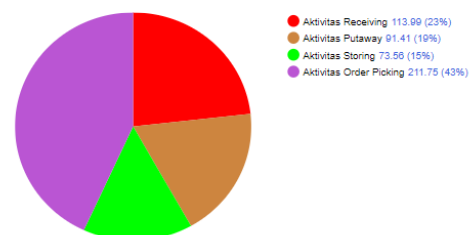
GAMBAR 9
Model Logic

Dengan mengacu pada hasil pemodelan di atas, model tersebut dikonfigurasi dengan pengaturan "model time days" yang menjalankan model selama 60 hari sesuai dengan situasi aktual. Hasil dari pelaksanaan model ini dapat dilihat dalam Gambar 10 yang menggambarkan simulasi 3D dari kondisi yang ada saat ini.



GAMBAR 10
Grafik Penggunaan Rak pada Model Simulasi Kondisi Eksisting

Gambar 10 menampilkan distribusi penggunaan rak di gudang Adorable Projects, yang terbagi menjadi empat jenis rak penyimpanan, yaitu *rack receiving*, *rack transit*, *rack inventory*, dan *rack shipping*. Pada rak-rak ini, tingkat penggunaan tertinggi terlihat pada rak *inventory* (penyimpanan), dengan rata-rata penggunaan sebesar 40%. Gambar 11, Selanjutnya pada Gambar IV.8 merupakan grafik waktu aktivitas kondisi eksisting pada gudang Adorable Projects.



GAMBAR 11
Persentase Waktu Order Picking Kondisi Eksisting

Dapat dilihat pada Gambar 11 menunjukkan bahwa aktivitas *order picking* memiliki waktu 211,75 menit dengan persentase sebesar 43%. Dapat diartikan dengan penyimpanan produk secara acak membuat waktu *order picking* besar atau lama dikarenakan *picker* harus mencari produk terlebih dahulu dan juga terdapat kendala untuk jalur *material handling* yang tertutup oleh produk *overcapacity* yang diletakkan di lantai.

M. Perhitungan Jumlah Replikasi

TABEL 11
Hasil Replikasi

Replikasi ke-	Waktu (menit)
1	197.013
2	198.108
3	196.559
4	195.391
5	197.989
6	197.663
7	197.308
8	199.676
9	198.060
10	201.289
Rata-Rata	198.7992
stdev	1.633

$$hw = \frac{\left(t_{n-1, \frac{\alpha}{2}}\right) s}{\sqrt{n}}$$

$$hw = \frac{(2,77)1,633}{\sqrt{10}} = 1,43$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai hw sebesar 1,43. Namun untuk memastikan jumlah replikasi yang sesuai, akan dilakukan perhitungan n' untuk melihat seberapa banyak sebenarnya replikasi yang dibutuhkan.

$$n' = Z_{1-\alpha/2}^2 \frac{s^2}{h^2}$$

$$n' = \frac{(1,96)(1,633)^2}{(1,43)^2} = 4,98 \approx 5$$

Berdasarkan perhitungan jumlah replikasi tersebut diketahui bahwa kebutuhan replikasi dalam simulasi sistem distribusi ini adalah 4,98 atau yang dapat dibulatkan menjadi lima. Karena kebutuhan jumlah replikasi yang diperlukan lebih kecil dibandingkan replikasi yang telah dijalankan sebelumnya, maka jumlah replikasi yang digunakan tetap sama dengan replikasi awal model yaitu sebanyak sepuluh kali.

N. Perbandingan Kondisi Aktual dengan Simulasi

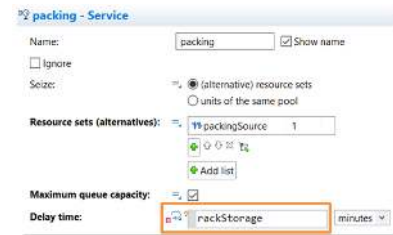
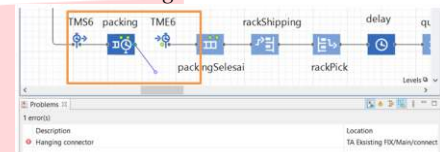
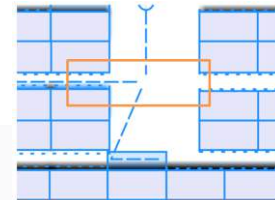
TABEL 12
Perbandingan Kondisi Aktual dengan Simulasi

Waktu Siklus Order Picking	
Kondisi Aktual	Simulasi
197.640	197.013
197.640	198.108
197.640	196.559
197.640	195.391
197.640	197.989
197.640	197.663
197.640	197.308
197.640	199.676
197.640	198.060
197.640	201.289
Total	1979.056
Rata-Rata	197.9056
stdev	1.633

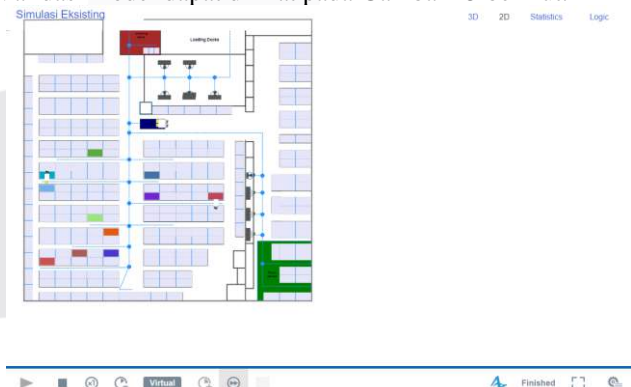
O. Verifikasi dan Validasi

Verifikasi merupakan tahap penting dalam menilai apakah model dapat menggambarkan proses sesuai dengan

kondisi nyata dan apakah ada kesalahan yang muncul selama simulasi berlangsung. Berikut adalah beberapa langkah verifikasi model yang dilakukan.

1. Verifikasi *Error Data*Gambar 12
Verifikasi *Error Data*2. Verifikasi *Error Logic*GAMBAR 13
Verifikasi *Error Logic*3. Verifikasi *Error Model*GAMBAR 14
Verifikasi *Error Model*

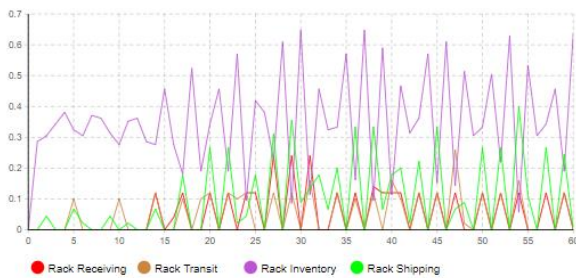
Hasil menjalankan simulasi tata letak kondisi eksisting dan kondisi usulan dimana dengan dilakukan validasi dapat menunjukkan bahwa perancangan tata letak usulan dapat mempengaruhi waktu pengambilan produk oleh *picker*. Validasi model dapat dilihat pada Gambar 15 berikut.

GAMBAR 15
Validasi Model SimulasiTABEL 13
Perbandingan Hasil *Running* Simulasi

Tata Letak Kondisi Eksisting	Tata Letak Kondisi Usulan
77.432	81.281
78.539	95.290
83.580	91.629
87.855	90.954
92.243	91.114

...	...
208.617	90.167
209.720	90.134
210.202	90.131
212.519	90.159
211.755	90.126

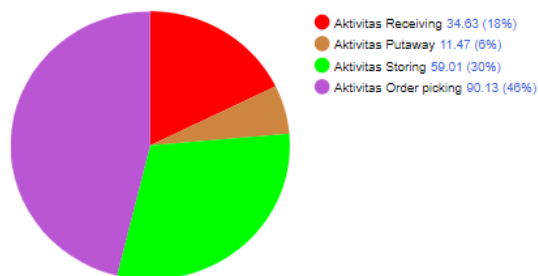
Pada hasil *running* yang telah dilakukan, terdapat hasil statistik penggunaan rak dan waktu aktivitas *order picking*. Dapat dilihat pada Gambar 16 merupakan grafik utilitas penggunaan rak dari hasil dari model simulasi kondisi usulan.



GAMBAR 16

Grafik Utilitas Penggunaan Rak pada Model Simulasi Usulan

Gambar 16 menampilkan distribusi penggunaan rak di gudang Adorable Projects, yang terbagi menjadi empat jenis rak penyimpanan, yaitu *rack receiving*, *rack transit*, *rack inventory*, dan *rack shipping*. Pada rak-rak ini, tingkat penggunaan tertinggi terlihat pada rak *inventory* (penyimpanan), dengan rata-rata penggunaan sebesar 37%. Selanjutnya pada Gambar 17 merupakan grafik waktu aktivitas kondisi usulan pada gudang Adorable Projects.



GAMBAR 17

Persentase Hasil Waktu Aktivitas Simulasi Usulan

Dapat dilihat pada Gambar 17 menunjukkan bahwa aktivitas *order picking* memiliki waktu 211,75 menit dengan persentase sebesar 43%. Dapat diartikan dengan penyimpanan produk secara acak membuat waktu *order picking* besar atau lama dikarenakan *picker* harus mencari produk terlebih dahulu dan juga terdapat kendala untuk jalur *material handling* yang tertutup oleh produk *overcapacity* yang diletakkan di lantai.

P. Uji Hipotesis

TABEL 14

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	Kondisi Aktual	Kondisi Usulan
Mean	197,64	197,9056
Variance	8,97548E-28	2,666970267
Observations	10	10
Pooled Variance	1,333485133	
Hypothesized Mean Difference	0	

df	18	
t Stat	-0,514302913	
P(T<=t) one-tail	0,306648477	
t Critical one-tail	1,734063607	
P(T<=t) two-tail	0,613296953	
t Critical two-tail	2,10092204	

Dapat dikatakan bahwa nilai t-statistik < *t critical two tail*. Pada hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa hipotesis nol (H_0) diterima sehingga model simulasi dapat dikatakan valid. Hasil ini dianggap valid dikarenakan nilai t-statistik kurang dari nilai *t critical two tail*, yang mana dari hasil tersebut menunjukkan bahwa model simulasi dapat menggambarkan kondisi eksisting.

V. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, dilakukan perancangan alokasi penyimpanan usulan untuk gudang Adorable Projects menggunakan metode *shared storage*. Pendekatan ini melibatkan sejumlah perhitungan, termasuk estimasi rata-rata permintaan bulanan, frekuensi permintaan, jumlah permintaan per pemesanan produk, serta penentuan kebutuhan ruang produk dan peletakan area penyimpanan. Selain itu, juga dilakukan perhitungan jarak tempuh pada tata letak usulan dengan fokus pada pemilihan area yang paling dekat dengan picker. Hasilnya, penambahan rak penyimpanan pada kondisi eksisting berhasil mengatasi *overcapacity* sebesar 32%, dengan penambahan optimal sebanyak tujuh rak berdasarkan perhitungan kebutuhan ruang. Selain itu, perbandingan jarak tempuh antara tata letak eksisting dan usulan menunjukkan penghematan signifikan sebesar 1.104 meter, yang berdampak positif pada efisiensi waktu operasional *picker* dalam pengambilan produk.

REFERENSI

C.

- [1] de koster, Le-Duc, and Roodbergen, "Design and Control of Warehouse Order Picking: A Literature Review," *European Journal of Operational Research* (Vol. 182), 2007.
- [2] Averill M Law, *Simulation Modeling and Analysis*. McGraw-Hill Education: New York, 2015.
- [3] Tompkins and White, *Facilities Planning 3rd Edition*.: John Wiley & Sons, Inc, 2010.
- [4] Jerry Agus Arlianto, I.H, "Perbaikan Tata Letak Gudang Mesin Fotokopi Rekondisi di CV. NEC, Surabaya," 2013.
- [5] Lachman L., Herbert, A. L. & Joseph, L. K., , *Teori dan Praktek Industri Farmasi Edisi III*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia, 2008.
- [6] Law, A.M., and W.D. Kelton, *Simulation Modelling and Analysis, 3rd edition*. USA: McGraw-Hill, 2000.
- [7] Farah Haidar Hamid, Nelfiyanti, and Renty Anugerah Mahaji P, "Redesign of finished goods warehouse storage layout using the shared storage method to increase capacity and minimize time with a simulation approach," *Department of Industrial Engineering*, 2022.
- [8] Nia Novitasari, "Optimasi Racking Selection Model

Untuk Memaksimalkan Jumlah Pallet Position Pada PT XYZ Menggunakan Multiple Knapsack Problem (MKP)," pp. 65-66, 2016.

