

# Usulan Sistem Penyimpanan Barang Pada Gudang Adorable Projects Dengan Simulasi Diskrit Menggunakan Metode *Classed-Based Storage*

1<sup>st</sup> Hafizh Rochmana Putra  
Fakultas Rekayasa Industri  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

hafizhrochmana@student.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Yodi Nurdiansyah  
Fakultas Rekayasa Industri  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

yodinur@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> M. Nashir Ardiansyah  
Fakultas Rekayasa Industri  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

nashirardiansyah@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**—Adorable Projects merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang *fashion* wanita yang menyimpan produknya pada gudang pribadi milik Adorable Projects. Adorable Projects masih mengalami kendala dalam setiap aktivitas yang ada sehingga menyebabkan tidak terpenuhinya *demand* dari tiap periodenya tidak terpenuhi dikarenakan waktu siklus aktual yang melebihi waktu siklus standar yang ada. Penyebab dari waktu siklus aktual yang lebih lama dari pada waktu siklus standar adalah tingginya waktu *storing* dan *order picking* yang diakibatkan barang yang ada pada gudang masih disimpan secara acak.

Dalam upaya mengatasi masalah tersebut dilakukan usulan perancangan penyimpanan barang yang nantinya akan menggunakan *tools* simulasi. Langkah awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi barang dan mengklasifikasikannya menggunakan *Classed-Based Storage* untuk mengetahui barang dengan nilai prioritas tertinggi. Selanjutnya menghitung jarak antar rak untuk mengetahui jarak yang terdekat dengan lokasi *picker* dan juga untuk mengetahui lokasi barang usulan setelah diklasifikasi. Dan langkah terakhir adalah membuat model simulasi dengan menggunakan *software* Anylogic untuk mengetahui perbandingan rata-rata total waktu siklus aktual dengan rata-rata total waktu siklus usulan dengan mempertimbangkan beberapa variabel *control*.

Setelah melakukan perbandingan nantinya akan didapatkan penurunan rata-rata total waktu siklus sebesar 21% yang mana rata-rata total waktu usulan mengalami penurunan menjadi 63,38 menit dari rata-rata waktu siklus aktual adalah sebesar 80,45 menit.

**Kata kunci**— Gudang, Waktu siklus, Simulasi, *Classed-Based Storage*

## I. PENDAHULUAN

Adorable Projects mempunyai gudang yang digunakan untuk penyimpanan barang jadi. Tata letak aktual gudang Adorable Project masih dilakukan secara acak. Hal ini dapat mengakibatkan jarak tempuh saat *picking* yang jauh dan menyebabkan waktu yang diperlukan juga lama. Hal ini dapat berdampak pada waktu siklus yang ada pada gudang Adorable Projects.

PERBANDINGAN WAKTU SIKLUS AKTUAL DAN WAKTU SIKLUS STANDAR PADA GUDANG ADORABLE PROJECT

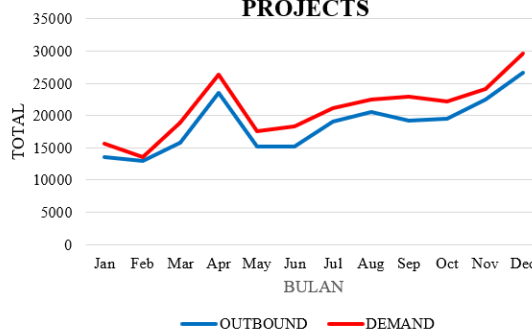


GAMBAR 1.1

Grafik Perbandingan Waktu Siklus Aktual dan Waktu Siklus Standar pada Gudang Adorable Projects

Gambar 1.1 menunjukkan adanya perbedaan waktu antara waktu siklus aktual dengan waktu siklus standar. Dan waktu yang paling tinggi adalah waktu *order picking* dan waktu *storing* barang yang mana hal ini dapat terjadi dikarenakan letak barang aktual yang masih disimpan secara acak dan belum adanya klasifikasi terhadap barang yang disimpan.

PERBANDINGAN OUTBOUND DAN DEMAND PADA GUDANG ADORABLE PROJECTS



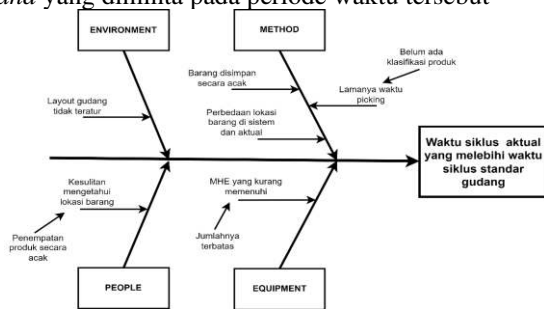
GAMBAR 1.2

Grafik Perbandingan Outbound dan Demand Gudang Adorable Projects

Dari perbedaan waktu siklus aktual dengan waktu siklus standar yang ada pada gudang Adorable Projects menyebabkan terjadinya tidak terpenuhinya *demand* yang ada pada periode tersebut. Dapat dilihat pada gambar 1.2 di atas hal ini dapat mengakibatkan *lost sales* oleh karena itu

diperlukan adanya perbaikan untuk memperbaiki waktu siklus yang ada untuk meningkatkan barang keluar agar dapat memenuhi demand yang ada

Hal ini dapat mengakibatkan waktu siklus yang lama sehingga terjadinya keterlambatan saat melakukan aktivitas *outbound* yang mana dapat berdampak untuk memenuhi *demand* yang diminta pada periode waktu tersebut



Gambar 1.3  
Fishbone Diagram

Pada gambar 1.2 di atas dapat dilihat faktor yang menyebabkan waktu siklus aktual yang melebihi waktu siklus standar namun masalah utama waktu siklus aktual yang melebihi waktu siklus standar gudang disebabkan oleh belum diterapkannya tata letak gudang yang sesuai dengan klasifikasi penempatan barang.

Tindakan yang dapat diambil dalam menangani kasus tersebut adalah dengan melakukan ulusan tata letak gudang dengan tujuan dapat mempersingkat jarak dan waktu tempuh antar setiap area. Yang mana hal ini dapat berakibat pada waktu tiap periode yang nantinya juga akan berkurang.

Dalam membantu untuk memecahkan masalah waktu siklus yang lebih tinggi dari pada waktu aktual, digunakan *tools* simulasi *descrete-event* dalam menentukan rata-rata total waktu terendah dengan bantuan *software* Anylogic.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Gudang

Gudang merupakan suatu tempat untuk menyimpan barang hasil produksi, barang setengah jadi, maupun barang mentah. Keberadaan Gudang sebagai tempat penyimpanan barang memiliki peranan yang penting untuk menjamin ketersediaan barang yang ada dengan jumlah yang tepat, sehingga peranan gudang sangat mempengaruhi kelancaran proses logistik mulai dari proses penerimaan, penyimpanan pendistribusian, pemeliharaan, sampai dengan pengendalian barang yang masuk dan keluar [1].

Dalam operasional penggunaannya gudang memiliki aturan dalam menetapkan lokasi produk yang disimpannya. Ada beberapa cara yang dapat digunakan dalam menetapkan produk pada lokasi penyimpanan, diantaranya [2].

1. *Random Storage*, Merupakan kebijakan yang memungkinkan lokasi penyimpanan barang secara acak dari seluruh lokasi kosong yang tersedia. Dengan kebijakan *random storage* dapat membuat *picker* memiliki kemungkinan yang sama untuk mengunjungi lokasi penyimpanan yang ada. Kebijakan ini juga lebih efisien dalam memanfaatkan ruang yang ada pada gudang.
2. *Dedicate Storage*, merupakan kebijakan yang mana setiap produk memiliki satu atau lebih lokasi tetap untuk

menyimpan barang yang khusus diperuntukan untuk barang tersebut. Dengan kebijakan ini lebih membantu *picker* dalam mengetahui lokasi barang karena *picker* akan lebih familiar dan mempercepat pengambilan barang.

3. *Class-Based Storage*, merupakan kebijakan yang mengkombinasikan kebijakan *random storage* dan *dedicate storage*, yang mana produk yang disimpan akan diklasifikasikan berdasarkan kelas dari produk yang mana kelas tersebut digolongkan berdasarkan frekuensi pengambilan barangnya.
4. *Shared storage*, merupakan kebijakan yang digunakan untuk mengurangi ruang penyimpanan pada *dedicated storage*. Biasa digunakan untuk produk-produk yang berbeda namun menggunakan slot penyimpanan yang sama [3].

### B. FSN Analysis

*FSN Analysis* merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengklasifikasikan item atau barang berdasarkan kecepatan pergerakan pada barang tersebut. Metode ini mengkategorikan barang kedalam beberapa kelas yaitu kelas *Fast*, *Slow*, dan *Non-moving* yang mana kelas-kelas yang ada didapatkan berdasarkan kriteria *Average Stay* dan *Consumption Rate* dari barang tersebut [4].

*FSN (Fast, Slow, Non-moving)* analisis merupakan teknik dalam mengatur penyimpanan yang mana dalam penyimpanan tersebut dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan kecepatan, tingkat pemanfaatan, tingkat konsumsi, dan masa tinggal barang rata-rata yang ada.

*FSN* analisis dapat digambarkan sebagai berikut:

1. *Fast Moving (F)*, barang-barang yang paling sering digunakan/dikeluarkan dalam periode tertentu atau yang memiliki *turnover ratio* lebih dari 3.
2. *Slow Moving (S)*, barang-barang yang lebih sedikit digunakan/dikeluarkan dalam periode tertentu atau yang memiliki *turnover ratio* antara 1 dan 3.
3. *Non-moving (N)*, barang-barang yang jarang bahkan tidak digunakan/dikeluarkan dalam periode tertentu atau yang memiliki *turnover ratio* kurang dari 1.

### C. Rectingular Distance

*Rectingular distance* merupakan jarak tempuh yang diukur sepanjang lintasan yang dilalui dengan menggunakan garis tegak lurus satu dengan yang lainnya, contoh penerapannya adalah material atau *picker* yang berpindah melewati gang (*aisle*) di dalam gudang.

Dalam menghitung *rectangular distance* formula atau rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$dij = |x - a| + |y - b|$$

### D. Uji Keseragaman Data

Dalam tahapan uji keseragaman data, perlu dilakukan beberapa tahapan untuk mengetahui hasilnya yaitu sebagai berikut:

1. Menguji keseragaman data dengan cara data hasil pengukuran waktu dimasukkan ke dalam sub-grup, yaitu menentukan rata-rata dari nilai rata-rata sub-grup [5].

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n}$$

2. Menghitung standar deviasi sebenarnya dari waktu rata-rata sebelumnya dengan cara:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xi - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

3. Perhitungan standar deviasi dari distribusi nilai rata-rata dengan menggunakan cara:

$$\sigma \bar{x} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

4. Menentukan BKA (Batas Kontrol Atas) dan BKB (Batas Kontrol Bawah), nantinya batas kontrol ini akan menunjukkan apakah nilai dari data yang ada seragam atau tidak dengan cara:

- 1) Batas Kontrol Atas (BKA)  
 $BKA = \bar{x} + (z \cdot \sigma \bar{x})$
- 2) Batas Kontrol Bawah (BKB)  
 $BKB = \bar{x} - (z \cdot \sigma \bar{x})$

E. Simulasi

Simulasi merupakan suatu metode yang biasa digunakan dalam menerapkan model dan perilaku suatu objek yang akan dieksekusi, umumnya model simulasi akan menggambarkan keadaan dari suatu sistem pada suatu waktu melalui berbagai variabel yang sudah ditetapkan sebelumnya [6].

F. Jenis-jenis Simulasi

Dalam penggunaan simulasi ada beberapa jenis permodelan dalam mengaplikasikannya, yang mana kerangka, syarat, dan ketentuan yang berbeda untuk setiap model yang digunakan [7].

1. System Dynamics, pada model ini akan mengasumsikan sistem yang memiliki nilai fluktuasi tinggi dan biasanya digunakan dalam permodelan yang strategis. [8] *System dynamics* merupakan sistem yang didasari oleh konsep umpan balik dengan mempertimbangkan karakteristik *non-linear, multi-loop*, dan waktu jeda.
2. *Discrete Event Simulation*, pada model ini mendukung sistem yang memiliki nilai fluktuasi sedang hingga tinggi pada penggunaan simulasinya. [9] *Discrete even simulation* adalah model yang dapat menggambarkan perubahan keadaan yang terjadi pada peristiwa diskrit pada waktu dan peristiwa yang mengharuskan adanya waktu nol pada peristiwa tersebut.
3. *Agent Based Modeling*, pada model ini mendukung sistem yang lebih detail yang mana mewakili objek fisik hingga sistem yang memiliki nilai fluktuasi yang sangat tinggi. [10] *Agent Based Modeling* merupakan pendekatan yang biasa digunakan untuk menganalisis perilaku pergerakan agen dan mempelajari dinamika pada sistem saat evakuasi.

G. Anylogic

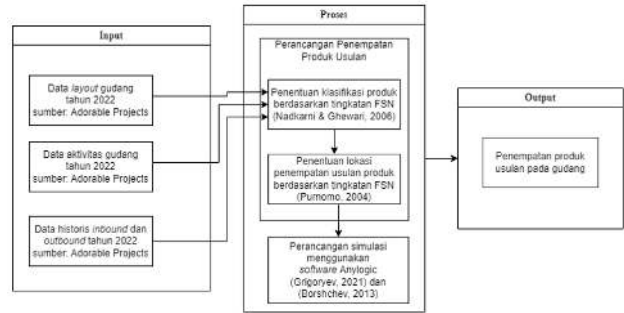
*Anylogic* merupakan sebuah *software* yang biasa digunakan untuk membantu dalam proses memodelkan sistem atau lingkungan yang kompleks seperti rantai pasok, manufaktur, kesehatan, lalu lintas, dan lain-lain. Dalam mengoptimalkan penggunaannya simulasi yang biasa digunakan dalam aplikasi *Anylogic* adalah *discrete event, agent-based modelling*, dan *system dynamic* [7].

III. METODE PENELITIAN

A. Kerangka Berpikir

Untuk membantu proses pengerjaan diperlukan adanya kerangka berpikir dengan tujuan untuk dapat menjadi acuan

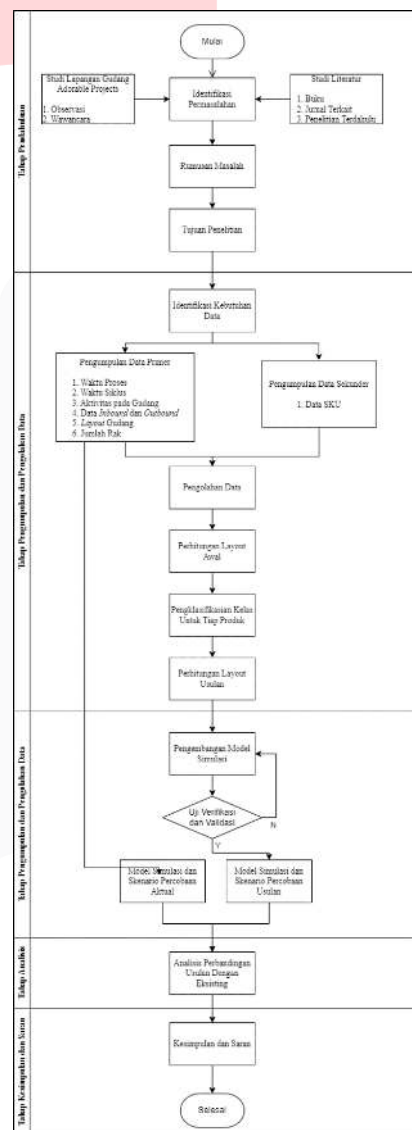
dalam menyelesaikan penelitian ini, yang mana bertujuan untuk mengetahui *input*, proses, serta *output* yang ada.



Gambar 3. 1 Kerangka Berpikir

B. Sistematika Penyelesaian Masalah

Sistematika dalam menyelesaikan penulisan dengan tujuan dapat menjadi pedoman yang harus dilakukan saat melakukan langkah-langkah penyusunan laporan penulisan.

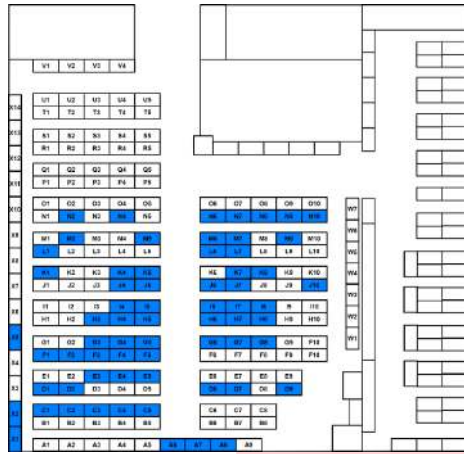


Gambar 3. 2 Sistematika Penyelesaian Masalah

IV. ANALISIS PERANCANGAN SISTEM

A. Penempatan produk

Gudang Adorable Projects merupakan gudang barang jadi yang hanya menyimpan barang yang telah melalui tahap produksi pada vendor Adorable Project itu sendiri. Berikut merupakan *layout* aktual pada gudang Adorable Projects.



GAMBAR 4.1

Layout Penempatan Aktual Gudang Adorable Projects

B. Uji Keseragaman Data

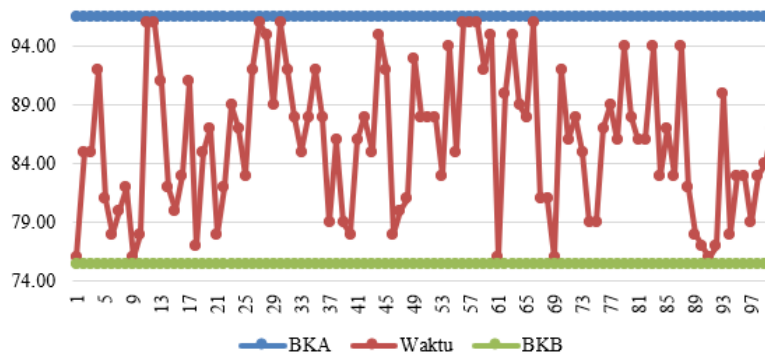
Dalam uji keseragaman ini dilakukan dengan tujuan agar bisa mengetahui bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang berasal dari sumber yang sama dan untuk mengetahui bahwa data yang digunakan telah cukup untuk digunakan. Berikut merupakan hasil perhitungan uji keseragaman data dari aktivitas *order picking* yang dilakukan *picker* pada gudang Adorable Projects.

TABEL 4.1  
Uji Keseragaman Data

Subgrup	No (i)	Waktu (detik)	$\tilde{x}$	$\bar{\tilde{x}}$	$\sigma$	$\sigma\tilde{x}$	BKA	BKB
1	1	75	80.5	84.84	10.89	3.44	95.17	74.50
	2	90						
	3	85						
	4	79						
	5	78						
	6	78						
	7	80						
	8	82						
	9	80						
	10	78						
...								
10	91	76	80.7					
	92	77						
	93	77						
	94	78						
	95	83						
	96	83						
	97	79						
	98	83						

Setelah melakukan perhitungan didapatkan grafik uji keseragaman data yang menunjukkan data yang digunakan masih berada diantara BKA dan BKB, yang berarti data yang digunakan merupakan data yang seragam.

### GRAFIK UJI KESERAGAMAN DATA ORDER PICKING



GAMBAR 4. 2  
Grafik Uji Keseragaman Data Order Picking

#### C. Klasifikasi Produk Dengan FSN Analysis

##### 1. Menghitung klasifikasi produk menggunakan Consumption Rate

Dalam mengklasifikasikan barang menggunakan Consumption Rate, tujuan utamanya adalah untuk dapat mengetahui seberapa sering penggunaan produk dalam suatu periode waktu tertentu.

TABEL 4. 2  
Data Consumption Rate Produk Adorable Projects

Consumption Rate				
PRODUK	Consumption Rate	% Consumption Rate	Cumulative Consumption Rate	Classification
Vailey Oxford Black	472.92	20.81%	20.81%	F
Medalion Sneakers White	309.08	13.60%	34.41%	F
...				
Hushfire Flat Shoes Black	57.92	2.55%	97.95%	N
Alumbra White Sneakers	46.50	2.05%	100.00%	N
<b>Total</b>	<b>2272.67</b>			

##### 2. Menghitung klasifikasi produk menggunakan Average Stay

Dalam mengklasifikasikan barang menggunakan Average Stay, tujuan utamanya adalah untuk mengetahui seberapa lama rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk setiap produk disimpan dalam gudang.

TABEL 4. 3  
Data Average Stay Produk Adorable Projects

Average Stay				
PRODUK	Average Stay	% Average Stay	Cumulative Average Stay	Classification
Lannister Black Chelsea Boots	3.18	14%	14%	N
Lobosa Platform Strap Black	1.96	9%	23%	N
...				
Vailey Oxford Black	0.64	3%	98%	F
Ronan Sandals Black	0.57	2%	100%	F
<b>Total</b>	<b>22.83</b>			

#### D. Perhitungan Jarak Antar Rak Dengan Rectilinear Distance

Perhitungan jarak antar setiap rak menggunakan rectilinear distance adalah seluruh aktivitas dimulai dari lokasi picker, yang mana jarak dari setiap rak dimulai dari titik (0,0) yang berada pada lokasi picker. Pengukurannya dilakukan dengan cara mengukur 5anjang lintasan dengan garis yang tegak lurus.



TABEL 4. 4  
Hasil Perhitungan *Rectilinear Distance*

Lokasi	Rak	X	Y	a	b	X-a	Y-b	Dij
A	1	0	0	855	1849	855	1849	2704
A	2	0	0	705	1849	705	1849	2554
...								
X	13	0	0	928	26.5	928	26.5	954.5
X	14	0	0	928	176.5	928	176.5	1104.5

E. Perhitungan Waktu *Horizontal* dan *Vertical*

1. Perhitungan waktu horizontal

Menghitung waktu horizontal memiliki tujuan untuk mengetahui waktu yang digunakan untuk picker dalam menempuh jarak perjalanan dari lokasi picker sampai dengan rak tujuan.

TABEL 4. 5  
Waktu *Horizontal*

Lokasi	Rak	Jarak Tempuh (m)	Waktu Tempuh (s)
A	1	27.04	75.111
A	2	25.54	70.944
...			
X	13	9.545	26.514
X	14	11.045	30.681

2. Perhitungan Waktu *Vertical*

Menghitung waktu *vertical* memiliki tujuan untuk mengetahui waktu yang digunakan untuk picker mengambil produk pada setiap level yang ada pada setiap rak pada gudang Adorable Projects.

TABEL 4. 6  
Waktu *Vertical*

Level	Tinggi Level (m)	Waktu Tempuh (s)
1	0.92	0
2	1.84	0
3	2.76	2
4	3.68	4
5	7.36	6

3. Waktu total

Waktu total keseluruhan merupakan langkah akhir yang digunakan untuk mendapatkan total waktu *horizontal* dan waktu *vertical*.

TABEL 4. 7  
Total Waktu

Lokasi	Rak	Level	Jarak Tempuh Horizontal (m)	Waktu Horizontal (s)	Waktu Vertikal (s)	Total waktu (s)
A	1	1	27.04	75.111	0	75.111
A	1	2	27.04	75.111	0	75.111
...						
X	14	4	11.045	30.681	4	34.681
X	15	5	11.045	30.681	6	36.681

F. Perancangan Penempatan Barang

1. Penempatan Lokasi Usulan Barang

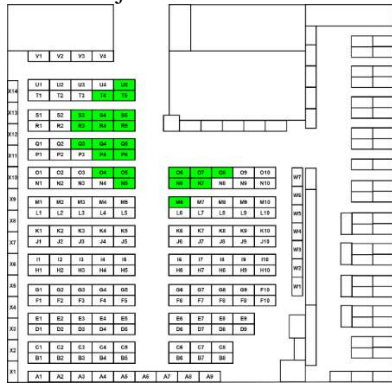
Pada hasil perhitungan lokasi usulan barang nantinya akan menunjukkan detail dari setiap lokasi produk yang ada pada gudang Adorable Projects yang didapatkan dari hasil perhitungan total waktu untuk setiap rak.

TABEL 4. 8  
Lokasi Usulan Tiap Produk

Produk	Lokasi	Rak	Level	Jarak Tempuh (m)	Total Waktu (s)
Vailey Oxford Black	R	5	1	2.55	2.55
Vailey Oxford Black	R	5	2	2.55	2.55
...					
Hushfire Flat Shoes Black	O	4	2	7	19.44
Alumbra White Sneakers	N	6	4	5.04	18.00

2. Penempatan Barang Usulan

Hasil tata letak penempatan produk usulan memiliki perbedaan dengan tata letak eksisting yang ada pada gudang Adorable Projects.



GAMBAR 4. 3  
Layout Penempatan Usulan Gudang Adorable Projects

G. Perbandingan Waktu Pengambilan Barang

Berdasarkan hasil dari uji sampling yang dilakukan, dapat dilihat hasil perbandingan dari kondisi aktual dengan kondisi usulan yang mana proses waktu yang dibutuhkan oleh picker dalam mencari lokasi produk mengalami penurunan. Berikut merupakan perbandingan antara kondisi aktual dengan kondisi usulan yang ada pada gudang Adorable Projects.

TABEL 4. 9  
Perbandingan Waktu Aktual dan Waktu Usulan

Percobaan ke-	Kondisi aktual	Kondisi usulan
1	294.93	161.38
2	304.17	187.00
...		
9	322.36	193.06
10	284.31	166.72
Total	3017.18	1677.50
Rata-rata	301.72	167.75
Selisih		133.97
Selisih%		44%

H. Model Simulasi

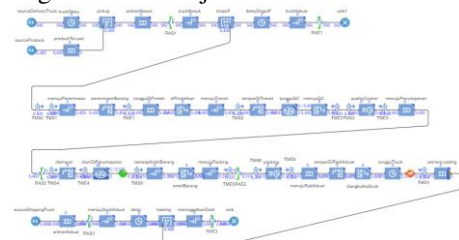
Pada penelitian ini menggunakan simulasi terhadap kondisi gudang aktual dan juga kondisi gudang setelah dilakukan usulan perancangan penempatan barang yang baru.

1. Berikut merupakan model simulasi yang digunakan untuk membangun model simulasi dengan kondisi aktual yang ada pada gudang Adorable Projects dalam tampak 3 dimensi.



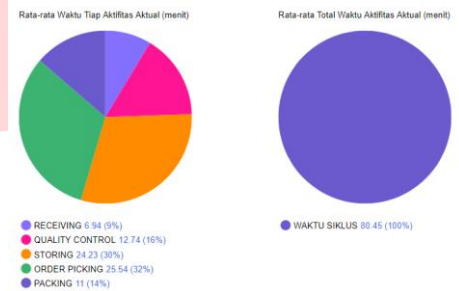
Gambar 4. 4 Model Simulasi Gudang Aktual 3D

2. Berikut merupakan logic yang digunakan dalam menggambarkan model simulasi aktual yang ada pada gudang Adorable Projects.



Gambar 4. 5  
Logic Model Simulasi Aktual

3. Setelah melakukan pembuatan model simulasi aktual, didapatkan hasil simulasi yang mendekati rata-rata total waktu siklus aktual yang dapat dilihat pada gambar di bawah



Gambar 4. 6  
Hasil Rata-rata Waktu Siklusa Aktual

I. Verifikasi dan Validasi

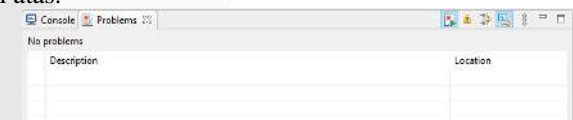
1. Verifikasi

Proses verifikasi model simulasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui letak kesalahan yang ada pada model simulasi yang telah dibuat. Pengecekan kesalahan yang ada dilakukan langsung melalui aplikasi Anylogic.



Gambar 4. 7 Error

Verifikasi error dapat diketahui pada notifikasi yang ada pada tab problems seperti pada contoh pada gambar 4.7 di atas.



Gambar 4. 8 Tidak Ada Error

Dan apabila tidak terjadi error maka tab problems tidak akan muncul, dan pada tab problems tidak ada notifikasi adanya error pada model simulasi.

2. Validasi

Dalam tahap validasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah model simulasi yang telah dilakukan sesuai dengan sistem aktual yang ada pada gudang Adorable Projects. Proses validasi ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil waktu yang ada pada model simulasi dengan waktu yang ada pada gudang aktual.

TABEL 4. 10  
Tabel Perbandingan Validasi

Aktivitas	Waktu		
	Simulasi (menit)	Sistem Nyata (menit)	Selisih (menit)
Receiving	6.938	6.708	0.230
Quality Control	12.744	13.903	1.159
Storing	24.235	24.800	0.565
Order Picking	25.556	26.767	1.211
Packing	11.000	12.350	1.350

Langkah yang harus dilakukan adalah dengan menghitung nilai *error* untuk mengetahui apakah grafik perbandingan *output* dapat dikatakan valid atau tidak maka dilakukan uji statistik menggunakan metode *T-test*.

TABEL 4. 11  
*T-Test: Paired Two Sample for Means*

	Simulasi (menit)	Sistem Nyata (menit)
Mean	16.0946	16.90566667
Variance	69.2022488	73.32838278
Observations	5	5
Pearson Correlation	0.997409738	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	4	
t Stat	-2.76966748	
P(T<=t) one-tail	0.025174076	
t Critical one-tail	2.131846786	
P(T<=t) two-tail	0.050348152	
t Critical two-tail	2.776445105	

J. Variabel Keputusan

Dalam pembentukan model simulasi terdapat beberapa variabel yang digunakan dalam mengembangkan model yaitu variabel *control* dan variable *uncontrol*. Yang mana nantinya variabel *control* akan digunakan dalam skenario pada simulasi usulan dengan tujuan untuk mengetahui simulasi optimal yang dapat digunakan.

TABEL 4. 12  
Tabel Variabel Keputusan

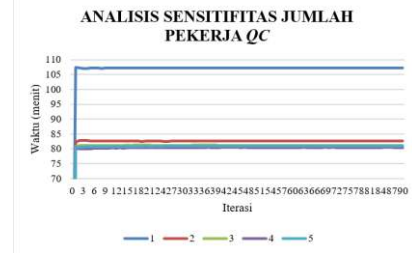
Input	Variable Keputusan	
	Control	Uncontrol
Kapasitas truk		✓
Kapasitas trolley		✓
Jumlah trolley	✓	
Jumlah pekerja QC	✓	
Jumlah pekerja picker	✓	
Waktu kedatangan truk		✓

K. Analisis Sensitifitas

Setelah menentukan variabel *control* dan *uncontrol* yang digunakan, langkah selanjutnya adalah melakukan

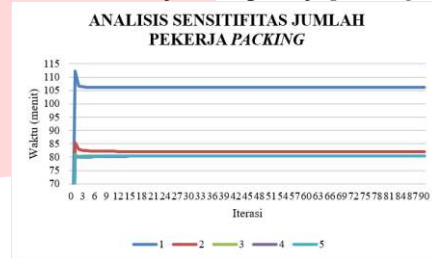
analisis sensitifitas terhadap variabel *control* dengan tujuan mengetahui apakah variabel *control* yang ada berpengaruh atau tidak dalam mengitung nilai akhir.

1. Analisis sensitifitas jumlah pekerja *qc*



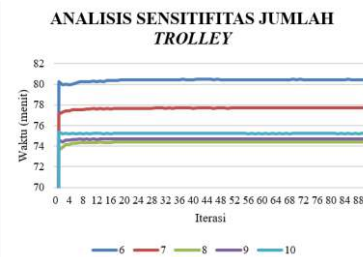
GAMBAR 4. 9  
Analisis Sensitifitas Jumlah Pekerja *Qc*

2. Analisis sensitifitas jumlah pekerja *packing*



GAMBAR 4. 10  
Analisis Sensitifitas Jumlah Pekerja *Packing*

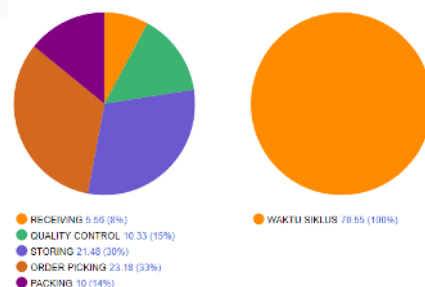
3. Analisis sensitifitas jumlah *trolley*



GAMBAR 4. 11  
Analisis Sensitifitas Jumlah *Trolley*

L. Skenario Model Simulasi

1. Skenario mengubah penempatan barang dan variabel *control* yang digunakan menggunakan jumlah standar yakni, variabel jumlah *trolley* sebanyak 6 *trolley*, variabel jumlah pekerja *qc* sebanyak 4 pekerja dan variabel jumlah pekerja *packing* juga sebanyak 4 pekerja.



GAMBAR 4. 12  
Rata-rata Waktu Siklus Usulan Penempatan Barang Tanpa Merubah Variabel Keputusan

2. Skenario mengubah penempatan barang dan hanya mengubah variabel jumlah *trolley* saja, sedangkan



variabel jumlah pekerja *qc* tetap yaitu 4 pekerja dan variabel jumlah pekerja *packing* juga tetap 4 pekerja.

TABEL 4. 13

Tabel IV. 17 Rata-rata Waktu Siklus Usulan Penempatan Barang Dengan Merubah Variabel Jumlah *Trolley*

Jumlah <i>Trolley</i>	6	7	8	9	10
Rata-rata Waktu total (menit)	70.55	66.52	65.13	65.22	66.08

- Skenario mengubah penempatan barang dan hanya mengubah variabel jumlah pekerja *qc* saja, sedangkan variabel jumlah *trolley* tetap yaitu 6 *trolley* dan variabel jumlah pekerja *packing* juga tetap 4 pekerja.

TABEL 4. 14

Rata-rata Waktu Siklus Usulan Penempatan Barang Dengan Merubah Variabel Jumlah Pekerja *Qc*

Jumlah Pekerja <i>Qc</i>	1	2	3	4	5
Rata-rata Waktu total (menit)	88.97	71.57	71.17	70.55	70.83

- Skenario mengubah penempatan barang dan hanya mengubah variabel jumlah pekerja *packing* saja, sedangkan variabel jumlah *trolley* tetap yaitu 6 *trolley* dan variabel jumlah pekerja *qc* juga tetap 4 pekerja

TABEL 4. 15

Rata-rata Waktu Siklus Usulan Penempatan Barang Dengan Merubah Variabel Jumlah Pekerja *Packing*

Jumlah Pekerja <i>Packing</i>	1	2	3	4	5
Rata-rata Waktu total (menit)	92.71	71.74	70.77	70.55	70.57

M. Hasil Akhir Simulasi

- Model simulasi yang digunakan untuk membangun kondisi usulan gudang dengan penempatan barang usulan yang telah dirancang ada pada gudang Adorable Projects dalam tampak 3 dimensi.



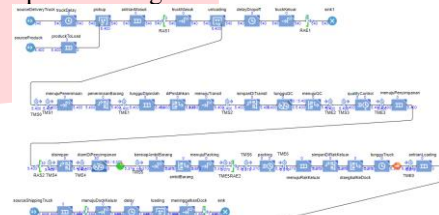
GAMBAR 4. 13 Model Simulasi 3D Gudang Usulan

- Model simulasi yang digunakan untuk membangun kondisi usulan gudang dengan penempatan barang usulan yang telah dirancang yang ada pada gudang Adorable Projects dalam tampak 2 dimensi.



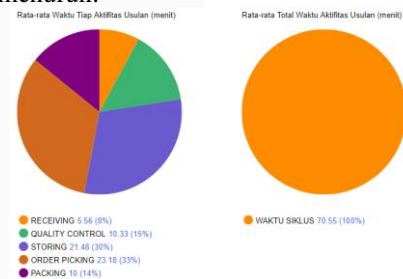
Gambar 4. 14 Model Simulasi 2D Gudang Usulan

- logic* yang digunakan dalam menggambarkan model simulasi usulan yang ada pada gudang Adorable Projects mana tidak jauh berbeda dengan *logic* model simulasi aktual dikarenakan hanya berbeda pada penempatan barang.



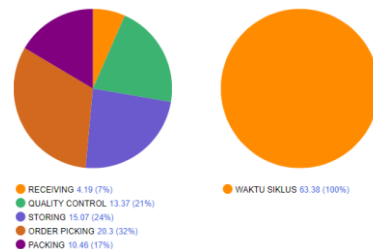
GAMBAR 4. 15 Logic Model Simulasi Usulan

- Setelah melakukan pembuatan model simulasi usulan, didapatkan hasil simulasi yaitu rata-rata waktu siklus yang menurun.



GAMBAR 4. 16 Hasil Rata-rata Waktu Siklwa Usulan

Setelah melakukan model simulasi usulan, tahap akhir dari perancangan sistem pada penelitian ini yaitu simulasi akhir dengan mempertimbangan variabel yang ada. Skenario akhir yakni usulan perubahan penempatan barang serta dengan merubah seluruh variabel *control* yang digunakan *trolley* sebanyak 10 *trolley*, variabel jumlah pekerja *qc* sebanyak 5 pekerja, dan jumlah pekerja *packing* sebanyak 5 pekerja.



GAMBAR 4. 17 Rata-rata Waktu Siklus Usulan Penempatan Barang Dengan Merubah Seluruh Variabel

## V.KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan pengembangan model simulasi yang telah dilakukan oleh peneliti maka ada beberapa kesimpulan yang dapat disimpulkan.

1. Dengan mengklasifikasikan barang menggunakan FSN *Analysis* dan merubah penempatan barang dengan menggunakan klasifikasi usulan, dapat menurunkan rata-rata waktu *order picking* yang semula 301,72 menit turun menjadi 167,75 menit. Hal ini dapat diartikan terjadi penurunan rata-rata waktu *order picking* sebesar 133.97 menit.
2. Dengan *tools* simulasi *discrete-event* dapat lebih menggambarkan aktivitas yang ada pada gudang Adorable Projects. Dengan menggunakan simulasi *discrete-event* dan perubahan variable *control* juga dapat lebih mengetahui nilai optimal. Dari hasil pembahasan pada bab IV di atas dapat dilihat bahwa dari skenario percobaan yang telah dilakukan didapatkan rata-rata total waktu siklus sebesar 63,38 menit yang mana telah turun dari rata-rata total waktu siklus aktual sebesar 80,45 menit.

## REFERENSI

- [1] J. Gu, M. Goetschalckx and L. F. McGinnis, "Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review," vol. 203(3), pp. 539-549, 2010.
- [2] C. Huber, *Throughput Analysis of Manual Order Picking Systems with Congestion Consideration*, Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2011.
- [3] M. Zaenuri, "EVALUASI PERANCANGAN TATA LETAK GUDANG MENGGUNAKAN METODE SHARED STORAGE DI PT. INTERNATIONAL PREMIUM PRATAMA SURABAYA," pp. 21-36, 2015.
- [4] F. ARDHITO, "USULAN PERANCANGAN ALOKASI PENYIMPANAN MENGGUNAKAN WAREHOUSE SLOTTING DENGAN PENDEKATAN FSN ANALISIS UNTUK MINIMASI DELAY PICKING DI GUDANG RAW MATERIAL PT. ASD," 2021.
- [5] I. Z. Satalaksana, *Teknik Perancangan Sistem Kerja*, Bandung: ITB, 2006.
- [6] . R. Fujimoto, C. Bock, W. Chen, E. Page and J. H. Panchal, *Research Challenges in Modeling and Simulation for Engineering Complex Systems*, Springer, 2017.
- [7] A. Borshchev, *The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with Anylogic 6 Edition*, AnyLogic North America, 2013.
- [8] B. K. Bala, F. M. Arshad and K. M. Noh, *System Dynamics: Modelling and Simulation*, New York: Springer, 2017.
- [9] A. Varga, "Discrete event simulation system," *In Proc. of the European Simulation Multiconference (ESM'2001)*, pp. 1-7, 2005.
- [10] J. Bata, "Simulasi Agent Based Modelling (ABM) Menggunakan NetLogo," *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2012 (SENTIKA 2012)*, 2012.