

Usulan Alokasi Penyimpanan *Cold room* PT. XYZ Dengan Kebijakan *Dedicated Storage* dan Pendekatan Simulasi Diskrit Menggunakan *Software Flexim* Untuk Mengurangi Waktu *Picking*

1st Annisa Marlina Kusumah
Industrial Engineering Faculty
Telkom University
Bandung, Indonesia
annisamarlianak@student.telkomuniversity.ac.id

Nia Novitasari S.T., M.T., Eslog
Industrial Engineering Faculty
Telkom University
Bandung, Indonesia
novitasarinia@telkomuniversity.ac.id

Seto Sumargo S.T., M.T
Industrial Engineering Faculty
Telkom University
Bandung, Indonesia
setosumargo@telkomuniversity.ac.id

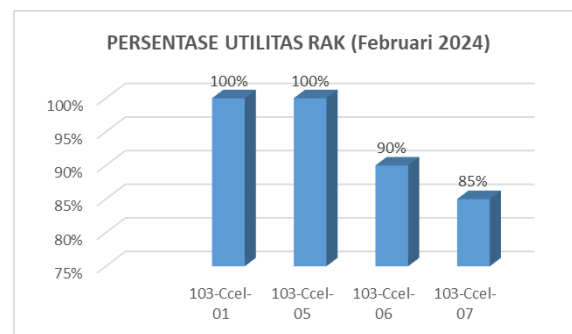
Abstrak— PT. XYZ adalah perusahaan milik negara yang mengkhususkan kegiatan bisnisnya dalam memproduksi vaksin dan sera. Gudang persediaan PT. XYZ memiliki penyimpanan *cold room* dengan spesifikasi suhu $\leq (-20)^{\circ}\text{C}$. Terjadi permasalahan dimana kapasitas *cold room* telah mencapai lebih dari 100% dari total kapasitas keseluruhan. Hal ini menyebabkan terganggunya waktu proses aktivitas di gudang, salah satunya lama nya waktu pengambilan barang. Dilakukan penambahan kapasitas pada *cold room* PT. XYZ dengan menambahkan level pada rak. Selanjutnya barang di alokasikan menggunakan kebijakan *dedicated storage* dengan klasifikasi FSN. Simulasi dibuat untuk melihat apakah usulan yang diberikan dapat mengurangi waktu pengambilan barang. Terdapat tiga skenario dalam percobaan ini. Skenario satu, usulan alokasi penyimpanan menggunakan *dedicated storage*. Didapatkan hasil penurunan waktu sebesar 31% dengan waktu rata-rata 12,7 menit. Skenario kedua dengan penyimpanan *random storage* dan jumlah operator menjadi dua, didapatkan penurunan waktu sebesar 46% dengan waktu rata-rata 9,91 menit. Dan skenario usulan terakhir adalah penyimpanan *dedicated storage* dan penambahan operator menjadi dua, didapatkan hasil penurunan sebesar 57% dengan waktu rata-rata 7,97 menit. Skenario yang dipilih adalah skenario tiga karena dapat menurunkan waktu pengambilan barang lebih besar. Dengan adanya penambahan level, kapasitas *cold room* meningkat sebesar 75% dan dapat menghemat biaya operasional sewa *reefer container* sebesar 53%.

Kata kunci— Simulasi kejadian diskrit, *Dedicated storage*, *Overcapacity*, *Cold room*, *Raw material Warehouse*

I. PENDAHULUAN

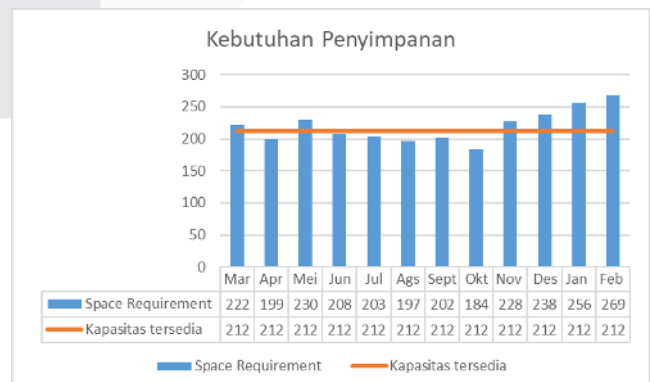
Industri farmasi merupakan industri yang memproduksi berbagai kebutuhan kesehatan mulai dari obat, vaksin, suplemen kesehatan, dan berbagai alat kesehatan yang memiliki izin edar resmi dari menteri kesehatan (BPOM, 2018). PT. XYZ adalah perusahaan milik negara yang mengkhususkan kegiatan bisnisnya dalam memproduksi obat, vaksin dan sera. Gudang persediaan PT. XYZ memiliki 4 *cold room* dengan spesifikasi suhu $\leq (-20)^{\circ}\text{C}$ untuk menyimpan barang dengan spesifikasi suhu rendah salah satunya *Vaccine Vial Monitor* (VVM). VVM atau *heat marker* adalah salah satu bahan penting yang digunakan dalam kemasan vaksin sebagai indikator yang menyatakan

vaksin masih layak atau tidak. Barang ini sangat sensitif terhadap suhu, dan mudah rusak jika terlalu lama disimpan pada suhu yang tidak sesuai.



GAMBAR I. 1
PERSENTASE RAK TERISI (FEBRUARI 2024)

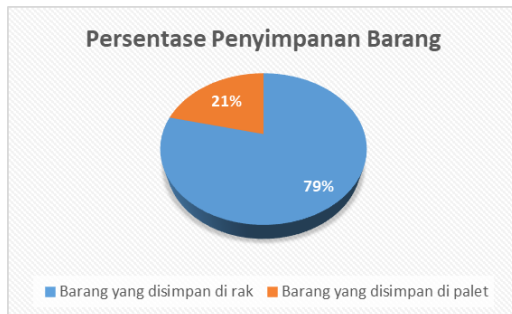
Gambar I.1 diatas menunjukkan persentase utilitas penggunaan rak di setiap ruangan *cold room*. Dapat terlihat utilitas penggunaan rak di *Ccel-01* yang digunakan untuk penyimpanan VVM telah mencapai 100% yang artinya seluruh rak telah terisi.



GAMBAR I. 2
KEBUTUHAN PENYIMPANAN VVM

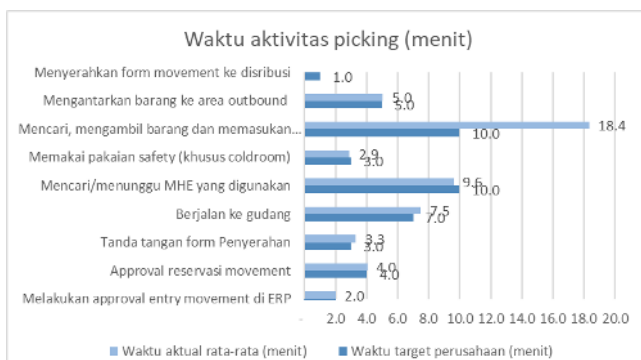
Dari gambar I.2 diatas dapat dilihat bahwa kebutuhan tempat penyimpanan untuk produk VVM di

ruangan *Ccel-01* ini mengalami kekurangan. Rak yang saat ini digunakan hanya mampu menampung 212 *container box*, sedangkan kebutuhan penyimpanan setiap bulannya rata-rata diatas 212 *container box*. Hal ini menyebabkan beberapa *container box* yang tidak masuk kedalam rak harus disimpan di area lorong menggunakan palet dan ditumpuk di rak paling atas.



GAMBAR I.3
PERSENTASE PENYIMPANAN BARANG

Gambar I.3 diatas merupakan data persentase banyak barang yang disimpan di rak dan di palet. Terdapat sebanyak 21% barang yang disimpan di palet. Permasalahan *overcapacity* ini berdampak pada waktu proses gudang yang menjadi lebih lama.



GAMBAR I.4
WAKTU AKTIVITAS PICKING

Gambar I.4 diatas menunjukkan aktivitas dan waktu *picking*. Untuk produk VVM, Perusahaan memiliki aturan tersendiri yang berbeda dengan barang lain yang disimpan di gudang. Dimana untuk aktivitas *picking* diberikan waktu ideal 45 menit dan 15 menit untuk aktivitas *shipping* atau pengiriman barang ke tempat produksi. Saat ini waktu aktivitas *picking* untuk produk VVM ini memiliki rata-rata waktu selama 53,7 menit, artinya waktu pengambilan barang aktual 19% lebih lama dibandingkan dengan waktu ideal Perusahaan.

II. KAJIAN TEORI

A. Gudang

Gudang merupakan sebuah fasilitas yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan barang atau produk secara sementara. Gudang digunakan untuk menyimpan bahan baku, bahan pengemas, dan bahan jadi sebelum didistribusikan (Bartholdi & Hackman, 2014)

B. Kebijakan Penyimpanan Dalam Gudang

Beberapa kebijakan (metode) penyimpanan yang biasa digunakan menurut Francis & White dalam (Suwarno, Arianto, & Mandagie, 2019) adalah *dedicated storage*, *random storage*, *class-based storage*, dan *shared storage*.

C. Metode Dedicated storage

Dedicated storage atau yang biasa disebut sebagai lokasi penyimpanan yang tetap merupakan penempatan lokasi atau tempat simpanan yang spesifik untuk setiap barang yang disimpan. Hal ini dikarenakan suatu lokasi simpan diberikan untuk satu produk yang spesifik dan tidak boleh ditempati produk lain.

D. Analisis FSN

Menurut Brindha dalam (Hudori & Tarigan, 2019), analisis FSN merupakan salah satu cara pengelompokkan barang persediaan berdasarkan kecepatan pergerakan barang tersebut. Metode ini mengelompokkan barang berdasarkan kriteria *Consumption rate* dan *Average stay*. Pembagian kategori dibagi menjadi 3 yaitu *fast moving* (F), *Slow moving* (S) dan *Non-moving* (N). Berikut merupakan rumus untuk menghitung *average stay* dan *consumption rate*.

$$\text{Average Stay} = \frac{\text{Inventory Holding Balance}}{(\text{Opening Balance} + \text{Total Receipt})} \quad (1)$$

$$\text{Consumption Rate} = \frac{\text{Total issue Quantity}}{(\text{Total Period Duration})} \quad (2)$$

E. Warehouse Slotting

Warehouse Slotting ini merupakan suatu pengaturan dalam penginventarian yang dilakukan secara sengaja, dan distrategiskan untuk penempatannya di gudang atau pusat distribusi. Dimana nantinya barang-barang yang akan disusun untuk pengoptimalan secara aksesibilitas, kecepatan, pengambilan maupun akurasi dan kapasitas penyimpanan (Richards, 2014).

F. Model Simulasi

Menurut Borshchev (2013) pemodelan merupakan salah satu cara untuk memecahkan permasalahan yang muncul dalam dunia nyata. Dalam beberapa permasalahan tidak memungkinkan melakukan pemecahan masalah dengan melakukan eksperimen dengan objek nyata.

G. Discrete Event Modelling

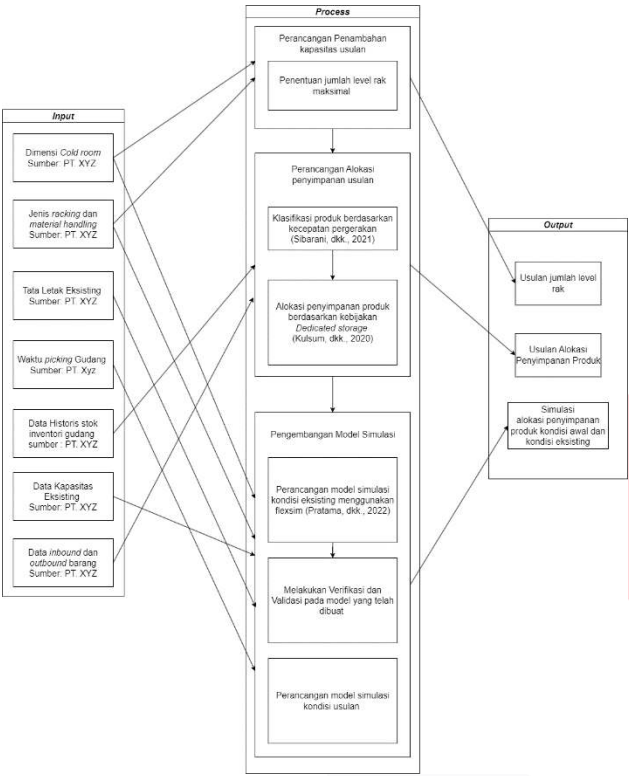
Pemodelan peristiwa diskrit adalah ketika pemodel menganggap sistem yang dimodelkan sebagai suatu proses, yaitu serangkaian operasi yang dilakukan oleh seluruh entitas. Entitas dapat mewakili klien, pasien, dokumen, produk, palet, transaksi, transportasi, dan lainnya. Waktu layanan serta waktu kedatangan dari entitas biasanya bersifat stokastik, diambil dari distribusi yang bersifat probabilitas (Borshchev, 2013).

III. METODE

A. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan konsep pemikiran dan alur penelitian yang membantu dalam perumusan sistematika penyelesaian masalah dan arah tujuan penelitian. Berikut

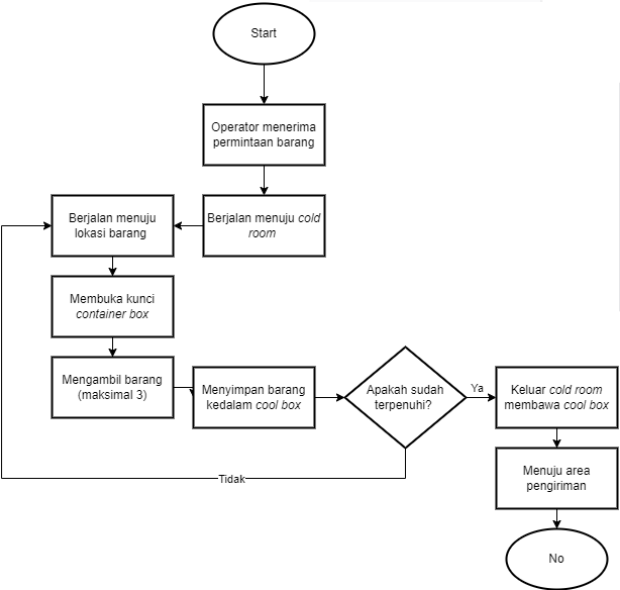
merupakan kerangka berpikir yang digunakan dalam penelitian ini.



GAMBAR III. 1
KERANGKA BERPIKIR

B. Model Konseptual

Model konseptual dirancang untuk menggambarkan keadaan sistem nyata secara sederhana dan dapat dipahami. Pengembangan model konseptual dalam simulasi ini akan menggambarkan alur sistem pengambilan barang eksisting dan dipaparkan dalam bentuk *flowchart diagram*.



GAMBAR III. 2
MODEL KONSEPTUAL

IV. PERANCANGAN SISTEM

A. Pengumpulan Data

Pada bagian pengumpulan data ini dijelaskan mengenai data-data digunakan oleh penulis dalam penelitian tugas akhir ini.

1. Data Stok Barang VVM

Berikut merupakan data stok VVM bulan Maret 2023 hingga Februari 2024.

TABEL IV. 1
DATA STOK VVM MARET 2023-FEBRUARI 2024

Nama Barang	Data Stock (lembar)			
	Stok awal	Maret	....	Februari
VVM 14 DOT	3.629.976	3.129.976	....	7.399.952
VVM 30 DOT	6.819.965	6.259.965	....	5.021.968
VVM NOPV 50	7.563.992	6.058.492	....	7.636.242
VVM BOPV 20	5.279.246	4.445.246	....	4.775.498
VVM BOPV 10	5.224.996	4.606.996	....	4.751.498

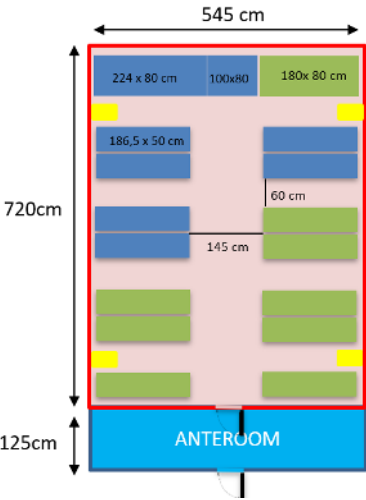
2. Penyimpanan VVM



GAMBAR IV. 1
CONTAINER BOX

VVM disimpan menggunakan *container box* dengan kapasitas maksimal 20 roll VVM.

3. Layout Eksisting



GAMBAR IV. 2
LAYOUT EKSISTING

Luas *cold room* ini adalah 35,54 m2 dan volume sebesar 129,70 m2 Terdapat 17 rak dengan 4 level. Dalam kondisi eksisting ini, terdapat barang yang disimpan di lorong menggunakan palet. Total kapasitas rak eksisting adalah 212 *container box*.

4. Waktu Aktivitas *Picking*

Data waktu aktual dihitung berdasarkan rata-rata waktu setiap aktivitas yang didapatkan dengan cara observasi langsung ketika melakukan *picking order*.

TABEL IV. 2
WAKTU STANDAR DAN WAKTU AKTUAL

Aktivitas	Waktu standar perusahaan (menit)	Waktu aktual rata-rata (menit)
Melakukan <i>approval entry movement</i> di ERP	2,0	2,0
<i>Approval</i> reservasi <i>movement</i>	4,0	4,0
Tanda tangan <i>form</i> Penyerahan	3,0	3,3
Berjalan ke gudang	7,0	7,5
Mencari/menunggu MHE yang digunakan	10,0	9,6
Memakai pakaian <i>safety</i> (khusus coldroom)	3,0	2,9
Mencari, mengambil barang dan memasukan ke <i>coolbox</i>	10,0	18,4
Mengantarkan barang ke area <i>outbound</i>	5,0	5,0
Menyerahkan <i>form movement</i> ke distribusi	1,0	1,0
Total	45	53,7

Dapat dilihat pada tabel IV.2 di atas bahwa terdapat waktu standar Perusahaan dan waktu aktual *picking* saat ini. Sampel data waktu *picking* yang diambil adalah sebanyak 30, Berikut merupakan data permintaan beserta waktu pengambilan barang.

TABEL IV. 3
DATA PERMINTAAN

Nama barang	Jumlah yang diambil (roll)	Mencari, mengambil dan memasukan barang ke <i>coolbox</i> (detik)
VVM 14 DOT	9	1038
	22	1146
	14	972
	9	1080
	21	1122
VVM 30 DOT	14	1038
	25	1248
	50	1026
	25	1050
	10	1086
VVM NOPV 50	12	1014
	13	1164
	13	1218
	15	1074
	5	1092
	15	1026
	15	1188
VVM BOPV 20	15	1002
	13	1074
	12	1008
	9	1116
	9	1026
VVM BPOV 10	13	954
	13	1140
	25	1230
	13	1260
	12	1140
Rata-rata		1101

5. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data adalah proses untuk memastikan bahwa data yang akan digunakan sudah cukup untuk menghasilkan data yang valid. Uji ini dilakukan dengan tingkat keyakinan 95% dan derajat ketelitian 5%.

$$N' = \left(\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (3)$$

$$N' = \left(\frac{40 \sqrt{30(54,2^2 + \dots + 53,2^2) - (54,2 + \dots + 53,2)^2}}{54,2 + 56,3 + \dots + 53,2} \right)^2$$

$$N' = \left(\frac{4091,396}{1611} \right)^2$$

$$N' = 6,449 = 7$$

Didapatkan hasil N' adalah 7, sedangkan N adalah 30. Hal ini menunjukkan bahwa nilai $N > N'$ yang artinya jumlah data sudah cukup.

6. Data *Inbound* dan *Outbound* Barang

Berikut merupakan data *inbound* dan *outbound* barang VVM dari bulan Maret 2023-Februari 2024.

TABEL IV. 4
DATA *INBOUND*

Nama Barang	Data <i>Inbound</i> (lembar)			
	Maret	April	....	Februari
VVM 14 DOT	0	1.000.000	....	0
VVM 30 DOT	0	2.000.000	....	1.000.000
VVM NOPV 50	0	0	....	0
VVM BOPV 20	0	2.004.000	....	1.500.000
VVM BOPV 10	0	0	....	1.200.000

TABEL IV. 5
DATA *OUTBOUND*

Nama Barang	Data <i>Outbound</i> (lembar)			
	Maret	April	....	Februari
VVM 14 DOT	500.000	150.000	....	949.984
VVM 30 DOT	560.000	1.009.999	....	1.152.000
VVM NOPV 50	1.505.500	965.748	....	1.176.000
VVM BOPV 20	834.000	1.620.000	....	728.000
VVM BOPV 10	618.000	306.000	....	762.000

7. Material Handling Equipment

Berikut merupakan gambar beserta dimensi dari MHE yang digunakan.



GAMBAR IV. 3
HAND PALLET



GAMBAR IV. 4
COOLBOX

Hand pallet yang digunakan adalah *hand pallet* dengan kapasitas tiga ton. Sedangkan untuk *coolbox* yang digunakan berkapasitas 25 liter dan dapat menampung 25 roll VVM.

B. Pengolahan Data

1. Perhitungan Utilitas Rak

Perhitungan utilitas rak dilakukan untuk mengetahui berapa persen penggunaan rak di dalam gudang.

$$\text{Utilitas rak} = \left(\frac{\text{Volume unit yang disimpan}}{\text{Total kapasitas penyimpanan rak}} \right) \times 100\% \quad (4)$$

Salah satu contoh perhitungan untuk rak A.

$$\text{Utilitas rak} = \left(\frac{\text{Volume unit yang disimpan di rak A}}{\text{Total kapasitas penyimpanan rak A}} \right) \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Utilitas rak A} = \frac{12 \text{ Container box}}{12 \text{ Container box}}$$

$$\text{Utilitas rak A} = 100\%$$

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan hasil utilitas penggunaan seluruh rak pada tabel dibawah.

TABEL IV. 6
UTILITAS PENGGUNAAN RAK

Rak	Kapasitas (cont. box)	Banyak cont. box yang disimpan	Utilitas penggunaan rak
A	12	12	100%
B	12	12	100%
C	12	12	100%
D	12	12	100%
E	12	12	100%
F	12	12	100%
G	12	12	100%
H	16	16	100%
I	8	8	100%
J	20	20	100%
K	12	12	100%
L	12	12	100%
M	12	12	100%
N	12	12	100%
O	12	12	100%
P	12	12	100%
Q	12	12	100%

C. Perancangan Usulan Perbaikan

Dalam penyusunan perancangan usulan perbaikan, dilakukan perhitungan mengenai penambahan kapasitas penyimpanan, usulan alokasi barang, dan usulan mengenai skenario perbaikan terbaik.

1. Perhitungan Level Rak Maksimal

Tinggi per *level* disesuaikan dengan *container box* dan diberi jarak toleransi 9,5 cm. Maka tinggi *level* ditentukan yaitu 40 cm. Berikut rumus untuk menghitung level maksimal.

$$\text{Jumlah level (L)} = (\text{Tinggi ruangan} - \text{tinggi kaki rak} - \text{toleransi jarak terhadap atap}) / \text{Tinggi level} + \text{tebal alas} \quad (6)$$

$$L = (365 - 10 - 50) / 40 + 3$$

$$L = 305 / 43$$

$$L = 7,09 = 7$$

Didapatkan hasil banyak *level* maksimal adalah 7 *level*. Maka dapat dihitung utilitas *cold room* meningkat menjadi

81%. Serta kapasitas penyimpanan dengan 7 *level* rak dapat menampung hingga 371 *container box*.

2. Klasifikasi Produk

Selanjutnya adalah mengklasifikasi produk berdasarkan *consumption rate* dan *average stay*.

a. Analisis FSN Berdasarkan Consumption rate

Kecepatan pergerakan barang dilihat dari tingkat konsumsi barang tersebut di dalam sebuah gudang.

$$\text{Consumption Rate} = \frac{\text{Total issue Quantity}}{(\text{Total Period Duration})} \quad (7)$$

$$\text{Consumption Rate} = \frac{13.619,750}{(12)}$$

$$\text{Consumption Rate} = 1.134.979,17$$

TABEL IV. 7
CONSUMPTION RATE

Nama Barang	Consumption rate	Cumulative consumption rate	Klasifikasi
VVM NOPV 50	1,134,979.17	33%	F
VVM BOPV 20	789,979.00	56%	F
VVM 30 DOT	733,166.42	78%	S
VVM BOPV 10	456,958.17	91%	N
VVM 14 DOT	310,835.33	100%	N

b. Analisis FSN Berdasarkan Average stay

Tingkat kecepatan pergerakan barang dapat dilihat juga dari rata-rata waktu barang tersimpan di gudang (*average stay*). Sebagai contoh, berikut merupakan perhitungan *average stay* VVM NOPV 50.

$$\text{Average Stay} = \frac{\text{Inventory Holding Balance}}{(\text{Opening Balance} + \text{Total Receipt})} \quad (8)$$

$$\text{Average Stay} = \frac{74.791.170}{(6.058.492 + 13.692.000)}$$

$$\text{Average Stay} = 3,79$$

TABEL IV. 8
AVERAGE STAY

Nama barang	Average stay	Cumulative average stay	Klasifikasi
VVM 14 DOT	6.47	26.888%	N
VVM BOPV 10	6.03	51.930%	N
VVM 30 DOT	5.38	74.273%	S
VVM NOPV 50	3.79	90.001%	F
VVM BOPV 20	2.41	100.000%	F

c. Perbandingan Throughput dengan Space requirement (T/S)

Setelah melakukan analisis FSN berdasarkan *consumption rate* dan *average stay*, selanjutnya adalah penentuan prioritas penempatan barang berdasarkan kelasnya. Cara menentukan prioritas tiap kelas nya dilakukan dengan menentukan perbandingan T/S. Berikut merupakan perhitungan T/S untuk produk VVM NOPV 50.

$$T/S = \frac{\text{Throughput}}{\text{Space requirement}} \quad (9)$$

$$T/S = \frac{8}{4}$$

$$T/S = 2$$

Berikut hasil perhitungan T/S keseluruhan.

TABEL IV. 9
RATIO T/S

Nama barang	Space requirement	Throughput	T/S
VVM 14 DOT	4	6	2
VVM 30 DOT	3	8	3
VVM NOPV 50	4	8	2
VVM BOPV 20	2	10	5
VVM BOPV 10	2	8	4

d. Klasifikasi Akhir

Setelah menentukan T/S selanjutnya adalah menentukan final klasifikasi dan prioritas tiap kelas. Berikut merupakan tabel klasifikasi akhir.

TABEL IV. 10
KLASIFIKASI AKHIR

Nama Barang	Final FSN Classification	Ratio T/S	Final FSN
VVM BOPV 20	F	5	F1
VVM NOPV 50	F	2	F2
VVM 30 DOT	S	3	S1
VVM BOPV 10	N	4	N1
VVM 14 DOT	N	2	N2

3. Alokasi Barang Menggunakan Warehouse Slotting

Warehouse Slotting merupakan cara mengoptimalkan alokasi penyimpanan produk berdasarkan kategori atau kelas dari masing-masing barang yang telah di klasifikasi sebelumnya.

a. Menentukan kebutuhan Rak Menggunakan Warehouse Slotting

Perhitungan dilakukan agar mengetahui jumlah rak yang dibutuhkan untuk masing-masing barang. Untuk kapasitas maksimal *level* di asumsikan seluruh rak adalah tiga dan dalam satu rak kapasitas maksimal diasumsikan sama yaitu 21 *container box* dan memiliki 7 *level* rak. Berikut merupakan contoh perhitungan kebutuhan rak untuk VVM NOPV 50.

$$\text{Kebutuhan Rak} = \frac{\text{Total kebutuhan level}}{\text{Jumlah level rak}} \quad (10)$$

$$\text{Kebutuhan Rak} = \frac{25}{7}$$

$$\text{Kebutuhan Rak} = 3,57 = 4 \text{ rak}$$

Berikut merupakan jumlah kebutuhan rak setiap barang.

TABEL IV. 11
KEBUTUHAN RAK

SKU Code	Kebutuhan rak
VVM BOPV 20	3
VVM NOPV 50	4
VVM 30 DOT	3
VVM BOPV 10	3
VVM 14 DOT	4

b. Perhitungan Jarak Horizontal Dengan Rectilinear Distance

Perhitungan jarak ini dilakukan untuk mengukur jarak antar rak menggunakan *rectilinear distance*. Pengukuran dilakukan dengan cara menghitung lintasan dengan garis tegak lurus.

$$D_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \quad (11)$$

Berikut merupakan contoh perhitungan *rectilinear distance* antara titik (0,0) atau pintu masuk dengan rak A.

$$D_{iA} = |x_i - x_A| + |y_i - y_A|$$

$$D_{iA} = |0 - 0,60| + |0 - 1,87|$$

$$D_{iA} = 0,60 + 1,87$$

$$D_{iA} = 2,47 \text{ m}$$

c. Perhitungan Waktu Total

1) Menghitung Waktu Horizontal

Dalam kasus pada penelitian ini, perhitungan kecepatan menggunakan rata-rata kecepatan jalan manusia yaitu 0,8 m/s (Christianto & Kaelani, 2013). Untuk menghitung waktu horizontal digunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Waktu Horizontal} = \frac{\text{Jarak tempuh}}{\text{Kecepatan berjalan}} \quad (12)$$

Sebagai contoh, berikut merupakan perhitungan waktu horizontal untuk operator berjalan ke rak A.

$$\text{Waktu Horizontal} = (2,47 \text{ m}) / (0,8 \text{ m/s})$$

$$\text{Waktu Horizontal} = 3,081 \text{ s}$$

Berikut merupakan waktu horizontal untuk rak A.

TABEL IV. 12
HORIZONTAL TIME

No	Rack Location	Rack	Level	Horizontal Distance (m)	Horizontal Time (s)
1	R1A	A	1	2,465	3,081
2	R1A	A	2	2,465	3,081
3	R1A	A	3	2,465	3,081
4	R1A	A	4	2,465	3,081
5	R1A	A	5	2,465	3,081
6	R1A	A	6	2,465	3,081
7	R1A	A	7	2,465	3,081

2) Menghitung Waktu Vertical

Waktu vertikal ini, akan dibutuhkan sebagai pertimbangan dalam mengalokasikan *batch* setiap barang. Kecepatan MHE disesuaikan sebagai kecepatan manusia menaiki tangga. Berikut merupakan data waktu operator menaiki tangga.

TABEL IV. 13
WAKTU MENAIKI TANGGA

Level	Tinggi (m)	Waktu (s)
1	0,13	0
2	0,53	0
3	0,96	0
4	1,39	0
5	1,82	6
6	2,25	8
7	2,68	10

3) Menghitung Waktu Pengambilan Barang

Waktu pengambilan barang diperoleh dari pengamatan langsung di *cold room* PT. XYZ pada saat pengambilan barang. Pengambilan data waktu dilakukan sebanyak 20 kali. Dari 20 kali pengamatan didapatkan hasil rata-rata waktu pengambilan barang adalah 119 detik.

4) Menghitung Waktu Total Proses Picking

Untuk menghitung waktu total proses picking dilakukan dengan menggunakan rumus berikut.

$$\text{Waktu Total} = WH + WV + WP \quad (13)$$

Sebagai contoh perhitungan, berikut merupakan perhitungan total waktu proses *picking* untuk barang di rak A level 1.

$$\text{Waktu Total} = WH + WV + WP$$

$$\text{Waktu Total} = 3,081 + 0 + 119$$

$$\text{Waktu Total} = 122,081 \text{ s}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan waktu total untuk rak A.

TABEL IV. 14
WAKTU TOTAL

Rack Location	Rack	Level	Horizontal Time (s)	Vertical Time (s)	Total Time (s)
R1A	A	1	3,081	0	122,081
R1A	A	2	3,081	0	122,081
R1A	A	3	3,081	0	122,081
R1A	A	4	3,081	0	122,081
R1A	A	5	3,081	6	128,081
R1A	A	6	3,081	8	130,081
R1A	A	7	3,081	10	132,081

4. Zonafikasi Penyimpanan barang

Zonafikasi adalah proses pembagian area penyimpanan barang menjadi zona-zona. Pemberian kode pada barang dilakukan berdasarkan ZABRS (Zone, Aisle, Bay, Row, Slot). *Layout Usulan Cold room PT. XYZ*. Penempatan barang dilakukan berdasarkan hasil *heatmap data*. Barang dengan klasifikasi *fast moving* disimpan pada rak dengan jarak paling dekat titik awal pengambilan barang atau *staging area*. Warna pada setiap rak diberikan berdasarkan *heatcode* yang telah ditentukan dari hasil klasifikasi barang.

H	I	J
3002	3001	3002
3002	G	3002
3001	F	3001
2001	E	2001
1002	D	2001
1002	C	1002
1001	B	1002
1001	A	1001
STAGING		

GAMBAR IV. 5
LAYOUT USULAN

Berikut keterangan dari warna-warna pada gambar *layout* diatas.

TABEL IV. 15
KETERANGAN HEATCODE

FSN	Material	Heatcode
F1	VVM BOPV 20	1001
F2	VVM NOPV 50	1002

S1	VVM 30 DOT	2001
N1	VVM BOPV 10	3001
N2	VVM 14 DOT	3002

D. Perancangan Model Simulasi

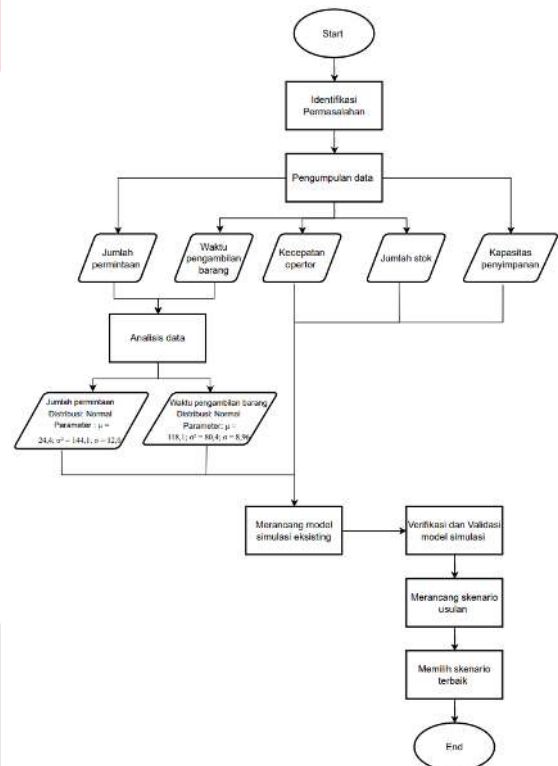
Setelah dilakukan alokasi penyimpanan usulan pada *cold room* PT. XYZ, selanjutnya dilakukan perancangan simulasi. Perancangan model simulasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing variabel yang dimasukkan kedalam model simulasi. Model simulasi dibuat menggunakan *software flexim*.

1. Model Simulasi Eksisting

Langkah awal adalah membuat model simulasi eksisting yang menggambarkan kondisi aktual gudang. pada kondisi aktual ini, sistem penempatan barang masih berdasarkan kondisi aktual yaitu *random storage*.

a. Flowchart Perancangan Simulasi

Flowchart pada perancangan simulasi ini menunjukkan alur proses perancangan simulasi yang akan dilakukan.



GAMBAR IV. 6
FLOWCHART SIMULASI

b. Analisis Data Simulasi

Analisis statistik pada data dilakukan untuk menentukan distribusi probabilitas atau tren yang digunakan dalam model simulasi. Berikut adalah beberapa data yang digunakan dalam merancang simulasi pada penelitian ini.

TABEL IV. 16
ANALISIS DATA SIMULASI

Data	Jenis Data
Jumlah barang yang diambil setiap permintaan	Probabilistik
Waktu proses pengambilan barang	Probabilistik
Kecepatan operator	Deterministik
Jumlah stok	Deterministik

Maksimal kapasitas penyimpanan	Deterministik
--------------------------------	---------------

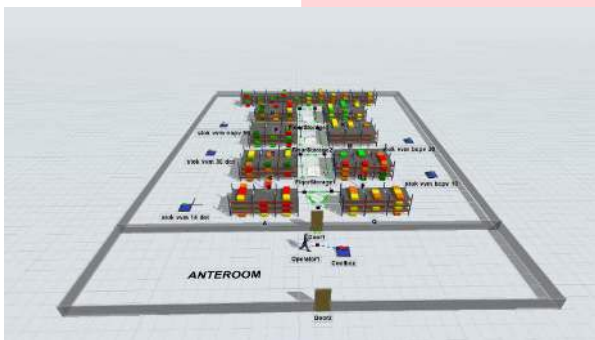
Untuk data probabilistik perlu dilakukan analisis statistik untuk mengetahui distribusi dan parameter nya.

TABEL IV. 17
DISTRIBUSI DATA

Jumlah barang yang diambil setiap permintaan	Jenis Distribusi	Normal
	Parameter	$\mu = 24,4; \sigma^2 = 144,1; \sigma = 12,0$
	Uji Normalitas	$p > 0,05$ (Kolmogorov-Smirnov: 0,15 / Shapiro-Wilk: 0,20)
Waktu proses pengambilan barang	Jenis Distribusi	Normal
	Parameter	$\mu = 118,1; \sigma^2 = 80,4; \sigma = 8,96$
	Uji Normalitas	$p > 0,05$ (Kolmogorov-Smirnov: 0,12 / Shapiro-Wilk: 0,09)

c. Model simulasi tampak 3D

Berikut merupakan penampakan model simulasi eksisting ketika di *running* menggunakan aplikasi *flexsim*.



GAMBAR IV. 7
MODEL SIMULASI EKSISTING

d. Hasil *running* simulasi eksisting

Setelah selesai *running*, berikut merupakan hasil dari simulasi eksisting.

Name	Value	Display Units	Description
PRM Jarak Tempuh	10732.07		
PRM Avg Stay time	153.71		
PRM Output	457		

GAMBAR IV. 8
HASIL *RUNNING* SIMULASI EKSISTING

Untuk total waktu pengambilan barang didapat dari data *sistem console* yang memonitor waktu proses, dimana waktu total proses pengambilan barang adalah 33.043 detik. Total barang yang diambil adalah 457 barang dari 30 kali pengambilan. Setelah dibagi dengan banyak pengambilan pesanan yaitu 30 kali, maka rata-rata waktu proses pengambilan barang adalah 1101,43 detik atau 18,35 menit.

2. Verifikasi dan Validasi

Setelah melakukan simulasi eksisting, langkah selanjutnya adalah melakukan verifikasi dan validasi pada model yang telah dibuat.

a. Verifikasi

Verifikasi model simulasi dilakukan untuk memastikan model yang telah dibuat sudah menggambarkan model konseptual dari sistem yang diamati. Proses verifikasi model simulasi dilakukan dengan memeriksa secara manual dan secara komputerisasi langsung menggunakan *software flexsim* untuk mengidentifikasi *error* ketika sistem dijalankan.

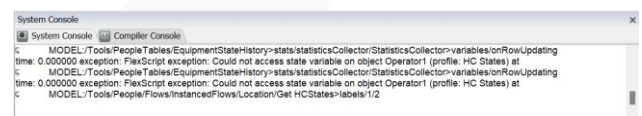
1) Error Model

Pengecekan pertama adalah dengan melihat apakah terdapat *error* pada model simulasi atau tidak. Berikut merupakan gambar jika terdapat *error* pada model.



GAMBAR IV. 9
ERROR PADA MODEL

Setelah dilihat dan diperbaiki, maka tampilan *error* pada *compiler console* akan menghilang seperti pada gambar IV.10 dibawah.



GAMBAR IV. 10
SETELAH ERROR DIPERBAIKI

2) Verifikasi aktivitas *picker*

Verifikasi manual yaitu dengan melihat apakah logika sistem sudah sesuai dengan model konseptual. Salah satu contohnya adalah verifikasi dengan mengecek aktivitas *picker* pada sistem. *Picker* akan melakukan aktivitas pengambilan barang sesuai dengan barang yang dipesan dan jumlah yang sesuai.

Statistics	
State	collecting
Throughput	
Input	Output
457.00	0.00

GAMBAR IV. 11
VERIFIKASI JUMLAH PESANAN

Dapat terlihat pada gambar IV.11 diatas, bahwa jumlah barang yang diambil sudah sesuai dengan permintaan.

b. Validasi

Validasi model dilakukan untuk memastikan bahwa model simulasi yang telah dirancang telah merepresentasikan kondisi sistem nyata. Validasi model dilakukan dengan cara pengujian statistik menggunakan *t-test*. Dalam model simulasi ini, proses validasi dilakukan dengan

membandingkan waktu *picking* yang dihasilkan pada model simulasi dengan waktu *picking* kondisi nyata.

TABEL IV. 18
PERBANDINGAN WAKTU PENGAMBILAN BARANG

Replikasi ke-	Waktu <i>Picking</i> (menit)	
	Model Simulasi	Kondisi nyata
1	1101.43	1101
2	1081.97	1101
3	1103.60	1101
4	1103.80	1101
5	1097.33	1101
6	1090.50	1101
7	1100.10	1101
8	1151.83	1101
9	1090.00	1101
10	1128.60	1101
Rata-rata	1104.92	1101

T-test dilakukan menggunakan bantuan *Microsoft excel* pada fitur *data analysis*. Berikut merupakan hipotesis yang digunakan.

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1$$

$$H_1 : \mu_0 \neq \mu_1$$

- Hipotesis nol (H_0) menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara dua kelompok yang dibandingkan.
- Hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara *mean* dua kelompok.

TABEL IV. 19
T-TEST: TWO-SAMPLE ASSUMING EQUAL VARIANCES

	Variable 1	Variable 2
Mean	1104.916667	1101
Variance	423.8827778	0
Observations	10	10
Pooled Variance	211.9413889	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	18	
t Stat	0.601580466	
P(T<=t) one-tail	0.277477649	
t Critical one-tail	1.734063607	
P(T<=t) two-tail	0.554955299	
t Critical two-tail	2.10092204	

Dapat dilihat pada hasil uji *t-test* diatas, *P-value* uji dua sisi bernilai (0,554955299) lebih besar dari tingkat signifikansi yaitu 0,05. Nilai *t-stat* bernilai 0.601580466 dan nilai *t critical two-tail* adalah 2.10092204. Hal ini berarti nilai *t-stat* < *t critical two-tail*. Nilai p (0,5550) lebih besar dari tingkat signifikansi umum 0,05, menunjukkan bahwa bukti yang ada tidak cukup kuat untuk menolak hipotesis nol. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis nol (H_0) diterima yaitu berarti tidak ada perbedaan antara variabel 1 dan variabel 2.

3. Variabel Keputusan

Variabel Keputusan merupakan variabel yang menggambarkan alternatif tindakan. Variabel keputusan dapat mempengaruhi nilai tujuan yang ingin dicapai.

Input	Variabel Keputusan	
	Control	Uncontrol
Permintaan		✓
Kapasitas penyimpanan		✓
Jumlah operator	✓	

Alokasi penyimpanan

✓

4. Skenario

Terdapat 3 skenario perbaikan yang dilakukan terhadap sistem terkait alokasi penyimpanan barang dan jumlah operator.

a. Skenario 1

Pada skenario pertama, dilakukan perbaikan terkait alokasi barang, dimana penyimpanan barang menggunakan kebijakan *dedicated storage*.

Name	Value	Display Units	Description
PFM Jarak tempuh	2952.77		
PFM Stay time	64.55		
PFM Output	457		

GAMBAR IV. 12
HASIL SKENARIO 1

Setelah dilakukan *running*, didapatkan hasil waktu total pengambilan keseluruhan barang adalah 22945,76 detik dengan rata-rata 12,7 menit untuk satu kali pengambilan pesanan.

b. Skenario 2

Pada skenario dua, dilakukan penambahan operator menjadi dua orang dengan alokasi barang yang tidak berubah masih sama dengan kondisi eksisting.

Name	Value	Display Units	Description
PFM Jarak tempuh Op1	4210.71		
PFM Jarak tempuh Op2	5091.97		
PFM Stay time	133.12		
PFM Output	457		

GAMBAR IV. 13
HASIL SKENARIO 2

Didapatkan hasil total waktu pengambilan keseluruhan barang pada skenario kedua ini adalah 17.846,85 detik dengan rata-rata 9,91 menit untuk satu kali pengambilan pesanan.

c. Skenario 3

Pada skenario tiga, dilakukan perbaikan alokasi menggunakan *dedicated storage* dan penambahan jumlah operator menjadi dua orang.

Name	Value	Display Units	Description
PFM Jarak tempuh Op1	1742.16		
PFM Jarak tempuh Op2	2203.10		
PFM Stay time	63.79		
PFM Output	457		

GAMBAR IV. 14
HASIL SKENARIO 3

Total waktu proses pengambilan keseluruhan barang adalah 14.362,01 detik dengan rata-rata 7,97 menit untuk sekali pengambilan pesanan.

5. Hasil Akhir Simulasi

Setelah melakukan simulasi dengan beberapa skenario dan mendapatkan hasil *output* waktu proses pengambilan barang, berikut merupakan hasil akhir simulasi.

TABEL IV. 20
HASIL AKHIR SIMULASI

Simulasi	Alokasi Penyimpanan	Jumlah Operator	Rata-rata (menit)
Eksisting	Random storage	1	18,41
Skenario 1	Dedicated storage	1	12,7
Skenario 2	Random storage	2	9,91
Skenario 3	Dedicated storage	2	7,97

V. ANALISIS

A. Analisis Penambahan Kapasitas Penyimpanan

Setelah dilakukan perhitungan jumlah *level* maksimal dengan mempertimbangkan tempat penyimpanan, tinggi ruangan, dan toleransi, didapatkan hasil penambahan *level* sebanyak 3 *level* dan menjadikan rak memiliki 7 *level*. Berikut merupakan perbandingan kapasitas rak pada kondisi eksisting dan kondisi usulan.

TABEL V. 1
PERBANDINGAN KAPASITAS RAK

Rak	Kapasitas <i>Cont.box</i>	
	Kondisi Eksisting	Kondisi Usulan
A	12	21
B	12	21
C	12	21
D	12	21
E	12	21
F	12	21
G	12	21
H	20	35
I	8	14
J	16	28
K	12	21
L	12	21
M	12	21
N	12	21
O	12	21
P	12	21
Q	12	21
Total kapasitas	212	371

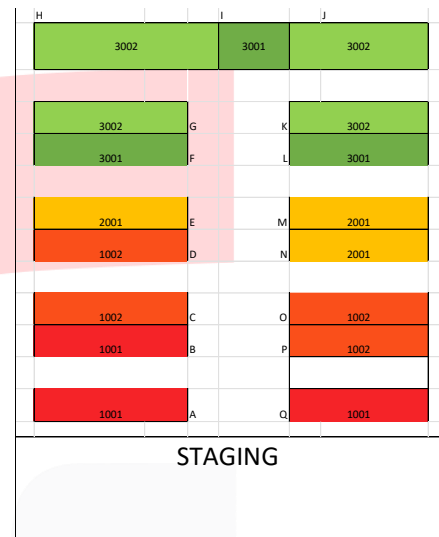
B. Analisis Alokasi Penyimpanan

Klasifikasi produk dilakukan dengan menggunakan analisis FSN, yaitu dengan melihat seberapa cepat pergerakan barang. Dengan analisis FSN ini, akan membagi produk kedalam beberapa kategori yaitu *fast moving*, *slow moving* dan *non-moving*. Produk dengan kategori *fast moving*, akan lebih di prioritaskan disimpan pada rak yang memiliki jarak dan waktu tempuh paling kecil.

TABEL IV. 21
FSN ANALISIS

Kelas	Jumlah SKU	Jumlah disimpan (<i>cont.box</i>)
F	2	109
S	1	46
N	2	107
Total	5	262

Alokasi barang dilakukan berdasarkan total waktu pengambilan barang setiap rak. Selanjutnya pemberian zonafikasi penyimpanan barang dengan memberikan kode pada barang berdasarkan ZABRS (*Zone, Aisle, Bay, Row, Slot*). Berikut merupakan tata letak penyimpanan usulan *cold room* PT. ZYZ.



GAMBAR V. 1
LAYOUT USULAN

Keterangan:

TABEL V. 2
KETERANGAN HEATCODE

FSN	Material	Heatcode
F1	VVM BOPV 20	1001
F2	VVM NOPV 50	1002
S1	VVM 30 DOT	2001
N1	VVM BOPV 10	3001
N2	VVM 14 DOT	3002

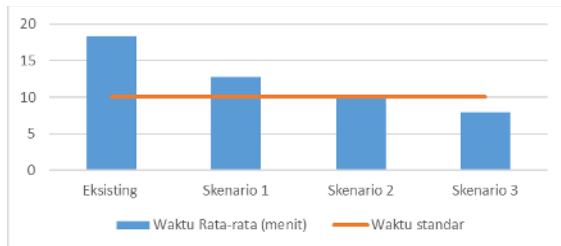
C. Analisis Hasil Simulasi

Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software flexsim*. Pertama dibuat terlebih dahulu model simulasi eksisting yang menggambarkan kondisi *real* saat ini. Dari hasil simulasi eksisting, didapatkan hasil total waktu tempuh pengambilan barang adalah 33.043 detik atau rata-rata 1101,43 detik per sekali pengambilan. Setelah model terverifikasi dan tervalidasi, selanjutnya dibuat model usulan dengan beberapa skenario. Berikut merupakan tabel V.3 perbandingan hasil simulasi yang telah dilakukan.

TABEL V. 3
PERBANDINGAN HASIL SIMULASI

Simulasi	Alokasi Penyimpanan	Jumlah Operator	Rata-rata (menit)
Eksisting	Random storage	1	18,41
Skenario 1	Dedicated storage	1	12,7
Skenario 2	Random storage	2	9,91
Skenario 3	Dedicated storage	2	7,97

Berikut merupakan perbandingan hasil simulasi dengan waktu standar perusahaan.



Gambar V. 2 Perbandingan waktu rata-rata pengambilan barang

Dapat dilihat pada *chart* diatas, bahwa ketiga skenario berhasil membuat waktu pengambilan barang rata-rata berada dibawah waktu standar Perusahaan. Berikut persentasi penurunan waktu pengambilan barang.

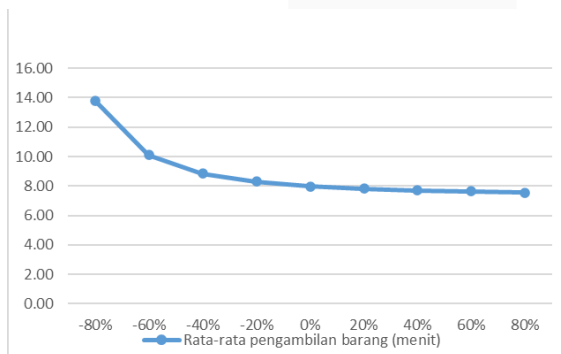
TABEL V. 4
PERSENTASE PENURUNAN WAKTU

Skenario	Penurunan waktu
1	31%
2	46%
3	57%

Dapat dilihat pada tabel V.5 diatas, bahwa penurunan waktu tertinggi ada pada skenario tiga yaitu sebesar 57%.

D. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas pada model simulasi ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana variasi dalam suatu *input* model simulasi dapat mempengaruhi *output* dari model simulasi. Pada analisis ini akan dilihat perubahan pada hasil *output* yaitu waktu proses pengambilan barang dengan merubah input kecepatan operator berjalan. Kecepatan operator diubah dengan peningkatan dan penurunan sebesar 20%, 40%, 60% dan 80% dari kecepatan rata-rata awal.



GAMBAR V. 3
ANALISIS SENSITIVITAS

Dari gambar V.3 diatas dapat dilihat bahwa terdapat perubahan terhadap waktu proses pengambilan barang jika kecepatan operator diubah. Hal ini berarti *input* kecepatan operator sensitif terhadap waktu proses pengambilan barang.

E. Analisis Biaya Investasi

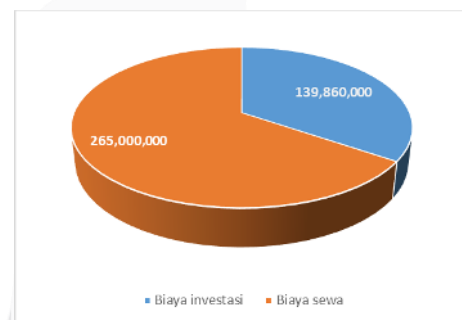
Pada penelitian ini, diberikan usulan untuk menambah kapasitas penyimpanan *cold room* dengan menambah 3 *level* rak untuk setiap rak. Karena penambahan investasi ini, maka ada pertimbangan tabahan untuk Perusahaan. Diketahui bahwa harga untuk menambah *level* rak adalah Rp

15.000.000 per 10 meter. Maka, berikut merupakan total biaya penambahan *level* rak.

TABEL V. 5
BIAYA INVESTASI

Rak	Ukuran rak (m)	Harga per meter (Rp)	Jumlah level	Total harga (Rp)
A	1,86	2.790.000	3	8.370.000
B	1,86	2.790.000	3	8.370.000
C	1,86	2.790.000	3	8.370.000
D	1,86	2.790.000	3	8.370.000
E	1,86	2.790.000	3	8.370.000
F	1,86	2.790.000	3	8.370.000
G	1,86	2.790.000	3	8.370.000
H	2,24	3.360.000	3	10.080.000
I	1	1.500.000	3	4.500.000
J	1,8	2.700.000	3	8.100.000
K	1,86	2.790.000	3	8.370.000
L	1,86	2.790.000	3	8.370.000
M	1,86	2.790.000	3	8.370.000
N	1,86	2.790.000	3	8.370.000
O	1,86	2.790.000	3	8.370.000
P	1,86	2.790.000	3	8.370.000
Q	1,86	2.790.000	3	8.370.000
Total			51	139.860.000

Total biaya untuk penambahan 51 *level* adalah sebesar Rp 139.860.000. Sedangkan jika tidak menambah kapasitas, maka gudang bahan baku harus menyewa sebuah *reefer container* sebagai tempat penyimpanan. Dengan menyewa *reefer container*, gudang perlu mengeluarkan biaya sewa sebesar Rp 265.000.000 setiap tahunnya.



GAMBAR V. 4
PERBANDINGAN BIAYA

Dengan mempertimbangkan investasi penambahan *level* pada rak *cold room*, Perusahaan dapat menghemat Rp 125.140.000 atau 53% biaya operasional gudang.

VI. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa waktu *picking* barang di gudang PT. XYZ melebihi standar perusahaan karena kapasitas penyimpanan yang terbatas dan pengaturan penyimpanan yang tidak efisien. Usulan penambahan tiga *level* rak yang meningkatkan kapasitas penyimpanan sebesar 75% dan utilitas ruangan menjadi 81%. Penerapan alokasi barang menggunakan metode *dedicated storage* dan analisis FSN berhasil mengurangi waktu *picking* hingga 57% dan menghemat biaya operasional.

REFERENSI

- [1] Adisurya, E., Gozali, L., & Sukania, I. (2021). *The layout of Raw Material Warehouse in PT. Boga*

Dimsum Indonesia Using Class-Based Storage Method and Promodel Simulation.

- [2] Altiok, T., & Melamed, B. (2007). *Simulation Modeling and Analysis with Arena*. Academic Press publications.
- [3] Ardhito, F. (2021). Usulan Perancangan Alokasi Penyimpanan Menggunakan Warehouse Slotting Dengan Pendekatan FSN Analisis Untuk Minimasi Delay Picking Di Gudang Raw Material PT. ASD.
- [4] Bartholdi, J. J., & Hackman, S. (2014). *Warehouse & Distribution Science*. Atlanta.
- [5] Borshchev, A. (2013). *The Big Book of Simulation Modelling-Multimethod Modeliing with AnyLogic 6*. North America.
- [5] Evelyn, A., & Silitonga, R. (2024). Perbaikan Tata Letak Gudang PT PYT Dengan memperhatikan Jarak, Waktu Handling, dan Ulititas Ruang Penyimpanan. *Journal of Integrated Sysyem 7 (1)*.
- [6] Febrian, A. M. (2023). Perbaikan Pada Waktu Siklus Order Picking Dengan Metode Dedicated Storage Dan Pendekatan Simulasi Kejadian Diskrit (Studi Kasus: Adorable Project).
- [7] Frazelle, E. H. (2016). *World-Class Warehousing and Material Handling second Edition*.
- [8] Husin, S. (2020). Perbaikan Tata Letak Gudang Produk Jadi Dengan Metode Dedicated Storage Digudang PT. YYZ. *Journal Of Industrial And Systems Optimization*.
- [9] Islami, H. A., & Vikaliana, R. (2023). Bulk Warehouse Layout Design Analysis Using the Dedicated Storage Method (Case Study: PT Krakatau Jasa Logistic). *Proceeding of the Thirteen Annual Conference n Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)*.
- [10] Pawlewski, P., Dbrowska, P. H., Dawson, P. G., & Lewandowska, K. W. (2019). *FlexSim in Academe: Teaching and Research*. Switzerland: Springer Nature Switzerland.
- [11] Prasetyo, Y. T., & Fatih, F. A. (2021). Perbaikan Tata Letak Fasilitas Gudang Dengan Pendekatan Dedicated Storage Pada Gudang Distribusi Barang Jadi Industri Makanan Ringan. *Jurnal Teknik Industri*.
- [12] Pratama, M. N., Lina, G., Dywin, F. J., & Vioen, V. (2022). Raw Material Warehouse Layout Design Using Class-Based Storage Method with ProModel and FlexSim Simulation at Automotive Assembling Company. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.
- [13] Richards, G. (2014). *Warehouse Management-A complete guide to improving efficieny anda minimizing cst in the modern warehouse*. Kogan Page.
- [14] Sawal, A., Ramadhan, D., & Sharmauliani, S. (2023). Perancangan Racking System Dan Layout Pada Gudang Pt. Tiran Makassar. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri X 2023*.
- [15] Suwarno, Arianto, B., & Mandagie, K. (2019). Perancangan Tata Letak Gudang Produk Jadi Cat Dengan Metode Dedicated Storage Di PT. Akzonobel Car Refinishes Indonesia. *Jurnal Teknik Industri*.
- [16] Tompkins, J., White, J., Bozer, Y., & Tanchoco, J. (2010). *Facilities Planning Fourth Edition*.
- [17] Waters, D. (2003). *Logistics An Introduction to Supply Chain Management*. Palgrave Macmillan.