

Perbaikan Pada Waktu Siklus *Order Picking* Dengan Metode *Dedicated Storage* Dan Pendekatan Simulasi Kejadian Diskrit (Studi Kasus: Adorable Project)

1st Aditya M Febrian
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

adiiityamf@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

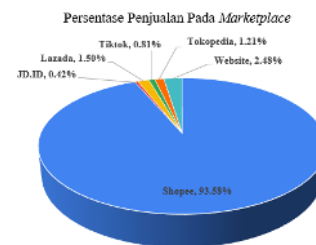
hkpambudi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Adorable Project merupakan usaha mikro kecil menengah (UMKM) yang bergerak industri kreatif dan melakukan penjualan produknya dalam bidang *fashion* wanita, mengawali usahanya dengan menjual produk berupa aksesoris saja dan menjadi produk unggulan yang lebih mengutamakan pada sasaran konsumen wanita. Kondisi sekarang yang dihadapi oleh gudang Adorable Project yaitu penerapan *storage allocation* masih belum berjalan baik, maka penempatan produk dilakukan secara acak pada aktivitas *order picking* mengalami pelonjakan waktu sebesar 24%. Metode *dedicated storage* dipilih karena memiliki kebijakan penyimpanan yang tetap terhadap produk ke lokasi yang telah ditentukan sebelumnya tergantung pada jenis barang yang disimpan, Sedangkan simulasi kejadian diskrit dipilih sebagai *tools* yang mampu menggambarkan tanpa implementasi secara langsung. Hasil penelitian menunjukkan penyimpanan dengan metode *dedicated storage* dapat memangkas jarak tempuh sebesar 34,25% dan pengembangan model simulasi yang dibangun dapat digunakan untuk representasikan hasil alokasi penempatan produk, dan waktu pada aktivitas *order picking* dapat menurun sebesar 62,37 %

Kata kunci— *storage allocation*, *order picking*, *dedicated storage*, simulasi *discrete-event*, skenario

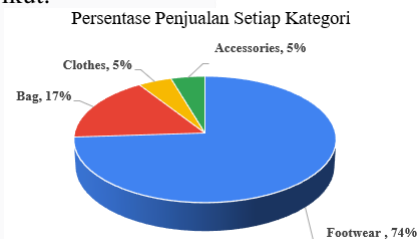
I. PENDAHULUAN

Adorable Project merupakan UMKM yang bergerak pada industri kreatif dan melakukan penjualan produknya dalam bidang *fashion* wanita, mengawali usahanya dengan menjual produk berupa aksesoris saja dan menjadi produk unggulan yang lebih mengutamakan pada sasaran konsumen wanita, namun saat ini Adorable Project memperluas cakupannya dengan menjual banyak artikel seperti: sepatu, sandal, tas, pakaian, hingga aksesoris lainnya. Adorable Project melakukan penjualannya dengan media *online* pada beberapa marketplace, menjadikan penjualan produk akan flexible maka setiap produk yang dipasarkan akan terus meningkat serta memperluas target konsumen dan menghasilkan penjualan yang begitu pesat. Dapat dilihat pada grafik persentase dibawah ini:



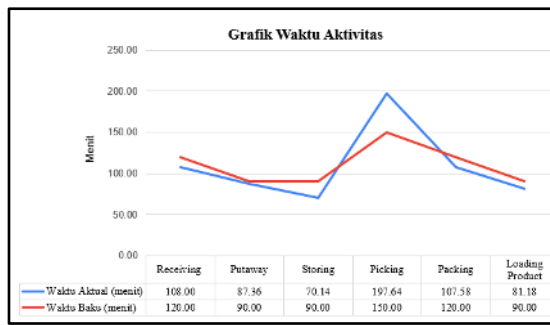
GAMBAR I.1.
Grafik Persentase Penjualan Pada Marketplace

Kategori produk pada Adorable Project yaitu *Footwear*, *Bag*, *Clothes*, *Accessories*. Untuk setiap kategori produk yang disimpan digudang memiliki persentasenya yaitu seperti berikut:



GAMBAR I.2.
Grafik Penjualan Setiap Kategori

Kondisi yang dihadapi saat ini oleh gudang Adorable Project yaitu penerapan *storage allocation* masih belum berjalan baik karena kategori produk *footwear* tidak memiliki posisi yang tetap, maka penyimpanan barang dilakukan secara acak, pada salah satu proses operasi yang dijalani yaitu *order picking* mengalami kenaikan waktu, ini ditandai dengan waktu aktivitas *order picking* yang tinggi.



GAMBAR I.3. Grafik Waktu Aktivitas

Permasalahan ini membuat pergerakan barang di gudang menjadi terhambat, sehingga terjadinya keterlambatan pengambilan produk, faktor ini didasari oleh ketidaktahuan pegawai dalam mencari letak barang yang dituju, Selain itu, *picking list* menumpuk karena proses *picking* memakan waktu dan faktor lainnya juga yaitu karena sumber daya yang tidak mencukupi, berikut merupakan persentase aktivitas yang ada pada *order picking*:



GAMBAR I. 4. Aktivitas pada Order Picking

Karena permasalahan tersebut harus adanya perbaikan pada aktivitas *order picking*, serta melakukan perubahan penyimpanan produk pada gudang Adorable Project. Karena, jika semakin cepat waktu *order picking* maka pergerakan menuju proses selanjutnya tidak terhambat.

II. LANDASAN TEORI

Landasan teori yang dilakukan adalah terkait dengan definisi gudang, metode penyimpanan, jarak, serta metode simulasi yang digunakan pada penelitian ini.

A. Gudang

Gudang merupakan suatu fasilitas yang diperuntukkan untuk menyimpan barang sebagai penyangga permintaan sehingga permintaan dapat terpenuhi. Selain itu, gudang juga berfungsi sebagai tempat penyerahan, dimana seluruh barang diterima dan dikirim dengan secepat, seefisien dan seefektif mungkin [1]. Menurut [2] Gudang adalah suatu tempat yang menyimpan berbagai macam produk dengan unit penyimpanan dalam jumlah besar atau kecil dalam kurun waktu tertentu pada saat produk tersebut diproduksi oleh pabrik (penjual) dan pada saat konsumen atau pelanggan mempunyai keperluan untuk menggunakannya

B. Metode Penyimpanan

Pada penyimpanan barang di gudang ada beberapa metode yang di tentukan, menurut [3] antara lain:

1. *Dedicated Storage*

Menurut [4] Metode ini didedikasikan khusus untuk produk tertentu. Menurut [5] Metode ini menitikberatkan pada persyaratan teknis barang, dimana barang disimpan pada suatu tempat yang tetap agar mudah dicari dan penataan barang yang disimpan dalam gudang juga didasarkan pada kegiatan subyek. Jika produk atau benda mempunyai performa tinggi atau bergerak cepat, letakkan produk lebih dekat ke titik I/O dan sebaliknya, jika benda bergerak lambat, letakkan benda lebih jauh dari titik I/O.

2. *Random Storage*

Metode penyimpanan ini merupakan kebalikan dari *dedicated storage*. Barang masuk disimpan di lokasi acak dengan memperhatikan jarak terdekat dengan *loading/unloading* [3].

3. *Class-based Storage*

Metode ini merupakan gabungan antara dua metode penyimpanan di atas, penyimpanan akan dilakukan dengan mengelompokkan kelas tertentu. Fasilitas terdedikasikan berdasarkan kelas atau kelompok tersebut. Dan pada masing-masing kelas penempatan penyimpanan dilakukan secara *random*.

4. *Shared Storage*

Metode penyimpanan ini bersifat *flexible*, informasi kedatangan dan jumlah barang yang akan datang harus diketahui beberapa waktu sebelumnya [6]. Hasil dari penggabungan *random storage* dengan *dedicated storage* adalah mengenali dan memanfaatkan perbedaan waktu penyimpanan untuk palet tertentu yang tersisa di gudang. Dengan menerapkan cara ini, perlu mengetahui kapan barang akan masuk dan keluar.

C. Space Requirement

Space Requirement adalah ruang yang dibutuhkan setiap produk untuk disimpan di gudang, *space requirement* memudahkan pembagian ruang dan menunjukkan jumlah rak yang diperlukan untuk menyimpan barang. Oleh karena itu dapat dijadikan acuan alokasi penyimpanan, sehingga penggunaan rak dan ruang penyimpanan menjadi lebih efisien dan sistematis. Berikut merupakan rumus *space requirement* (Sj):

$$S_j = \frac{\text{penerimaan rata - rata}}{\text{kapasitas blok}}$$

D. *Throughput*

Throughput adalah aktivitas barang yang disimpan di gudang, dengan *throughput* memudahkan perhitungan aktivitas produk jadi, dapat mengklasifikasikan produk mana yang bergerak lambat dan cepat. Layanan ini memberikan acuan atau dasar penyimpanan awal barang di gudang. Berikut merupakan rumus *throughput* (Tj):

$$T_j = \left(\frac{\text{penerimaan rata - rata}}{\text{kapasitas MH}} \right) + \left(\frac{\text{pengeluaran rata - rata}}{\text{kapasitas MH}} \right)$$

E. Perbandingan T/S

Perbandingan antara *throughput* (Tj) dan *space requirement* (Sj) bertujuan untuk membagi produk atau barang yang di simpan menjadi beberapa bagian yakni aktivitas tinggi, rendah dan sedang. Dengan adanya

pembagian ini perancangan tata letak gudang akan lebih mudah berdasarkan perbandingan *throughput* dan kebutuhan ruang, selain menciptakan kondisi yang menguntungkan untuk mengelompokkan barang sesuai spesifikasi. Rumus untuk menghitung (T/S):

$$TS = \frac{\text{throughput}}{\text{space requirement}}$$

F. Jarak

Menurut [7] apabila terdapat dua buah stasiun kerja/departemen i dan j yang koordinatnya ditunjukkan sebagai (x_i, y_i) dan (x_j, y_j) , maka untuk menghitung jarak antar dua titik tengah dij dapat dilakukan metode berikut:

1. Euclidean Distance

Euclidean Distance merupakan jarak yang diukur lurus antara pusat fasilitas satu dengan pusat fasilitas lainnya. Sistem pengukuran dengan jarak *euclidean* sering digunakan karena lebih mudah dimengerti dan mudah digunakan.

$$d_{ij} = [(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2]^{1/2}$$

2. Rectilinear Distance

Rectilinear Distance merupakan jarak yang sering diukur mengikuti jalur tegak lurus. Pengukuran jarak garis lurus sering digunakan karena lebih mudah untuk dihitung, dipahami, dan lebih cocok untuk permasalahan tertentu, seperti jarak antar fasilitas yang hanya dapat ditangani oleh peralatan pemindah material.

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j|$$

3. Squared Euclidean Distance

Squared Euclidean Distance merupakan jarak yang diukur sepanjang lintasan sebenarnya yang melintas antara dua buah titik.

$$d_{ij} = [(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2]$$

Dimana:

- dij : Jarak antara pusat fasilitas i dan j
- x_i : Koordinat x pada pusat fasilitas i
- y_i : Koordinat y pada pusat fasilitas i
- x_j : Koordinat x pada pusat fasilitas j
- y_j : Koordinat y pada pusat fasilitas j

G. Sistem, Model dan Simulasi

1. Definisi Sistem

Menurut [8] mendefinisikan sistem sebagai sekelompok komponen yang bekerja sama untuk mencapai tujuan tertentu atau sekumpulan entitas yang beroperasi dan berinteraksi satu sama lain untuk mencapai tujuan akhir yang logis.

2. Definisi Model

Menurut [9] model dapat diartikan sebagai representasi suatu sistem yang mewakili suatu proses atau peristiwa, dimana representasi tersebut dapat menggambarkan dengan jelas hubungan antara berbagai elemen yang diamati. Model sering kali dikembangkan untuk menentukan kemungkinan evolusi sistem nyata atau untuk mempelajari dampak berbagai kebijakan.

3. Definisi Simulasi

Simulasi adalah peniruan suatu situasi atau representasi suatu masalah dengan menciptakan suatu model yang kemudian dapat diuji dan dikembangkan lebih lanjut. Menurut [10] Simulasi dapat diartikan sebagai suatu teknik yang digunakan untuk membuat model dari suatu sistem aktual atau sistem yang diusulkan sehingga perilaku sistem

tersebut dapat dipelajari dalam kondisi tertentu. Simulasi juga dapat diartikan sebagai peniruan sistem dinamis dengan model komputer dengan tujuan mengevaluasi dan meningkatkan kinerja sistem. Model simulasi dapat dibedakan menjadi tiga kategori [8] yaitu:

a. Discrete Event Modelling

Simulasi *discrete event* adalah sebuah alat penting yang dapat membantu memahami dan mengelola sistem manufaktur kompleks yang umum terjadi di industri saat ini [8] Simulasi *discrete event* berfokus pada sistem pemodelan yang berubah dari waktu ke waktu dengan menjelaskan di mana variabel keadaan berubah pada titik waktu yang berbeda. Titik waktu adalah saat peristiwa terjadi, dan model berubah status saat peristiwa berubah.

b. Agent-Based Modelling

Menurut [11] *agent-based modeling* adalah metode pemodelan sistem berdasarkan simulasi komputer yang mewakili individu atau kelompok dalam suatu sistem. Simulasi *agent-based modeling* adalah konsep simulasi yang menggunakan agen dan interaksinya untuk menciptakan fenomena atau perilaku baru (Bata, 2012).

c. System Dynamic

System dynamics adalah metode pemodelan sistematis yang dikembangkan oleh [12]. Prinsip utama dari metode ini adalah umpan balik (*closed loop thinking*) berupa pengiriman dan pengembalian informasi. Tujuan dari pendekatan *System dynamics* adalah untuk memahami perilaku sistem, memahami perilaku sistem dengan menggunakan konsep matematika sederhana [13].

H. Skenario

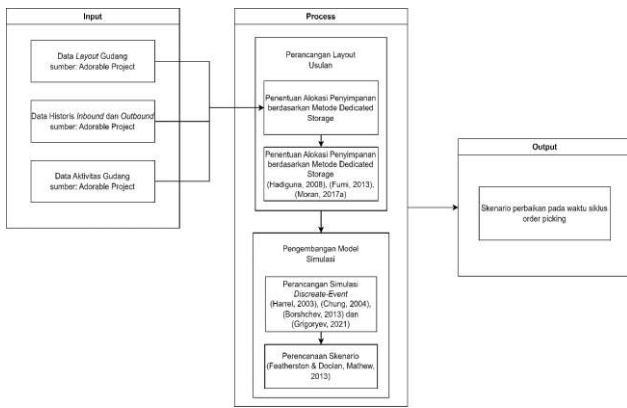
Perencanaan skenario adalah pendekatan yang dirancang untuk mengembangkan suatu skenario. Hal tersebut mempertimbangkan model dari pembuat keputusan saat ini dan bertujuan untuk mempertanyakan asumsi serta keterbatasan modelnya. Tujuan dari perencanaan skenario ialah untuk mengubah model pembuat keputusan untuk mempertimbangkan kemungkinan baru, menciptakan bahasa yang sama, serta model yang sama untuk mulai mendiskusikan pilihan strategis.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian memberikan gambaran rancangan penelitian meliputi kerangka berpikir serta pengembangan simulasi yang akan digunakan dalam penelitian.

A. Kerangka Berpikir

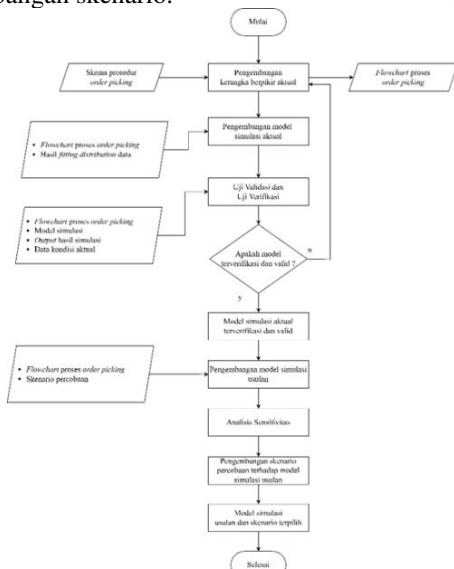
Kerangka Berpikir merupakan hasil pemikiran yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mendeskripsikan variabel-variabel yang mempengaruhi sistem.



GAMBAR III.1. Kerangka Berpikir

B. Pengembangan Simulasi

Proses pengembangan model secara lengkap meliputi banyak tahapan seperti pengembangan model kerangka berpikir, pengembangan model simulasi menggunakan software Anylogic, proses verifikasi dan validasi, serta pengembangan skenario.



GAMBAR III.2. Flowchart Pengembangan Model Simulasi

IV. PERANCANGAN SISTEM

Pada bagian ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan data. Hasil pengumpulan dan pengolahan data ini digunakan untuk melaksanakan pekerjaan tahap selanjutnya.

A. Data Penerimaan dan Pengiriman

Data penerimaan merupakan data jumlah produk yang masuk ke gudang dalam bentuk *box*.

TABEL IV.1. Data Rata - Rata Penerimaan

No	Nama Produk	Rata – Rata Penerimaan
1	Vailey Oxford Black	1908
2	Medalion White Sneakers	1985
3	Vailey Oxford Matte Black	1983
4	Ronan Sandals Black	1891

No	Nama Produk	Rata – Rata Penerimaan
5	Lannister Black Chelsea Boots	1858
6	Lobosa Platform Strap Black	1822
7	Butterpop Boots Black	1733
8	Blugi Boots Black	1738
9	Drivia Sneakers White	1639
10	Drivia Sneakers Black	1577
11	Thormy Sneakers White	1533
12	Wickle Boots Black	1508
13	Butty Boots Black	1351
14	Dooriya Sandals Black	1353
15	Alexa Monochrome Sneakers	1327
16	Alexa White Sneakers	1320
17	Hushfire Flat Shoes Black	1276
18	Alumbra White Sneakers	1234

Data pengiriman adalah data produk yang keluar dari gudang penyimpanan untuk dikirim ke konsumen.

TABEL IV.2. Data Rata - Rata Pengiriman

No	Nama Produk	Rata – Rata Pengiriman
1	Vailey Oxford Black	1997
2	Medalion White Sneakers	1940
3	Vailey Oxford Matte Black	1936
4	Ronan Sandals Black	1859
5	Lannister Black Chelsea Boots	1798
6	Lobosa Platform Strap Black	1718
7	Butterpop Boots Black	1590
8	Blugi Boots Black	1545
9	Drivia Sneakers White	1379
10	Drivia Sneakers Black	1329
11	Thormy Sneakers White	1315
12	Wickle Boots Black	1265
13	Butty Boots Black	1254
14	Dooriya Sandals Black	1235
15	Alexa Monochrome Sneakers	1135
16	Alexa White Sneakers	1109
17	Hushfire Flat Shoes Black	1100
18	Alumbra White Sneakers	1082

B. Perhitungan Space Requirement (Sj)

Metode ini merupakan bagian dari *dedicated storage* dimana produk yang disimpan diletakkan pada lokasi yang spesifik dan juga hanya satu jenis produk yang ditempatkan pada lokasi penyimpanan tersebut. Sebagai contoh perhitungan *Space Requirement* pada produk *Vailey Oxford Black* adalah:

$$S_j = \frac{1908}{481} = 4$$

TABEL IV.3.
Space Requirement tiap Produk

No	Nama Produk	Kapasitas Slot	Space Requirement
1	Vailey Oxford Black	481	4
2	Medalion White Sneakers	481	4
...
17	Hushfire Flat Shoes Black	481	3
18	Alumbra White Sneakers	481	3

C. Perhitungan Throughput (Tj)

Istilah *Throughput* digunakan sebagai ukuran jumlah operasi penyimpanan/penghapusan yang terjadi selama periode waktu tertentu. Oleh karena itu, perhitungannya didasarkan pada pengukuran aktivitas penerimaan dan pengiriman di gudang barang jadi. Sebagai contoh perhitungan *throughput* pada produk *Vailey Oxford Black* adalah:

$$T_j = \left(\frac{1908}{10}\right) + \left(\frac{1997}{10}\right) = 391 \text{ Aktivitas}$$

TABEL IV.4.
Throughput tiap Produk

No	Nama Produk	Rata – Rata Penerimaan	Rata – Rata Pengiriman	Throughput
1	Vailey Oxford Black	1908	1997	391
2	Medalion White Sneakers	1985	1940	393
...
17	Hushfire Flat Shoes Black	1276	1100	238
18	Alumbra White Sneakers	1234	1082	232

D. Perbandingan T/S

Perhitungan T/S ini sebaiknya dijadikan acuan penempatan produk. Sebagai contoh perhitungan T/S pada produk *Vailey Oxford Black* adalah:

$$T/S = \frac{391}{4} = 98$$

TABEL IV.5.
Perbandingan T/S

No	Nama Produk	Space Requirement	Throughput	T/S
1	Vailey Oxford Black	4	391	98
2	Medalion White Sneakers	4	393	98
...
17	Hushfire Flat Shoes Black	3	238	79

No	Nama Produk	Space Requirement	Throughput	T/S
18	Alumbra White Sneakers	3	232	77

Peletakan produk dilakukan berdasarkan perbandingan *throughput* dengan *space requirement* (T/S), dimana T/S yang paling besar diletakkan pada slot yang paling pendek jarak tempuhnya.

TABEL IV.6.
Perangkingan T/S

No	Nama Produk	T/S
1	Drivia Sneakers White	101
2	Medalion White Sneakers	98
...
17	Hushfire Flat Shoes Black	79
18	Alumbra White Sneakers	77

E. Perhitungan Jarak Perjalanan

Perhitungan jarak perjalanan tiap slot ke *picker point* dilakukan dengan menggunakan metode *rectilinear distance*. dimana jarak perjalanan merupakan jarak yang harus ditempuh *material handling* menuju slot yang ada, dengan titik *picker* sebagai titik awal perjalanannya.

$$d = |x^1 - x^2| + |y^1 - y^2|$$

$$d = |0 - 360| + |0 - 1110| = 14,7 \text{ m}$$

TABEL IV.7.
Jarak Perpindahan

Lokasi Slot	X1	Y1	X2	Y2	Jarak (m)
H8	0	0	360	1110	14.7
G8	0	0	360	1183	15.4
...
J10	0	0	660	888	15.5
J7	0	0	210	888	11.0

Pada kondisi gudang aktual Adorable Project, penempatan produk tidak memiliki aturan baku, sehingga produk bebas ditempatkan dimana saja. Sebagai contoh untuk perhitungan pada produk *Vailey Oxford Black* adalah sebagai berikut:

$$\text{Jarak Tempuh} = 12 \times 98 \times \left(\frac{14,7 + 15,4 + 11,7 + \dots + 15,9}{12}\right)$$

$$\text{Jarak Tempuh} = 17179,07 \text{ m}$$

TABEL IV.8.
Perhitungan Jarak Aktual

AKTUAL				
Slot	Jarak (m)	Nama Produk	T/S	Jarak Tempuh
H8	14.7	Vailey Oxford Black	98	17179,07
G8	15.4			
H6	11.7			
H7	13.2			
G7	13.9			

AKTUAL				
Slot	Jarak (m)	Nama Produk	T/S	Jarak Tempuh
G6	12.4			
H5	13.7			
H4	15.2			
H3	16.7			
G4	15.9			
G3	17.4			
F5	15.9			
Total Jarak Tempuh				90625

Dari lokasi produk di atas, total jarak tempuh dapat dihitung sebesar 90625 m, dengan penempatan produk sebagai berikut:



GAMBAR IV.1. Penempatan Produk Kondisi Aktual

Penempatan produk pada penempatan produk usulan adalah dengan berdasarkan pada nilai T/S terbesar yang ditempatkan pada jarak tempuh terpendek. Sebagai contoh perhitungan untuk produk *Drivia Sneakers White*:

$$\text{Jarak Tempuh} = 3 \times 101 \times \left(\frac{2,6 + 4,1 + 5,6}{3} \right)$$

$$\text{Jarak Tempuh} = 1222,29 \text{ m}$$

Maka penempatan produk pada kondisi usulan adalah sebagai berikut:

TABEL IV.9 Perhitungan Jarak Usulan

USULAN				
Rak	Jarak (m)	Nama Produk	T/S	Jarak Tempuh
R5	2.6	<i>Drivia Sneakers White</i>	101	1222,29
R4	4.1			
R3	5.6			
Total Jarak Tempuh				44380

Dari penempatan produk diatas maka jarak perjalanan ini menunjukkan total perjalanan yang dibutuhkan dalam gudang Adorable Project untuk memasukkan dan memindahkan seluruh jenis produk *footwear*, sehingga jarak tempuh total adalah 44380 m, dengan penempatan produk sebagai berikut:



GAMBAR IV.2. Penempatan Produk Usulan

Setelah diperoleh hasil jarak tempuh *material handling* penempatan produk aktual dan penempatan produk usulan perbaikan, maka dilakukan perbandingan untuk mengetahui selisih jarak antara penempatan produk aktual dan penempatan produk usulan.

TABEL IV.10. Perbandingan Jarak Aktual dan Usulan

Penempatan Produk	Jarak Tempuh (m)	Selisih Jarak (m)	Persentase Penurunan Jarak (%)
Aktual	90,625		
Usulan Perbaikan	44,380	46244	34,25%

F. Fitting Distribution

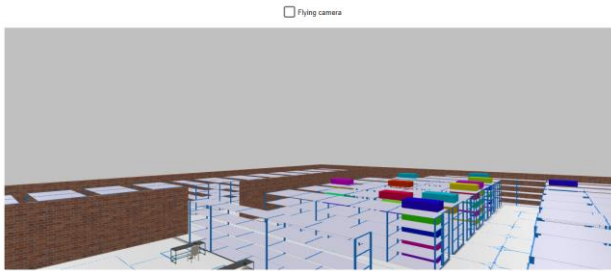
Hasil penyesuaian data yang dilakukan digunakan sebagai masukan pada model simulasi. Distribusi yang tepat dilakukan selama aktivitas *order picking*.

TABEL IV.11. Fitting Distribution

No	Waktu (menit)	No	Waktu (menit)
1	227,4	6	171,6
2	192,6	7	168,6
3	218,4	8	175,8
4	227,4	9	160,8
5	233,4	10	200,4
<i>Fitting Distribution : 1.01e+04 + GAMM(4.89e+03, 0.37)</i>			

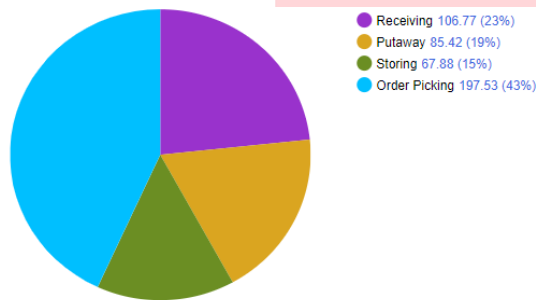
G. Hasil Simulasi Aktual

Software Anylogic memiliki fitur 3D dengan beberapa animasi yang bisa digunakan pada *library Anylogic*, dengan adanya fitur 3D ini membuat pembuatan model simulasi pada kondisi aktual dapat tervisualkan.



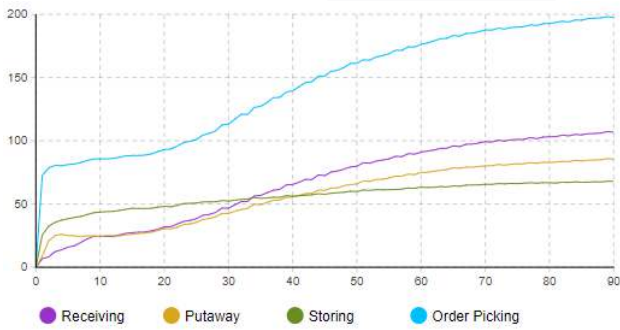
GAMBAR IV.3. Hasil Simulasi 3D

Ditampilkan hasil persentase dari model simulasi kondisi aktual dapat dilihat pada gambar dan grafik hasil pada model simulasi hasil yang didapatkan pada aktivitas *order picking*.



GAMBAR IV.4. Hasil Simulasi Aktual

Pada Aktivitas *order picking* mendapatkan hasil 197.53 dengan persentase 43% yang menandakan aktivitas *order picking* kondisi aktual lebih besar.



GAMBAR IV.5. Grafik Hasil Simulasi

H. Verifikasi

Verifikasi dilakukan dengan memeriksa model simulasi yang telah dibuat dengan cara pengujian bebas *error* seperti berikut:

1. Error Logic

Proses verifikasi dilakukan dengan melakukan cek pada *logic*, data *input* yang digunakan pada *software* Anylogic dengan mencoba menjalankan model. Jika terjadi kesalahan, berarti terjadi ketidaksesuaian antara data masukan model yang sedang berjalan.

2. Error Data

Proses verifikasi ini dilakukan dengan melakukan cek pada setiap data yang dimasukkan kedalam setiap *blocks logic*

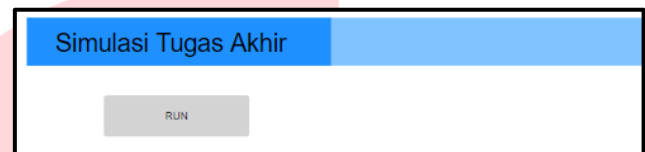
atau parameter yang digunakan. Apabila terdapat kesalahan atau *error*.

3. Error Model

Proses verifikasi ini dilakukan dengan melakukan cek pada setiap garis *path/jalur* yang digunakan pada *layout model* apakah sudah terhubung atau belum. Apabila terdapat kesalahan pada *path/jalur* seperti terputus atau belum terhubung.

I. Validasi

Setelah melakukan verifikasi maka akan dilakukan validasi terhadap model. Setelah proses verifikasi selesai, jika menggunakan tombol *run* maka akan muncul tampilan *interface*.



GAMBAR IV.6. Interface Sebelum Model di Eksekusi

1. Penentuan Replikasi

Replikasi merupakan proses pengulangan dengan kondisi yang sama pada suatu percobaan agar *output* yang dihasilkan lebih merpresentasikan kondisi yang sebenarnya.

TABEL IV.12. Penentuan Replikasi Awal

Replikasi Awal	Waktu (menit)
1	197.535
2	195.337
3	193.721
4	197.000
5	195.618
6	196.642
7	194.588
8	193.985
9	198.103
10	197.217
Rata - rata	195.975
STDEV	1.546

2. Perhitungan Half Widht

Setelah didapatkan nilai rata-rata dan standar deviasi, kemudian dilakukan perhitungan *hw* dengan tingkat kepercayaan sebesar 90%.

$$h_w = \frac{\left(t_{n-1, \frac{\alpha}{2}}\right) S_{(1-2)}}{\sqrt{n}} \quad [14]$$

- p* = tingkat kepercayaan = 0,90
- α = tingkat signifikan = 0,1
- n* = ukuran sampel = 10 (replikasi awal)
- n* - 1 = 9
- s* = Standar Deviasi = 1,546
- hw* = half widht

Dengan rumus tersebut maka perhitungan *half width* untuk model simulasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$s = 1,546$$

$$n = 10$$

$$Z_{\alpha/2} = Z_{0,1/2} = 1,645$$

$$t_{n-1, \alpha/2} = t_{9,0,05}$$

$$= 1,833 \text{ (didapat pada tabel } t \text{ Distribution)}$$

$$hw = t_{9,0,05} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$hw = 1,833 \times \frac{1,546}{\sqrt{10}}$$

$$hw = 0,896$$

3. Menentukan Replikasi yang Diperlukan

Lalu dicari nilai n^1 dengan menggunakan rumus untuk menentukan jumlah replikasi dengan nilai *error absolute* yang digunakan adalah sebesar 10%.

$$n' = \left(z \times \frac{s}{h_w} \right)^2$$

[14]

$$n' = \left(1,645 \times \frac{1,546}{0,896} \right)^2$$

$$n' = 8,0559$$

$$n^1 \approx 9$$

Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa jumlah replikasi yang dihasilkan adalah 9, Maka tidak diperlukan melakukan replikasi tambahan karena jumlah replikasi awal 10 sudah cukup.

4. Perbandingan Kondisi Aktual dan Simulasi

Berikut merupakan hasil perbandingan pada kondisi aktual dengan simulasi yang dapat dilihat pada tabel berikut:

TABEL IV.13.
Perbandingan Kondisi Aktual dengan Simulasi

Waktu Siklus Order Picking		Selisih
Kondisi Aktual	Simulasi	
197.640	197.535	0.105
197.640	195.337	2.303
197.640	193.721	3.919
197.640	197.000	0.640
197.640	195.618	2.022
197.640	196.642	0.998
197.640	194.588	3.052
197.640	193.985	3.655
197.640	198.103	-0.463
197.640	197.217	0.423
Total	1959.746	
Rata - rata	195.975	
STDEV	1.546	

J. Variabel Keputusan

Decision variables juga disebut sebagai faktor *input* atau variabel independen dalam percobaan. Mengubah nilai-nilai dari variabel independen sistem ini akan mempengaruhi perilaku sistem [10].

TABEL IV. 14.
Variabel Keputusan

Input	Variabel Keputusan	
	Control	Uncontrol

Waktu Antar Kedatangan		✓
Kapasitas MH	✓	
Jumlah MH	✓	
Kecepatan MH	✓	
Kecepatan Pekerja Mengambil Barang	✓	

K. Analisis Sensitifitas

Analisis Sensitifitas pada simulasi digunakan untuk melakukan eksperimen dengan melihat seberapa sensitif hasil simulasi terhadap perubahan parameter model.

1. Analisis Sensitifitas Jumlah Material Handling software Anylogic memiliki tools-nya dengan membuat *experiment* dengan tipe *sensitivity analysis*.

Simulasi Tugas Akhir : JumlahMHterhadapWaktuPicking



GAMBAR IV.7
Analisis Sensitifitas Jumlah Material Handling

Pada grafik diatas bisa dilihat bahwa aktivitas *picking* terhadap parameter jumlah *material handling* sensitif mengartikan bahwa parameter jumlah *material handling* sangat berpengaruh terhadap *output*

2. Analisis Sensitifitas Kecepatan Material Handling
Hasil dari Analisis sensitivitas kecepatan *material handling* terhadap waktu *picking*.

Simulasi Tugas Akhir : KecepatanMHterhadapWaktuPicking



GAMBAR IV.8.
Analisis Sensitifitas Kecepatan Material Handling

3. Analisis Sensitifitas Kecepatan Pekerja Mengambil Produk
Hasil dari Analisis sensitivitas kecepatan pekerja *picking* terhadap waktu *picking*.



GAMBAR IV. 9. 3.

Analisis Sensitifitas Kecepatan Pekerja Mengambil Produk

Pada grafik diatas bisa dilihat bahwa parameter kecepatan pekerja *picking* terhadap waktu *picking* hasilnya sensitif mengartikan bahwa parameter kecepatan pekerja berpengaruh terhadap *output*.

L. Skenario

Pengembangan skenario dilakukan berdasarkan seberapa sensitif parameter pada maka dapat dilihat sebagai berikut:

1. Skenario Pertama

Pengembangan skenario pertama yaitu dengan dilakukan perbaikan terkait penempatan produk usulan saja tanpa merubah nilai-nilai dari parameter.

2. Skenario Kedua

Pengembangan skenario kedua yaitu dengan dilakukan perbaikan terkait penempatan produk usulan dan merubah nilai parameter 1 saja.

3. Skenario Ketiga

Pengembangan skenario ketiga yaitu dengan dilakukan perbaikan terkait penempatan produk usulan dan merubah nilai dari parameter 2 saja.

4. Skenario Keempat

Pengembangan skenario keempat yaitu dengan dilakukan perbaikan terkait penempatan produk usulan dan merubah nilai dari parameter 1 dan 2

TABEL IV. 15. Perbandingan Kondisi Aktual dengan Skenario

No	Waktu Siklus Order Picking (menit)				
	Aktual	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
1	72.594	82.639	82.639	73.639	73.639
2	78.581	96.927	86.211	88.752	76.020
...
89	198.103	90.982	84.234	74.278	74.379
90	197.535	90.917	84.237	74.278	74.378

M. Hasil Akhir Simulasi

Pada hasil akhir simulasi ini didapatkan hasil alternatif skenario yang dipilih dengan perbandingan antar skenario dan dengan hasil penempatan produk usulan dengan *dedicated storage* dikombinasikan dengan perubahan parameter-parameter lainnya maka didapatkan skenario terbaik.

Berikut merupakan hasil dari pengembangan model simulasi aktual dan kondisi setelah dilakukan perbaikan.

TABEL IV. 16. Parameter Skenario

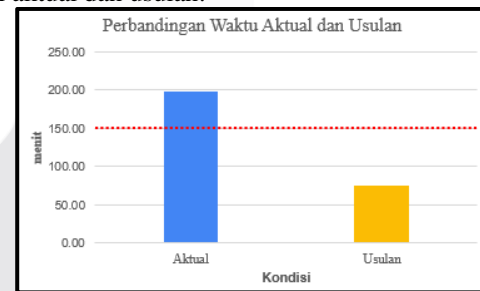
	Jumlah MH (unit)	Kecepatan Pekerja Mengambil Produk	Waktu Order Picking (menit)
Aktual	4	60	197.535
Skenario 1	4	60	90.917
Skenario 2	5	60	84.237
Skenario 3	4	58	74.672
Skenario 4	5	58	74,378

V. ANALISIS

Analisis pemilihan metode *dedicated storage* pada penelitian ini tepat digunakan pada udang Adorable Project, Pada aktivitas *order picking* mengalami pelonjakan waktu yang tinggi, dikarenakan penyimpanan produk yang tidak tetap menjadikan *picker* kesulitan dalam mencari lokasi penyimpanannya. Oleh karena itu, Pemilihan metode *dedicated storage* karena dengan kebijakan penyimpanan yang tetap, pada setiap slot hanya dapat diisi oleh jenis produk yang sama maka penerapan ini bisa dilakukan pada permasalahan udang adorable yang belum menerapkan *storage allocation*.

A. Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan bahwa jarak tempuh dan waktu pada aktivitas *order picking* sangat berpengaruh terhadap *outputnya*. Dengan alokasi penyimpanan barang usulan menggunakan metode *dedicated storage* serta *tools* simulasi untuk melakukan eksperimen terhadap kondisi aktual dan usulan, serta pengembangan skenario. Berikut merupakan perbandingan waktu pada kondisi aktual dan usulan:



GAMBAR V. 1.

Perbandingan Waktu Aktual dan Usulan

Selanjutnya merupakan hasil perbandingan pada jarak dan waktu pada kondisi aktual dan usulan yang telah dilakukan perbaikan, dapat dilihat pada hasil tabel berikut:

TABEL IV. 17. Hasil Perbandingan Jarak dan Waktu

Perbaikan	Aktual	Usulan	Persentase
Jarak Tempuh	90,624	44,380	34,25%
Waktu Order Picking	197,64	74,378	62,37%

Perbandingan hasil, serta persentase penurunan jarak tempuh dan waktu pada aktivitas *order picking*. Sehingga nilai yang didapat pada perhitungan perbandingan jarak

tempuh dengan penempatan produk usulan sebesar 34.25% ini sudah memangkas jarak tempuh dari kondisi aktual. Serta hasil dari pengembangan model simulasi pada skenario terpilih dapat menurunkan waktu pada aktivitas *order picking*. Maka dengan kedua hasil tersebut yaitu jarak tempuh yang berkurang dan waktu pada aktivitas *order picking* yang dapat menurun setelah dilakukannya perubahan bisa menjadikan aktivitas gudang lebih baik lagi.

VI. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini terdapat kesimpulan dengan beberapa hasil yang telah diperoleh yaitu total jarak tempuh menjadi semakin pendek yakni 44,380m dengan jarak tempuh awal 90,625m, sehingga pada penempatan produk usulan mengalami penurunan 34,25% dan penempatan produk akan memiliki tempat yang tetap antar produk yang di simpan. Dan waktu pada aktivitas *order picking* dapat menurun sebesar 62.37%.

REFERENSI

- [1] E. H. Frazelle, *World-Class Warehousing and Material Handling* Second Edition, New York: McGraw-Hill Education., 2016.
- [2] D. E. Mulcahy, *Warehouse Distribution & Operation Handbook*, Singapore: McGraw-Hill, Inc, 1994.
- [3] S. Moran, *Methods for Layout, Conception, and Development*. In *Process Plant Layout* Elsevier, 2017, p. 179–186.
- [4] A. S. L. & S. M. M. Fumi, "International Journal of Engineering Business Management," *Minimizing Warehouse Space with a Dedicated Storage Policy*, vol. 5, 2013.
- [5] R. A. & S. H. Hadiguna, *Tata Letak Pabrik*, Yogyakarta: Andi, 2008.
- [6] P. M. L. X. Z. & Y. B. Yang, "Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review," *Variable neighborhood search heuristic for storage location assignment and storage/retrieval scheduling under shared storage in multi-shuttle automated storage/retrieval systems*, vol. 79, p. 164–177, 2015.
- [7] H. Punomo, *Perencanaan dan Perancangan Fasilitas*, Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu, 2004.
- [8] W. d. L. A. Kelton, *Simulation Modeling and Analysis*, 5th Edition ed., Singapore: McGraw-Hill, 2015.
- [9] A. Z. Sultan, *Pemodelan dan Simulasi Proses Produksi PT. Sermani Steel untuk Peningkatan Kapasitas Produksi dan Utilisasi Mesin*, 2007.
- [10] C. G. B. & B. R. Harrell, *Simulation Using Promodel*, 4th Edition ed., San Diego: Cognella, Inc, 2022.
- [11] S. F. Railsback and G. V. , *Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction*, New Jersey: Princeon University Press, 2012.
- [12] J. W. Forrester, *Industrial Dynamics*, Cambridge: Mitpress.
- [13] A. K. Tangirala, "Modeling Adaptive Water Quality Management Strategies Using System Dynamics Simulation," 2003.
- [14] C. Harrel, *Simulation Using ProModel*, Singapore: McGraw-Hill, 2004.
- [15] C. Featherston and D. M. , "Cambridge: The 31st International Conference of the System Dynamics Society," *Using System Dynamics to Inform Scenario Planning: a Case Study*, 2013.