



TUGAS AKHIR – TI 141501

**SIMULASI SISTEM *ORDER PICKING* UNTUK  
MEREDUKSI WAKTU PENGAMBILAN BARANG  
JADI (STUDI KASUS: PT NPK JADIMAS)**

**Clara Beatrix Hutapea**

**NRP 2513 100 180**

Dosen Pembimbing

**Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph. D**

NIP. 194807101976031002

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017









FINAL PROJECT – TI 141501

**ORDER PICKING SIMULATION OF FINISHED  
GOODS TO MINIMIZE ORDER PICKING CYCLE  
TIME (CASE STUDY: PT JADIMAS)**

**Clara Beatrix Hutapea**

**NRP 2513 100 180**

Supervisor

**Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph. D**

NIP. 194807101976031002

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017







# LEMBAR PENGESAHAN

## SIMULASI SISTEM *ORDER PICKING* UNTUK MEREDUKSI WAKTU PENGAMBILAN BARANG JADI (STUDI KASUS: PT NPK JADIMAS)

### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Surabaya

Penulis:

**CLARA BEATRIX HUTAPEA**

**NRP 2513 100 180**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:



**Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph. D**  
NIP. 194807101976031002

Surabaya, Juli 2017



**SIMULASI SISTEM *ORDER PICKING* UNTUK MEREDUKSI  
WAKTU PENGAMBILAN BARANG JADI  
(STUDI KASUS: PT JADIMAS)**

Nama : Clara Beatrix Hutapea  
NRP : 2513100180  
Departemen : Teknik Industri  
Pembimbing : Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph. D

**ABSTRAK**

PT NPK Jadimas adalah salah satu produsen pupuk yang terletak di wilayah Gresik, Jawa Timur. Terdapat banyak jenis pupuk yang ditawarkan dengan *production rate* sebanyak 350 ton/hari dengan sistem produksi yang bersifat *make to order* (MTO) yang menyebabkan banyaknya variasi jenis dan jumlah pupuk yang dipesan. Sistem penyimpanan *random storage* selama ini berdampak pada sistem *order picking* yang membuat *picker* kesulitan mencari barang sehingga waktu proses pengambilan barang cenderung lama.

Metode simulasi diskrit dipilih sebagai *tool* yang mampu menggambarkan tahapan manufaktur dan tata letak penyimpanan barang tanpa implementasi secara langsung untuk mendapatkan skenario terbaik untuk mereduksi *order picking cycle time* yang terdiri dari komponen waktu *travel time* dan *process time*. Simulasi diskrit juga digunakan untuk mengevaluasi kejadian *random* yang mungkin terjadi terkait variasi produk dan komposisi pupuk yang diminta oleh konsumen.

Kondisi perbaikan yang dilakukan adalah terkait pembagian wilayah *order picking*, penambahan titik *docking* pada salah satu gudang untuk meminimalisasi jarak tempuh *material handling* dalam melakukan proses pengambilan barang. Selain itu juga dilakukan penambahan *resource material handling* berupa *forklift* untuk dapat mereduksi *order cycle time* secara keseluruhan.

Hasil penelitian menunjukkan model simulasi yang dibangun dapat digunakan untuk memperbaiki sistem *order picking* di PT NPK Jadimas agar waktu proses pengambilan barang tidak memakan waktu yang terlalu lama. Dengan adanya penambahan titik *docking* dan *material handling* berupa *forklift*, jarak tempuh yang tereduksi memberikan pengaruh yang berbanding lurus dengan *order picking cycle time* sehingga waktu pengambilan barang dapat tereduksi sebesar 39 % dan utilitas *forklift* sebesar 49%.

**Kata Kunci:** Pupuk NPK, Penyimpanan, Pengambilan, *Order Picking*, Simulasi Diskrit



**ORDER PICKING SIMULATION OF FINISHED GOODS TO  
MINIMIZE ORDER PICKING CYCLE TIME  
(CASE STUDY: PT JADIMAS)**

Name : Clara Beatrix Hutapea  
NRP : 2513100180  
Department : Industrial Engineering  
Supervisor : Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph. D

**ABSTRACT**

PT NPK Jadimas is one of the fertilizer producers located in Gresik, East Java. There are many types of fertilizer that being offered by the company with a production rate of 350 tons / day. Make-to-order (MTO) production system that being used causes the variance of the type and amount of fertilizer ordered. Storage system at the warehouse is random storage and this condition gives some impacts on the warehouse activity that makes picker difficulty finding goods and at the end the order picking cycle time is too long and the working hours is overtime.

Discrete simulation method is chosen as a tool that capable to describe the manufacturing process and the storage assignment without direct implementation to get the best condition to reduce the order picking cycle time consisting of time travel time and process time components. Discrete simulations are also used to evaluate possible random events related to product variance and fertilizer composition ordered by consumers.

The improvement is related to order picking system chancing, by adding docking point and same material handling. Addition of docking point is expected to be able to reduce the distance that must be taken by the picker and the addition of material handling resources in the form of forklift is expected to reduce the order cycle time as a whole.

The result of the research shows that the simulation model can be used to improve order picking system in PT NPK Jadimas so the order picking process does not take a long time. With the addition of docking point and material handling in the form of forklift, the reduced distance gives effect which is significant to order picking cycle time. The reduction of order picking cycle time is 39% and the utility of material handling is becoming 49%.

**Keywords:** NPK Fertilizer, Storage, Picking, Order Picking, Discrete Simulation



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus karena berkat dan penyertaannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Simulasi Sistem Order Picking Untuk Mereduksi Waktu Pengambilan Barang Jadi (Studi Kasus: PT NPK Jadimas)”. Laporan Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan sarjana program studi S-1 Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Penyelesaian laporan ini tidak terlepas dari bantuan pihak lain, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Robert Halasan Hutapea dan Sortha Erifiana Siagian selaku orang tua yang telah memberikan dukungan, semangat, dan doa agar penelitian ini dapat selesai serta keluarga yang juga telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph. D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, ilmu, nasehat, dan perbaikan selama pengerjaan Tugas Akhir serta kesempatan menjadi siswa yang dibimbing.
3. Bapak Drs. F. X. Sumarno, SH., MH selaku direktur utama yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian di PT NPK Jadimas serta Bapak Waro dan Bapak Bayu yang telah menjadi pembimbing selama melakukan penelitian di lapangan.
4. Bapak Yudha Andrian Saputra, S.T., MBA dan Ibu Effi Latiffianti, S.T., M.Sc selaku dosen penguji proposal serta Bapak Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng., Ph.D. dan Ibu Dr. Niniet Indah Arvitrida, ST. MT selaku dosen penguji pada sidang Tugas Akhir yang telah memberikan saran dan masukan untuk perbaikan penelitian ini.
5. Angkatan TI-29 Cyprium yang telah menjadi keluarga selama masa perkuliahan.

Pengerjaan laporan Tugas Akhir ini tidak luput dari kesalahan. Oleh karena saran dan kritik dibutuhkan agar dapat menjadi lebih baik. Jika terdapat kesalahan selama pengerjaan laporan ini penulis meminta maaf. Penulis berhadarp adanya pengerjaan laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Tujuan Penelitian.....	3
1.4    Manfaat Penelitian.....	4
1.5    Ruang Lingkup Penelitian .....	4
1.5.1    Batasan .....	4
1.5.2    Asumsi .....	4
1.6    Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1    Tipe Gudang .....	7
2.2    Dasar-dasar Operasi Pergudangan .....	8
2.3    Kebijakan Pengambilan Barang ( <i>Picking Policy</i> ).....	10
2.3.1    Basic-Order Picking.....	10
2.3.2    Batch Picking .....	10
2.3.3    Zone Picking .....	11
2.3.4    Wave Picking .....	11
2.4    Metode Simulasi.....	11
2.4.2    Simulasi.....	12

2.4.3	Simulasi dengan ARENA.....	14
2.5	Penelitian Terdahulu .....	14
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>17</b>
3.1	Identifikasi Sistem .....	18
3.1.1	Elemen Sistem .....	19
3.1.2	Variabel Sistem.....	20
3.1.4	Key Performance Indicator.....	21
3.2	Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	21
3.3	Pengembangan Model.....	22
3.3.1	Pengembangan Model Konseptual .....	23
3.3.2	Pengembangan Model Simulasi .....	25
3.3.3	Verifikasi dan Validasi .....	25
3.4	Analisis dan Interpretasi Hasil Simulasi .....	25
<b>BAB 4 PENGOLAHAN <i>INPUT</i> DAN PENGEMBANGAN MODEL .....</b>		<b>27</b>
4.1	Pengumpulan Data .....	27
4.1.1	Data Detail Order.....	27
4.1.2	Layout Penyimpanan .....	27
4.1.3	Data Processing Time .....	28
4.2	Pengolahan Data .....	28
4.2.1	Waktu Antar Kedatangan .....	28
4.2.2	Pembagian Area Picking .....	29
4.2.3	Fitting Data Distribution .....	29
4.3	Model Simulasi .....	31
4.3.3	Model Simulasi Sistem Penyimpanan Barang.....	31
4.3.3.1	Submodel Identifikasi Jenis dan Jumlah Formula yang Dipesan	33
4.3.3.2	Submodel Penyimpanan Pupuk ke Dalam Gudang .....	33
4.3.4	Model Simulasi Sistem Pengambilan Barang .....	34
4.3.4.1	Submodel Pengecekan Pupuk yang Akan Dikirim .....	37

4.3.4.2	Submodel Proses Order Picking Barang .....	38
4.3.4.3	Submodel Perhitungan Order Cycle Time .....	39
4.4	Penentuan Jumlah Replikasi.....	39
4.5	Validasi dan Verifikasi.....	41
4.5.1	Validasi .....	41
4.5.2	Verifikasi.....	43
4.6	Hasil Simulasi .....	45
4.6.1	Hasil Simulasi Terkait Order Picking Cycle Time .....	46
4.6.2	Hasil Simulasi Terkait Utilitas Resources .....	50
<b>BAB 5 ANALISIS DAN INTEPRETASI DATA .....</b>		<b>51</b>
5.1	Analisis Order Cycle Time dan Utilitas <i>Forklift</i> pada Kondisi Eksisting 51	
5.2	Analisis <i>Order Cycle Time</i> dan Utilitas <i>Forklift</i> pada Skenario Perbaikan 52	
5.2.1	Skenario 1: Penambahan Titik Docking .....	52
5.2.2	Skenario 2: Penambahan Titik Docking dan 1 Forklift .....	53
5.2.3	Skenario 3: Penambahan Titik Docking dan 2 Forklift .....	54
5.3	Analisis Pemilihan Skenario Terbaik .....	56
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>59</b>
6.1	Kesimpulan.....	59
6.2	Saran.....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>61</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>63</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>		<b>79</b>

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu .....	15
Tabel 3. 1 Variabel Sistem <i>Order Picking</i> di PT NPK Jadimas .....	21
Tabel 4. 1 Hasil <i>Fitting Distribution Travel Time</i> .....	30
Tabel 4. 2 Hasil <i>Fitting Distribution Processing Time</i> .....	31
Tabel 4. 3 Hasil <i>Running</i> Lima Replikasi .....	39
Tabel 4. 4 Hasil <i>Running</i> Lima Replikasi (Lanjutan) .....	40
Tabel 4. 5 Perbandingan <i>Travel Time</i> sebagai Data Validasi .....	41
Tabel 4. 6 Perbandingan <i>Travel Time</i> sebagai Data Validasi (Lanjutan) .....	42
Tabel 4. 7 <i>t-Test: Paired Two Sample for Means</i> .....	42
Tabel 4. 8 <i>Output</i> Model Simulasi .....	46
Tabel 4. 9 Jarak Area Penyimpanan ke Titik <i>Docking</i> .....	47
Tabel 4. 10 Perbandingan Hasil Simulasi Terkait <i>Order Picking Cycle Time</i> .....	48
Tabel 4. 11 Perbandingan Hasil Simulasi Terkait <i>Order Picking Cycle Time</i> (Lanjutan).....	49
Tabel 4. 12 Rekap Hasil Simulasi Terkait Utilitas <i>Resources</i> .....	50
Tabel L. 1 Daftar Jenis Pupuk.....	63
Tabel L. 2 <i>Detail Order</i> Jumlah Pupuk .....	64
Tabel L. 3 <i>Travel Time Forklift</i> dari Titik <i>Docking</i> menuju Area Penyimpanan pada Gudang A .....	72
Tabel L. 4 <i>Travel Time Forklift</i> dari Titik <i>Docking</i> menuju Area Penyimpanan pada Gudang A ((Lanjutan).....	73
Tabel L. 5 <i>Travel Time Forklift</i> dari Titik <i>Docking</i> menuju Area Penyimpanan pada Gudang B .....	74
Tabel L. 6 <i>Travel Time Forklift</i> dari Titik <i>Docking</i> menuju Area Penyimpanan pada Gudang B (Lanjutan) .....	75
Tabel L. 7 Rekap Hasil Simulasi .....	76
Tabel L. 8 Rekap Hasil Simulasi (Lanjutan) .....	77
Tabel L. 9 Rekap Hasil Simulasi (Lanjutan) .....	78

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Aktivitas Pergudangan .....	8
Gambar 2. 2 Persentase Konsumsi Waktu pada Aktivitas Pergudangan.....	9
Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir.....	17
Gambar 3. 2 <i>Layout</i> Gudang Barang Jadi Beserta Aliran Barang di Dalamnya....	19
Gambar 3. 3 Aktivitas Sistem <i>Order Picking</i> di PT NPK Jadimas.....	20
Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengembangan Model Simulasi .....	23
Gambar 3. 5 Diagram Alir Model Konseptual Kondisi Eksisting Sistem <i>Order Picking</i> Barang Jadi di PT NPK Jadimas.....	24
Gambar 4. 1 <i>Layout</i> Penyimpanan Gudang Barang Jadi .....	28
Gambar 4. 2 Pembagian Area <i>Picking</i> .....	29
Gambar 4. 3 <i>Flow Chart</i> Alur Proses Sistem Penyimpanan.....	32
Gambar 4. 4 Model Simulasi Penyimpanan Barang .....	33
Gambar 4. 5 Model Simulasi Identifikasi Jenis Formula yang Dipesan.....	33
Gambar 4. 6 Model Simulasi Penentuan Lokasi Penyimpanan Pupuk ke Dalam Gudang .....	34
Gambar 4. 7 Model Simulasi Penyimpanan Pupuk .....	34
Gambar 4. 8 <i>Flow Chart</i> Alur Proses Pengambilan Barang .....	36
Gambar 4. 9 Model Simulasi Sistem Pengambilan Barang .....	37
Gambar 4. 10 Model Simulasi Proses Identifikasi Jenis Formula yang Dikirim..	37
Gambar 4. 11 Model Simulasi Proses <i>Order Picking</i> .....	38
Gambar 4. 12 Model Simulasi Pengecekan Proses <i>Order Picking</i> .....	38
Gambar 4. 13 Model Simulai Perhitungan <i>Order Picking Cycle Time</i> .....	39
Gambar 4. 14 Verifikasi dengan Fitur <i>Model Check</i> pada <i>Software ARENA</i> .....	43
Gambar 4. 15 Jumlah Pupuk yang Disimpan dalam Satuan Sak dan <i>Pallet</i> .....	44
Gambar 4. 16 Jenis dan Kuantitas Formula yang Dipesan pada Hari Ke-5 .....	45
Gambar 4. 17 Logika Model Simulasi untuk Aktivitas <i>Picker</i> .....	45
Gambar 4. 18 <i>Layout</i> Penambahan Titik <i>Docking</i> pada Gudang A.....	48
Gambar 4. 19 Grafik Perbandingan Hasil <i>Order Picking Cycle Time</i> pada Kondisi Eksisting dan Kondisi Perbaikan .....	49

Gambar 5. 1 Perbandingan <i>Order Picking Cycle Time</i> Kondisi Eksisting dengan Skenario 1 .....	52
Gambar 5. 2 Perbandingan <i>Order Picking Cycle Time</i> Kondisi Eksisting dengan Skenario 2 .....	53
Gambar 5. 3 Persentase Utilitas <i>Forklift</i> pada Skenario 2.....	54
Gambar 5. 4 Perbandingan <i>Order Picking Cycle Time</i> Kondisi Eksisting dengan Skenario 3 .....	55
Gambar 5. 5 Persentase Utilitas <i>Forklift</i> pada Skenario 3.....	55
Gambar L. 1 Keseluruhan Model Simulasi .....	65
Gambar L. 2 Model Sistem Penyimpanan Barang .....	66
Gambar L. 3 Model Sistem Pengambilan Barang .....	67
Gambar L. 4 Sub Model <i>Order Cycle Time Calculation</i> .....	68
Gambar L. 5 Sub Model Aktivitas <i>Order Picking</i> .....	69
Gambar L. 6 Sub Model Pengecekan Barang yang Diambil dari Gudang.....	70
Gambar L. 7 Sub Model Identifikasi Barang yang Masuk Gudang .....	71

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

Pada Bab 1 dijelaskan mengenai beberapa hal terkait pendahuluan Tugas Akhir yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup, dan sistematika dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini.

### **1.1 Latar Belakang**

Pada sebuah aliran logistik, terdapat banyak aktivitas yang mendukung sehingga ketersediaan suatu produk berada pada status kuantitas, kondisi, dan waktu yang tepat atau *right place, right goods, dan right time*. Rantai pasok tidak hanya meliputi manufaktur dan *supplier* saja tetapi juga transportasi, gudang (*warehouse*), *retailer*, dan konsumen. Terdapat enam aspek utama yang menentukan performansi suatu jaringan rantai pasok yaitu fasilitas, *inventory*, transportasi, informasi, *sourcing*, dan *pricing*. Fasilitas terdiri dari dua komponen utama yaitu *production sites* dan *storage sites* (Chopra dan Meindl, 2007). *Storage sites* sendiri terdiri dari fasilitas gudang yang fungsi dasarnya adalah melakukan penyimpanan stok barang. Gudang merupakan salah satu komponen yang penting dan vital dalam keseluruhan rangkaian aktivitas *supply chain*. Sekitar dua puluh hingga tiga puluh persen dari total biaya logistik berasal dari aktivitas pergudangan (Zaroni, 2015).

Menurut Nurseha (2015), gudang adalah bangunan yang secara fisik mempunyai kriteria tertentu dan di dalamnya terdapat proses pergudangan berupa *storage* dan *material handling* yang dirancang untuk mencapai target *service level* dan total biaya yang paling rendah. Aktivitas utama pergudangan yang paling berpengaruh pada kinerja gudang meliputi *receiving storage, order picking, dan shipping*. Kinerja gudang yang baik akan meningkatkan performansi aliran *supply chain* yang baik. Terdapat beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengukur performansi gudang yaitu melalui proses pergudangan, *throughput, storage availability*, dan waktu proses dalam melakukan aktivitas pergudangan. Dalam mengukur salah satu aktivitas utama pergudangan yaitu proses *order*

*picking*, parameter pengukuran performansi yang dapat digunakan adalah waktu proses selama melakukan aktivitas tersebut.

PT NPK Jadimas adalah salah satu produsen pupuk yang terletak di wilayah Gresik, Jawa Timur. Konsumen utama dari produk pupuk yang ditawarkan mayoritas tersebar di Kalimantan. Terdapat banyak jenis pupuk yang ditawarkan dengan *production rate* sebanyak 350 ton/hari. Angka produksi yang dilakukan setiap harinya cukup besar. Produksi yang bersifat *make to order* (MTO) memberikan tingkat ketidakpastian dan kompleksitas perencanaan produksi yang tinggi.

Proses produksi yang bersifat MTO menyebabkan besarnya variansi jenis dan jumlah produk yang dipesan sehingga pihak gudang kesulitan dalam mengelola sistem penyimpanan barang. Sistem penyimpanan barang yang selama ini diterapkan adalah *random storage*, selama ada ruang kosong maka barang diletakan di tempat tersebut. Namun, hal tersebut berdampak pada proses *order picking* yang cenderung lama karena *picker* kesulitan dalam mencari barang yang hendak dikirim. Hal ini membuat *accessibility* yang rendah dan proses *order picking* yang lebih lama.

Permasalahan ini membuat aliran barang dalam gudang menjadi kurang lancar sehingga proses *order picking* yang seharusnya selesai dalam satu *shift* (8 jam) tetapi hampir setiap hari berlangsung selama dua *shift* yaitu memakan waktu rata-rata 14 jam. Selain itu, karena proses *order picking* yang cenderung lama menyebabkan adanya antrean truk dan kontainer di pabrik. Proses *order picking* berlangsung cukup lama juga disebabkan oleh jumlah *resource* yang terlalu sedikit. Saat ini, perusahaan hanya mengalokasikan satu *forklift* untuk gudang barang jadi. Utilitas *forklift* tersebut juga sangat tinggi yaitu satu karena setiap harinya *forklift* selalu sibuk. Tingginya utilitas tersebut mengindikasikan bahwa jumlah *resource* yang ada masih terlalu sedikit dan perlu diadakan penambahan. Dengan adanya permasalahan tersebut maka Tugas Akhir ini dilakukan guna meningkatkan performansi dari gudang bahan jadi. Tugas Akhir yang dilakukan di PT NPK Jadimas ini dilakukan untuk mengevaluasi proses *order picking* pada gudang barang jadi agar dapat mereduksi waktu pengambilan barang. Skenario perbaikan yang akan dilakukan meliputi pengurangan *travel time* dan penambahan jumlah

*resource* karena dua aspek tersebut yang menjadi masalah utama pada proses *order picking* di PT NPK Jadimas Metode simulasi digunakan untuk mendapatkan skenario terbaik untuk memecahkan permasalahan di atas.

Simulasi dipilih sebagai *tool* yang mampu menggambarkan tahapan manufaktur dan tata letak penyimpanan barang tanpa implementasi secara langsung. Simulasi digunakan untuk mengevaluasi kejadian *random* yang mungkin terjadi terkait variansi produk dan komposisi pupuk yang diminta oleh konsumen. Kejadian *random* lainnya yang dapat terjadi juga meliputi perubahan pesanan dari *customer* yang dapat berubah sewaktu-waktu sehingga pendekatan simulasi dipilih untuk memprediksi sebuah sistem yang kompleks dengan mengamati perpindahan barang dan interaksi antar komponen dalam sistem. Berdasarkan permasalahan di atas, simulasi *discrete-event* adalah metode yang paling tepat karena perubahan pada sistem terjadi pada titik-titik diskrit tertentu. Dengan pendekatan simulasi *discrete-event* menggunakan *software* ARENA, skenario perbaikan terhadap proses *order picking policy* dapat diuji secara fleksibel hingga mendapatkan alternatif solusi terbaik bagi aktivitas pergudangan pada PT NPK Jadimas.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan, permasalahan yang diangkat dalam Tugas Akhir ini adalah terkait dengan bagaimana meningkatkan performansi proses *order picking* pada gudang barang jadi dengan mereduksi waktu pengambilan barang jadi dengan menurunkan *travel time* dan penambahan *resources*.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari pelaksanaan Tugas Akhir pada gudang barang jadi di PT NPK Jadimas adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi sistem *order picking* pada gudang barang jadi yang saat ini diterapkan oleh PT NPK Jadimas.
2. Menghasilkan model simulasi sistem penyimpanan dan pengambilan barang jadi di PT NPK Jadimas.

3. Memperoleh skenario perbaikan yang dapat mereduksi waktu *order picking* barang jadi di PT NPK Jadimas.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang didapat dari Tugas Akhir pada gudang di PT NPK Jadimas adalah sebagai berikut:

1. Memberikan rekomendasi untuk meningkatkan performansi sistem *order picking* di gudang barang jadi PT NPK Jadimas.
2. Hasil solusi skenario terbaik yang didapatkan dari simulasi pada *Software ARENA* dapat digunakan PT NPK Jadimas untuk menjadi alternatif proses penyimpanan dan pengambilan barang jadi.

#### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Pada bagian ini dijelaskan mengenai ruang lingkup Tugas Akhir yang terdiri dari batasan dan asumsi yang digunakan oleh penulis dalam pelaksanaan Tugas Akhir pada gudang bahan baku di PT NPK Jadimas.

##### *1.5.1 Batasan*

Batasan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Gudang yang dijadikan objek adalah dua gudang barang jadi yang terdapat di pabrik Driyorejo dari PT NPK Jadimas.
2. Sistem yang diamati adalah proses penyimpanan dan pengambilan barang jadi di PT NPK Jadimas.
3. Data pergudangan yang diperoleh merupakan data dari PT NPK Jadimas selama tiga bulan dari bulan Januari 2016 hingga Maret 2016.
4. Terdapat 17 jenis pupuk yang diamati pada model simulasi ini.

##### *1.5.2 Asumsi*

Asumsi yang mendasari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Kegiatan penyimpanan barang dan pengambilan *order* dilakukan setiap hari.
2. Satuan kuantitas *order* yang digunakan berupa sak.

3. Tidak ada perbedaan waktu proses *loading* barang ke *forklift* untuk setiap area penyimpanan
4. Seluruh *resources* (*picker*) dan *material handling* (*forklift*) yang digunakan pada proses *order picking* adalah satu kesatuan dan memiliki kapasitas yang sama.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai sistematika penulisan laporan Tugas Akhir. Laporan akan dibagi ke dalam enam bab yang terdiri dari pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, pengumpulan dan pengolahan data, analisis dan interpretasi data, serta kesimpulan dan saran.

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab 1 menjelaskan mengenai pendahuluan latar belakang yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, serta batasan dan asumsi yang digunakan pada Tugas Akhir ini. Pada Bab 1 juga dijelaskan mengenai sistematika penulisan laporan Tugas Akhir.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab 2 menjelaskan mengenai studi literatur yang digunakan pada Tugas Akhir ini. Studi literatur terdiri dari landasan teori yang menjadi dasar pengerjaan Tugas Akhir. Referensi studi literatur yang digunakan terdiri dari buku, jurnal, dan penelitian terdahulu.

### **BAB 3 METODOLOGI TUGAS AKHIR**

Bab 3 menjelaskan mengenai prosedur pengerjaan Tugas Akhir yang dimulai dari proses identifikasi sistem, pengumpulan data, analisis, hingga penarikan kesimpulan. Selain itu, pada Bab 3 juga dijelaskan mengenai model konseptual yang merupakan dasar dari pengembangan model simulasi dari Tugas Akhir ini.

## **BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab 4 memaparkan mengenai pengumpulan data dan proses pengolahan data yang digunakan pada Tugas Akhir ini. Data yang digunakan didapatkan dari observasi langsung di lapangan yang kemudian dijadikan data *input* ke dalam model simulasi. Setelah *input* data dilanjutkan dengan pengembangan model simulasi. Selain itu pada Bab 4 juga dijelaskan mengenai skenario-skenario percobaan yang disimulasikan pada model. Selanjutnya juga dijelaskan mengenai verifikasi dan validasi dari model simulasi.

## **BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab 5 menjelaskan hasil analisis dan interpretasi data berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan pada Bab 4. Analisis yang dilakukan adalah mengenai evaluasi perbaikan kebijakan pada sistem pergudangan bahan baku dan gudang bahan jadi. Pada Bab 5 juga akan dihasilkan strategi skenario optimum dalam kegiatan pergudangan guna meningkatkan performansi gudang.

## **BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab 6 menjabarkan hasil penarikan kesimpulan dari pengerjaan Tugas Akhir yang telah dilakukan. Kesimpulan akan menjawab tujuan Tugas Akhir yang sebelumnya telah dipaparkan pada Bab 1. Selain kesimpulan, pada Bab 6 juga akan dijelaskan mengenai saran terhadap perusahaan ataupun terhadap penelitian selanjutnya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada Bab 2 dijelaskan mengenai tinjauan pustaka yang digunakan sebagai pedoman dalam pengerjaan Tugas Akhir. Tinjauan pustaka yang dilakukan adalah terkait dengan tipe-tipe gudang, dasar-dasar operasi pergudangan, kebijakan penyimpanan barang, kebijakan pengambilan barang, metode simulasi, dan penelitian terdahulu yang menjadi acuan pada pengerjaan Tugas Akhir.

#### **2.1 Tipe Gudang**

Gudang memiliki peranan penting di dalam *supply chain management*. Gudang merupakan tempat penyimpanan barang atau bahan dalam bentuk bahan baku (*raw material*), barang setengah jadi (*work-in-process*), atau barang jadi (*finished goods*) (Lestari, 2016). Fungsi gudang secara umum adalah sebagai tempat penyimpanan barang (*inventory*). Namun disamping itu gudang juga menjalankan beberapa fungsi lain yang mendukung aktivitas perusahaan. Terdapat beberapa tipe gudang berdasarkan peranannya meliputi *manufacturing plant warehouse*, *central warehouse*, dan *distribution warehouse* (Yunarto et al., 2005). Berikut adalah penjelasan dari setiap tipe-tipe gudang.

##### *a. Manufacturing Plant Warehouse*

*Manufacturing plant warehouse* adalah gudang yang terdapat di dalam pabrik produksi yang berperan sebagai tempat penerimaan dan penyimpanan material, penyimpanan material, penyimpanan barang jadi ke gudang, dan pengiriman barang jadi ke *central warehouse*, *distribution warehouse*, dan ke konsumen. Gudang tipe ini terdiri dari gudang operasional untuk menyimpan bahan baku, gudang perlengkapan untuk menyimpan perlengkapan produksi, dan gudang pemberangkatan untuk menyimpan produk jadi.

##### *b. Central Warehouse*

*Central warehouse* adalah gudang utama atau gudang pokok yang berperan sebagai penerimaan barang jadi dari *manufacturing warehouse*, pabrik, atau

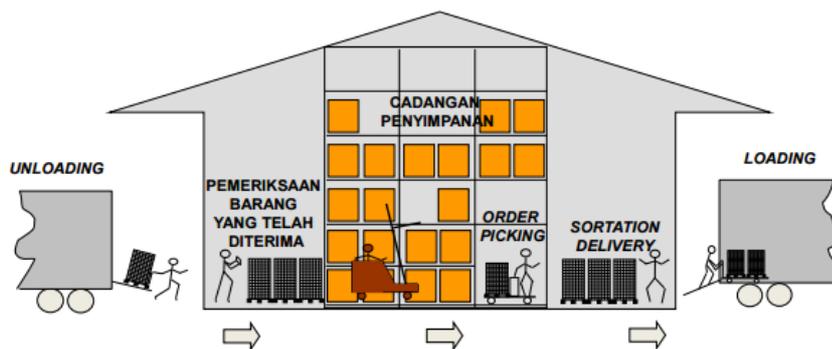
*supplier*, penyimpanan barang jadi ke gudang, dan pengiriman barang jadi ke *distribution warehouse*.

c. *Distribution Warehouse*

*Distribution warehouse* atau gudang produksi memiliki peran sebagai penerima barang jadi dari *central warehouse*, pabrik, atau *supplier*, penyimpanan barang, pengambilan barang, dan pengiriman barang ke konsumen.

## 2.2 Dasar-dasar Operasi Pergudangan

Proses aliran barang pada gudang terdiri dari penerimaan barang (*receiving*), penempatan barang (*put away*), penyimpanan barang (*storage*), pengambilan barang (*picking*), *packing*, dan pengiriman (*shipping*).



Gambar 2. 1 Aktivitas Pergudangan  
(Sumber: [www.supplychainindonesia.com](http://www.supplychainindonesia.com))

Gambar 2.1 menjelaskan aktivitas pergudangan mulai dari proses *unloading*, pemeriksaan barang yang telah diterima, proses penyimpanan, *order picking*, proses *sortation*, dan proses *loading* barang untuk didistribusikan. Berikut adalah penjelasan dari proses-proses yang dilakukan pada aktivitas pergudangan.

### 1. *Receiving* (Penerimaan Barang)

Pada tahap ini dilakukan penerimaan seluruh barang untuk masuk ke dalam *warehouse*. Perlu diperhatikan kuantitas dan kualitas barang sesuai dengan data *order* yang ada untuk mengurangi peluang terjadinya kesalahan barang yang diterima. Barang yang diterima akan dialirkan ke bagian-bagian yang membutuhkan atau diletakkan di area penyimpanan.

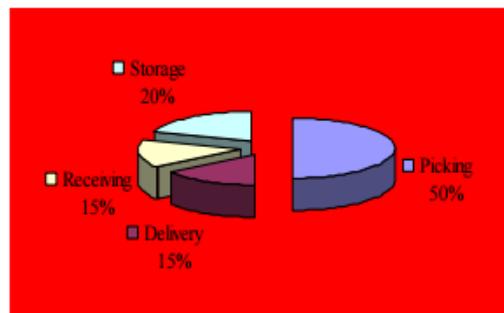
2. *Put Away* (Penempatan Barang)

Pada tahap ini dilakukan proses penempatan barang pada lokasi penyimpanan menggunakan *material handling* tertentu ke area yang telah ditentukan.

3. *Storage* (Penyimpanan Barang)

Pada tahap ini dilakukan proses penyimpanan barang yang diletakkan di area tertentu di atas *pallet* ataupun rak-rak (*pigeon hole*). Pada tahap penyimpanan ini perlu dilakukan optimisasi produk berdasarkan karakteristik atau dimensi barang, optimasi ruang dengan memaksimalkan kapasitas, dan optimasi lokasi dengan menempatkan *fast moving goods* ke lokasi yang mudah dijangkau.

4. *Picking* (Pengambilan Barang)



Gambar 2. 2 Persentase Konsumsi Waktu pada Aktivitas Pergudangan. (Sumber: Edward H Frazelle, Ph.D. *Supply Chain Strategy*)

Berdasarkan Gambar 2.2, proses pengambilan barang adalah salah satu aktivitas vital dalam pergudangan karena mengkonsumsi kurang lebih 50% waktu dari seluruh aktivitas pergudangan karena itu diperlukan manajemen yang baik sehingga waktu *order picking* dapat tereduksi dan produktivitas gudang meningkat.

5. *Packaging* (Pengemasan)

Tahap pengemasan dilakukan untuk menjaga barang tetap aman selama dalam proses pengiriman serta dilakukan pendataan agar produk dapat sampai ke konsumen dalam kondisi, jumlah, dan jenis yang tepat.

6. *Sortation* (Pengelompokan)

Pada tahap ini dilakukan pengelompokan barang-barang sesuai ukuran, tipe produk, dan tujuan lokasi pengiriman. Hal ini dilakukan agar memudahkan dalam proses alokasi kapasitas truk dan rute distribusi.

#### 7. *Shipping* (Pengiriman)

Pada tahap ini dilakukan proses pengiriman barang dari gudang hingga sampai ke tangan konsumen.

### **2.3 Kebijakan Pengambilan Barang (*Picking Policy*)**

Proses pengambilan barang adalah salah satu proses yang paling memakan waktu dibandingkan dengan aktivitas pergudangan lainnya. Sehingga perlu adanya metode yang tepat dan efisien sehingga waktu proses pengambilan barang (*travel time*) rendah. Menurut Piasecki (2012), terdapat berbagai kebijakan pengambilan barang yang dapat diterapkan seperti *basic-order picking*, *batch picking*, *zone picking*, dan *wave picking*. Berikut adalah penjelasan dari setiap kebijakan pengambilan barang.

#### 2.3.1 *Basic-Order Picking*

Metode ini merupakan metode *picking* yang paling umum diterapkan. Pada metode ini petugas atau *picker* mengambil barang yang dibutuhkan satu persatu sesuai *order*, berjalan ke lokasi penyimpanan, dan mengambil barang hingga seluruh *order* terkumpul. Metode ini biasa diterapkan untuk produk dalam jumlah *order* yang kecil. Bila *order* dalam jumlah besar maka pada metode ini dibutuhkan jumlah *picker* yang banyak dan dapat berdampak pada waktu proses pengambilan barang yang tinggi. Keuntungan metode ini adalah dapat mengurangi *handling* terhadap barang yang diambil karena barang hanya berpindah dari tempat penyimpanan ke lokasi pengiriman dalam satu kali perjalanan.

#### 2.3.2 *Batch Picking*

Metode pengambilan barang *batch picking* adalah proses pengambilan barang yang dilakukan dengan menggabungkan beberapa *order* dalam satu kali jalan pengambilan barang dalam waktu yang sama lalu menempatkan barang ke tempat tertentu. Metode ini cocok diterapkan pada produk dengan jumlah *order*

yang banyak namun jumlah *item* per *order* sedikit. Kelebihan dari metode ini adalah waktu proses pengambilan dan jarak tempuh *picker* yang lebih singkat karena pengambilan barang dilakukan beberapa sekaligus. Kekurangan metode ini adalah pengambilan *order* tidak mempertimbangkan *time-sensitive* barang sehingga semua *order* dilakukan sama tanpa adanya prioritas. Metode pengambilan barang ini perlu adanya sistem dan prosedur yang mendukung agar kesalahan pengambilan barang oleh *picker* dapat dicegah.

### 2.3.3 Zone Picking

Pada metode pengambilan barang ini produk dikelompokkan ke dalam area tertentu dan *picker* secara khusus hanya diperbolehkan mengambil barang dalam area tersebut saja. Zona penyimpanan barang sudah dikelompokkan berdasarkan karakter tertentu. Barang berjalan dari zona pertama ke zona berikutnya ketika barang dari zona sebelumnya telah diambil. Kelebihan metode ini adalah kecepatan pengambilan barang meningkat karena beberapa jenis barang dapat dikerjakan dalam waktu yang bersamaan, cocok diterapkan pada jumlah SKU (*Stock Keeping Unit*) besar, jumlah *order* tinggi, dan jumlah *item* produk per *order* yang cenderung kecil atau menengah. Kekurangan dari metode ini adalah terdapat peluang terjadinya *bottleneck* dalam proses pengambilan barang.

### 2.3.4 Wave Picking

Pada metode pengambilan barang ini, dilakukan penjadwalan terlebih dahulu terkait waktu pengambilan barang dalam waktu kerja tertentu. Penjadwalan pengambilan barang disesuaikan dengan kedatangan barang, pergantian *shift*, waktu pengiriman, dan lain-lain. *Wave picking* adalah kombinasi dari *batch picking* dan *zone picking*. Menurut Piascecki (2012), metode ini merupakan metode pengambilan barang dengan *cycle time* terpendek. Metode ini cocok diterapkan untuk jumlah SKU besar dan jumlah *item* produk per *order* yang cenderung tinggi.

## 2.4 Metode Simulasi

Pada bagian ini dipaparkan mengenai landasan teori yang digunakan terkait simulasi yang digunakan pada Tugas Akhir ini.

#### 2.4.2 Simulasi

Simulasi adalah tiruan atau representasi permasalahan dari sebuah situasi dengan membentuk model yang selanjutnya dapat diuji dan dikembangkan lebih lanjut (The Oxford American Dictionary, 1980). Menurut Kelton (1991) simulasi didefinisikan sebagai kumpulan metode dan aplikasi yang digunakan untuk meniru perilaku dari suatu sistem yang *real*. Simulasi juga disebut sebagai proses pengembangan model matematis atau model logis dari sebuah sistem nyata yang dari sistem tersebut akan dilakukan percobaan, pemecahan masalah, dan perbaikan atau pengembangan lebih lanjut terkait sistem tersebut (Harrel, 2003). Simulasi dapat dilakukan secara manual ataupun dengan bantuan komputer. Namun seiring berkembangnya teknologi, simulasi lebih sering dirancang melalui *software* komputasi. Keunggulan dari model simulasi adalah dapat menggambarkan suatu sistem yang kompleks dan menghindari konsumsi waktu dan biaya yang tinggi serta faktor alam atau kejadian *random* lainnya. Sehingga dengan adanya simulasi, sistem eksisting dapat direpresentasikan tanpa perlu menjalani langsung sistem tersebut.

Dalam pembangunan sebuah model perlu ditentukan tingkat kompleksitas model sehingga sesuai dengan tujuan yang diharapkan karena model yang kompleks dan rumit belum tentu menggambarkan sebuah model yang baik. Alitok membagi tahapan pembangunan model ke dalam delapan tahap yaitu identifikasi permasalahan, pengumpulan data, pembangunan model, verifikasi, validasi, pengembangan percobaan simulasi, analisis hasil simulasi, dan rekomendasi penyelesaian. Berikut merupakan penjelasan untuk masing-masing tahapannya.

##### 1. Identifikasi Permasalahan

Pada tahap ini dilakukan penentuan permasalahan dan tujuan dari aktivitas simulasi yang akan dilakukan. Saat melakukan identifikasi, dilakukan pengumpulan informasi terkait sistem yang diamati sebanyak mungkin agar pengembangan model simulasi yang akan dilakukan menggambarkan kondisi sebenarnya. Setelah informasi yang didapatkan sudah cukup, maka proses analisa permasalahan dapat dilakukan dan mendapatkan gambaran dari penyelesaian masalah tersebut. Menurut Alitok dan Melamed (2007), Proses dalam tahap ini meliputi identifikasi *input* permasalahan,

parameter pengukuran performansi sistem, hubungan antar parameter, dan variabel.

## 2. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan akan digunakan sebagai *input* parameter dari model yang akan dikembangkan. Pengumpulan data juga akan digunakan pada tahap validasi model simulasi.

## 3. Pembangunan Model

Model dibangun setelah permasalahan telah dipahami dan teridentifikasi dengan baik. *Software* simulasi yang sering digunakan untuk simulasi adalah Arena, Awesim, AutoMod, GPSS, Promodel, dan lain-lain.

## 4. Verifikasi

Setelah model simulasi selesai dibangun, maka dilanjutkan ke proses verifikasi untuk memastikan apakah model sudah menggambarkan model konseptual dari sistem yang diamati.

## 5. Validasi

Selain verifikasi, model simulasi yang telah dibangun juga dilakukan proses validasi. Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa model yang dibangun sudah merepresentasikan sistem kondisi *real*.

## 6. Pengembangan Percobaan Simulasi

Apabila model telah terverifikasi dan valid, maka model simulasi tersebut dapat dijalankan dengan skenario-skenario percobaan. Dari hasil simulasi dari skenario-skenario percobaan tersebut dapat diketahui performansi dari sistem tersebut dan dapat dilakukan perbandingan dari setiap percobaan.

## 7. Analisis Hasil Simulasi

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap *output* yang dihasilkan dari beberapa skenario percobaan yang telah dilakukan. Berdasarkan analisa tersebut dapat ditentukan kondisi terbaik untuk mengatasi permasalahan pada sistem yang diamati.

## 8. Rekomendasi Penyelesaian

Tahap terakhir adalah memberikan rekomendasi berdasarkan analisa *output* pada tahap sebelumnya.

### 2.4.3 Simulasi dengan ARENA

ARENA adalah sebuah *tool* simulasi diskrit yang dikembangkan oleh *Rockwell Automation*. Langkah yang perlu dilakukan dalam membangun model simulasi menggunakan *software* ARENA adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengumpulan data
2. *Fitting Distribution* data yang ada
3. Membuat model simulasi sesuai dengan kondisi eksisting
4. *Input* data hasil *fitting distribution* ke dalam model simulasi
5. Melakukan *running* model simulasi
6. Melakukan uji verifikasi dan validasi terhadap model konseptual yang dengan *input* data kondisi eksisting

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mencakup Tugas Akhir yang memiliki objek dengan permasalahan pergudangan dengan penyelesaian menggunakan simulasi ARENA dan heuristik. Pada Tugas Akhir tahun 2006 yang ditulis oleh Anita Ferina, dilakukan penelitian terkait peningkatan *space availability* gudang bahan jadi dengan melakukan perubahan kebijakan penyimpanan sehingga hasil akhirnya didapatkan solusi untuk meningkatkan penggunaan kapasitas gudang. Pada tahun 2015, dilakukan penelitian terkait *storage assignment* guna menghasilkan aktivitas pergudangan dengan *picking time* paling kecil serta mempertimbangkan *workload picker* agar proses pengambilan barang dapat dilakukan dengan lebih efektif. Pada Tugas Akhir tahun 2016 yang ditulis oleh Wahyu Setyo Nugroho, dilakukan penelitian terkait *storage allocation* di saat *demand* yang ada bersifat tidak pasti dan berubah-ubah. Lalu pada Tugas Akhir tahun 2016 yang dilakukan oleh Elsa Winanda Rezky, dilakukan penelitian terkait *order picking* gudang barang jadi untuk dapat menentukan jumlah *picker* paling optimal dan melakukan klasifikasi terhadap penyimpanan barang pada gudang. Secara keseluruhan Tugas Akhir terdahulu yang dijadikan referensi untuk Tugas Akhir saat ini mengacu pada permasalahan pergudangan terkait *storage policy* dan *order picking policy*. Berikut adalah ringkasan Tugas Akhir terdahulu yang dijadikan acuan oleh penulis yang disajikan melalui Tabel 2.2.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

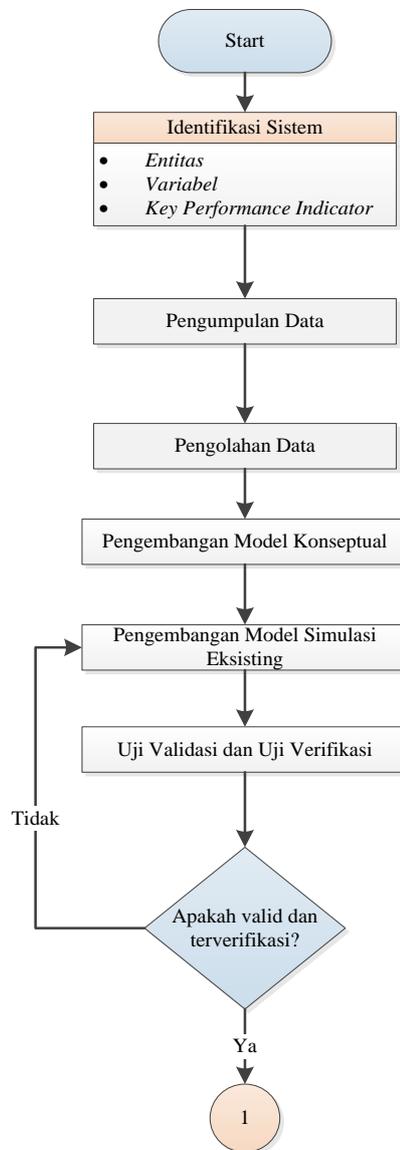
	Tahun	Tipe	Penulis	Judul	Objek	Metode	Output	Parameter
Penelitian Terdahulu	2009	Tugas Akhir	Anita Ferina	Evaluasi Sistem Penyimpanan dan Pengiriman Barang Jadi untuk Meningkatkan <i>Space Availability</i> dengan Pendekatan Simulasi	Produk lampu di PT. Philips	Simulasi ARENA	Skenario terbaik untuk meningkatkan <i>space availability</i>	<i>Throughput, level inventory</i>
	2015	Jurnal	Jason Chao-Hsien Pan, Po-Hsun Shih, Ming-Mung Wu, mHjy-Horng Lin	<i>A Storage Assignment Heuristic Methode Based on Genetic Algorithm for a Pick- and-Pass Warehousing System</i>	Gudang barang e- commerce	Heuristik	Skenario terbaik untuk meminimalisasi <i>stockout</i> dan <i>working ratio</i>	<i>Picking time, picking line, kapasitas rak, dan workload</i>
	2016	Tugas Akhir	Elsa Winanda Rezky	Simulasi <i>Order Picking</i> pada Gudang Pusat Distribusi untuk Meminimasi <i>Order Cycle Time</i>	Produk alas kaki dengan permintaan musiman	Simulasi ARENA	Jumlah <i>picker</i> dan strategi <i>picking</i> yang paling meminimumkan <i>order cycle time</i>	<i>Order cycle time</i>
	2016	Tugas Akhir	Wahyu Setyo Nugroho	<i>Simulation Study of Storage Allocation in Warehouse Under Uncertain Demand</i>	Produk alas kaki dengan permintaan musiman	Simulasi ARENA	Alokasi penyimpanan dengan mempertimbangkan <i>order fill rate</i> dan tingkat utilisasi <i>storage</i>	<i>Order fill rtae, storage utilization</i>
Penelitian Saat Ini	2017	Tugas Akhir	Clara Beatrix Hutapea	Peningkatan Performansi Gudang Bahan Baku dan Gudang Barang Jadi dengan Pendekatan Simulasi (Studi Kasus: PT NPK Jadimas)	Produk pupuk ( <i>make to order</i> )	Simulasi ARENA	Skenario terbaik untuk mereduksi waktu <i>order picking</i> pada barang jadi	<i>Order cycle time</i>

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

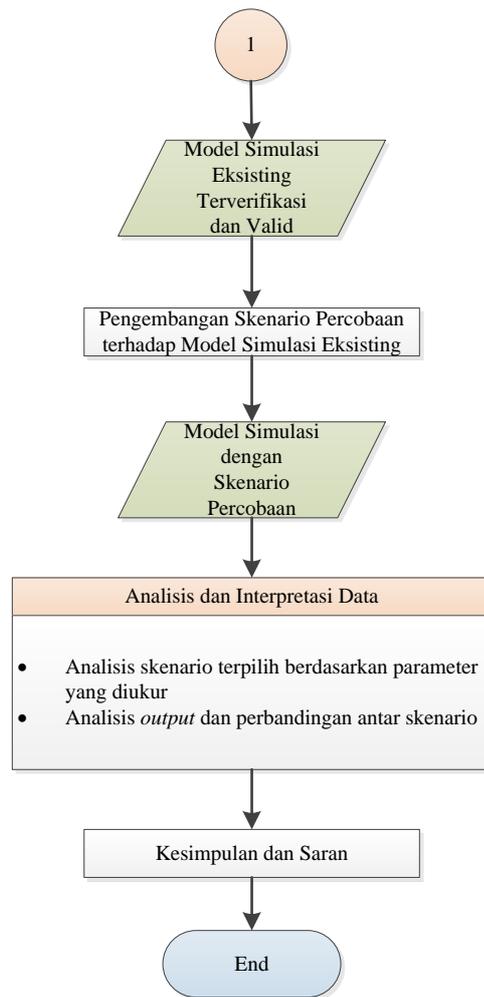
### BAB 3

## METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab 3 dijelaskan mengenai metodologi pengerjaan Tugas Akhir yang digunakan oleh penulis. Alur pelaksanaan Tugas Akhir ini secara garis besar terdiri dari pengamatan lapangan dan pengumpulan data, pengolahan data, dan pengembangan model.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir

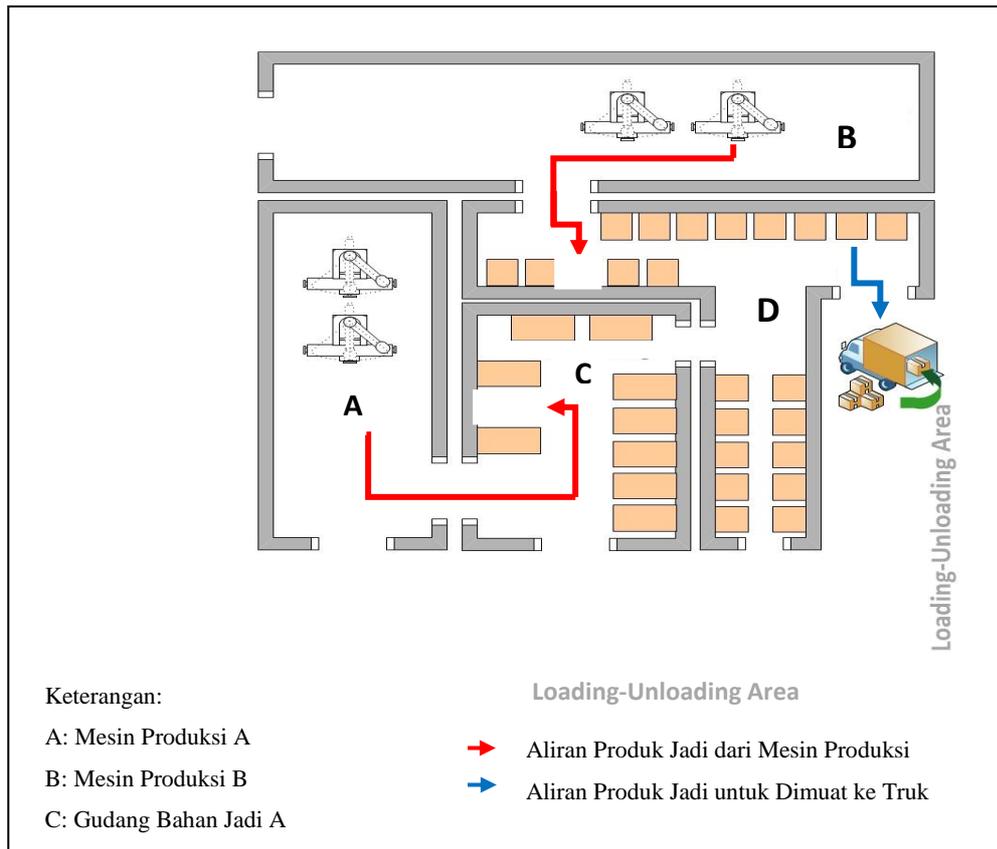


Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir (Lanjutan)

Pada bagian selanjutnya dipaparkan mengenai penjelasan Gambar 3.1 untuk setiap langkah pengerjaan Tugas Akhir mulai dari identifikasi sistem hingga penarikan kesimpulan melalui analisis dan interpretasi data.

### 3.1 Identifikasi Sistem

Setelah melakukan observasi di lapangan secara langsung dan menemukan permasalahan pada perusahaan, selanjutnya dilakukan identifikasi terhadap sistem yang diamati. Sistem yang diamati meliputi sistem *order picking* di gudang barang jadi. Gambar 3.2 menggambarkan *layout* dari gudang gudang barang jadi beserta aliran barang di dalamnya.



Gambar 3. 2 *Layout Gudang Barang Jadi Beserta Aliran Barang di Dalamnya*

Berdasarkan *layout gudang* dan aliran barang pada Gambar 3.2, selanjutnya adalah identifikasi terhadap elemen-elemen yang terdapat dalam sistem. Elemen-elemen yang diidentifikasi meliputi elemen sistem, variabel sistem, dan *key performance indicator*.

### 3.1.1 *Elemen Sistem*

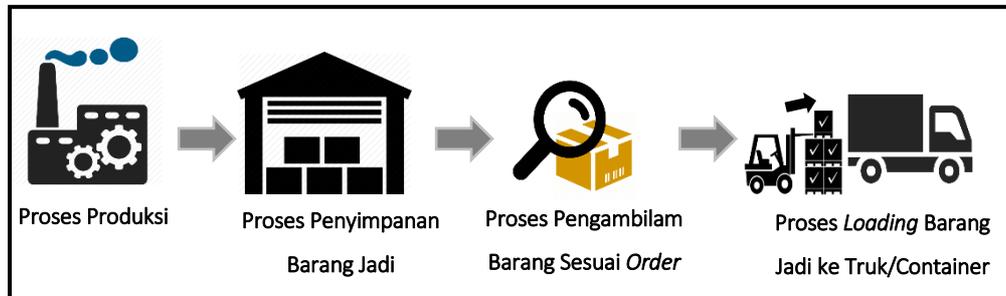
Entitas sebuah sistem terdiri dari empat elemen yaitu *entities*, *activity*, *resource*, dan *control*. Berikut adalah elemen-elemen sistem yang terdapat pada sistem penyimpanan barang jadi hingga proses *loading* barang jadi di PT NPK Jadimas.

#### 1. Entitas

Entitas yang diamati pada sistem adalah barang jadi. Dengan menggunakan entitas barang jadi maka aliran barang di dalam gudang menjadi lebih jelas.

#### 2. Aktivitas

Aktivitas adalah serangkaian kegiatan di dalam sistem yang secara langsung atau tidak langsung memproses entitas. Gambar berikut adalah aktivitas yang terdapat pada sistem.



Gambar 3. 3 Aktivitas Sistem Pergudangan di PT NPK Jadimas

### 3. Resource

*Resource* yang digunakan pada sistem ini adalah *forklift* yang digunakan untuk memindahkan sak pupuk dari satu tempat ke tempat lain.

### 4. Kontrol

Peraturan dalam proses penyimpanan dan pengambilan barang pada gudang adalah setiap hari dilakukan rekap status inventori gudang dan informasi *delivery order* yang selalu diperbaharui setiap hari.

#### 3.1.2 Variabel Sistem

Pada suatu sistem terdapat tiga jenis variabel yaitu variabel keputusan, variabel respon, dan *state variable*. Variabel keputusan adalah sebuah variabel yang diubah-ubah untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Variabel respon adalah variabel yang diukur dari hasil perubahan yang dilakukan pada sistem *order picking* barang jadi. Sedangkan *state variable* adalah status dari *resource* yang ada apakah dalam keadaan *idle* atau *busy*. Pada Tabel 3.1 dipaparkan variabel-variabel yang ada pada sistem *order picking* barang jadi di PT NPK Jadimas.

Tabel 3. 1 Variabel Sistem *Order Picking* di PT NPK Jadimas

Variabel Keputusan	Variabel Respon	<i>State Variable</i>
Jumlah <i>Forklift</i>	<i>Order Picking Cycle Time</i>	Status <i>Resource (Idle/busy)</i>
	Utilitas <i>Resource</i>	

### 3.1.4 *Key Performance Indicator*

*Key Performance Indicator* merupakan parameter kuantitatif yang digunakan untuk mengukur atau membandingkan suatu kinerja guna mencapai tujuan yang diinginkan. Kriteria keputusan yang digunakan pada sistem ini adalah efektifitas dan efisiensi dari proses *order picking* yang diukur melalui *order picking cycle time* dan utilitas *resource*. Strategi yang akan terpilih adalah skenario yang memberikan kondisi terbaik dari indikator-indikator tersebut.

## 3.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data

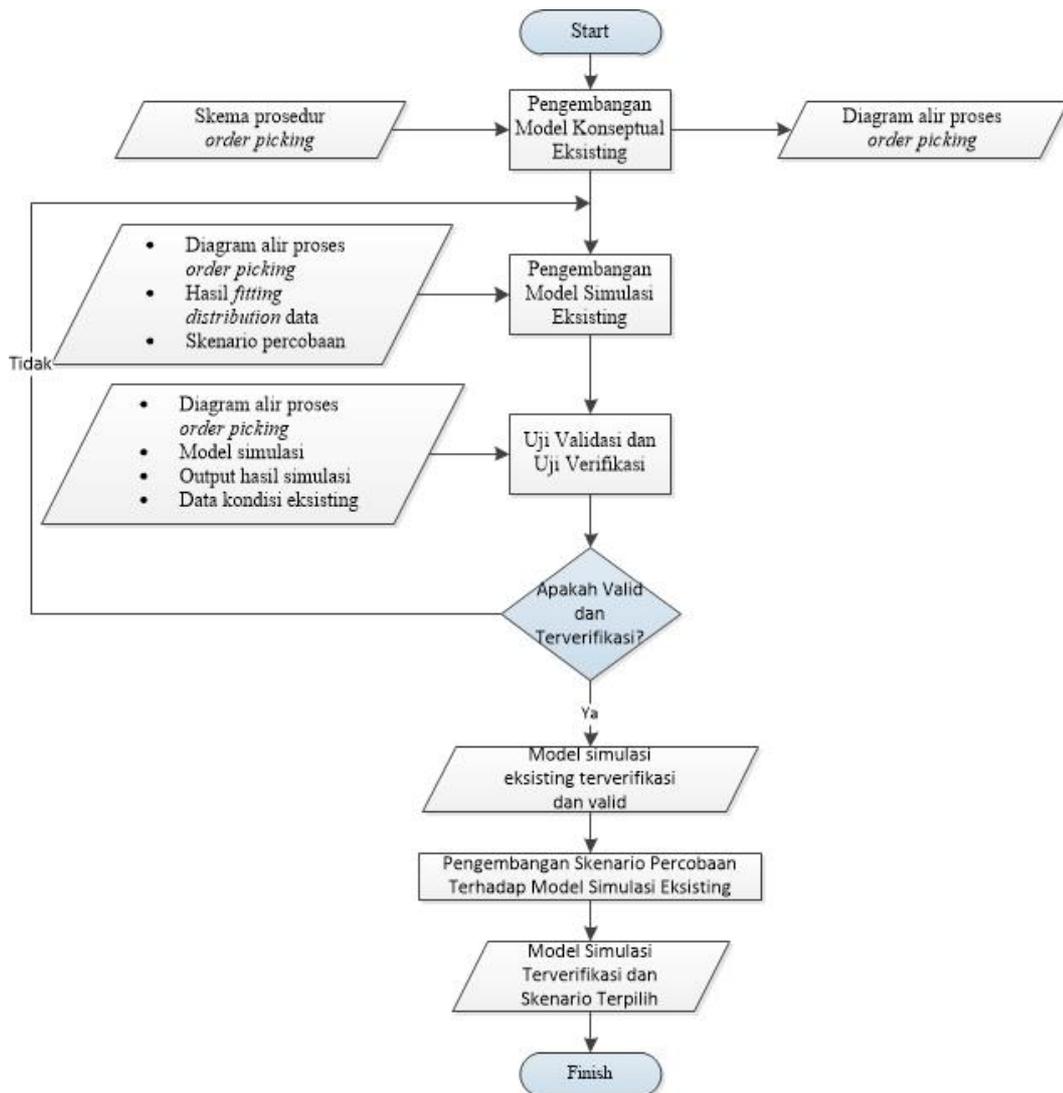
Setelah permasalahan telah diidentifikasi, penyelesaian permasalahan dapat diketahui dan dipahami sehingga dapat dilanjutkan dengan proses pengumpulan data digunakan pada Tugas Akhir dengan cara pengamatan langsung, pengumpulan data sekunder perusahaan, dan wawancara dengan pihak perusahaan. Data-data yang dibutuhkan untuk melakukan Tugas Akhir ini adalah:

1. Data jumlah barang masuk dan keluar
2. Data jenis barang jadi yang disimpan
3. Jadwal pengiriman barang ke *customer*
4. Kapasitas gudang
5. *Layout* gudang
6. Prosedur penyimpanan barang (*storage policy*) dan pengambilan barang (*order picking policy*)
7. Waktu antar kedatangan *order*
8. *Travel Time* antar area penyimpanan
9. Waktu proses *order picking*
10. Jumlah *resource*

Setelah seluruh data yang dibutuhkan pada Tugas Akhir telah terkumpul, maka tahap selanjutnya dapat dilakukan dengan pengolahan data agar data dapat diubah ke dalam bentuk data yang dibutuhkan pada model simulasi. Pengolahan data dilakukan dengan *fitting distribution* untuk data waktu setiap aktivitas yang ada pada sistem. Hasil *fitting distribution* digunakan sebagai *input* pada pembuatan model simulasi pada *software ARENA*.

### **3.3 Pengembangan Model**

Pada bagian ini akan dipaparkan terkait pengembangan model yang akan dilakukan pada Tugas Akhir ini. Pengembangan model yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan yang terdiri dari pengembangan model konseptual, pengembangan model simulasi menggunakan *software ARENA*, proses verifikasi dan validasi, dan pengembangan skenario percobaan. Gambar 3.4 adalah prosedur pengembangan model dalam Tugas Akhir ini yang disajikan dalam diagram alir.

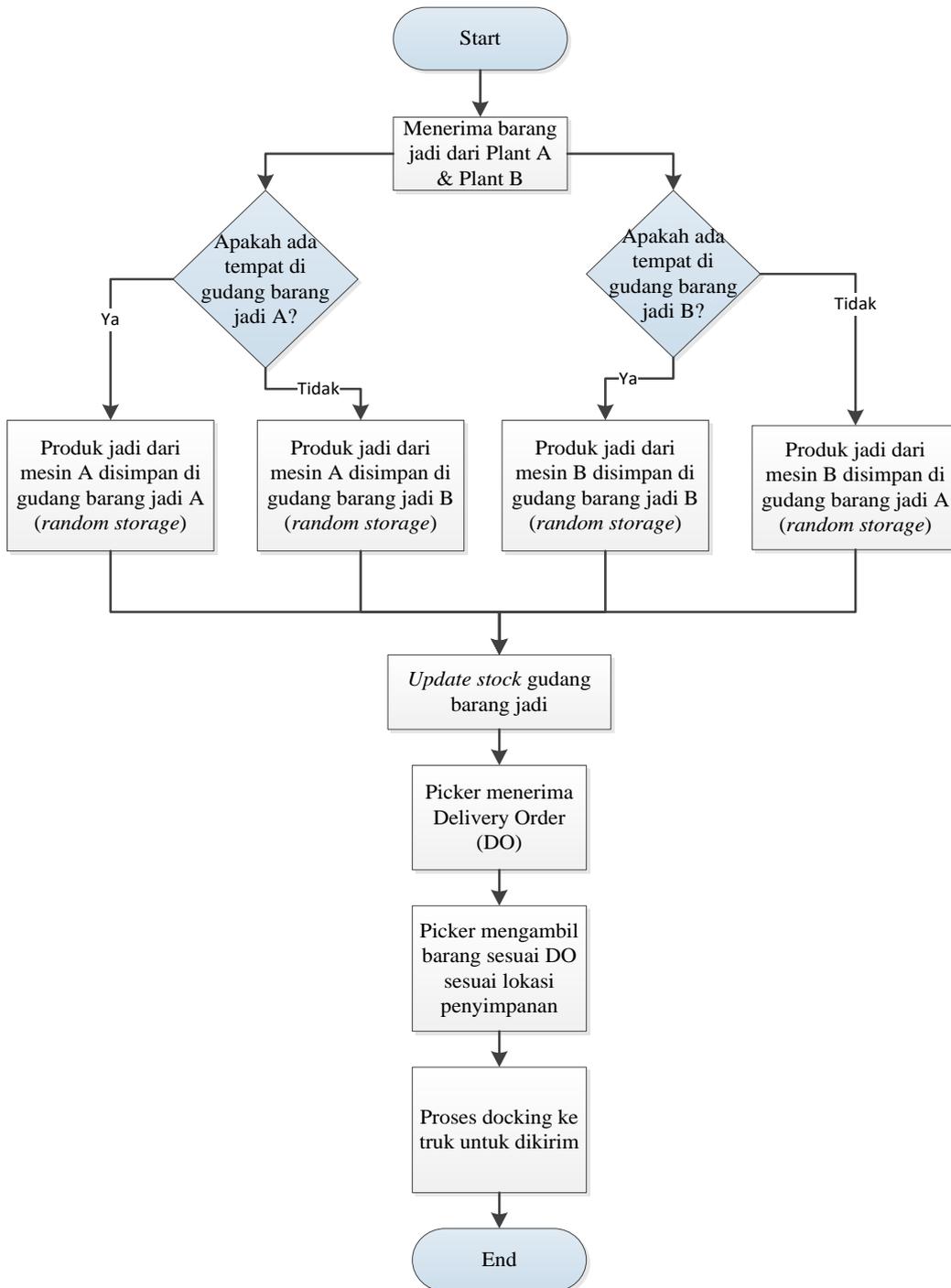


Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengembangan Model Simulasi

### 3.3.1 Pengembangan Model Konseptual

Tahap awal dalam melakukan Tugas Akhir simulasi adalah menyusun model konseptual dari sistem eksisting yang ada. Model konseptual dirancang untuk menggambarkan keadaan sistem eksisting secara sederhana dan mudah dipahami. Dengan adanya model konseptual ini, penentuan objek yang digunakan sebagai entitas sistem, *event* yang mempengaruhi sistem, serta atribut dan variabel yang berlaku di dalamnya lebih mudah untuk ditentukan. Dari pengembangan model konseptual ini, data yang dibutuhkan menjadi lebih jelas dalam memenuhi pengembangan model simulasi yang akan dirancang. Pengembangan model

konseptual dipaparkan pada Gambar 3.5 dalam bentuk *flowchart diagram* sehingga alur sistem eksisting dapat lebih mudah dipahami.



Gambar 3. 5 Diagram Alir Model Konseptual Kondisi Eksisting Sistem *Order Picking* Barang Jadi di PT NPK Jadimas

### 3.3.2 Pengembangan Model Simulasi

Setelah merancang model konseptual dan data yang ada telah diolah, tahap selanjutnya dilakukan pengembangan model simulasi. Logika sistem pada model simulasi didasari oleh model konseptual dan kondisi nyata sistem. Apabila sudah membangun logika pada model simulasi, data yang telah diolah dapat di-*input* ke dalam model tersebut. Selain pengembangan model kondisi eksisting, juga dilakukan pengembangan model dengan skenario percobaan. Skenario yang dikembangkan terkait dengan penambahan titik *docking* dan jumlah *resources*. Dengan rencana perbaikan tersebut maka model simulasi dapat dijalankan agar dapat menghasilkan *output-output* yang diharapkan. Lalu *output* dari hasil setiap skenario percobaan dibandingkan untuk dapat melihat skenario terbaik terhadap parameter yang diukur.

### 3.3.3 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi merupakan tahap untuk memastikan bahwa model yang telah dirancang sesuai dengan model konseptual yang telah dirancang sebelumnya. Proses verifikasi dilakukan dengan memeriksa aliran entiti apakah sudah sesuai dengan logika sistem. Dalam tahap ini juga dilakukan pengecekan secara manual, apakah logika sistem sudah sesuai dengan model konseptual yang telah disusun. Selain itu juga dilakukan identifikasi *error* ketika sistem dijalankan. Model dapat dianggap telah terverifikasi apabila sudah tidak terdapat *error* pada sistem.

Validasi dilakukan dengan pengujian statistik menggunakan *t-test*. Dilakukan perbandingan atas data hasil simulasi dengan data pada kondisi eksisting. Tahapan ini dilakukan untuk memastikan bahwa model simulasi yang dirancang telah merepresentasikan kondisi nyata sistem.

## 3.4 Analisis dan Interpretasi Hasil Simulasi

Setelah dilakukan simulasi dan pengembangan skenario percobaan kemudian dilakukan analisis dan interpretasi dari hasil simulasi tersebut. Akan dilakukan perbandingan dari hasil setiap skenario percobaan lalu dianalisa skenario mana yang memberikan solusi terbaik bagi kondisi eksisting. Perbandingan ini mengacu pada beberapa parameter yaitu waktu *order picking* dan utilisasi *resource*.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 4**

### **PENGOLAHAN *INPUT* DAN PENGEMBANGAN MODEL**

Bab 4 memaparkan serangkaian proses pengolahan data yang sebelumnya telah dikumpulkan oleh penulis. Hasil pengolahan tersebut digunakan untuk menjadi *input* pada pengembangan model simulasi. Proses-proses yang dilakukan meliputi pengumpulan data, pengolahan data, dan pengembangan model simulasi.

#### **4.1 Pengumpulan Data**

Pada bagian ini dijelaskan mengenai data-data yang dikumpulkan oleh penulis. Data-data yang digunakan meliputi data *detail order*, *layout* penyimpanan, dan data *processing time*.

##### *4.1.1 Data Detail Order*

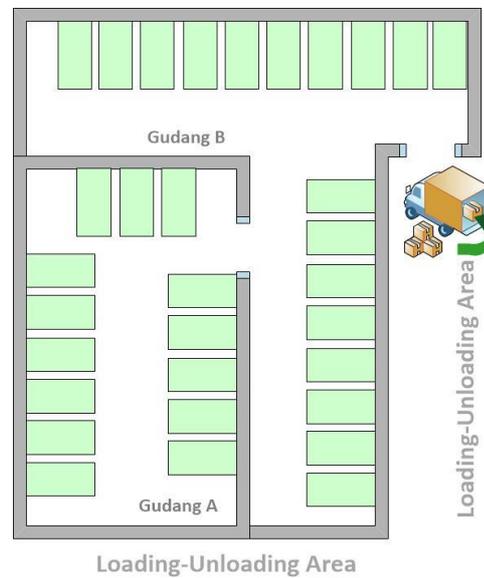
Data *detail order* merupakan informasi pesanan barang dari pelanggan mencakup jenis formula pupuk dan kuantitas yang dipesan. PT Jadimas menerapkan sistem *make to order* (MTO) sehingga *detail order* yang masuk menjadi informasi bagi pabrik untuk memproduksi jumlah dan jenis pupuk sesuai dengan pesanan pelanggan. Data *detail order* yang digunakan oleh penulis dalam melakukan pengembangan simulasi merupakan data selama tiga bulan yaitu bulan Januari 2016 hingga Maret 2016.

##### *4.1.2 Layout Penyimpanan*

PT Jadimas memiliki dua gudang penyimpanan barang jadi yaitu Gudang A dan Gudang B. Kedua gudang tersebut memiliki kapasitas yang berbeda. Gudang A memiliki 14 area penyimpanan dan Gudang B yang berukuran lebih besar memiliki 18 area penyimpanan. Barang yang diproduksi sesuai *detail order* disimpan secara acak pada Gudang A maupun B. Sistem penyimpanan yang digunakan oleh perusahaan adalah *random storage* sehingga barang diletakkan di area mana saja selama masih ada *space* kosong. Dari *layout* penyimpanan ini penulis dapat mengidentifikasi lokasi penyimpanan setiap *detail order* dan dapat

mengukur jarak yang ditempuh oleh *picker* dalam melakukan proses *order picking*.

Gambar 4.1 merupakan *layout* area penyimpanan pupuk di PT NPK Jadimas.



Gambar 4. 1 *Layout* Penyimpanan Gudang Barang Jadi

#### 4.1.3 Data Processing Time

*Processing Time* merupakan waktu yang dibutuhkan *picker* dalam melakukan proses mengambil barang dan *loading* barang ke dalam *forklift* untuk diletakkan di titik *docking*. Data ini diperoleh oleh penulis melalui pengamatan langsung.

## 4.2 Pengolahan Data

Sebelum data dijadikan *input* ke dalam model simulasi, data yang telah terkumpul diolah terlebih dahulu. Proses pengolahan data yang dilakukan meliputi identifikasi waktu antar kedatangan *order*, identifikasi isi dan kuantitas *order*, serta *fitting distribution*.

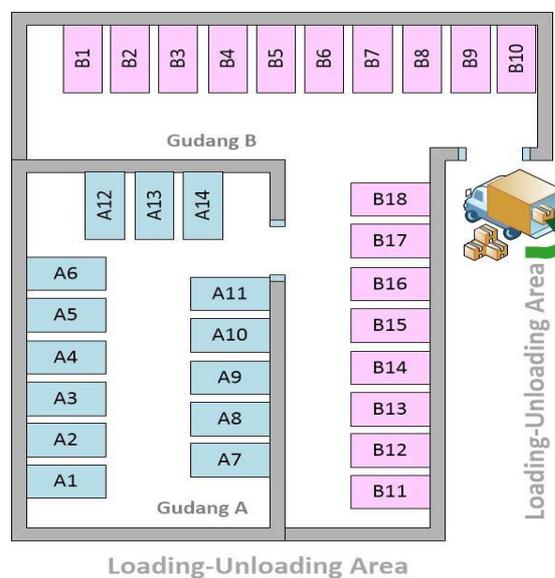
### 4.2.1 Waktu Antar Kedatangan

Informasi waktu kedatangan *order* diperoleh dari data *detail order* yang telah direkap ulang. Berdasarkan data yang diperoleh waktu kedatangan order

berbeda-beda sehingga waktu antar kedatangan diperoleh dengan melihat selisih kedatangan *order* antar periode.

#### 4.2.2 Pembagian Area Picking

Area *picking* dibagi menjadi dua zona yaitu Zona Gudang A dan Zona Gudang B. Penulis membagi zona *picking* Gudang A menjadi dua area mencakup Area A1 hingga Area A11 dan Area A12 Area A14. Gudang B juga dibagi menjadi dua area mencakup Area B1 hingga B10 dan Area B11 hingga B18. Gambar 4.2 menggambarkan pembagian area *picking* yang telah disusun.



Gambar 4. 2 Pembagian Area *Picking*

#### 4.2.3 Fitting Data Distribution

*Fitting data distribution* dilakukan menggunakan *Input Analyzer* yang terdapat pada software ARENA. Hasil *fitting data* yang dilakukan dijadikan sebagai *input* ke dalam model simulasi. Proses *fitting distribution* dilakukan untuk data *travel time* dan *processing time* yang meliputi waktu *loading pallet* ke dalam *forklift*. Tabel 4.1 merupakan hasil rekap *fitting distribution Travel Time* dan Tabel 4.2 merupakan hasil rekap *fitting distribution processing time* dari proses *order picking*.

Tabel 4. 1 Hasil *Fitting Distribution Travel Time*

Plant A		Plant B	
1	UNIF(4, 5.56)	1	NORM(5.51, 0.053)
2	UNIF(4, 5.47)	2	NORM(5.14, 0.0749)
3	UNIF(4, 5.3)	3	UNIF(4.66, 5.13)
4	UNIF(3.63, 5.36)	4	UNIF(4.4, 5)
5	UNIF(3.63, 5.25)	5	NORM(4.19, 0.1777)
6	UNIF(3.18, 5)	6	UNIF(3.24, 4.57)
7	UNIF(4.35, 5)	7	UNIF(3.26, 3.63)
8	UNIF(4.65, 5)	8	UNIF(3.02, 4.18)
9	UNIF(4.23, 5.29)	9	UNIF(3, 3.32)
10	UNIF(4, 4.87)	10	UNIF(2.27, 2.74)
11	NORM(4.17, 0.231)	11	UNIF(2.09, 2,96)
12	NORM(3.78, 0.283)	12	UNIF(4, 4.42)
13	UNIF(3.57, 4.13)	13	NORM(4.04, 0.135)
14	UNIF(3.08, 4)	14	NORM(3.72, 0.0795)
		15	UNIF(3.07, 3.54)
		16	NORM (2.96, 0.0731)
		17	UNIF(2.46, 2.92)
		18	NORM(2.27, 0.107)

Tabel 4. 2 Hasil *Fitting Distribution Processing Time*

No	Waktu (menit)	No	Waktu (menit)
1	2.37	16	0.51
2	0.54	17	2.49
3	2.34	18	0.59
4	1.25	19	0.64
5	0.72	20	1.60
6	1.25	21	2.97
7	1.72	22	1.59
8	1.48	23	2.24
9	2.83	24	1.31
10	1.54	25	2.78
11	2.61	26	0.88
12	1.60	27	2.35
13	2.17	28	0.49
14	2.10	29	0.42
15	2.33	30	2.81
<b><i>Fitting Distribution: UNIF(0.26, 3)</i></b>			

### 4.3 Model Simulasi

Pada bagian ini dipaparkan mengenai pengembangan model simulasi yang dilakukan pada sistem penyimpanan dan sistem *order picking* barang jadi.

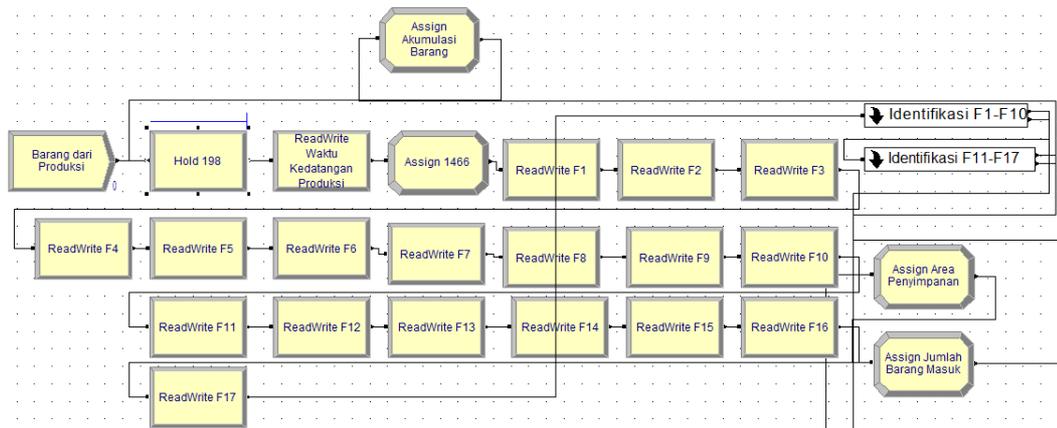
#### 4.3.3 Model Simulasi Sistem Penyimpanan Barang

Model simulasi sistem penyimpanan barang terdiri dari beberapa submodel yaitu model simulasi untuk mengidentifikasi jenis formula dan jumlah pupuk yang dipesan dan model simulasi untuk menentukan lokasi penyimpanan pupuk yang dilakukan secara *random*. Data *Input* yang digunakan adalah data *detail order* yang terdiri dari informasi jenis formula dan jumlah pupuk yang dipesan. Gambar 4.3 menampilkan alur proses sistem penyimpanan barang pada model simulasi yang dirancang.



Gambar 4. 3 *Flow Chart* Alur Proses Sistem Penyimpanan

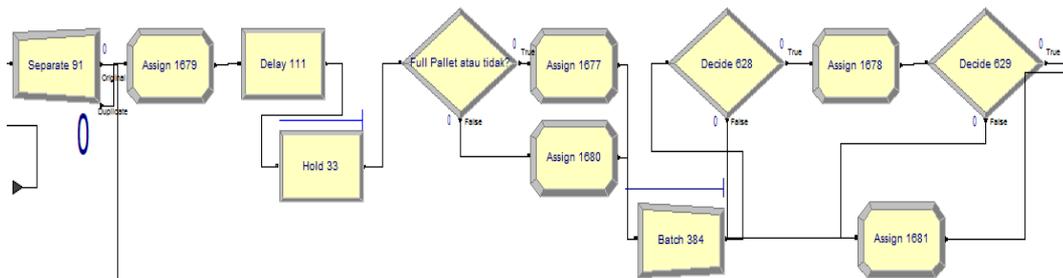
Berdasarkan Gambar 4.3, maka dilakukan pengembangan model simulasi sistem penyimpanan barang yang terdiri dari submodel identifikasi jenis dan jumlah formula pupuk yang dipesan dan submodel sistem penyimpanan pupuk ke dalam gudang. Gambar 4.4 menampilkan model simulasi sistem penyimpanan barang.



Gambar 4. 4 Model Simulasi Penyimpanan Barang

#### 4.3.3.1 Submodel Identifikasi Jenis dan Jumlah Formula yang Dipesan

Setelah jenis formula pupuk yang telah dipesan teridentifikasi, kemudian ditentukan jumlah pupuk (dalam sak) yang dipesan. Pada kondisi eksisting pupuk yang masuk dari rantai produksi disimpan di dalam gudang dalam bentuk *pallet* yang terdiri dari 50 sak. Oleh karena itu, pada submodel ini digunakan modul *batch* untuk menyatukan 50 sak ke dalam 1 *pallet*. Apabila sisa sak dalam suatu *order* tidak mencapai 50 sak maka dibulatkan ke atas dan tetap dianggap 1 *pallet*. Gambar 4.5 menunjukkan submodel simulasi untuk identifikasi jumlah dan jenis formula pupuk yang dipesan.

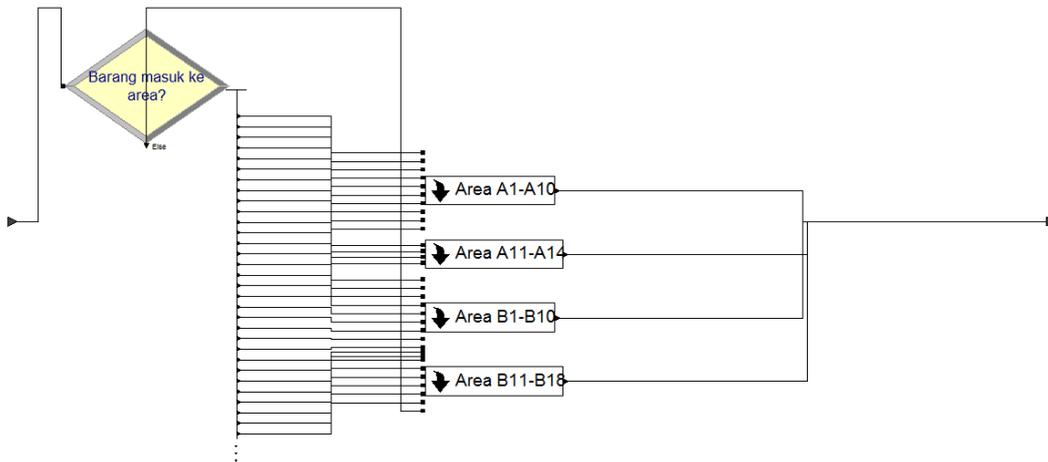


Gambar 4. 5 Model Simulasi Identifikasi Jenis Formula yang Dipesan

#### 4.3.3.2 Submodel Penyimpanan Pupuk ke Dalam Gudang

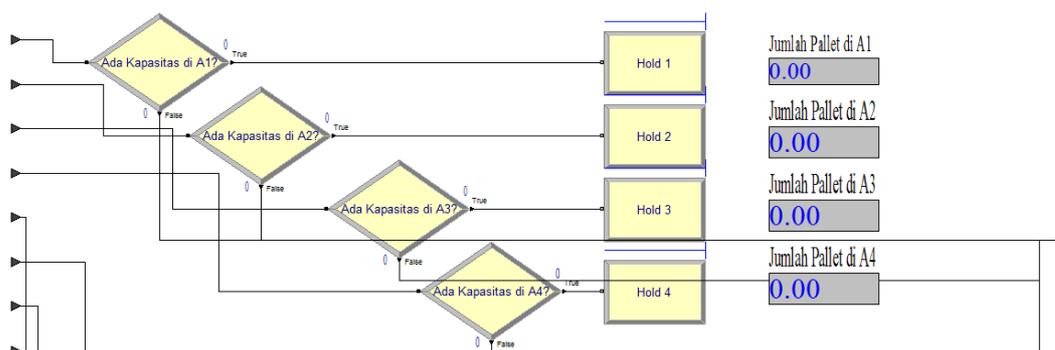
Setelah pupuk dalam sak disatukan ke dalam *pallet* pada submodel sebelumnya, kemudian *pallet* siap disimpan ke dalam Gudang A dan Gudang B yang dipilih secara *random*. *Operator* meletakkan *pallet* di sembarang area selama

masih ada tempat kosong di area tersebut. Gudang A terdiri dari 14 area dan Gudang B terdiri dari 18 area. Gambar 4.6 menggambarkan proses penentuan lokasi penyimpanan *pallet* pupuk.



Gambar 4. 6 Model Simulasi Penentuan Lokasi Penyimpanan Pupuk ke Dalam Gudang

Setelah lokasi penyimpanan *pallet* pupuk telah ditentukan, maka *pallet* pupuk disimpan pada area tersebut hingga tiba waktu pengiriman. Gambar 4.7 menggambarkan proses penyimpanan *pallet* pupuk di setiap Areanya.



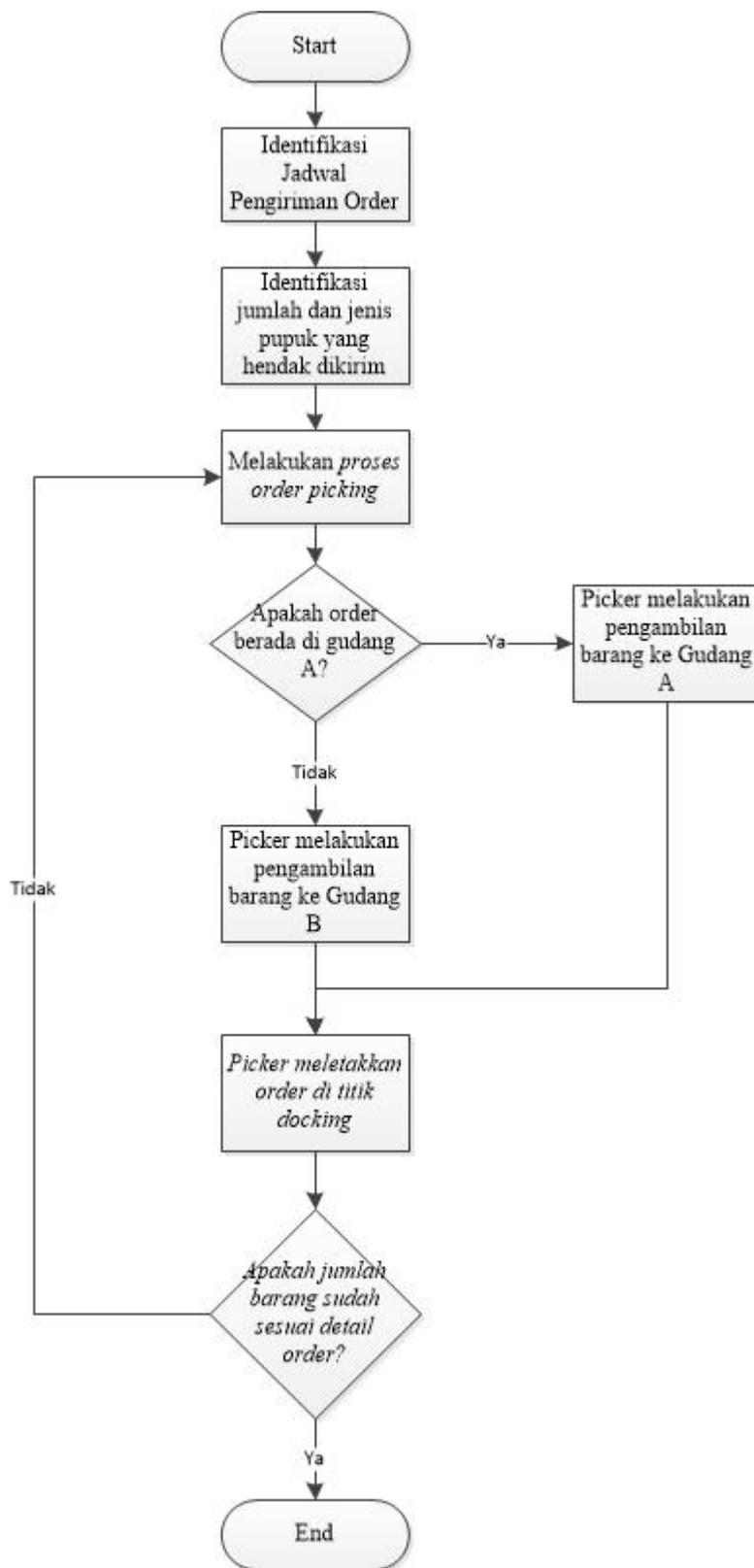
Gambar 4. 7 Model Simulasi Penyimpanan Pupuk

#### 4.3.4 Model Simulasi Sistem Pengambilan Barang

Model simulasi untuk proses pengambilan barang terdiri dari beberapa submodel yang terdiri dari model simulasi untuk proses pengecekan terkait jenis

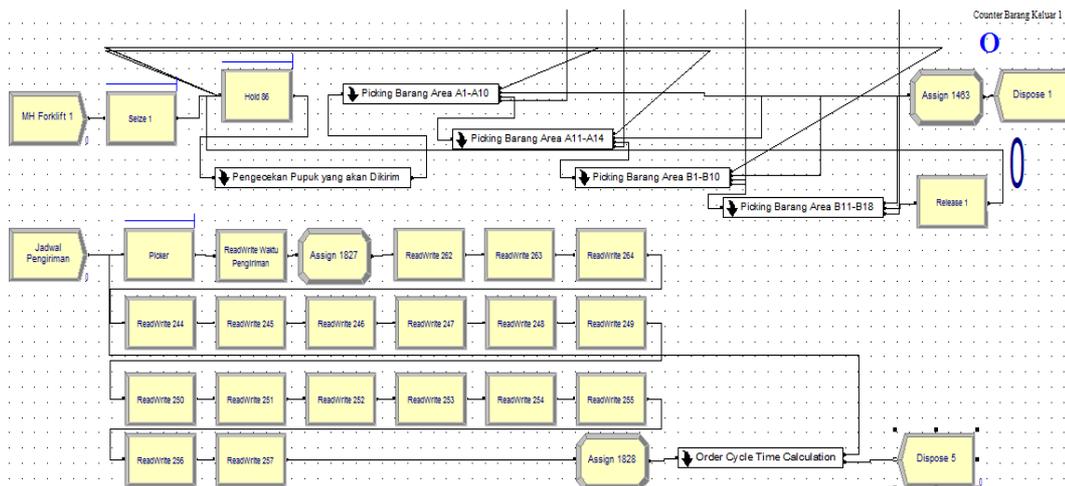
dan kuantitas *order* yang dikirim pada hari tersebut kemudian terdapat submodel berikutnya yang terdiri dari model simulasi untuk proses *order picking* itu sendiri.

Setelah dilakukan proses *order picking* terdapat submodel guna mengecek apakah barang yang diambil sudah sesuai dengan *order* atau belum. Jika barang yang diambil sudah sesuai dengan *order* maka proses selesai bila tidak maka proses pencarian barang diulang kembali. Pada proses pengambilan barang ini juga terdapat submodel untuk menghitung *order picking cycle time* yang menjadi parameter dari sistem ini. Gambar 4.8 menampilkan alur proses sistem pengambilan barang yang menjadi acuan dalam pembuatan model simulasi untuk sistem pengambilan barang.



Gambar 4. 8 *Flow Chart* Alur Proses Pengambilan Barang

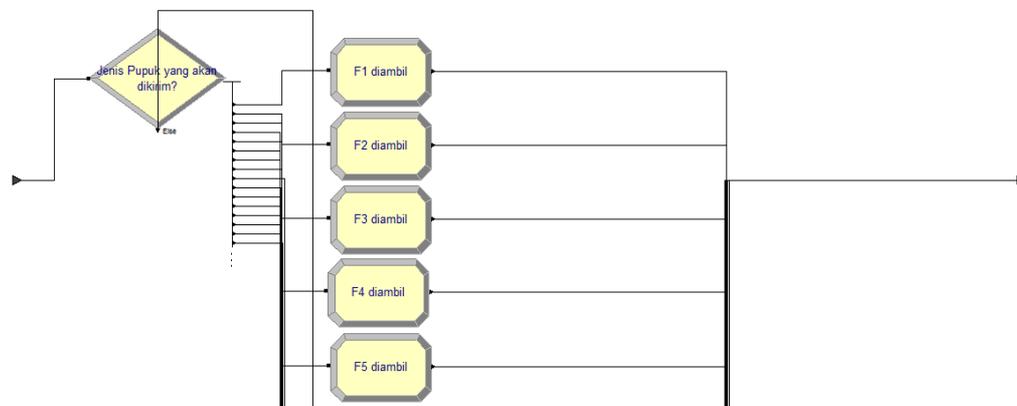
Berdasarkan Gambar 4.8, maka dilakukan pengembangan model simulasi sistem penyimpanan barang yang terdiri dari submodel pengecekan pupuk yang akan dikirim, submodel proses *order picking*, dan submodel perhitungan *order cycle time*. Gambar 4.9 menampilkan model simulasi sistem pengambilan barang.



Gambar 4. 9 Model Simulasi Sistem Pengambilan Barang

#### 4.3.4.1 Submodel Pengecekan Pupuk yang Akan Dikirim

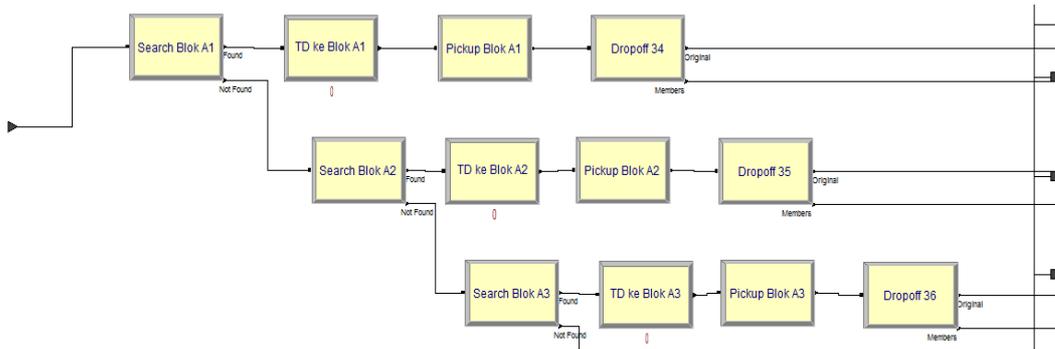
Pada submodel ini dilakukan identifikasi jenis formula pupuk yang akan dikirim. Apabila jenis formula yang akan dikirim sudah teridentifikasi maka dilakukan proses pencarian barang sesuai *order* yang ada. Proses *order picking* menggunakan 1 *forklift*. Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 menggambarkan proses identifikasi serta proses pencarian barang sesuai *order*.



Gambar 4. 10 Model Simulasi Proses Identifikasi Jenis Formula yang Dikirim

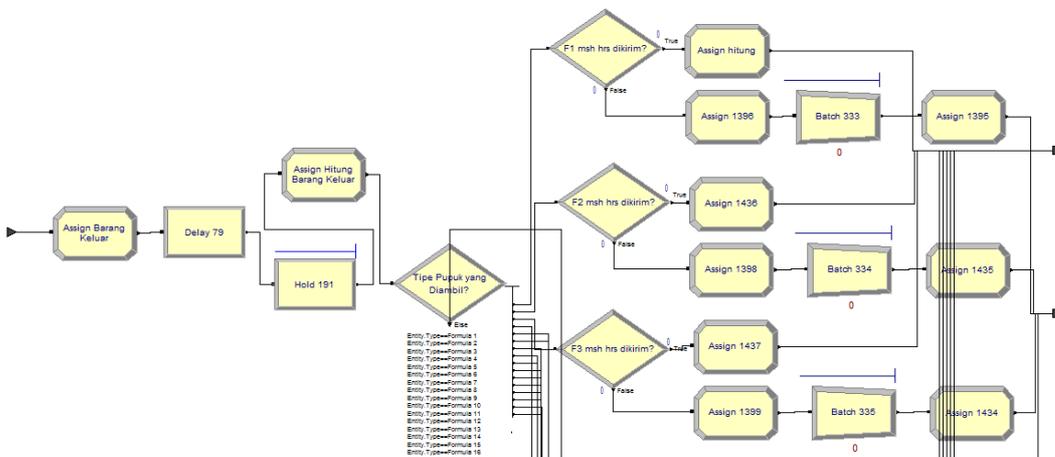
#### 4.3.4.2 Submodel Proses Order Picking Barang

Pada submodel ini, disimulasikan proses *picking* barang melalui modul *search*, *process*, *pickup*, dan *dropoff*. *Picker* akan mencari barang ke seluruh Area penyimpanan untuk menemukan barang yang sesuai dengan *detail order*.



Gambar 4. 11 Model Simulasi Proses Order Picking

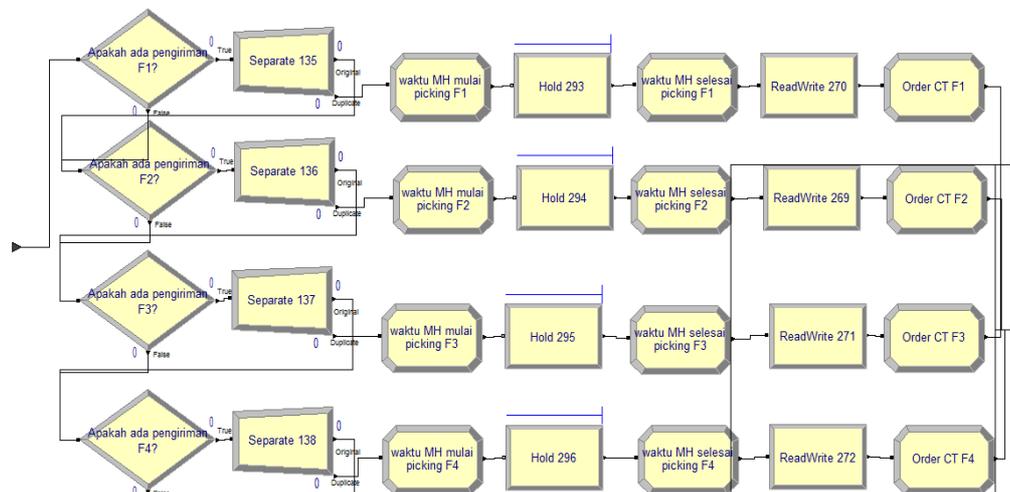
Setelah proses *order picking* berjalan, dilakukan proses pengecekan jumlah barang yang diambil apakah sudah sesuai *order* atau tidak. Apabila jumlah barang yang diambil sudah sesuai dengan *detail order* maka proses *picking* selesai. Namun, apabila jumlah yang diambil belum sesuai *order* maka *picker* akan mengulang proses pencarian ke submodule sebelumnya hingga kuantitas *order* terpenuhi. Gambar 4.12 menggambarkan proses pengecekan jumlah barang pada proses *order picking*.



Gambar 4. 12 Model Simulasi Pengecekan Proses Order Picking

#### 4.3.4.3 Submodel Perhitungan Order Cycle Time

*Order cycle time* terdiri dari komponen waktu *travel time* dan *processing time*. *Travel Time* dihitung saat *picker* memulai perjalanan dari titik *docking* ke area penyimpanan dan dari area penyimpanan ke *titik docking* kembali. Lalu, *processing time* meliputi waktu proses *loading* barang ke *forklift*. *Order cycle time* terhitung sejak *picker* memulai proses pencarian, pengambilan barang dan meletakkan barang pada *forklift*, serta memindahkan barang dari Area penyimpanan ke titik *docking*. Gambar 4.13 menggambarkan proses pencatatan waktu proses *order picking* yang dicatat setiap pengambilan *order*.



Gambar 4. 13 Model Simulasi Perhitungan *Order Picking Cycle Time*

#### 4.4 Penentuan Jumlah Replikasi

Replikasi adalah proses perulangan dengan kondisi yang sama pada suatu percobaan agar *output* yang dihasilkan lebih merpresentasikan kondisi yang sebenarnya. Pada Tabel 4.4 ditunjukkan hasil *running* model simulasi dengan jumlah replikasi sebanyak lima kali.

Tabel 4. 3 Hasil *Running* Lima Replikasi

Replikasi (i)	<i>Travel Time</i> (jam)
1	0.0759
2	0.0742

Tabel 4. 4 Hasil *Running* Lima Replikasi (Lanjutan)

Replikasi (i)	<i>Travel Time</i> (jam)
3	0.0748
4	0.0753
5	0.0768
<b>Average (xbar)</b>	<b>0.0754</b>
<b>Std. dev (s)</b>	<b>0.05283</b>

Setelah diperoleh nilai rata-rata dan standar deviasi, kemudian dilakukan perhitungan  $h_w$  dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%.

$$h_w = t_{n-1, \alpha/2} \times s / \sqrt{n} \quad (4.1)$$

Keterangan:

$h_w$  = *half width*

$n$  = jumlah replikasi awal

$s$  = standar deviasi

Dengan rumus tersebut maka perhitungan *half width* untuk model simulasi adalah sebagai berikut.

$$s = 0.001$$

$$n = 5$$

$$\alpha = 0.05$$

$$Z_{\alpha/2} = \frac{Z_{0,05}}{2} = 1,96$$

$$t_{n-1, \alpha/2} = t_{4, 0,025} = 2,776 \text{ (Didapatkan dari tabel t Distribution)}$$

Maka didapatkan:

$$hw = t_{4,0.025} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$hw = 2.776 \times \frac{0.001}{\sqrt{5}}$$

$$hw = 0.0012$$

Lalu dicari nilai  $n'$  dengan menggunakan rumus untuk menentukan jumlah replikasi dengan nilai *error absolute* yang digunakan adalah sebesar 5%.

$$n' = (z \times s/h_w)^2 \tag{4.2}$$

Sehingga jumlah ( $n'$ ) yang diperoleh adalah sebagai berikut.

$$n' = (1.96 \times \frac{0.001}{0.0012})^2$$

$$n' = 2.4918$$

$$n' \approx 3$$

Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah replikasi yang dihasilkan adalah sebanyak 3 replikasi. Jumlah replikasi dari hasil perhitungan lebih kecil dari aplikasi awal sehingga jumlah 3 replikasi yang digunakan untuk melakukan *running* simulasi baik pada kondisi eksisting maupun skenario percobaan.

#### 4.5 Validasi dan Verifikasi

Pada bagian ini dijelaskan proses verifikasi dan validasi model simulasi yang dilakukan oleh penulis.

##### 4.5.1 Validasi

Proses validasi dilakukan dengan membandingkan *travel time* yang diproses pada model simulasi dengan kondisi *real system*.

Tabel 4. 5 Perbandingan *Travel Time* sebagai Data Validasi

Replikasi	Travel Time		Selisih
	Model Simulasi	Real Word	
1	0.07589	0.07495	0.00094
2	0.07422	0.07495	0.00073

Tabel 4. 6 Perbandingan *Travel Time* sebagai Data Validasi (Lanjutan)

Replikasi	<i>Travel Time</i>		Selisih
	Model Simulasi	<i>Real Word</i>	
3	0.07483	0.07495	0.00012
4	0.07533	0.07495	0.00038
5	0.07681	0.07495	0.00186
<i>mean</i>	0.07542	0.07495	

Berdasarkan Tabel 4.4, *travel time* antara hasil simulasi dan *real system* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Untuk memperkuat validasi ini, dilakukan uji statistik menggunakan metode *T-test*. Berikut adalah hipotesa yang digunakan.

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1$$

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

Selanjutnya dilakukan uji statistic dengan metode *T-test* dengan menggunakan *software* Microsoft Excel. Tabel 4.5 adalah hasil yang diperoleh dari uji *t-Test* yang dilakukan.

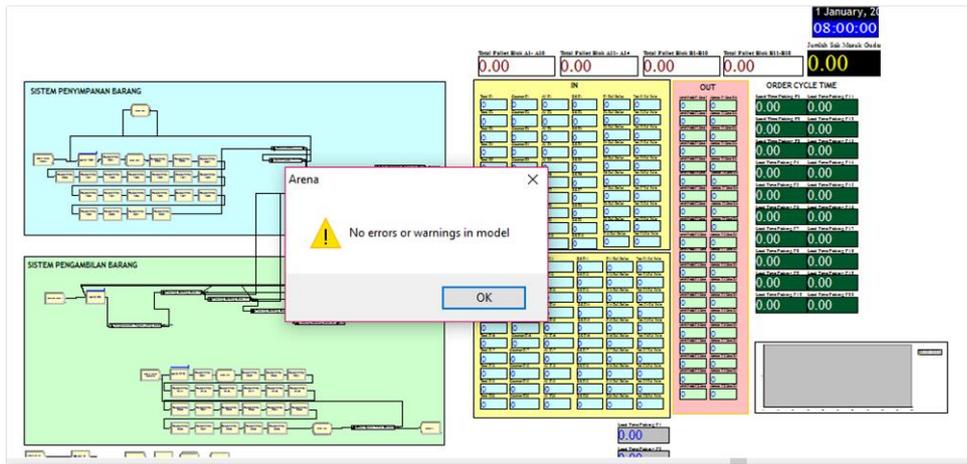
Tabel 4. 7 *t-Test: Paired Two Sample for Means*

	Model Simulasi	<i>Real System</i>
Mean	0.098692667	0.074948148
Variance	0.002791027	0
Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	4	
t Stat	1.005000728	
P(T<=t) one-tail	0.185879696	
t Critical one-tail	2.131846786	
t Critical one-tail	2.131846786	
P(T<=t) two-tail	0.371759393	
t Critical two-tail	2.776445105	

Berdasarkan Tabel 4.7, diperoleh nilai  $t$ -stat sebesar 1.005000728 dan nilai  $t$  critical two-tail adalah 2.776445105. Dapat dilihat bahwa nilai  $t$ -stat  $<$   $t$  critical two tail dan  $t$ -stat  $>$   $-t$  critical two tail. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis nol ( $H_0$ ) tidak ditolak sehingga mode simulasi dianggap valid.

#### 4.5.2 Verifikasi

Proses verifikasi dilakukan dengan dua metode yaitu secara komputerisasi dan secara manual. Pengecekan *error* secara komputerisasi dilakukan langsung menggunakan *software* ARENA. Gambar 4.14 menampilkan hasil pengecekan *error* pada model simulasi.



Gambar 4. 14 Verifikasi dengan Fitur *Model Check* pada *Software* ARENA

Berdasarkan verifikasi model simulasi menggunakan *software* ARENA tidak ditemukan kesalahan atau *error* pada model tersebut yang menunjukkan bahwa logika dalam membangun model adalah benar. Selain pengecekan secara komputerisasi juga dilakukan pengecekan secara manual terhadap parameter-parameter tertentu. Berikut adalah pengecekan secara manual terhadap parameter-parameter yang terdapat di dalam sistem.

##### 4.5.2.1 Verifikasi Penyimpanan Pupuk dalam Gudang

Dilakukan pengecekan manual terhadap proses penyimpanan pupuk dalam gudang. Pupuk yang masuk ke dalam diterima oleh gudang dari lantai

produksi masih dalam bentuk sak. Sementara penyimpanan pupuk di gudang harus dalam satuan *pallet* yang setiap *pallet*-nya terdiri dari 50 sak pupuk. Oleh karena itu, dilakukan proses *batching* menggunakan modul *batch* untuk menyatukan 50 sak ke dalam 1 *pallet*. Gambar 4.15 menunjukkan bahwa logika sistem sudah terverifikasi karena jumlah pupuk yang diterima dari rantai produksi sudah sesuai dengan jumlah *pallet* yang disimpan di gudang (88 *pallet* pupuk terdiri dari 4400 sak pupuk).



Gambar 4. 15 Jumlah Pupuk yang Disimpan dalam Satuan Sak dan *Pallet*

#### 4.5.2.2 Verifikasi Jenis dan Jumlah Order

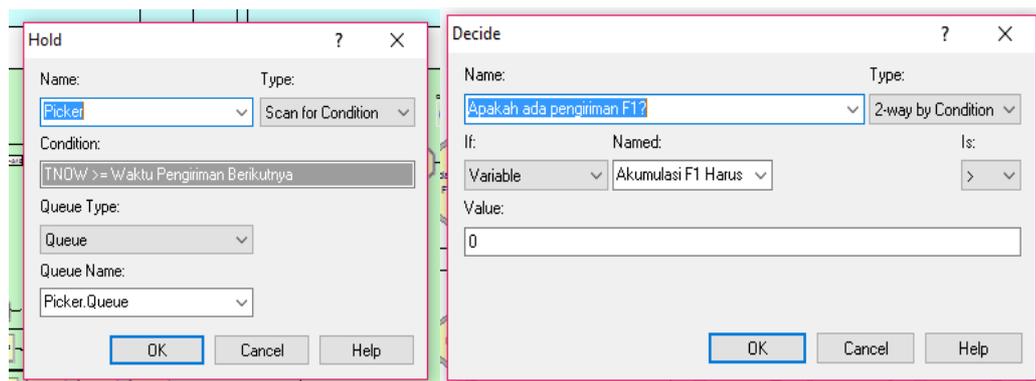
Kemudian juga dilakukan pengecekan terhadap logika model simulasi dalam mengidentifikasi jenis dan jumlah pupuk yang pesan. Pada model simulasi, di hari ke-5 terdapat *order* Formula 1 sebanyak 1000 sak dan terdapat pengiriman Formula 1 sebanyak 1500 sak. Hal ini membuktikan bahwa logika sistem telah terverifikasi, karena berdasarkan data eksisting pada hari ke-5 terdapat *order* Formula 1 sebanyak 1000 sak dan pengiriman Formula 1 sebanyak 1500 sak. Gambar 4.16 menampilkan bahwa logika perhitungan jenis dan jumlah *order* telah terverifikasi.



Gambar 4. 16 Jenis dan Kuantitas Formula yang Dipesan pada Hari Ke-5

#### 4.5.2.3 Verifikasi Aktivitas Picker

Proses verifikasi dilakukan lebih jauh dengan melakukan pengecekan terhadap aktivitas *picker* pada sistem. *Picker* tidak akan melakukan aktivitas hingga terdapat jadwal pengiriman pada hari tersebut dan akan melakukan proses *order picking* ketika jenis dan jumlah *order* telah diketahui. Logika ini digambarkan dengan memberikan informasi *variable* untuk setiap jenis pupuk yang harus dikirim, bila bernilai lebih dari nol maka *picker* akan secara otomatis melakukan proses *order picking*. Gambar 4.17 menggambarkan logika sistem dalam menentukan aktivitas *picker*.



Gambar 4. 17 Logika Model Simulasi untuk Aktivitas *Picker*

## 4.6 Hasil Simulasi

Pada bagian ini dipaparkan hasil dari *running* model simulasi *order picking* yang telah dilakukan selama 90 hari atau tiga bulan dengan tiga replikasi. Berikut merupakan hasil simulasi yang dicatat dari *running* simulasi model kondisi eksisting dan kondisi perbaikan. Tabel 4.8 menampilkan hasil rekap jumlah pupuk yang disimpan dan dikirim.

Tabel 4. 8 *Output Model Simulasi*

Hari ke-	Jumlah Pupuk yang Disimpan	Jumlah Pupuk yang Dikirim
1	4400	0
2	3850	0
3	3850	4400
4	3300	3850
5	3400	3850
6	5100	3300
7	4052	3400
8	4086	3900
9	4058	4052
10	3666	4086
.....	.....	.....
80	4340	0
81	4471	0
82	4469	0
83	4512	4363
84	4422	4340
85	4290	4471
86	4212	4469
87	4472	4512
88	4900	4422
89	4348	4290
90	4670	4212

#### 4.6.1 Hasil Simulasi Terkait Order Picking Cycle Time

Pada bagian ini ditampilkan hasil simulasi pada kondisi eksisting terkait *order cycle time* pada kondisi eksisting maupun setelah dilakukan perbaikan. Terdapat tiga skenario perbaikan yang dilakukan terhadap sistem terkait penambahan titik *docking* dan penambahan jumlah *resource*. Penambahan titik *docking* dilakukan karena pada kondisi eksisting hanya digunakan satu titik *docking* di dekat gudang B sehingga titik tersebut agak jauh dari gudang A. Oleh karena itu, dilakukan penambahan titik *docking* di dekat gudang A agar dapat memfasilitasi proses pengambilan barang dari gudang A sehingga *travelling time* dapat tereduksi. Dengan adanya penambahan titik *docking* di Gudang A, maka jarak tempuh *forklift* menjadi lebih dekat. Penambahan *resource* yang dilakukan juga diharapkan dapat menurunkan utilitas *forklift* yang sebelumnya terlalu tinggi yaitu bernilai satu.

Berikut adalah penjelasan terkait perbaikan yang dilakukan pada setiap skenarionya:

- a. Pada Skenario 1 dilakukan perbaikan terkait penambahan titik *docking* di Gudang A. Pada kondisi normal, hanya terdapat satu titik *docking* yang berada di dekat Gudang B. Dengan demikian barang yang diambil dari Gudang A akan diletakkan di titik *docking* A.
- b. Pada Skenario 2 dilakukan perbaikan terkait penambahan *resources* berupa *forklift* menjadi 2 buah. Titik *docking* yang digunakan pada Skenario 2 berjumlah 2.
- c. Pada Skenario 3 juga dilakukan perbaikan terkait penambahan *resources* berupa *forklift* menjadi 3 buah. Titik *docking* yang digunakan pada Skenario 3 juga berjumlah 2.

Pada Tabel 4.9 ditampilkan data jarak setiap area penyimpanan pada Gudang A menuju titik *docking* A dan pada Gambar 4.18 ditampilkan gambaran *layout* setelah dilakukan penambahan titik *docking*.

Tabel 4. 9 Jarak Area Penyimpanan ke Titik *Docking*

	Jarak ke Titik <i>Docking</i> (m)		Jarak ke Titik <i>Docking</i> (m)
A1	10	A8	15
A2	15	A9	20
A3	20	A10	25
A4	25	A11	30
A5	30	A12	35
A6	35	A13	44
A7	10	A14	42



Gambar 4. 18 *Layout* Penambahan Titik  
*Docking* pada Gudang A

Berdasarkan skenario perbaikan yang dilakukan, Tabel 4.10 menampilkan hasil simulasi terkait *order picking cycle time* pada kondisi eksisting dan kondisi perbaikan.

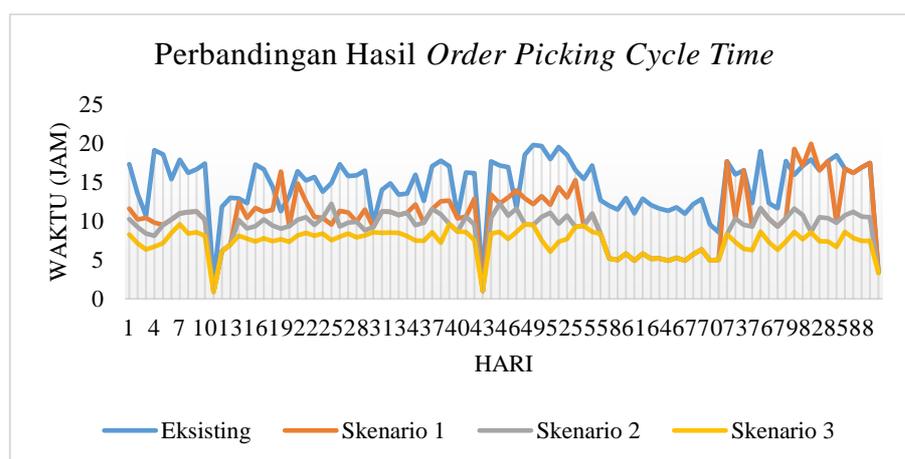
Tabel 4. 10 Perbandingan Hasil Simulasi Terkait *Order Picking Cycle Time*

No	<i>Order Picking Cycle Time (jam)</i>			
	Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
1	17.27886	11.5805833	10.24725	8.24724995
2	13.47351	10.2018801	9.20188005	7.12902167
3	10.67312	10.3937702	8.39377019	6.32709617
4	19.08327	9.78412143	8.11745476	6.71738735
5	18.56868	9.5066432	9.5066432	7.16597586
6	15.33568	10.202616	10.202616	8.46861532
7	17.85597	10.9864794	10.9864794	9.58647866
8	16.18774	11.119424	11.119424	8.38609064
9	16.6254	11.2170955	11.2170955	8.54976154
10	17.37322	10.1649692	10.1649692	8.09830248
11	2.303973	0.98157688	0.98157688	0.84757014
12	11.84385	6.13600203	6.13600203	6.13593537
13	12.96127	6.93597289	6.93597289	6.93596555
14	12.90126	12.4497133	10.1163799	8.11636593
15	12.27132	10.3896328	9.05629946	7.7162988

Tabel 4. 11 Perbandingan Hasil Simulasi Terkait *Order Picking Cycle Time* (Lanjutan)

No	<i>Order Picking Cycle Time (jam)</i>			
	Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
75	12.2758	9.27580244	9.27580244	6.27569244
76	18.95719	11.6238517	11.6238517	8.62588593
77	12.28766	10.2876628	10.2876628	7.28666177
78	11.63615	9.30281745	9.30281745	6.30281842
79	17.69714	10.3638116	10.3638116	7.36402532
80	15.92368	19.2570118	11.5903451	8.59034412
81	17.08791	17.0879071	10.7545738	7.65457366
82	17.90524	19.9052373	8.57190396	8.57080396
83	16.48527	16.4852721	10.4852721	7.38527206
84	17.67549	17.6754907	10.3421574	7.34214727
85	18.42831	9.76164366	9.76164366	6.65163267
86	16.71065	16.7106461	10.7106461	8.60964502
87	16.16236	16.162364	11.162364	7.82793068
88	16.87257	16.8725717	10.5392384	7.43922738
89	17.45988	17.459875	10.459875	7.4590649
90	3.39025	3.39024977	3.39024977	3.29023967

Pada Gambar 4.19 ditampilkan grafik untuk menampilkan perbandingan hasil simulasi agar perbandingan *order picking cycle time* lebih jelas.



Gambar 4. 19 Grafik Perbandingan Hasil *Order Picking Cycle Time* pada Kondisi Eksisting dan Kondisi Perbaikan

#### 4.6.2 Hasil Simulasi Terkait Utilitas Resources

Pada bagian ini akan dipaparkan hasil simulasi terkait utilisasi *resources* pada model simulasi eksisting maupun setelah dilakukan perbaikan

Tabel 4. 12 Rekap Hasil Simulasi Terkait Utilitas *Resources*

	<b>Jumlah <i>Forklift</i></b>	<b>Utilitas <i>Forklift</i></b>	<b>Jumlah Titik <i>Docking</i></b>	<b><i>Order Picking Cycle Time</i></b>
<b>Kondisi Awal</b>	1	1	1	14.63061
<b>Skenario 1</b>	1	0.98	2	10.717757
<b>Skenario 2</b>	2	0.51	2	8.9918308
		0.48		
<b>Skenario 3</b>	3	0.45	2	7.2917607
		0.39		
		0.16		

## **BAB 5**

### **ANALISIS DAN INTEPRETASI DATA**

Pada Bab 5 dipaparkan mengenai analisis dan interpretasi data dari hasil simulasi terkait skenario perbaikan yang dapat mereduksi *order cycle time* pada gudang barang jadi di PT Jadimas.

#### **5.1 Analisis Order Cycle Time dan Utilitas Forklift pada Kondisi Eksisting**

Berdasarkan Tabel. 4.8 di bagian sebelumnya, dapat diamati *order picking cycle time* memiliki rata-rata waktu sebesar 14.63061 jam setiap harinya. Berdasarkan rekap data yang disajikan di bagian Lampiran, setiap harinya terdapat tiga jenis *order* berbeda yang harus dipenuhi. *Order* tersebut memiliki jenis formula pupuk dan kuantitas yang berbeda-beda sehingga pada kondisi riil hal ini memerlukan strategi yang baik agar proses pengambilan barang berjalan secara tepat.

Proses *order picking* yang berlangsung pada kondisi eksisting cenderung melebihi jam operasional pabrik yang seharusnya berlangsung dari pukul 08.00 hingga pukul 16.00. Berdasarkan hasil *running* model simulasi selama 90 hari, hampir setiap hari proses *order picking* melebihi jam kerja seharusnya. Hal ini tentu berdampak terhadap pengeluaran biaya pekerja, biaya *material handling*, dan biaya operasional lainnya yang memberikan kerugian bagi perusahaan.

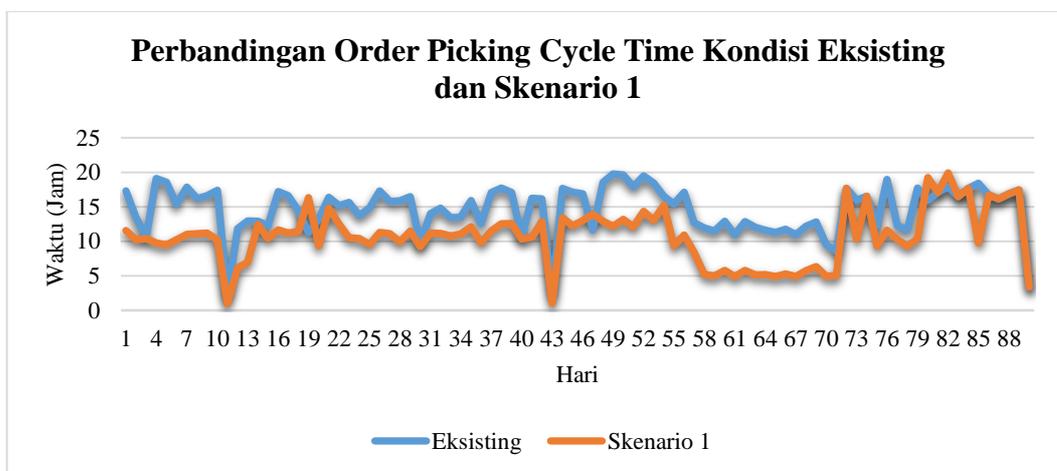
Selain *order cycle time*, hasil simulasi dengan model ARENA juga menunjukkan utilitas *forklift* pada sistem adalah sebesar 1.00. Utilitas sebesar 1.00 menunjukkan bahwa *forklift* bekerja secara maksimal dalam melakukan proses *order picking*. Hal ini dinilai kurang baik karena penggunaan *material handling* yang terlalu tinggi dapat menyebabkan *forklift* lebih cepat rusak karena frekuensi penggunaan yang terlalu tinggi. Angka utilitas yang terlalu besar menunjukkan bahwa *resource* yang ada masih kurang dan perlu dilakukan penambahan agar angka utilitas dapat berada pada level yang tidak terlalu rendah tetapi tidak terlalu tinggi.

## 5.2 Analisis Order Cycle Time dan Utilitas Forklift pada Skenario Perbaikan

Untuk mereduksi *order cycle time* dan utilitas yang tinggi maka dilakukan tiga skenario perbaikan terkait penambahan titik *docking* dan penambahan *resource forklift* pada model simulasi. Penambahan titik *docking* dilakukan untuk meminimalisi jarak tempuh *forklift* saat melakukan pengambilan barang dari Gudang A sehingga dengan adanya pengurangan jarak maka *travel time* juga dapat tereduksi. Penambahan jumlah *forklift* juga dilakukan agar utilitas *resource* dapat tereduksi.

### 5.2.1 Skenario 1: Penambahan Titik Docking

Seperti yang telah dipaparkan pada bagian sebelumnya, dilakukan penambahan titik *docking* di depan Gudang A untuk memfasilitasi pengiriman barang yang disimpan di gudang tersebut. Hasil dari skenario perbaikan ini menunjukkan penurunan rata-rata *order cycle time* dari 14.63061 jam menjadi 10.718 jam. Hal ini menunjukkan adanya penurunan yang cukup signifikan terhadap *travel time picker* saat melakukan proses pengambilan barang sehingga waktu proses *order picking* berkurang sebesar 27%. Gambar 5.1 menampilkan grafik perbandingan *order picking cycle time* antara kondisi eksisting dan skenario 1.

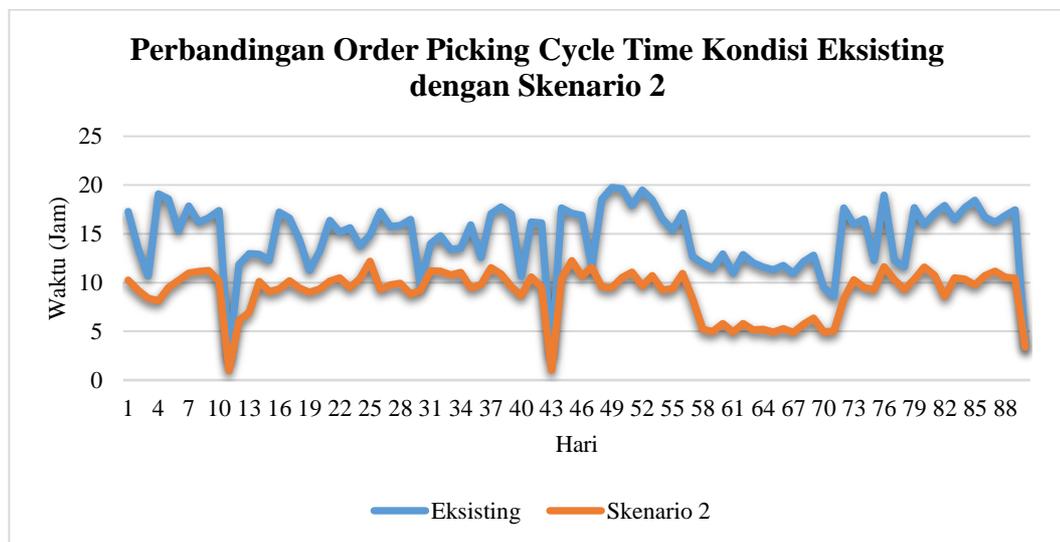


Gambar 5. 1 Perbandingan *Order Picking Cycle Time* Kondisi Eksisting dengan Skenario 1

Pengurangan jarak tempuh yang dilakukan juga berdampak kepada utilitas tenaga *resource* yang menurun sebesar 4% menjadi 0.96. Hal ini menunjukkan dampak yang baik bagi sistem *order picking* sendiri maupun terhadap utilitas pekerjanya. Namun, utilitas sebesar 0.96 masih dinilai cukup besar.

### 5.2.2 Skenario 2: Penambahan Titik Docking dan 1 Forklift

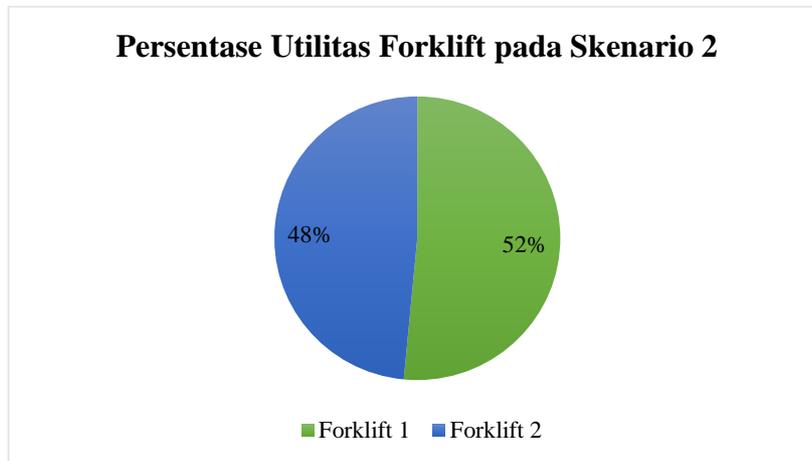
Selain penambahan titik *docking* juga dilakukan penambahan terhadap *resource forklift* sebanyak satu buah sehingga jumlah *resource* menjadi 2. Dengan adanya penambahan *forklift* maka proses pengambilan barang dapat dilakukan secara paralel. Hasil dari skenario 2 terhadap *order picking cycle time* menunjukkan pengurangan rata-rata waktu *order picking* menjadi 8.9916 jam setiap harinya. Bila dibandingkan dengan kondisi eksisting, penurunan yang terjadi cukup signifikan yaitu sebesar 39%. Gambar 5.2 menampilkan grafik perbandingan *order picking cycle time* antara kondisi eksisting dan Skenario 2.



Gambar 5. 2 Perbandingan *Order Picking Cycle Time* Kondisi Eksisting dengan Skenario 2

Penambahan *forklift* juga berdampak terhadap utilitas *resources* dari 0.98 menjadi 0.51 dan 0.48 untuk setiap *forklift*. Angka tersebut menunjukkan utilitas yang lebih ideal sehingga beban kerja *forklift* tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu

rendah. Gambar 5.3 menampilkan grafik persentase utilitas *forklift* 1 dan *forklift* 2 pada skenario 2.

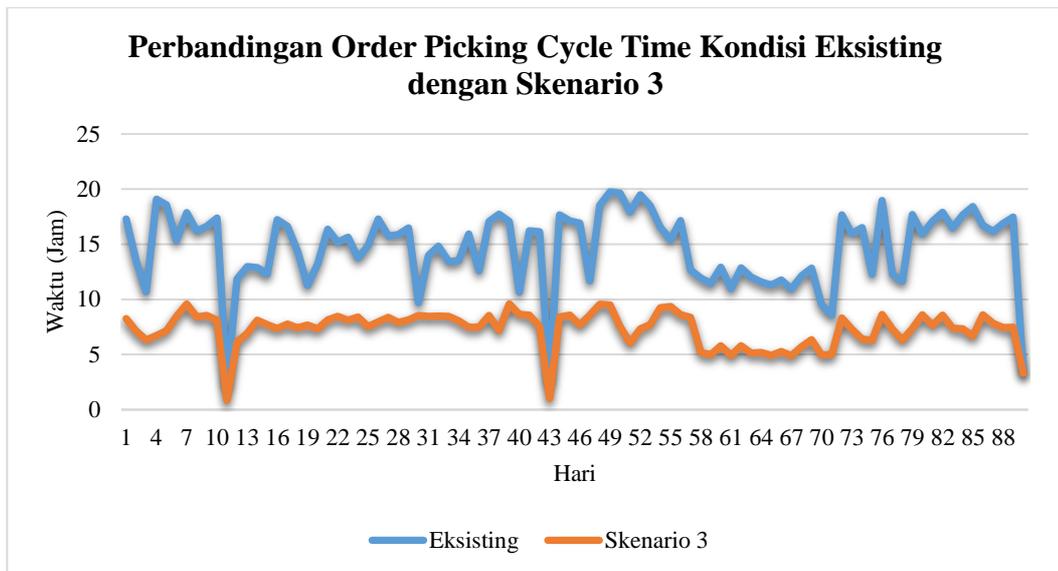


Gambar 5. 3 Persentase Utilitas *Forklift* pada Skenario 2

Kedua *forklift* dapat dikatakan mendapatkan beban kerja yang hampir sama sehingga tidak ada *forklift* yang cenderung *idle* pada kondisi tertentu. Pada skenario ini, rata-rata pengurangan utilisasi *resource* adalah sebesar 49%.

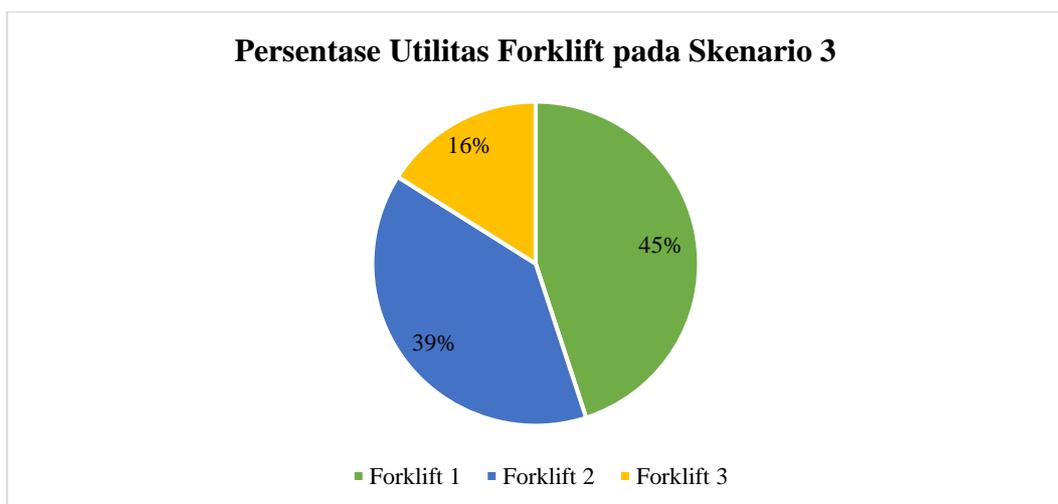
### 5.2.3 Skenario 3: Penambahan Titik Docking dan 2 Forklift

Pada skenario 3 dilakukan penambahan *forklift* menjadi 3 buah. Hal ini tentu berdampak drastis terhadap rata-rata *order picking cycle time* yang pada kondisi eksisting berlangsung selama 14.63061 jam menjadi 7.2918 per harinya. Reduksi waktu *order picking cycle time* yang terjadi hampir mencapai 50% dari kondisi eksisting. Hal ini tentu berdampak sangat baik perusahaan sehingga perusahaan dapat mengurangi biaya *overtime* terhadap *resources* yang digunakan karena proses *order picking* berlangsung tidak melebihi jam kerja normal yaitu 8 jam. Gambar 5.3 menampilkan grafik perbandingan *order picking cycle time* antara kondisi eksisting dan Skenario 3.



Gambar 5. 4 Perbandingan *Order Picking Cycle Time* Kondisi Eksisting dengan Skenario 3

Selain berdampak terhadap penurunan waktu *order picking*, skenario perbaikan ini juga berdampak terhadap turunnya utilitas *forklift* yang digunakan yaitu menjadi 0.45, 0.39, dan 0.16 untuk setiap *forklift*. Dapat dilihat bahwa *forklift* 1 dan *forklift* 2 memiliki beban kerja yang ideal dan hampir bernilai setara. Namun pada *forklift* 3, nilai utilitasnya cenderung rendah yaitu 0.16. Gambar 5.5 menampilkan grafik persentase utilitas *forklift* 1, *forklift* 2, dan *forklift* 3 pada skenario 3.



Gambar 5. 5 Persentase Utilitas Forklift pada Skenario 3

Hal ini menunjukkan beban kerja *forklift* 3 terlalu ringan dan lebih banyak berada pada kondisi *idle*. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah 3 *forklift* terlalu banyak untuk aktivitas *order picking* perusahaan karena adanya *resources* yang cenderung berada dalam kondisi *idle* memberikan kerugian bagi perusahaan walaupun dapat digunakan pada waktu-waktu tertentu bila dibutuhkan. Oleh karena itu, utilitas *resources* pada skenario 3 memiliki kondisi yang kurang seimbang walaupun pada skenario 3 dihasilkan waktu rata-rata *order picking cycle time* yang paling rendah.

### 5.3 Analisis Pemilihan Skenario Terbaik

Berdasarkan kedua skenario tersebut dapat dilihat bahwa ketiganya memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap penurunan waktu *order picking* dan utilitas *resource* yang digunakan. Penambahan titik *docking* memberikan dampak signifikan bagi pengurangan *travel time* pada proses *order picking* dan penambahan *forklift* juga berbanding lurus terhadap reduksi waktu *order picking*. Namun berdasarkan analisis *order cycle time* dan utilitas *forklift* pada setiap skenario perbaikan, skenario 2 memberikan perbaikan yang paling baik dari segi waktu *order picking* maupun utilisasi *resource*. Pada skenario 2 reduksi *order picking cycle time* adalah sebesar 39%, dari 14.63061 jam menjadi 8.9916 jam. Selain itu utilitas *forklift* pada skenario 2 menunjukkan nilai yang paling ideal yaitu 0.51 dan 0.48 untuk kedua *forklift*. Utilitas *resource* pada skenario 2 dapat dikatakan ideal karena memiliki nilai yang tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah. Bila nilai utilitas besar maka kinerja *resource* terlalu tinggi dan produktivitas dapat menurun pada kondisi tertentu. Sementara bila nilai utilitas terlalu rendah akan memberikan kerugian bagi perusahaan karena *resource* tersebut tidak bekerja secara optimal.

Skenario 3 juga menunjukkan kondisi perbaikan yang sangat baik terkait *order picking cycle time* yaitu sebesar 50% dari 14.63061 jam menjadi 7.2918 jam. Namun terkait aspek utilisasi *resource*, hasil simulasi pada skenario 3 menunjukkan besar utilitas yang kurang seimbang antara ketiga *forklift*. *Forklift* 1 dan *forklift* 2 memiliki beban kerja yang cukup seimbang yaitu 0.45 dan 0.39 tetapi *forklift* 3

cenderung memiliki utilitas yang terlalu rendah yaitu hanya sebesar 0.16. Kecilnya utilitas *forklift* 3 ini dapat memberikan kerugian bagi perusahaan sementara dalam penggunaannya lebih banyak dalam kondisi *idle* sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah 3 *forklift* terlalu banyak untuk digunakan pada sistem *order picking* ini.

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan guna memilih skenario terbaik yang dapat direkomendasikan untuk perusahaan, penulis lebih menyarankan skenario 2 yaitu penggunaan 2 titik *docking* dan 2 *forklift* untuk dapat diaplikasikan oleh perusahaan karena memberikan kondisi paling ideal dan seimbang antara *order picking cycle time* dan utilitas *resource* yang digunakan.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada Bab 6 dijelaskan mengenai kesimpulan Tugas Akhir dan saran terhadap penelitian berikutnya.

#### **6.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapat dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Sistem pergudangan barang jadi di PT Jadimas masih memiliki banyak kekurangan terutama di sistem penyimpanan yang masih *random* dan tidak teratur. Hal ini berdampak pada sistem *order picking* yang menjadi lebih sulit untuk *picker* karena mengalami kesulitan dalam mencari *order* dengan jenis pupuk yang berbeda-beda. Sistem *order picking* yang diterapkan juga belum memperhatikan utilitas tenaga kerja yang digunakan sehingga operator maupun *material handling* yang digunakan memiliki frekuensi kerja yang tinggi.
2. Untuk memberikan solusi terhadap permasalahan yang ada, telah dikembangkan model simulasi sistem penyimpanan dan sistem pengambilan barang jadi dengan skenario perbaikan penambahan titik *docking* dan penambahan *forklift*. Skenario 1 memberikan dampak penurunan waktu *order picking* sebesar 27% dan penurunan utilitas *forklift* sebesar 4% menjadi 0.96 dari 1. Skenario 2 juga memberikan dampak yang signifikan terhadap reduksi *order cycle time* sebesar 39% dan penurunan utilitas *forklift* sebesar 49% menjadi 0.50 dari 1. Lalu Skenario 3 memberikan dampak reduksi *order cycle time* sebesar 50% dan utilitas *forklift* sebesar 50%
3. Berdasarkan analisa skenario perbaikan yang telah dilakukan, dipilih skenario 2 dengan adanya penggunaan 2 titik *docking* dan 2 *forklift* yang memberikan kondisi *order picking cycle time* sebesar 8.9918 jam dan utilisasi *forklift* sebesar 0.51 dan 0.48. Kondisi ini dipilih karena

memberikan dampak perubahan yang paling ideal terkait *order picking cycle time* dan utilisasi *forklift*.

## 6.2 Saran

Saran yang diberikan untuk perusahaan adalah:

1. Untuk meningkatkan performansi sistem *order picking* pada PT NPK Jadimas, penggunaan 2 titik *docking* dan 2 *forklift* dapat mereduksi *order picking cycle time* yang selama ini berlangsung terlalu lama secara signifikan tetapi utitilias *resources* yang digunakan tetap seimbang.
2. Selain penambahan titik *docking* dan jumlah *resources*, perusahaan juga dapat mengklasifikan lokasi penyimpanan barang agar dapat memudahkan *picker* dalam mengambil barang.

Saran yang diberikan untuk Tugas Akhir selanjutnya adalah:

1. Mempertimbangkan perubahan sistem penyimpanan barang dengan melakukan klasifikasi terhadap *storage* agar proses *order picking* dapat semakin mudah dilakukan.
2. Memperhatikan rute yang dilewati oleh *picker* agar *picker* dapat mengambil barang dengan jarak paling optimal sehingga *order cycle time* dapat lebih cepat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ailing, Chee. (2009). *Facility Layout Improvement Using Systematic Layout Planning (SLP) and ARENA*, Malaysia.
- Chopra, S. dan Meindl, P. (2007), *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation 3<sup>rd</sup> Edition*, New Jersey.
- Ecklund, David K. (2010), *Warehousing Efficiency and Effectiveness in the Supply Chain Process*, [Online] available at: <http://www.scmr.com>, [Diakses: 30 Maret 2017].
- Ferina, Anita. (2006), *Evaluasi Sistem Penyimpanan dan Pengiriman Barang Jadi untuk Meningkatkan Space Availability dengan Pendekatan Simulasi*, Surabaya: ITS.
- Heragu, S. (2008), *Facility Design 3<sup>rd</sup> Edition*, Taylor and Francis Group, Florida.
- Hill, J. M. (2007), *Warehouse Performance Management*, Chicago: Esync.
- Kelton, W.D. dan Law, A.M. (1991), *Simulation Modeling & Analysis 2<sup>nd</sup> Edition*, McGraw-Hill, Singapore.
- Lestari, S.F.W. (2016), *Fungsi Gudang dalam Sistem Logistik dan Rantai Pasok*, [Online] available at <http://supplychainindonesia.com/new/fungsi-gudang-dalam-sistem-logistik-dan-rantai-pasok/>, [Diakses: 31 Maret 2017].
- Liviu, I., Turdean Ana-Maria, Crisan Emil. (2009), *Warehouse Performance Measurement – A Case Study, Volume IV*, Romania.
- Nugroho, W.S. (2016), *Simulation Study of Storage Allocation in Warehouse under Uncertain Demand*, Surabaya: ITS.
- Nurseha, M.S.A. (2015), *Analisis Perbandingan Layout Gudang Saat Ini dengan Usulan dan Menghitung Ongkos Material Handling*, Widyatama Repository, Indonesia.
- Piasecki, D. (2012), *Order Picking: Methods and Equipment for Piece Pick, Case Pick, and Pallet Pick Operations*, [Online] available at [http://www.inventoryops.com/order\\_picking.htm](http://www.inventoryops.com/order_picking.htm), [Diakses: 30 Maret 2017].

- Rezky, Elsa Winanda. (2016), *Simulasi Order Picking pada Gudang Pusat Distribusi untuk Meminimasi Order Cycle Time*, Surabaya: ITS.
- Richards, Gwyne. (2014) , *Warehouse Management a Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Cost in the Modern Warehouse 2<sup>nd</sup> Edition*.
- Yunarto, H.I. dan Martinus, G.S. (2005), *Business Concepts Implementation Series in Inventory Management*, Jakarta.

## LAMPIRAN

Tabel L. 1 Daftar Jenis Pupuk

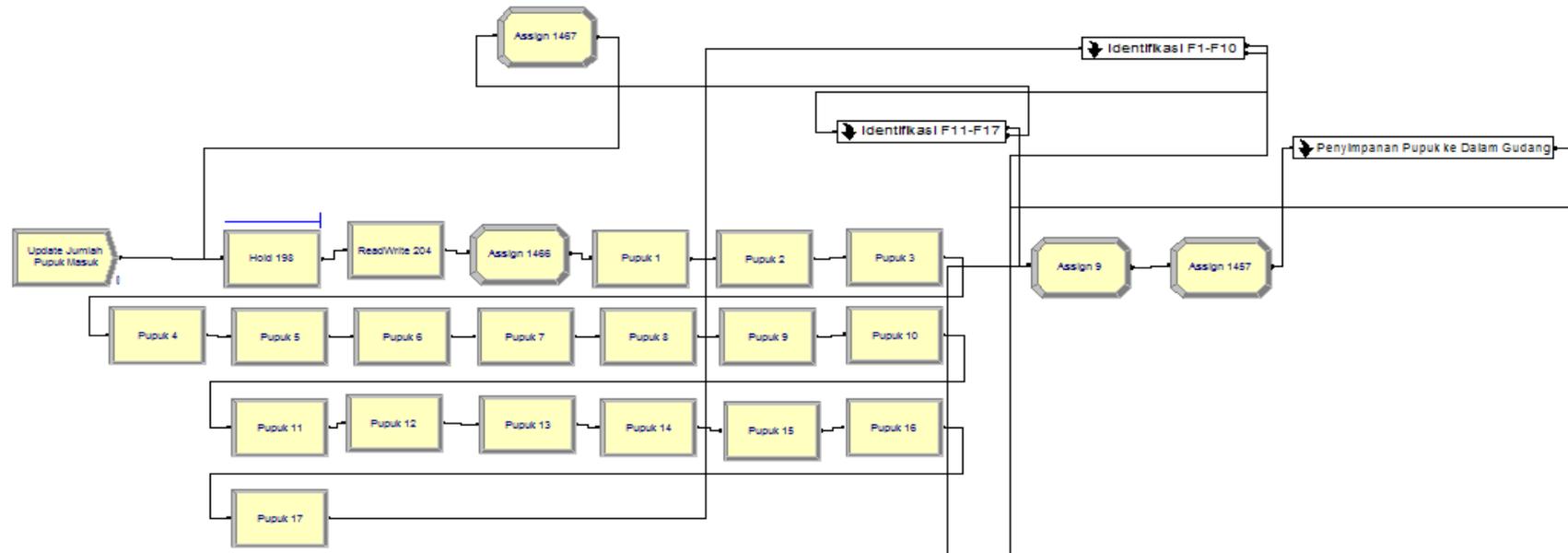
No	Pemesan	Jenis Pupuk
1	ASTRA	NPK 17.4.24
2	ASTRA	NPK 17.7.21
3	ASTRA	NPK 15.7.23
4	KHARISMA	NPK 17.7.21
5	MAJEMUK	BP-24
6	MMC	NPK 12.6.27
7	MMC	NPK 13.6.27
8	NPK	15.15.15.
9	PETROSIDA	NPK 13.6.27
10	SGP	12.12.17
11	TEGA UTAMA	NPK 15.10.23
12	TEN VI	NPK 15.10.22
13	TEN VI	NPK 13.7.25
14	TIRTA MADU	NPK 15.6.25.4
15	TIRTA MADU	NPK 16.6.6.4
16	TIRTA MADU	NPK 15.5.30
17	ASTRA	NPK 12.12.17

Tabel L. 2 *Detail Order* Jumlah Pupuk

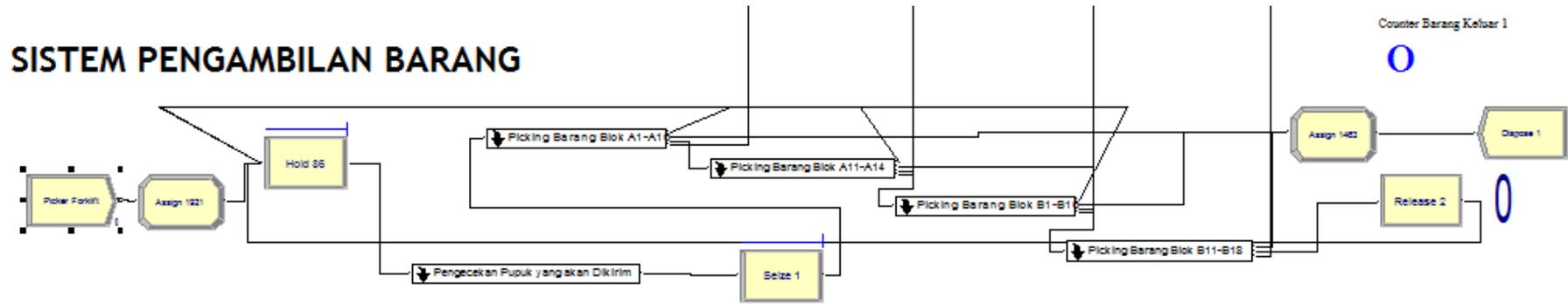
No	Pemesan	Jenis Pupuk	Kode	Jumlah Disimpan		Jumlah Dikirim	
				(Sak)	(Ton)	(Sak)	(Ton)
1	ASTRA	NPK 17.4.24	F1	6600	330000	6600	330000
2	ASTRA	NPK 17.7.21	F2	6050	302500	6050	302500
3	ASTRA	NPK 15.7.23	F3	24690	1234500	18417	920850
4	KHARISMA	NPK 17.7.21	F4	8252	412600	7654	382700
5	MAJEMUK	BP-24	F5	23594	1179700	17487	874350
6	MMC	NPK 12.6.27	F6	8938	446900	8691	434550
7	MMC	NPK 13.6.27	F7	13149	657450	11765	588250
8	NPK	15.15.15.	F8	30971	1548550	24319	1215950
9	PETROSIDA	NPK 13.6.27	F9	13024	651200	12502	625100
10	SGP	12.12.17	F10	15584	779200	15484	774200
11	TEGA UTAMA	NPK 15.10.23	F11	14277	713850	14177	708850
12	TEN VI	NPK 15.10.22	F12	14192	709600	14092	704600
13	TEN VI	NPK 13.7.25	F13	17849	892450	17758	887900
14	TIRTA MADU	NPK 15.6.25.4	F14	18298	914900	17117	855850
15	TIRTA MADU	NPK 16.6.6.4	F15	19829	991450	18318	915900
16	TIRTA MADU	NPK 15.5.30	F16	21553	1077650	23511	1175550
17	ASTRA	NPK 12.12.17	F17	23843	1192150	23723	1186150
<b>Jumlah</b>				<b>280693</b>	<b>14034650</b>	<b>257665</b>	<b>12883250</b>

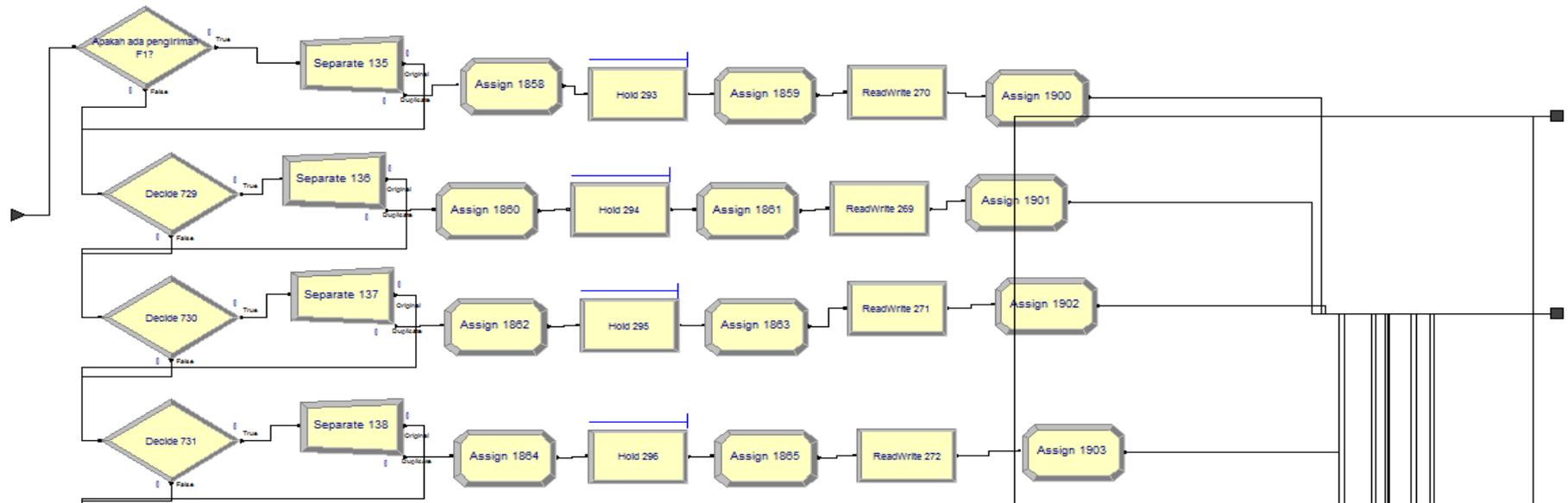


Gambar L. 2 Model Sistem Penyimpanan Barang

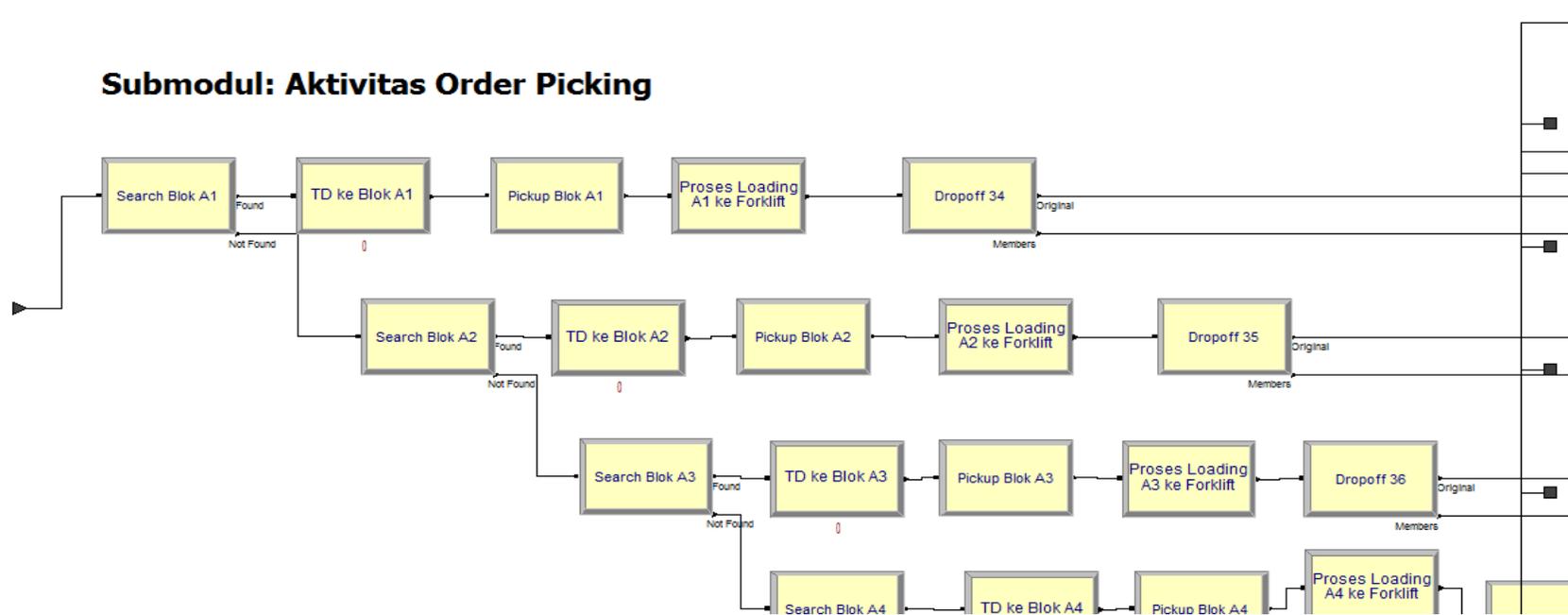
**SISTEM PENYIMPANAN BARANG**

Gambar L. 3 Model Sistem Pengambilan Barang

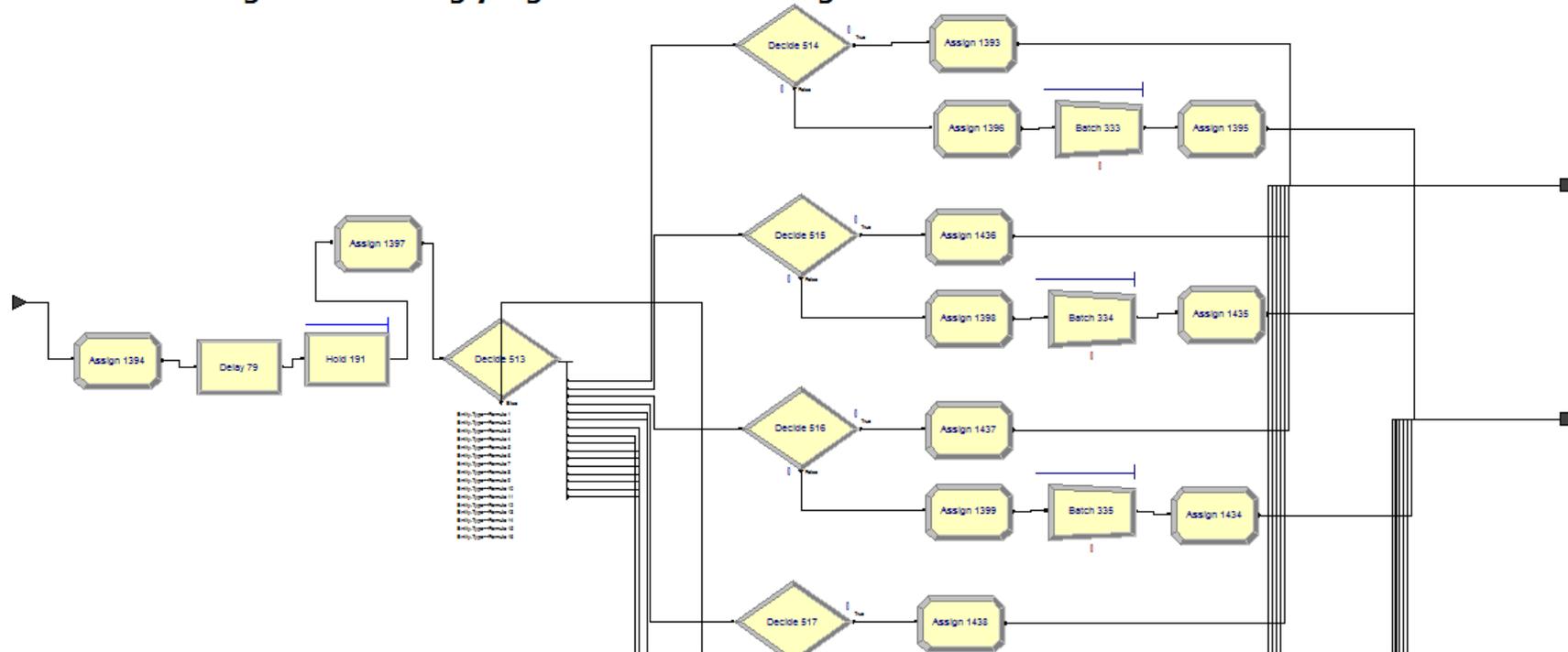


Gambar L. 4 Sub Model *Order Cycle Time Calculation***Submodul: Order Cycle Time Calculation**

Gambar L. 5 Sub Model Aktivitas *Order Picking*

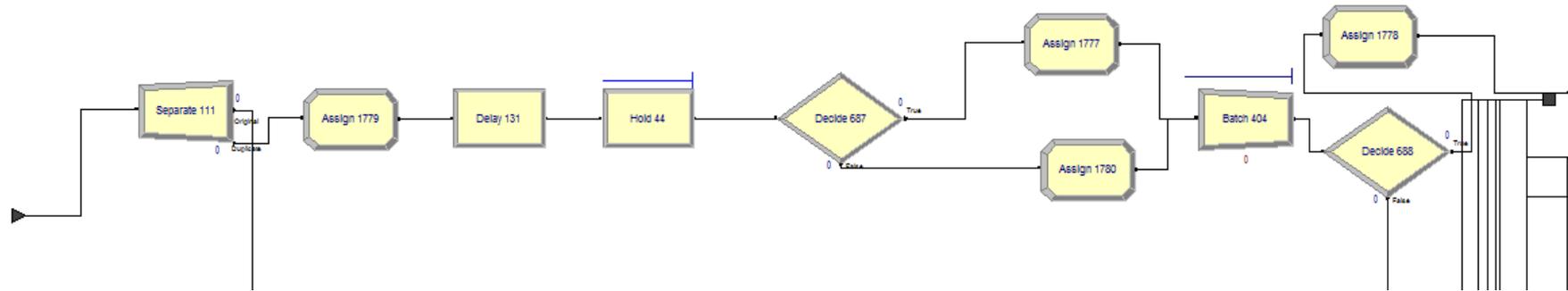


Gambar L. 6 Sub Model Pengecekan Barang yang Diambil dari Gudang

**Submodul: Pengecekan Barang yang Diambil dari Gudang**

Gambar L. 7 Sub Model Identifikasi Barang yang Masuk Gudang

**Submodul: Identifikasi Barang yang Masuk Gudang**



Tabel L. 3 *Travel Time Forklift* dari Titik *Docking* menuju Area Penyimpanan pada Gudang A

AREA A1	AREA A2	AREA A3	AREA A4	AREA A5	AREA A6	AREA A7	AREA A8	AREA A9	AREA A10	AREA A11	AREA A12	AREA A13	AREA A14														
1	5.05	1	4.92	1	4.64	1	5.10	1	3.92	1	4.71	1	4.48	1	4.83	1	4.81	1	4.64	1	3.69	1	3.54	1	4.02	1	3.79
2	4.11	2	4.36	2	4.66	2	4.92	2	4.79	2	4.69	2	4.56	2	4.87	2	5.04	2	4.62	2	3.96	2	3.42	2	3.78	2	3.30
3	4.04	3	5.27	3	4.43	3	4.97	3	3.78	3	4.68	3	4.67	3	4.86	3	4.93	3	4.78	3	4.14	3	3.40	3	3.97	3	3.75
4	5.34	4	5.21	4	4.66	4	4.59	4	4.69	4	4.81	4	4.92	4	4.74	4	4.41	4	4.15	4	4.30	4	4.12	4	3.94	4	3.57
5	4.32	5	5.24	5	5.01	5	3.97	5	3.85	5	4.48	5	4.93	5	4.76	5	4.73	5	4.63	5	4.23	5	4.12	5	3.84	5	3.66
6	4.84	6	4.89	6	5.14	6	3.78	6	3.95	6	4.49	6	4.46	6	4.79	6	4.42	6	4.38	6	4.28	6	3.83	6	3.67	6	3.85
7	5.14	7	4.39	7	5.14	7	4.58	7	4.87	7	4.77	7	4.41	7	4.85	7	4.94	7	4.25	7	4.41	7	4.27	7	4.08	7	3.33
8	5.25	8	5.05	8	4.59	8	3.83	8	4.15	8	4.00	8	4.99	8	4.89	8	4.98	8	4.62	8	4.52	8	3.85	8	3.68	8	3.17
9	5.20	9	5.14	9	4.86	9	3.87	9	4.77	9	4.22	9	4.99	9	4.84	9	4.32	9	4.61	9	4.41	9	4.00	9	3.67	9	3.73
10	4.26	10	4.62	10	4.19	10	5.16	10	4.38	10	4.55	10	4.50	10	4.72	10	5.17	10	4.79	10	4.21	10	3.61	10	3.79	10	3.23
11	5.21	11	4.80	11	4.47	11	3.83	11	5.03	11	4.94	11	4.95	11	4.71	11	4.94	11	4.50	11	4.21	11	3.84	11	4.03	11	3.36
12	4.60	12	4.12	12	4.43	12	3.78	12	4.88	12	4.59	12	4.51	12	4.95	12	5.09	12	4.43	12	4.10	12	4.00	12	3.79	12	3.70
13	4.05	13	4.73	13	4.66	13	3.85	13	3.99	13	4.78	13	4.95	13	4.79	13	4.47	13	4.09	13	3.76	13	3.49	13	3.75	13	3.91
14	5.20	14	4.31	14	4.26	14	4.57	14	5.11	14	4.96	14	4.73	14	4.78	14	4.72	14	4.57	14	4.52	14	3.78	14	3.68	14	3.17
15	4.25	15	4.56	15	4.24	15	4.63	15	3.77	15	3.50	15	4.50	15	4.69	15	4.90	15	4.75	15	4.50	15	3.78	15	3.70	15	3.90
16	5.31	16	5.31	16	4.73	16	5.15	16	4.38	16	3.44	16	4.62	16	4.85	16	4.67	16	4.08	16	4.11	16	4.00	16	3.68	16	3.77
17	4.62	17	4.75	17	4.31	17	4.47	17	4.33	17	3.94	17	4.83	17	4.89	17	4.97	17	4.14	17	4.04	17	3.36	17	3.63	17	3.41
18	5.42	18	4.95	18	4.05	18	5.13	18	4.50	18	3.79	18	4.86	18	4.95	18	4.43	18	4.24	18	3.90	18	3.71	18	4.03	18	3.84
19	5.21	19	5.24	19	4.94	19	4.99	19	3.80	19	4.40	19	4.53	19	4.79	19	4.86	19	4.43	19	4.37	19	3.38	19	3.92	19	3.62
20	4.05	20	4.77	20	4.96	20	3.82	20	4.44	20	3.55	20	4.66	20	4.98	20	4.34	20	4.08	20	4.15	20	3.62	20	3.78	20	3.38
21	4.96	21	5.14	21	4.84	21	4.55	21	3.81	21	3.72	21	4.89	21	4.93	21	4.32	21	4.66	21	3.79	21	3.35	21	3.93	21	3.69
22	4.15	22	4.72	22	4.19	22	4.52	22	3.85	22	3.51	22	4.94	22	4.82	22	5.20	22	4.62	22	4.38	22	4.14	22	3.62	22	3.58
23	4.63	23	4.16	23	4.23	23	4.76	23	4.01	23	3.97	23	4.70	23	4.91	23	4.72	23	4.58	23	3.82	23	3.54	23	4.05	23	3.68
24	5.09	24	4.30	24	5.18	24	3.83	24	4.82	24	4.03	24	4.83	24	4.91	24	4.40	24	4.36	24	4.11	24	4.03	24	3.94	24	3.39

Tabel L. 4 *Travel Time Forklift* dari Titik *Docking* menuju Area Penyimpanan pada Gudang A (Lanjutan)

AREA A1		AREA A2		AREA A3		AREA A4		AREA A5		AREA A6		AREA A7		AREA A8		AREA A9		AREA A10		AREA A11		AREA A12		AREA A13		AREA A14	
25	5.31	25	5.01	25	4.68	25	5.21	25	4.87	25	3.69	25	4.55	25	4.78	25	5.10	25	4.73	25	4.14	25	4.07	25	3.76	25	3.40
26	4.32	26	5.34	26	4.39	26	5.18	26	3.93	26	3.35	26	4.83	26	4.96	26	4.81	26	4.37	26	4.11	26	4.21	26	3.69	26	3.60
27	4.16	27	4.51	27	5.01	27	4.93	27	4.42	27	3.36	27	4.53	27	5.00	27	4.54	27	4.76	27	4.56	27	3.75	27	3.70	27	3.98
28	4.05	28	4.91	28	4.72	28	4.48	28	4.13	28	3.77	28	4.96	28	4.98	28	4.71	28	4.55	28	4.16	28	3.72	28	3.98	28	3.39
29	4.24	29	5.30	29	5.09	29	4.73	29	5.01	29	4.35	29	4.48	29	4.89	29	5.08	29	4.13	29	3.98	29	4.00	29	3.86	29	3.78
30	5.19	30	5.14	30	4.21	30	4.53	30	4.94	30	3.98	30	4.50	30	4.83	30	4.57	30	4.10	30	4.19	30	3.33	30	4.07	30	3.51

Tabel L. 5 *Travel Time Forklift* dari Titik *Docking* menuju Area Penyimpanan pada Gudang B

	AREA B1		AREA B2		AREA B3		AREA B4		AREA B5		AREA B6		AREA B7		AREA B8		AREA B9		AREA B10		AREA B11		AREA B12		AREA B13		AREA B14		AREA B15		AREA B16		AREA B17		AREA B18	
1	5.53	1	5.05	1	5.05	1	4.46	1	3.90	1	4.26	1	3.30	1	3.04	1	3.53	1	2.46	1	2.34	1	4.13	1	3.82	1	3.61	1	3.11	1	2.97	1	2.88	1	2.38	
2	5.54	2	5.06	2	4.97	2	4.75	2	4.01	2	4.32	2	3.39	2	3.21	2	3.39	2	2.47	2	2.58	2	4.33	2	4.03	2	3.71	2	3.50	2	3.04	2	2.52	2	2.21	
3	5.59	3	5.22	3	4.82	3	4.93	3	4.23	3	4.27	3	3.50	3	3.27	3	3.28	3	2.53	3	2.88	3	4.37	3	4.04	3	3.68	3	3.41	3	3.04	3	2.69	3	2.26	
4	5.47	4	5.11	4	4.95	4	4.57	4	4.34	4	3.79	4	3.57	4	3.14	4	3.22	4	2.52	4	2.81	4	4.12	4	4.01	4	3.62	4	3.33	4	2.98	4	2.54	4	2.40	
5	5.42	5	5.14	5	4.70	5	4.74	5	4.33	5	3.56	5	3.35	5	3.06	5	3.40	5	2.67	5	2.79	5	4.18	5	4.15	5	3.70	5	3.36	5	2.95	5	2.84	5	2.37	
6	5.53	6	5.11	6	4.98	6	4.80	6	4.20	6	3.55	6	3.40	6	3.14	6	3.14	6	2.44	6	2.52	6	4.38	6	3.95	6	3.81	6	3.29	6	2.96	6	2.73	6	2.32	
7	5.55	7	5.01	7	4.85	7	4.47	7	3.91	7	3.35	7	3.32	7	3.07	7	3.34	7	2.33	7	2.32	7	4.07	7	4.24	7	3.60	7	3.47	7	2.98	7	2.74	7	2.17	
8	5.56	8	5.15	8	4.72	8	4.88	8	3.99	8	3.77	8	3.54	8	3.27	8	3.36	8	2.67	8	2.28	8	4.34	8	4.08	8	3.73	8	3.34	8	3.00	8	2.85	8	2.28	
9	5.52	9	5.13	9	4.84	9	4.65	9	4.14	9	3.93	9	3.57	9	3.29	9	2.96	9	2.57	9	2.31	9	4.30	9	3.81	9	3.89	9	3.47	9	2.93	9	2.59	9	2.11	
10	5.49	10	5.26	10	4.90	10	4.80	10	4.30	10	3.38	10	3.40	10	3.08	10	3.10	10	2.41	10	2.17	10	4.18	10	4.13	10	3.67	10	3.20	10	2.98	10	2.87	10	2.13	
11	5.56	11	5.14	11	4.73	11	4.75	11	4.17	11	3.49	11	3.47	11	3.12	11	3.59	11	2.33	11	2.64	11	4.33	11	4.15	11	3.71	11	3.21	11	2.87	11	2.57	11	2.15	
12	5.59	12	5.24	12	5.09	12	4.64	12	4.25	12	3.47	12	3.38	12	3.21	12	2.83	12	2.40	12	2.51	12	4.23	12	4.07	12	3.74	12	3.12	12	2.91	12	2.70	12	2.41	
13	5.48	13	5.08	13	5.05	13	4.61	13	4.00	13	4.39	13	3.44	13	3.04	13	3.06	13	2.37	13	2.52	13	4.13	13	3.97	13	3.81	13	3.48	13	2.91	13	2.59	13	2.43	
14	5.47	14	5.01	14	4.92	14	4.99	14	4.00	14	4.08	14	3.56	14	3.29	14	2.89	14	2.48	14	2.84	14	4.17	14	3.98	14	3.77	14	3.21	14	3.01	14	2.79	14	2.17	
15	5.51	15	5.00	15	4.75	15	4.80	15	4.45	15	4.17	15	3.60	15	3.10	15	3.10	15	2.61	15	2.33	15	4.18	15	4.24	15	3.88	15	3.14	15	2.90	15	2.62	15	2.25	
16	5.42	16	5.12	16	4.80	16	4.69	16	4.38	16	4.35	16	3.33	16	3.15	16	2.87	16	2.49	16	2.24	16	4.37	16	4.02	16	3.70	16	3.16	16	2.98	16	2.60	16	2.37	
17	5.48	17	5.21	17	4.95	17	4.92	17	4.41	17	3.43	17	3.41	17	3.20	17	3.27	17	2.62	17	2.49	17	4.18	17	3.93	17	3.78	17	3.25	17	2.81	17	2.66	17	2.29	
18	5.48	18	5.11	18	4.96	18	4.84	18	4.25	18	4.14	18	3.50	18	3.22	18	3.15	18	2.65	18	2.30	18	4.03	18	4.20	18	3.71	18	3.40	18	3.06	18	2.64	18	2.31	
19	5.43	19	5.10	19	4.96	19	4.91	19	4.48	19	3.74	19	3.54	19	3.27	19	2.97	19	2.64	19	2.61	19	4.29	19	4.07	19	3.73	19	3.24	19	2.94	19	2.81	19	2.12	
20	5.51	20	5.19	20	4.91	20	4.61	20	4.35	20	3.40	20	3.33	20	3.07	20	2.86	20	2.70	20	2.73	20	4.35	20	3.81	20	3.66	20	3.42	20	2.88	20	2.82	20	2.31	

Tabel L. 6 *Travel Time Forklift* dari Titik *Docking* menuju Area Penyimpanan pada Gudang B (Lanjutan)

AREA B1	AREA B2	AREA B3	AREA B4	AREA B5	AREA B6	AREA B7	AREA B8	AREA B9	AREA B10	AREA B11	AREA B12	AREA B13	AREA B14	AREA B15	AREA B16	AREA B17	AREA B18																		
21	5.44	21	5.19	21	4.82	21	5.00	21	4.02	21	3.90	21	3.47	21	3.02	21	3.25	21	2.35	21	2.23	21	4.04	21	3.86	21	3.66	21	3.18	21	3.10	21	2.80	21	2.16
22	5.54	22	5.19	22	4.74	22	4.53	22	4.27	22	3.58	22	3.49	22	3.27	22	3.26	22	2.44	22	2.69	22	4.24	22	4.08	22	3.63	22	3.13	22	2.98	22	2.52	22	2.42
23	5.47	23	5.15	23	5.01	23	4.66	23	4.04	23	4.45	23	3.44	23	3.14	23	3.32	23	2.66	23	2.71	23	4.35	23	4.19	23	3.66	23	3.41	23	2.82	23	2.54	23	2.36
24	5.58	24	5.27	24	4.92	24	4.58	24	3.96	24	4.26	24	3.34	24	3.01	24	2.82	24	2.67	24	2.52	24	4.08	24	3.98	24	3.89	24	3.48	24	2.96	24	2.50	24	2.14
25	5.51	25	5.23	25	5.09	25	4.62	25	4.48	25	3.86	25	3.41	25	3.08	25	3.43	25	2.44	25	2.86	25	4.07	25	3.93	25	3.63	25	3.21	25	3.10	25	2.71	25	2.47
26	5.44	26	5.07	26	4.72	26	4.63	26	4.35	26	3.63	26	3.43	26	3.22	26	2.81	26	2.31	26	2.46	26	4.30	26	3.81	26	3.68	26	3.46	26	2.85	26	2.60	26	2.29
27	5.51	27	5.25	27	4.79	27	4.83	27	4.18	27	4.41	27	3.58	27	3.03	27	3.30	27	2.56	27	2.26	27	4.13	27	3.96	27	3.79	27	3.40	27	3.02	27	2.74	27	2.16
28	5.41	28	5.06	28	4.83	28	4.91	28	3.99	28	4.09	28	3.56	28	3.08	28	3.38	28	2.47	28	2.29	28	4.03	28	4.21	28	3.71	28	3.29	28	2.99	28	2.85	28	2.20
29	5.56	29	5.13	29	5.05	29	4.49	29	3.99	29	3.96	29	3.52	29	3.03	29	3.53	29	2.46	29	2.72	29	4.14	29	4.05	29	3.72	29	3.44	29	3.04	29	2.72	29	2.40
30	5.58	30	5.16	30	5.08	30	4.46	30	4.20	30	3.78	30	3.52	30	3.24	30	3.44	30	2.35	30	2.21	30	4.04	30	4.28	30	3.81	30	3.32	30	2.91	30	2.86	30	2.21

Tabel L. 7 Rekap Hasil Simulasi

Hari	<i>ORDER CYCLE TIME</i>			
	Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
1	17.27885956	11.58058329	10.24724995	8.247249955
2	13.47351266	10.20188005	9.201880053	7.129021674
3	10.67311708	10.39377019	8.393770188	6.327096175
4	19.08327106	9.784121428	8.117454761	6.717387353
5	18.56868152	9.506643197	9.506643197	7.165975863
6	15.33568295	10.202616	10.202616	8.468615323
7	17.85596648	10.9864794	10.9864794	9.586478656
8	16.18774406	11.11942398	11.11942398	8.386090645
9	16.62540283	11.21709554	11.21709554	8.549761536
10	17.37321935	10.16496921	10.16496921	8.098302478
11	2.303973403	0.981576877	0.981576877	0.847570143
12	11.84384571	6.136002033	6.136002033	6.135935366
13	12.9612713	6.935972886	6.935972886	6.935965553
14	12.90125848	12.44971327	10.11637994	8.116365932
15	12.27132135	10.3896328	9.056299463	7.716298797
16	17.21993186	11.67908067	9.345747341	7.345740674
17	16.60703791	11.1733037	10.1733037	7.759902901
18	14.39203017	11.42019126	9.420191259	7.406857245
19	11.26191412	16.33677788	9.003444551	7.662777217
20	13.23190582	9.328183016	9.328183016	7.32817635
21	16.36558629	14.81471976	10.14805309	8.147919757
22	15.17479592	12.46655833	10.46655833	8.452560815
23	15.63609548	10.50876822	9.508768224	8.109022241
24	13.75485587	10.40651895	10.40651895	8.406518267
25	14.8683419	9.52843324	12.19509991	7.528433264
26	17.28690247	11.29018607	9.290186065	7.959346372
27	15.75938915	11.10735894	9.774025605	8.373352204
28	15.86322621	9.915285393	9.915285393	7.915285395
29	16.4747099	11.46685087	8.8001842	8.129409829
30	9.712598802	9.200250962	9.200250962	8.532850955
31	13.99498777	11.204331	11.204331	8.470330337
32	14.81356221	11.15821183	11.15821183	8.493422525
33	13.39519265	10.78274787	10.78274787	8.44927447
34	13.52063675	11.04754117	11.04754117	8.047534503
35	15.91318795	12.13340046	9.46673379	7.46673379

Tabel L. 8 Rekap Hasil Simulasi (Lanjutan)

Hari	ORDER CYCLE TIME			
	Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
36	12.58626937	9.797831617	9.797831617	7.464498284
37	17.0453141	11.53699157	11.53699157	8.536991565
38	17.73489448	12.5283624	10.86169573	7.195029068
39	17.04476543	12.59799263	9.597992633	9.597992633
40	10.65386243	10.30706773	8.640401066	8.640401066
41	16.21666589	10.57171535	10.57171535	8.571715355
42	16.12421317	12.87364479	9.540311457	7.540311457
43	2.660333804	1.026294283	1.026294283	1.026294283
44	17.65523106	13.40283692	10.40283692	8.402836922
45	17.10255803	12.24866894	12.24866894	8.582002272
46	16.89671202	13.00680008	10.67346675	7.673466746
47	11.65977204	13.90651264	11.5731793	8.573179302
48	18.52604376	12.89276978	9.559436447	9.559436447
49	19.75497721	12.16196133	9.495294662	9.495294662
50	19.62466964	13.18916382	10.52249716	7.522497156
51	17.91744667	12.06827514	11.06827514	6.068275139
52	19.49246245	14.34045024	9.673783574	7.340450241
53	18.46579616	13.03209699	10.69876365	7.698763652
54	16.53455134	15.23745679	9.237456787	9.237456787
55	15.39270017	9.365997101	9.365997101	9.365997101
56	17.13641024	10.92330598	10.92330598	8.589972649
57	12.6693974	8.362449557	8.362449557	8.362449557
58	11.93889917	5.194414701	5.194414701	5.194414701
59	11.4507938	4.975463522	4.975463522	4.975463522
60	12.9196801	5.796763292	5.796763292	5.796763292
61	10.9677322	4.920525219	4.920525219	4.920525219
62	12.85497243	5.791932858	5.791932858	5.791932858
63	12.03127443	5.136577442	5.136577442	5.136577442
64	11.58924792	5.197646053	5.197646053	5.197646053
65	11.29680035	4.92001262	4.92001262	4.92001262
66	11.74942077	5.268349358	5.268349358	5.268349358
67	10.94279223	4.886753932	4.886753932	4.886753932
68	12.14597563	5.717759529	5.717759529	5.717759529
69	12.81710686	6.339080086	6.339080086	6.339080086
70	9.528722703	4.950324669	4.950324669	4.950324669

Tabel L. 9 Rekap Hasil Simulasi (Lanjutan)

Hari	ORDER CYCLE TIME			
	Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
71	8.562737334	5.024770613	5.024770613	5.024770613
72	17.65114817	17.65114817	8.317814841	8.307803841
73	15.96249586	10.29582919	10.29582919	7.285728202
74	16.51071684	16.51071684	9.510716843	6.409716743
75	12.27580244	9.275802443	9.275802443	6.275692442
76	18.95718504	11.62385171	11.62385171	8.625885927
77	12.28766277	10.28766277	10.28766277	7.286661774
78	11.63615079	9.302817454	9.302817454	6.302818416
79	17.69714491	10.36381158	10.36381158	7.364025318
80	15.92367845	19.25701179	11.59034512	8.590344119
81	17.08790709	17.08790709	10.75457376	7.654573663
82	17.90523729	19.90523729	8.571903958	8.570803958
83	16.48527206	16.48527206	10.48527206	7.38527206
84	17.67549071	17.67549071	10.34215738	7.342147267
85	18.42831033	9.761643661	9.761643661	6.651632672
86	16.71064612	16.71064612	10.71064612	8.609645022
87	16.16236401	16.16236401	11.16236401	7.827930678
88	16.87257172	16.87257172	10.53923838	7.439227383
89	17.45987504	17.45987504	10.45987504	7.459064904
90	3.390249769	3.390249769	3.390249769	3.290239669

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis, Clara Beatrix Hutapea, lahir pada tanggal 2 September 1995 di Jakarta yang merupakan anak ketiga dari pasangan Robert Halasan Hutapea dan Sortha Erifiana Siagian. Penulis memulai pendidikan di Sekolah Dasar Regina Pacis Jakarta, SMP Regina Pacis Jakarta, dan dilanjutkan di SMA Negeri 78 Jakarta. Selama menempuh Sekolah Menengah Pertama (SMP), penulis aktif dalam Organisasi Siswa Intra Sekolah (OSIS) dan menjadi Ketua Media Komunikasi pada kepengurusan 2008-2009 dan mengikuti ekstrakurikuler Alat Musik Kolintang. Selama menempuh Sekolah Menengah Atas (SMA), penulis aktif mengikuti kegiatan ekstrakurikuler *78 Youth Choir*. Selama perkuliahan, penulis juga mengikuti berbagai organisasi mahasiswa yaitu Senator Mahasiswa Teknik Industri (SMTI) dan Kementrian Hubungan Luar BEM ITS. Selain tergabung dalam organisasi, penulis mengembangkan keilmuan Teknik Industri dengan bergabung menjadi asisten dalam Laboratorium *Supply Chain* dan *Management* sekaligus menjadi Koordinator Asisten periode 2016-2017. Pada tahun 2014, penulis juga menjadi *Exchange Participant* dari AIESEC dan melakukan pertukaran pelajar ke Budapes, Hungaria. Pada tahun 2016, penulis juga menjadi delegasi ITS untuk Suranaree University of Technology ISAAN Camp yang diadakan di Bangkok, Thailand. Pada tahun 2016, penulis juga melakukan kerja praktek di Telkomsel dan bergabung ke dalam *Youth and Community Development Marketing Division*. Selain itu, penulis juga mengembangkan *hard skill* dengan mengikuti berbagai pelatihan *software* antara lain ARENA, VBA, dan DFMA. Pada tahun terakhir perkuliahan, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dan dinyatakan lulus dari Departemen Teknik Industri ITS dengan gelar Sarjana Teknik. Tugas akhir ini masih belum sempurna sehingga untuk saran dan kritik dapat menghubungi penulis melalui email ([clarabeatrix@ymail.com](mailto:clarabeatrix@ymail.com)).