



TUGAS AKHIR – TI 141501

**PENINGKATAN PERFORMANSI TERMINAL DENGAN  
MENGUNAKAN PENDEKATAN SIMULASI (STUDI  
KASUS: TERMINAL JAMRUD PELINDO 3)**

UMDAH ARDILLA

NRP 02411440007002

**Dosen Pembimbing**

Niniet Indah Arvitrida, S.T, M.T, Ph.D

NIP. 198407062009122007

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018





FINAL PROJECT – TI 141501

**INCREASING TERMINAL PERFORMANCE USING  
SIMULATION APPROACH (CASE STUDY: JAMRUD PELINDO  
3 TERMINAL)**

UMDAH ARDILLA

Student ID 02411440007002

**Supervisor:**

Niniet Indah Arvitrida, S.T, M.T, Ph.D

NIP. 198407062009122007

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Faculty of Industrial Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya 2018



**LEMBAR PENGESAHAN**

**INCREASING TERMINAL PERFORMANCE USING DISCRETE  
EVENT SIMULATION APPROACH (CASE STUDY: JAMRUD  
PELINDO 3 TERMINAL)**

**TUGAS AKHIR**

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

Oleh :

**UMDAH ARDILLA**  
NRP 02411440007002

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :



**Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D**  
NIP. 198407062009122007

**SURABAYA, JULI 2018**







# **PENINGKATAN PERFORMANSI TERMINAL DENGAN MENGUNAKAN PENDEKATAN SIMULASI (STUDI KASUS: TERMINAL JAMRUD PELINDO 3)**

Nama mahasiswa : Umdah Ardilla  
NRP : 02411440007002  
Pembimbing : Niniet Indah Arvitrida, S.T, M.T, Ph.D

## **ABSTRAK**

Terminal Jamrud merupakan salah satu Terminal Pelabuhan Tanjung Perak yang dibawah oleh Pelindo 3. Salah satu aktivitas yang dilakukan oleh Terminal Jamrud adalah layanan bongkar muat petikemas yang dilakukan oleh dermaga Jamrud bagian utara. Saat ini Terminal Jamrud memiliki *resource* 6 buah *Harbour Mobile Crane* (HMC) dan 5 buah *container truck*. Berdasarkan data historis tahun 2017 didapatkan hasil performansi Terminal dimana nilai B/C/H yang dimiliki oleh Terminal hanya sebesar 8 *box/crane/hour* bernilai kurang dari standar yang ditetapkan oleh pihak Pelindo yaitu sebesar 10 *box/crane/hour*. Selain itu *effective time* yang dimiliki oleh Terminal Jamrud hanya mencapai 60% jika dibandingkan oleh *berthing time*. Sedangkan nilai *effective time* minimal yang ditetapkan oleh Terminal Jamrud sebesar 70%. Permasalahan tersebut tentu akan mengganggu produktivitas serta kecepatan layanan dari Terminal. Dalam penelitian ini dilakukan peningkatan performansi Terminal yang dilakukan dengan menggunakan metode simulasi diskrit. Variabel respon yang diukur dari simulasi ini meliputi B/C/H, lama waktu antri, dan *effective time*. Kondisi perbaikan yang dilakukan adalah melakukan penambahan serta alokasi *resource* yang dimiliki oleh Terminal. Berdasarkan nilai parameter lama waktu antri dan besar *effective time* didapatkan skenario yang terbaik yaitu skenario 3 yaitu mekhususkan penggunaan 2 *container truck* untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan penggunaan 3 *container truck* untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja. Sedangkan jika berdasarkan nilai B/C/H didapatkan skenario yang terbaik yaitu skenario 5 yaitu penambahan 1 buah HMC dan penggunaan 2 *truck* untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 *truck* untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja.

**Kata Kunci : Perfomansi, Petikemas, Simulasi Diskrit, Terminal.**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

# **INCREASING TERMINAL PERFORMANCE USING SIMULATION APPROACH (CASE STUDY: JAMRUD PELINDO 3 TERMINAL)**

Student Name : Umdah Ardilla  
Student ID : 02411440007002  
Supervisor : Niniet Indah Arvitrida, S.T, M.T, Ph.D

## **ABSTRACT**

Jamrud terminal is one of many terminals in Tanjung Perak Port that is managed by Pelindo 3. One of activities done by Jamrud Port is loading and unloading container. It is done by north Jamrud dock. Today, Jamrud Port has six Harbour Mobile Cranes (HMC) and five 5 container trucks. Based on 2017 data, B/C/H value of Jamrud Port was just 8 box/crane/hour. This value is still smaller than the standard that has been set by Pelindo which is 10 box/crane/hour. Besides, the effective time that Jamrud Port has is only 60% from the berthing time. Meanwhile, the minimum effective time which Jamrud Port set is 70% from the berthing time. This problem surely disturb the productivity and speed of the service. Hence, this research aims to increase terminal performance using discrete event simulation approach. The measured response variables in this simulation include B/C/H, length of queuing time, and effective time. The proposed improvement to the system is by adding and allocating resource which the port has. Based on the length of queuing time and effective time parameter, the third scenario is the best scenario among all. It specifies the usage of the second truck container for loading and unloading activity and the usage of the third truck container for unloading activity only or loading activity only. However, based on the B/C/H value, the fifth scenario is the best scenario among all. It will add one unit of HMC and use two units of truck for loading and unloading activity and use three trucks for unloading activity only or loading activity only.

**Keywords : Container, Performance, Port, Discrete Event Simulation**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah rabbil aalamiin*, puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Peningkatan Performansi Terminal dengan Menggunakan Pendekatan Simulasi Diskrit (Studi Kasus: Terminal Jamrud Pelindo 3)”**.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan studi Strata-1 (S1) dan memperoleh gelar Sarjana Teknik Industri di Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama proses pengerjaan Tugas Akhir, penulis telah menerima banyak dukungan, masukan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Niniet Indah Arvitrida, S.T, M.T, Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah senantiasa mendampingi, memberikan motivasi, arahan, kritik, dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Ibu Kaci selaku pegawai Pelindo 3 di departemen SDM dan Bapak Anas selaku pegawai di Terminal Jamrud yang telah banyak membantu dan memberikan kemudahan bagi penulis dalam pengumpulan data dan penyelesaian tugas akhir. Semoga Allah membalas kebaikan kalian.
3. Bapak Prof. Ir. Nyoman Pujawan, M.Eng., Ph.D, CSCP, Prof. Dr. Suparno, MSIE, dan Bapak Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan segenap dosen dan karyawan Departemen Teknik Industri ITS. Terima kasih telah banyak memberikan pelajaran dan pengalaman bagi penulis selama menempuh studi di Departemen Teknik Industri ITS.
5. Bapak Ahmad Shofiyullah dan Ibu Ghoniyyah Asfaroh selaku orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa, motivasi, finansial, dan dukungan yang tidak terhingga kepada penulis.
6. Bapak Dr. Eng. Ir. Ahmad Rusydiansyah, M.Eng, CSCP, CLTD selaku ketua laboratorium Logistics and Supply Chain Management atas kepercayaannya kepada penulis

untuk menjadi salah satu asisten laboratorium serta telah memberikan banyak pengalaman berharga

7. Teman-teman asisten laboratorium LSCM: Gita, Dhea, Ago, Gaza, Lentini, Gati, Gery, Nimita, Vania, dan Adam yang telah menjadi rekan lab yang baik dan telah menemani penulis mengerjakan Tugas Akhir di Laboratorium.
8. Teman-teman kontrakan: Nani, Icha, Ocha, Cut, Zuli, Elva yang telah menjadi teman yang selalu menemani baik susah maupun duka selama empat tahun.
9. Teman-teman angkatan TI-30 (Gardapati) yang telah menjadi angkatan yang selalu solid selama empat tahun ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak adanya sesuatu yang bisa diperbaiki dan dikembangkan pada Tugas Akhir ini, oleh karena itu kritik dan saran sangat diharapkan. Penulis juga berharap Tugas Akhir ini mampu memberikan manfaat bagi para pembacanya.

Surabaya, Juli 2018

Umdah Ardilla

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan .....	5
1.6 Asumsi .....	5
1.7 Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>9</b>
2.1 Sistem Pelabuhan .....	9
2.1.1 Klasifikasi Pelabuhan .....	10
2.1.2 Kinerja Pelabuhan.....	11
2.1.3 Terminal Petikemas .....	12
2.1.4 Peralatan Terminal.....	14
2.2 Discrete Event Simulation (DES) .....	18
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
3.1 Tahap Konseptualisasi Model.....	21
3.1.1 Studi Pendahuluan .....	21
3.1.2 Pengumpulan Data.....	21
3.1.3 Penyusunan Model Konseptual Simulasi Diskrit .....	22
3.2 Tahap Simulasi Model .....	23

3.2.1	Simulasi Model Diskrit .....	23
3.3	Tahap Analisis dan Kesimpulan .....	24
3.3.1	Analisis dan Interpretasi Hasil pada Simulasi Diskrit.....	25
3.3.2	Kesimpulan dan Saran.....	25
<b>BAB 4</b>	<b>PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>	<b>27</b>
4.1	Pengumpulan data .....	27
4.1.1	Jadwal Kedatangan Kapal .....	27
4.2	Pengolahan data.....	28
4.2.1	Fitting Distribution.....	28
4.2.2	Perhitungan B/C/H Kondisi Lapangan.....	28
4.3	Pembuatan model eksisting Simulasi Diskrit .....	29
4.3.1	Pembuatan submodel kedatangan kapal dan record keterlambatan .....	30
4.3.2	Pembuatan submodel aktivitas bongkar petikemas.....	31
4.3.3	Pembuatan submodel aktivitas muat petikemas.....	33
4.3.4	Pembuatan sub model aktivitas bongkar muat petikemas.....	35
4.4	Penentuan Jumlah Replikasi.....	37
4.5	Verifikasi Model.....	39
4.6	Validasi Model .....	40
4.7	Simulasi Kondisi Eksisting.....	43
4.8	Alternatif dan Pengembangan Skenario .....	44
4.8.1	Alternatif Skenario .....	44
4.8.2	Pengujian Alternatif Skenario .....	49
4.8.3	Hasil Simulasi Alternatif Skenario.....	68
<b>BAB 5</b>	<b>ANALISIS DAN INTERPRETASI.....</b>	<b>74</b>
5.1	Analisa Model Simulasi Kondisi Eksisting .....	74
5.2	Analisa Skenario Perbaikan.....	75
5.2.1	Skenario 1 : Penambahan Resource Harbour Mobile Crane (HMC) ....	75
5.2.2	Skenario 2 : Penambahan 3 Container Truck.....	79

5.2.3	Skenario 3 : Penggunaan 2 Truk untuk Aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 Truk untuk Aktivitas Bongkar saja dan Muat saja.....	82
5.2.4	Skenario 4: Penambahan Resource Harbour Mobile Crane (HMC) dan 3 Container Truck.....	86
5.2.5	Skenario 5: Penambahan Resource Harbour Mobile Crane (HMC) dan Penggunaan 2 Truk untuk Aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 Truk untuk Aktivitas Bongkar saja dan Muat saja.....	89
5.3	Analisis Pemilihan Skenario Terbaik.....	93
<b>BAB 6</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>95</b>
6.1	Kesimpulan .....	95
6.2	Saran .....	96
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>97</b>
	<b>BIOGRAFI PENULIS.....</b>	<b>100</b>

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1 Arus petikemas tahun 2010-2015 di Pelindo 3 (sumber: Pelindo 3).....	2
Gambar 2-1 <i>Harbour Mobile Crane</i> (sumber: <a href="https://www.sennebogen.com">https://www.sennebogen.com</a> , 2017)...	16
Gambar 2-2 <i>Ship Gear</i> (sumber: <a href="https://eg.all.biz/sfn-alshn-g53371">https://eg.all.biz/sfn-alshn-g53371</a> , 2017) .....	16
Gambar 2-3 <i>Gantry Crane</i> (sumber: <a href="https://www.konecranes.com">https://www.konecranes.com</a> , 2017).....	17
Gambar 2-4 <i>Level Luffing Gantry Crane</i> (sumber: <a href="http://www.shi.co.jp">http://www.shi.co.jp</a> , 2017) .....	18
Gambar 3-1 <i>Flowchart</i> Model Konseptual Kondisi Eksisting Sistem Bongkar Muat Petikemas.....	23
Gambar 3-2 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	26
Gambar 4-1 <i>Flowchart</i> kedatangan kapal dan <i>record</i> keterlambatan .....	30
Gambar 4-2 Sub model kedatangan kapal dan <i>record</i> keterlambatan pada <i>software</i> Arena .....	31
Gambar 4-3 <i>Flowchart</i> aktivitas bongkar petikemas untuk setiap kapal .....	32
Gambar 4-4 Submodel proses bongkar petikemas yang terjadi di dermaga .....	33
Gambar 4-5 Submodel proses bongkar petikemas yang terjadi di lapangan penumpukan.....	33
Gambar 4-6 <i>Flowchart</i> aktivitas muat petikemas untuk setiap kapal .....	34
Gambar 4-7 Submodel proses muat petikemas yang terjadi di lapangan penumpukan .....	35
Gambar 4-8 Submodel proses muat petikemas yang terjadi di dermaga .....	35
Gambar 4-9 <i>Flowchart</i> aktivitas bongkar dan muat petikemas untuk setiap kapal.....	36
Gambar 4-10 Submodel proses bongkar dan muat petikemas yang terjadi di dermaga .....	37
Gambar 4-11 Submodel proses bongkar dan muat petikemas yang terjadi di lapangan penumpukan.....	37
Gambar 4-12 Hasil <i>running</i> model simulasi.....	40

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR TABEL

Table 4-1 Jadwal dan Waktu Kedatangan Kapal pada Tahun 2017 .....	27
Table 4-3 Distribusi Kedatangan, Keterlambatan dan <i>Loading/Unloading Time</i> .....	28
Table 4-4 Perhitungan B/C/H <i>Gross</i> dan <i>Nett</i> .....	29
Table 4-5 Hasil <i>Running</i> dari Lima Replikasi .....	38
Table 4-6 Perbandingan B/C/H <i>Gross</i> dan <i>Nett</i> sebagai Data Validasi .....	41
Table 4-7 <i>t-Test : Paired Two Sample for Means</i> untuk Nilai B/C/H <i>Gross</i> .....	42
Table 4-8 <i>t-Test : Paired Two Sample for Means</i> untuk Nilai B/C/H <i>Nett</i> .....	42
Table 4-9 <i>Output</i> Model Simulasi .....	43
Table 4-10 <i>Effective Time output</i> Simulasi.....	43
Table 4-11 <i>Paired-t Confidence Interval</i> Waktu Antri Dua Skenario yaitu Penambahan 1 HMC dan 2 HMC.....	50
Table 4-12 <i>Paired-t Confidence Interval</i> B/C/H Dua Skenario yaitu Penambahan 1 HMC dan 2 HMC .....	50
Table 4-13 <i>Paired-t Confidence Interval Effective time</i> Dua Skenario yaitu Penambahan 1 HMC dan 2 HMC.....	51
Table 4-14 <i>Paired-t Confidence Interval</i> Waktu Antri Dua Skenario yaitu Penambahan 1 Truk dan 2 Truk .....	52
Table 4-15 <i>Paired-t Confidence Interval</i> B/C/H Dua Skenario yaitu Penambahan 1 Truk dan 2 Truk.....	52
Table 4-16 <i>Paired-t Confidence Interval Effective Time</i> Dua Skenario yaitu Penambahan 1 Truk dan 2 Truk .....	53
Table 4-17 <i>Paired-t Confidence Interval</i> Waktu Antri Dua Skenario yaitu Penambahan 1 Truk dan 3 Truk .....	54
Table 4-18 <i>Paired-t Confidence Interval</i> B/C/H Dua Skenario yaitu Penambahan 1 Truk dan 3 Truk.....	55
Table 4-19 <i>Paired-t Confidence Interval Effective Time</i> Dua Skenario yaitu Penambahan 1 Truck dan 3 Truk.....	55
Table 4-20 <i>Paired-t Confidence Interval</i> Waktu Antri Dua Skenario yaitu Penambahan 3 Truk dan 4 Truk .....	56
Table 4-21 <i>Paired-t Confidence Interval</i> B/C/H Dua Skenario yaitu Penambahan 3 Truk dan 4 Truk.....	57
Table 4-22 <i>Paired-t Confident Interval Effective Time</i> Dua Skenario yaitu Penambahan 3 Truk dan 4 Truk .....	57
Table 4-23 <i>Paired-T Confident Interval</i> Waktu Antri Dua Skenario yaitu Penambahan 3 Truk dan 5 Truk.....	58

Table 4-24 <i>Paired-T Confident Interval</i> B/C/H Dua Skenario yaitu Penambahan 3 Truk dan 5 Truk .....	59
Table 4-25 <i>Paired-t Confident Interval</i> B/C/H Dua Skenario yaitu Penambahan 3 Truk dan 5 Truk .....	59
Table 4-26 <i>Paired-t Confident Interval</i> Waktu Antri Dua Skenario yaitu 3 Truk untuk B/M & 3 Truk untuk B dan M dengan 4 Truk untuk B/M & 4 Truk untuk B dan M. 60	
Table 4-27 <i>Paired-t Confident Interval</i> B/C/H Dua Skenario yaitu 3 Truk untuk B/M & 3 Truk untuk B dan M dengan 4 Truk untuk B/M & 4 Truk untuk B dan M.....	61
Table 4-28 <i>Paired-t Confidence Interval Effective Time</i> Dua Skenario yaitu 3 Truk untuk B/M & 3 Truk B dan M dengan 4 Truk untuk B/M & 4 Truk untuk B dan M	62
Table 4-29 <i>Paired-t Confident Interval</i> Waktu Antri Dua Skenario yaitu 4 Truk untuk B/M & 4 Truk untuk B dan M dengan 2 Truk untuk B/M & 3 Truk untuk B dan M. 63	
Table 4-30 <i>Paired-t Confident Interval</i> B/C/H Dua Skenario yaitu 4 Truk untuk B/M .....	64
Table 4-31 <i>Paired-t Confident Interval Effective Time</i> Dua Skenario yaitu 4 Truk untuk B/M & 4 Truk B dan M dengan 2 Truk untuk B/M dan 3 Truk untuk B dan M .....	64
Table 4-32 <i>Paired-T Confident Interval</i> Waktu Antri Dua Skenario yaitu 2 Truk untuk B/M & 3 Truk untuk B dan M dengan 5 Truk untuk B/M dan 5 Truk untuk B dan M .....	65
Table 4-33 <i>Paired-T Confident Interval</i> B/C/H Dua Skenario yaitu 2 Truk untuk B/M & 3 Truk untuk B dan M dengan 5 Truk untuk B/M dan 5 Truk untuk B dan M .....	66
Table 4-34 <i>Paired-T Confident Interval Efective Time</i> Dua Skenario yaitu 2 Truk untuk B/M & 3 Truk untuk B dan M dengan 5 Truk untuk B/M dan 5 Truk untuk B dan M .....	67
Table 4-35 Hasil simulasi untuk parameter B/C/H.....	69
Table 4-36 Hasil Simulasi untuk parameter waktu antri.....	69
Table 4-37 Hasil Simulasi untuk parameter <i>effective time</i> .....	70
Table 4-38 Perbandingan dari hasil simulasi menggunakan variable respon waktu antri .....	70
Table 4-39 Perbandingan dari hasil simulasi menggunakan variable respon B/CH... 71	
Table 4-40 Perbandingan dari hasil simulasi menggunakan variable respon <i>Effective time</i> .....	72
Table 5-1 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 2 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon waktu antri .....	76
Table 5-2 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 2 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon B/C/H.....	77

Table 5-3 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 2 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon <i>effective time</i> .....	78
Table 5-4 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 3 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon waktu antri.....	79
Table 5-5 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 3 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon B/C/H .....	80
Table 5-6 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 3 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon <i>effective time</i> .....	81
Table 5-7 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 4 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon waktu antri.....	83
Table 5-8 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 4 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon B/C/H .....	84
Table 5-9 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 4 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon <i>effective time</i> .....	85
Table 5-10 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 5 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon waktu antri.....	86
Table 5-11 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 5 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon B/C/H .....	87
Table 5-12 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 5 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon <i>effective time</i> .....	88
Table 5-13 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 6 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon waktu antri.....	90
Table 5-14 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 6 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon B/C/H .....	91
Table 5-15 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 6 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon <i>effective time</i> . .....	92

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

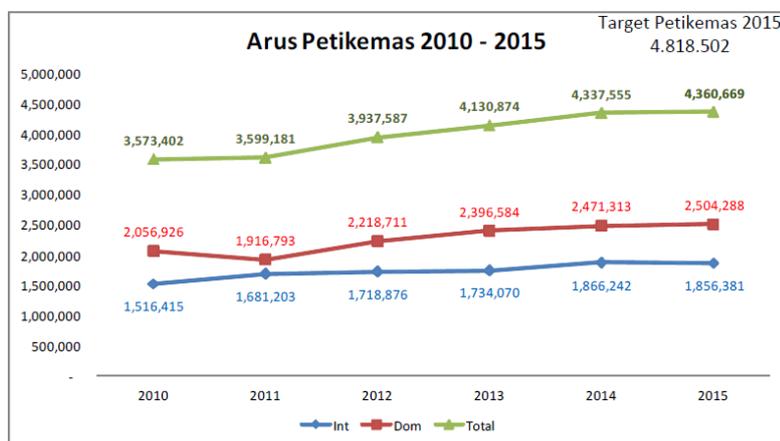
Pada Bab 1 akan dijelaskan mengenai latar belakang masalah yang menjadi dasar dilakukannya penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup yang berisi batasan dan asumsi, serta manfaat yang akan didapatkan dari penelitian ini

### **1.1 Latar Belakang**

Potensi ekonomi kelautan Indonesia dinilai cukup tinggi. Ekonomi kelautan Indonesia yang dikembangkan melalui sebelas sektor yaitu perikanan tangkap, perikanan budidaya, industri pengolahan hasil perikanan, industri bioteknologi kelautan, pertambangan dan energi (ESDM), pariwisata bahari, hutan mangrove, perhubungan laut, sumberdaya wilayah pulau-pulau kecil, industri dan jasa maritim, dan SDA non-konvensional. Sebelas sektor tersebut memiliki total nilai ekonomi sebesar 1,2 trilyun dolar AS/tahun dan menyediakan lapangan kerja lebih dari 40 juta orang. Selain itu, posisi geografis Indonesia yang strategis dinilai menguntungkan dalam segi jalur transportasi perdagangan laut. Menurut UNCTAD (2012), lebih dari 45% dari seluruh komoditas dan produk yang diperdagangkan di dunia yang bernilai lebih dari 1500 trilyun dolar AS/tahun ditransportasikan menggunakan kapal melalui ALKI (Alur Laut Kepulauan Indonesia). Banyaknya produk yang diperdagangkan melalui laut Indonesia dimanfaatkan oleh negara untuk mengembangkan ekonomi negara dan masyarakat melalui wilayah kelautan. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia mendirikan banyak pelabuhan yang tersebar di seluruh pulau Indonesia untuk mengakomodasi kebutuhan perdagangan produk melalui jalur laut.

Menurut catatan INSA (Indonesia National Shipowners Association), saat ini Indonesia memiliki kurang lebih 102 pelabuhan yang beroperasi. Namun sebanyak 70% arus bongkar muat masih bertumpu pada Pelabuhan Tanjung Priok yang berada di Jakarta. Hal ini diungkapkan sendiri oleh Asmari Herry selaku Wakil Ketua INKA (Indonesia National Shipowners Association). Ketimpangan tersebut mengakibatkan rendahnya produktivitas pelabuhan di wilayah lain salah satunya yaitu pelabuhan Tanjung Perak di Surabaya. Namun pada tahun 2017, PT

Pelindo III (Persero) cabang Tanjung Perak mencatat kenaikan aktivitas bongkar muat petikemas sebesar 31% dalam enam Bulan pertama di tahun 2017. Kenaikan ini dipicu oleh kenaikan jumlah kunjungan kapal terutama kapal dengan kapasitas besar. Menurut Fernandes A. Ginting selaku Kepala Humas Pelindo III Tanjung Perak, kenaikan total bongkar muat petikemas pada semester I/2017 tumbuh sebesar 31% senilai 287.91 TEUs secara tahunan. Jika diekuivalenkan dengan satuan boks, jumlah bongkar muat boks di Tanjung Perak mencapai 261.686 boks. Selain itu kunjungan kapal ke Tanjung Perak dalam enam Bulan pertama di tahun 2017 mencapai 43.335.141 GT atau naik sebesar 2% jika dibandingkan dengan periode sebelumnya yaitu 42.516.151 GT. Berikut ini merupakan arus petikemas yang ditangani oleh Pelindo 3.



Gambar 1-1 Arus petikemas tahun 2010-2015 di Pelindo 3 (sumber: Pelindo 3)

Kenaikan aktivitas bongkar muat petikemas ini disebabkan oleh letak geografis dan pertumbuhan ekonomi pada sektor laut. Banyak pelaku usaha yang mengirimkan barangnya melalui jalur laut daripada jalur udara karena dari segi biaya lebih murah. Selain dari segi biaya, banyaknya pelabuhan di Indonesia yang tersebar hampir di seluruh pulau di Indonesia membuat tingkat fleksibilitas pelabuhan lebih tinggi. Pelaku usaha memiliki pilihan lebih banyak dalam mengirimkan barangnya ke berbagai lokasi di Indonesia.

Pelabuhan Tanjung Perak merupakan salah satu pelabuhan pintu gerbang di Indonesia. Letak pelabuhan ini yang berada di wilayah Surabaya membuat Tanjung Perak menjadi pusat kolektor dan distributor barang ke kawasan provinsi Jawa Timur. Sebagai pelabuhan kedua yang paling sibuk setelah Pelabuhan Tanjung

Priok, Pelabuhan Tanjung Perak tentu melayani banyak aktivitas bongkar muat yang bisa diukur produktivitasnya. Produktivitas pelabuhan ini dapat digunakan sebagai evaluasi terkait fasilitas dan kebijakan yang diberlakukan di Pelabuhan Tanjung Perak. Dengan adanya evaluasi tersebut membuat pihak Pelabuhan Tanjung Perak dapat melakukan suatu perbaikan baik dari segi penambahan fasilitas atau perubahan kebijakan sehingga Pelabuhan dapat melayani lebih banyak kapal dan dapat bekerja dengan efisien. Produktivitas ini juga akan menguntungkan bagi para pelaku usaha yang menggunakan jasa dari Pelabuhan Tanjung Perak. Hal ini dikarenakan seringnya kapal yang membawa barang datang namun pelabuhan dalam kondisi penuh. Maka dengan terpaksa kapal tersebut harus mengantri untuk dilayani. Penambahan waktu kapal antri sebelum bersandar di terminal merupakan kerugian bagi pemilik barang di kapal karena resiko barang menjadi rusak atau kadaluarsa dan lamanya proses pembongkaran menyebabkan kerugian bagi pemilik barang di kapal.

Pelabuhan Tanjung Perak memiliki empat terminal yaitu Terminal Jamrud, Kalimas, Mirah dan Berlian. Keempat terminal tersebut semua melayani aktivitas bongkar muat petikemas. Banyaknya kapal yang berkunjung dan petikemas yang dibongkar antar terminal tentu berbeda tergantung dari lokasi terminal, kapasitas terminal, banyaknya kapal yang bersandar di terminal serta faktor lain seperti kunjungan kapal dari terminal lain dikarenakan faktor cuaca dan sebagainya. Hal tersebut menyebabkan tingkat produktivitas dari keempat terminal tersebut juga berbeda. Salah satu terminal yang dimiliki oleh Pelabuhan Tanjung Perak adalah Terminal Jamrud. Terminal Jamrud merupakan terminal yang melayani petikemas dan non petikemas (curah kering dan curah cair). Terminal Jamrud terdiri dari 3 dermaga yaitu dermaga jamrud utara, barat, dan jamrud selatan. Dari ketiga dermaga tersebut dermaga utara digunakan untuk melayani bongkar muat petikemas. Sedangkan dermaga jamrud barat dan timur digunakan untuk melayani curah cair dan curah kering. Dalam evaluasinya, performansi Terminal Jamrud untuk area petikemas dianggap masih belum mencapai target. Untuk tahun 2017 Terminal Jamrud hanya dapat melayani sekitar 56.328 TEUs sedangkan target yang ditetapkan oleh perusahaan adalah 60.000 TEUs. Selain itu pada tahun 2017 juga nilai B/C/H yang dimiliki oleh Terminal hanya sebesar 9 dimana standar yang

ditetapkan oleh perusahaan yaitu 10. Selain nilai B/C/H, parameter yang juga digunakan oleh Terminal Jamrud adalah perbandingan antara *Effective Time* dengan *Berthing Time* (ET:BT). Dimana berdasarkan dari data historis pada tahun 2017, nilai ET:BT yang dimiliki oleh Terminal Jamrud hanya sebesar 60% dimana standar yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu sebesar 70%. Pencapaian performansi yang kurang tersebut dikarenakan beberapa faktor yang salah satunya yaitu keterbatasan *resource* yang dimiliki oleh Terminal. Faktor-faktor tersebut menyebabkan sering terjadi kondisi dimana terdapat banyak kapal yang mengantri ataupun dermaga dalam keadaan kosong. Tentu hal ini merugikan bagi pihak Pelindo 3 karena penggunaan terminal tidak optimal.

Salah satu cara untuk menentukan terminal pelabuhan digunakan dengan optimal adalah dengan melakukan perbaikan produktivitas terminal. Adapun perbaikan tersebut yaitu dengan melakukan investasi penambahan *resource* di Terminal atau melakukan alokasi transportasi yang dimiliki Terminal. Adapun untuk mengukur peningkatan produktivitas atau performansi sebuah pelabuhan dapat dilakukan dengan beberapa parameter meliputi tingkat penggunaan dermaga (*Berth Occupancy Ratio/BOR*), tingkat penggunaan gudang (*Shed Occupancy Ratio/SOR*), tingkat penggunaan lapangan penumpukan (*Yard Occupancy Ratio/YOR*), *throughput* petikemas, *Box/Crane/Hour* (B/C/H) dan lainnya. Dalam penelitian ini parameter yang digunakan dalam mengukur produktivitas Terminal Jamrud adalah *Box/Crane/Hour* (B/C/H), *Effective Time* banding *Berthing Time*, serta waktu tunggu. Penggunaan B/C/H serta *Effective Time* pada penelitian ini dikarenakan pihak perusahaan menggunakan kedua parameter ini dalam melakukann evaluasi performansi Terminal untuk setiap tahunnya. Dalam penelitian ini, untuk dapat mengetahui bagaimana performansi yang dimiliki oleh Terminal Jamrud dapat menggunakan metode simulasi diskrit. Hal ini dikarenakan metode simulasi diskrit dapat mengakomodasi ketidakpastian kedatangan kapal dan truk dari luar. Pada kondisi lapangan, Terminal Jamrud memiliki 6 buah *Harbour Mobile Crane* (HMC), 2 *forklift*, 1 *Reachstacker*, dan 5 *Container Truck*. Namun dalam praktiknya masih terjadi antrian kapal dikarenakan proses bongkar muat yang dilakukan mengalami *delay* karena menunggu kesiapan *resource* baik HMC,

*forklift*, atau *container truck*. Sehingga diperlukan perbaikan yang dapat meningkatkan performansi yang dimiliki oleh Terminal Jamrud.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang penelitian, masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah memaksimalkan performansi Terminal Jamrud dengan menerapkan strategi penambahan dan pengalokasian *resource* berupa *Harbour Mobile Crane* (HMC) dan *container truck*.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut

1. Memodelkan sistem operasional bongkar muat petikemas yang terdapat di Terminal Jamrud
2. Melakukan evaluasi pada kondisi eksisting serta mengembangkan alternatif penambahan dan alokasi *resource* pada proses bongkar muat petikemas di Terminal Jamrud

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini dapat memberikan pertimbangan terkait investasi dan alokasi *resource* berupa alat *handling* dan *container truck* pada Terminal Jamrud untuk meningkatkan performansi Terminal

### **1.5 Batasan**

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Penelitian hanya dilakukan pada proses bongkar muat petikemas di Terminal Jamrud
2. Perhitungan produktivitas Terminal pada aspek operasional menggunakan parameter *Box/Crane/Hour* (BCH), *Effective time* dan waktu antri.
3. Data kedatangan kapal yang digunakan merupakan data dari Terminal Jamrud selama setahun pada tahun 2017

### **1.6 Asumsi**

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pola data kedatangan kapal pada Terminal Jamrud sama pertahun
2. Faktor cuaca dan kerusakan alat *handling* Terminal diabaikan

3. Jumlah alat *handling* Terminal tetap

### 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan berisi rincian laporan tugas akhir yang terdiri dari bagian-bagian pada penelitian yang dijelaskan secara singkat. Adapun rincian laporan sebagai berikut :

#### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang hal-hal yang mendasari dilakukannya Tugas Akhir. Bagian-bagian dalam bab ini meliputi latar belakang diadakannya penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian, tujuan penelitian, manfaat tugas akhir, ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan laporan tugas akhir.

#### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi uraian dari dasar teori yang berhubungan dengan permasalahan Tugas Akhir. Dasar teori yang dilampirkan dalam bab ini berupa penjelasan mengenai Terminal Jamrud, teori antrian, *Discrete Event Simulation* (DES), dan lain-lain. Beberapa teori tersebut digunakan sebagai landasan dalam melakukan penelitian pada Tugas Akhir.

#### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang tahapan yang dilakukan dalam menyelesaikan permasalahan Pelabuhan Indonesia III khususnya Terminal Jamrud dalam meningkatkan produktivitas terminal dengan menggunakan pendekatan simulasi. Metodologi penelitian yang dilakukan berbentuk *flowchart* yang dijelaskan secara singkat dan jelas.

#### BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi tentang tahapan yang dilakukan penulis dalam pengumpulan data dan proses pengolahan data yang digunakan pada Tugas Akhir. Data yang digunakan merupakan data yang didapatkan dengan cara observasi langsung di lapangan dan juga data sekunder yang dimiliki perusahaan. Data

ini yang akan menjadi input pada ke dalam model simulasi diskrit. Setelah dilakukan proses input data, dilanjutkan dengan pengembangan model simulasi baik untuk diskrit dan dinamik. Selain itu, pada bab ini juga dijelaskan terkait skenario-skenario yang disimulasikan pada model.

## BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang penjelasan hasil analisis dan interpretasi model berdasarkan hasil dari pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan pada bab sebelumnya. Analisis yang dilakukan terkait evaluasi kebijakan pada sistem operasional pada Terminal Jamrud.

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang hasil penarikan kesimpulan dari pengerjaan Tugas Akhir yang telah penulis lakukan. Kesimpulan yang dihasilkan akan menjawab tujuan dari Tugas Akhir yang sebelumnya telah disebutkan pada Bab I. Selain kesimpulan, dijelaskan pula saran terhadap perusahaan dan untuk penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada Bab 2 ini akan dijelaskan mengenai teori dan konsep yang digunakan sebagai dasar landasan dalam melakukan penelitian.

#### **2.1 Sistem Pelabuhan**

Pelabuhan merupakan sebuah fasilitas yang terletak di ujung Samudra, sungai atau danau yang dapat menerima pengangkutan penumpang maupun pemindahan barang kargo. Setiap pelabuhan memiliki beberapa peralatan khusus yang digunakan untuk membantu proses pembongkaran dan pemuatan muatan di kapal baik itu dalam bentuk petikemas, bahan curah kering atau curah basah. Menurut PP Nomor 61 Tahun 2009, pelabuhan laut merupakan pelabuhan yang digunakan untuk melayani kegiatan angkutan laut dan/atau angkutan penyebrangan yang berada di laut atau sungai dan sejenisnya. Setiap pelabuhan baik dari segi daratan dan perairan memiliki batasan tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintah dan perusahaan dalam urusan bongkar muat dan penampungan penumpang dengan dilengkapi fasilitas keselamatan dan keamanan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi. Menurut UNCTAD (2012), lebih dari 45% dari seluruh komoditas dan produk yang diperdagangkan di dunia yang bernilai lebih dari 1500 trilyun dolar AS/tahun ditransportasikan menggunakan kapal melalui ALKI (Alur Laut Kepulauan Indonesia). Banyaknya produk yang diperdagangkan melalui laut Indonesia membuat pelabuhan memiliki peran yang sangat penting dalam mengembangkan pertumbuhan ekonomi tiap daerah. Berdasarkan dari Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2009 yang membahas tentang pelabuhan, peran pelabuhan meliputi :

- a. Simpul jaringan transportasi
- b. Pintu gerbang kegiatan ekonomi
- c. Tempat kegiatan alih moda transportasi
- d. Penunjang kegiatan industri dan perdagangan
- e. Tempat distribusi, produksi dan konsolidasi muatan atau barang
- f. Mewujudkan wawasan nusantara dan kedaulatan negara

### 2.1.1 *Klasifikasi Pelabuhan*

Pelabuhan sendiri dapat diklasifikasikan dari berbagai macam aspek seperti jenis konstruksi, perdagangan, jenis muatan dan lain sebagainya. Berikut ini merupakan klasifikasi pelabuhan berdasarkan konstruksinya.

#### 1. Pelabuhan alam

Pelabuhan alam merupakan pelabuhan yang aman dari segala bentuk bencana yang terkait alam seperti (angin, ombak, badai dll) tanpa harus dibangun fasilitas yang digunakan khusus untuk menangani potensi bencana tersebut. Pelabuhan alam biasanya berada pada lokasi teluk, muara pasang surut dan muara sungai. Beberapa pelabuhan alam yang ada di Indonesia yaitu pelabuhan yang berada di Sabang dan Benoa.

#### 2. Pelabuhan semi alam

Pelabuhan semi alam merupakan pelabuhan yang berada di lokasi teluk kecil atau muara sungai yang terlindung dua sisi oleh sebuah tanjung dan membutuhkan fasilitas pelindung pada bagian pintu masuk pelabuhan tersebut. Salah satu pelabuhan Indonesia yang merupakan pelabuhan semi alam adalah pelabuhan semi alam adalah Pelabuhan Tanjung Perak di Surabaya.

#### 3. Pelabuhan buatan

Pelabuhan buatan merupakan pelabuhan yang memiliki fasilitas pelindung bencana seperti pemecah gelombang untuk melindungi pelabuhan. Salah satu pelabuhan Indonesia yang merupakan pelabuhan buatan adalah Pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta.

Sedangkan klasifikasi pelabuhan berdasarkan fungsi meliputi;

#### 1. Pelabuhan umum

Pelabuhan umum merupakan pelabuhan yang dibangun dan dikelola untuk kepentingan masyarakat umum. Pelabuhan ini secara teknis dikelola oleh Badan Usaha Pelabuhan (BUP).

#### 2. Pelabuhan khusus

Pelabuhan khusus merupakan pelabuhan yang dibangun dan dikelola untuk kepentingan badan usaha swasta atau instansi pemerintah (TNI, AL, Pemda Dati I/Dati II).

Beberapa contoh pelabuhan yang dibedakan dari jenis pelayanannya ;

- Pelabuhan dagang, hampir semua pelabuhan Indonesia
- Pelabuhan militer, salah satunya di Ujung Surabaya
- Pelabuhan ikan, salah satunya yaitu pelabuhan Perigi dan Bagas Siapi-api
- Pelabuhan minyak, salah satunya yaitu Pelabuhan Dumai dan Pangkalan Brandan
- Pelabuhan industri, salah satunya yaitu Pelabuhan milik Petrokimia Gresik
- Pelabuhan turis, salah satunya yaitu Pelabuhan BeNoa Bali
- Pelabuhan untuk menghindari gangguan alam (seperti angin dan gelombang)

Sedangkan klasifikasi pelabuhan berdasarkan peranannya meliputi;

a. Transito

Pelabuhan yang termasuk dalam kategori transito adalah pelabuhan yang melakukan kegiatan *transshipment cargo*. Salah satu contoh pelabuhan jenis ini adalah Pelabuhan Singapura

b. Ferry

Pelabuhan yang termasuk dalam kategori *ferry* adalah pelabuhan yang melakukan kegiatan penyebrangan seperti Pelabuhan Gilimanuk dan Pelabuhan Padangbai.

### 2.1.2 Kinerja Pelabuhan

Kinerja pelabuhan dapat digunakan untuk mengetahui tingkat pelayanan dari suatu pelabuhan kepada pengguna jasa pelabuhan meliputi kapal dan barang dengan bergantung pada waktu pelayanan kapal selama berada di pelabuhan tersebut (Triatmodjo, 2010). Semakin tinggi kinerja suatu pelabuhan maka pelabuhan tersebut dapat memberikan pelayanan yang semakin baik. Dalam menentukan kinerja suatu pelabuhan, dibutuhkan beberapa parameter terukur yang digunakan sebagai perhitungan. Menurut Keputusan Dirjen Perhubungan Laut Nomor UM.002/38/18/DJOL-11 mengenai Standar Kinerja Pelayanan Operasional Pelabuhan, kinerja pelayanan dari suatu pelabuhan merupakan hasil dari pengukuran hasil kerja pelabuhan dalam melakukan pelayanan kapal, barang, utilitas penggunaan fasilitas dan alat dalam periode waktu dan satuan tertentu.

Berikut ini merupakan parameter kinerja pelabuhan :

1. Waktu Tunggu Kapal (*waiting time/WT*) merupakan jumlah waktu sejak pengajuan permohonan tambat setelah kapal tiba di lokasi labuh sampai kapal digerakkan menuju tambatan.
2. Waktu Pelayanan Pemanduan (*Approach Time/AT*) merupakan jumlah waktu yang terpakai untuk kapal bergerak dari lokasi labuh sampai ikat tali di tambatan atau sebaliknya.
3. Waktu Efektif (*Effective Time/ET*) merupakan jumlah jam yang digunakan kapal untuk bongkar muat selama kapal berada di tambatan.
4. *Berth Time* (BT) merupakan jumlah waktu siap operasi tambatan untuk melayani kapal.
5. *Receiving/Delivery* untuk barang petikemas merupakan kecepatan pelayanan penyerahan atau penerimaan di terminal petikemas yang dihitung sejak alat angkut masuk hingga keluar yang dicatat di pintu masuk atau keluar.
6. Tingkat Penggunaan Dermaga (*Berth Occupancy Ratio/BOR*) merupakan perbandingan antara waktu penggunaan dermaga dengan waktu yang tersedia (jam operasi dermaga) dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam bentuk persentase.
7. Tingkat Penggunaan Gudang (*Shed Occupancy Ratio/SOR*) merupakan perbandingan antara jumlah pengguna gudang penumpukan dengan gudang penumpukan yang tersedia dihitung dalam satuan ton per hari
8. Tingkat Penggunaan Lapangan Penumpukan (*Yard Occupancy Ratio/YOR*) merupakan perbandingan antara jumlah penggunaan ruang penumpukan (*container yard*) dengan ruang penumpukan (*container yard*) yang tersedia dihitung dalam satuan ton per hari.
9. Kesiapan operasi peralatan merupakan perbandingan antara jumlah peralatan yang siap untuk dioperasikan dengan jumlah peralatan yang tersedia dalam periode tertentu.

### 2.1.3 Terminal Petikemas

Terminal petikemas merupakan salah satu terminal dalam pelabuhan yang digunakan untuk menangani aktivitas bongkar muat petikemas dengan

menggunakan fasilitas dan peralatan yang mendukung proses bongkar muat tersebut. Beberapa fasilitas yang dimiliki oleh pelabuhan yang digunakan untuk membantu melancarkan aktivitas bongkar muat tersebut meliputi :

1. *Spoor* atau dermaga bongkar muat.

Fasilitas ini digunakan sebagai tempat berhentinya kapal untuk melakukan proses bongkar muat petikemas.

2. *Container yard* atau lapangan penumpukan

*Container yard* digunakan sebagai tempat untuk menyimpan petikemas.

Area lapangan penumpukan juga termasuk gudang-gudang CFS (*Container Freight Station*) atau tempat konsolidasi barang-barang

3. Area bongkar muat petikemas

Area ini terdiri dari alat-alat berat seperti *gantry crane*, *top loader* dan lain sebagainya. Alat-alat ini merupakan alat yang digunakan untuk memudahkan proses bongkar muat petikemas.

Sedangkan menurut (Triatmodjo, 2010), untuk melakukan aktivitas bongkar muat petikemas dibutuhkan beberapa fasilitas seperti berikut ini:

- a. Dermaga

Dermaga merupakan tambatan atau tempat sandar yang diperlukan sebuah kapal untuk dapat bersandar. Umumnya dermaga memiliki dimensi yang sangat panjang dan cukup dalam karena rata-rata kapal pengangkut petikemas memang berukuran besar. Panjang dermaga antara 250 m dan 350 m dengan kedalaman dari 12 m sampai 15 m tergantung dari ukuran kapal yang biasa bersandar

- b. Apron

Apron merupakan area diantara tempat sandar kapal (dermaga) dengan *Marshaling Yard* yang memiliki lebar antara 20 sampai 50 meter. Pada area apron ini ditempatkan beberapa alat bongkar muat seperti *gantry crane*, jalan truck trailer, serta peralatan bongkar muat lainnya

- c. *Marshaling Yard* (Lapangan penumpukan sementara)

*Marshaling yard* digunakan sebagai tempat sementara petikemas yang akan dimuat di dalam kapal. Luas dari lapangan penumpukan sementara ini yaitu antara 20-30% dari luasan *container yard*.

d. *Container Yard* (Lapangan penumpukan)

*Container yard* merupakan lapangan penumpukan petikemas yang berisi muatan *full container load* (FCL) dan muatan petikemas kosong yang akan di kapalkan.

e. *Container Freight Station* (CFS)

CFS merupakan gudang yang digunakan untuk menampung barang-barang yang diangkut secara *Less Than Container Load* (LCL)

f. Menara pengawas

Menara pengawas digunakan sebagai tempat pengawasan di semua tempat dan sebagai tempat untuk mengatur dan mengarahkan semua kegiatan di terminal

g. Bengkel pemeliharaan

Bengkel pemeliharaan digunakan sebagai tempat untuk memperbaiki petikemas kosong yang akan dikembalikan

h. Fasilitas lain seperti sumber tenaga listrik untuk petikemas khusus menggunakan pendingin, suplai bahan bakar, suplai air tawar, penerangan aktivitas bongkar muat pada malam hari dan sebagainya.

#### 2.1.4 *Peralatan Terminal*

Berikut ini merupakan beberapa peralatan yang dibutuhkan dalam aktivitas bongkar muat petikemas:

a. *Gantry crane*

*Gantry crane* merupakan alat *handling* jenis *crane* yang berada di dermaga untuk bongkar muat petikemas dari dan ke kapal *container*.

Alat ini biasanya dipasang di atas di sepanjang dermaga. *Gantry crane* juga sering disebut dengan *container crane*

b. *Forklift*

*Forklift* merupakan peralatan penunjang dalam aktivitas bongkar muat petikemas dimana biasanya digunakan untuk melakukan bongkar muat pada tonase kecil.

c. *Head truck*

*Head truck* merupakan *trailer* yang digunakan untuk mengangkut petikemas dari dermaga ke lapangan penumpukan dan juga sebaliknya.

d. *Straddle carrier*

*Straddle carrier* digunakan untuk aktivitas bongkar muat petikemas ke atau dari *chasis* dan memiliki kemampuan untuk melakukan penumpukan petikemas sampai tiga tingkatan.

e. *Side loader*

*Side loader* merupakan alat yang digunakan untuk menumpuk petikemas sampai tiga tingkatan

f. *Transtainer*

*Transtainer* merupakan jenis *crane* berbentuk portal yang dapat berjalan pada rel atau mempunyai ban karet. Alat ini memiliki kemampuan untuk menumpuk petikemas sampai empat tingkat dan menempatkan petikemas tersebut diatas gerbong kereta api atau *chasis*.

Beberapa jenis *crane* yang sering digunakan oleh Terminal dalam melakukan aktivitas bongkar muat petikemas meliputi:

a. *Harbour Mobile Crane*

*Harbour Mobile Crane* (HMC) merupakan sebuah mesin dengan pengait dan kabel yang bekerja dengan sistem tali karet atau sistem hidrolis yang besar. HMC digunakan untuk melakukan proses bongkar muat petikemas yang berada pada kapal menuju ke area pelabuhan atau langsung meletakkan petikemas tersebut ke atas truk pengangkut. Berikut ini merupakan gambar dari *Harbour Mobile Crane* dimana alat tersebut memiliki roda sehingga memiliki posisi yang fleksibel.



Gambar 2-1 *Harbour Mobile Crane* (sumber: <https://www.sennebogen.com>, 2017)

Jenis *crane* ini merupakan *crane* yang digunakan oleh Terminal Jamrud untuk melakukan aktivitas bongkar muat. Sampai saat ini Terminal Jamrud memiliki enam buah *Harbour Mobile Crane*.

b. *Ship Gear*

*Ship Gear* (*Crane* kapal) merupakan jenis *crane* yang berada dalam kapal. Umumnya kapal *cargo* dilengkapi dengan *crane* jenis ini sehingga kegiatan bongkar muat dapat dilakukan dengan lebih praktis. *Ship gear* digunakan untuk melakukan kegiatan *stevedoring* baik untuk barang jenis *container* atau *bag cargo*. Berikut ini merupakan gambar dari *ship gear*.



Gambar 2-2 *Ship Gear* (sumber: <https://eg.all.biz/sfn-alshn-g53371>, 2017)

c. *Gantry Crane*

*Gantry Crane* merupakan alat bongkar muat yang digunakan khusus untuk muatan jenis *container*. Alat ini lebih efisien jika dibandingkan *mobile crane* atau *crane* kapal. Dengan menggunakan *gantry crane*, produktivitas bongkar muat jauh lebih tinggi karena *gantry crane* dapat mengangkat 2 sampai 4 *container* ukuran 20 *feet* sekaligus. Berikut ini merupakan gambar dari *gantry crane*.



Gambar 2-3 *Gantry Crane* (sumber: <https://www.konecranes.com>, 2017)

d. *Level Luffing Gantry Crane*

*Level luffing gantry crane* merupakan jenis lain dari *crane* yang sering digunakan untuk aktivitas bongkar muat di pelabuhan. Alat ini berbentuk seperti *crane* kapal namun terletak di dermaga. Beberapa dari alat tersebut menggunakan rel atau roda untuk dapat berpindah tempat. Alat ini dapat digunakan untuk melakukan bongkar muat pada beberapa jenis *cargo* seperti *container*, *bag cargo*, dan curah kering. Berikut ini merupakan gambar dari *level luffing gantry crane*.



Gambar 2-4 *Level Luffing Gantry Crane* (sumber: <http://www.shi.co.jp>, 2017)

## 2.2 Discrete Event Simulation (DES)

Simulasi merupakan kumpulan metode dan aplikasi yang digunakan untuk meniru perilaku dari sebuah sistem yang *real* (Kelton, 1991). Simulasi dapat dilakukan dengan cara manual atau dengan bantuan sebuah *software* di komputer. Ketika sistem yang ingin diteliti terlalu kompleks untuk dimodelkan dengan pendekatan analitis, maka metode simulasi merupakan metode yang paling aplikatif. Keunggulan dari penggunaan metode simulasi adalah mampu mengetahui kondisi riil dari permasalahan, mengakomodasi ketidakpastian dan juga dapat menampilkan perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu tertentu.

Salah satu jenis simulasi yaitu simulasi diskrit. Simulasi diskrit atau *discrete event simulation* (DES) merupakan jenis simulasi dimana perubahan status terjadi pada perubahan waktu yang disebabkan oleh adanya aktivitas. Simulasi diskrit dapat dijalankan dengan beberapa *software* simulasi salah satunya yaitu *Arena*. *Arena* merupakan sebuah *software* simulasi diskrit yang dikembangkan oleh *Rockwell Automation*. Pada penelitian ini, *software* yang digunakan dalam menjalankan simulasi diskrit adalah *Arena*. Hal ini dikarenakan *software Arena* merupakan *software* yang dapat mengkombinasikan model grafis dan model simulasi analisis.

Berikut ini merupakan langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam membangun model simulasi diskrit menggunakan *software Arena*:

1. Melakukan pengumpulan data
2. Melakukan *fitting distribution* pada data yang akan digunakan
3. Membuat model simulasi sesuai dengan kondisi riil di lapangan
4. Melakukan input data yang telah dilakukan *fitting distribution* pada model simulasi
5. Melakukan *running* model simulasi
6. Melakukan uji berupa verifikasi dan validasi pada model konseptual dengan data pada kondisi eksisting

Adapun kelebihan dari penggunaan simulasi diskrit meliputi:

1. Mampu menggambarkan prosedur operasional suatu sistem dengan waktu yang lebih singkat
2. Mampu mengakomodasi ketidakpastian dan interdependansi pada suatu model
3. Efektif digunakan sebagai pembanding antar skenario untuk mendapatkan alternatif skenario yang paling baik

Sedangkan kekurangan dari penggunaan simulasi diskrit meliputi:

1. Model simulasi diskrit tidak bisa mengakomodasi perubahan waktu
2. Simulasi tidak menawarkan solusi yang optimal, hanya berupa perkiraan atau estimasi

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Pada Bab 3 ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan penulis pada penelitian tugas akhir untuk menyelesaikan permasalahan yang sedang dibahas. Metodologi ini dirangkai secara sistematis sehingga representatif dalam mengurai kerangka berpikir penelitian. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yang meliputi tahap konseptualisasi model, tahap simulasi model, dan tahap analisis dan kesimpulan.

#### **3.1 Tahap Konseptualisasi Model**

Tahap konseptualisasi model merupakan tahap yang paling awal dalam mengerjakan penelitian ini. Tahapan ini dilakukan untuk dapat menjelaskan permasalahan di lapangan untuk diselesaikan dengan membentuk model konseptual dari sistem yang diamati.

##### *3.1.1 Studi Pendahuluan*

Studi pendahuluan terdiri dari studi literatur dan studi lapangan. Studi literatur dilakukan agar peneliti memiliki informasi dan landasan teori yang cukup untuk melakukan penelitian pada Tugas Akhir terkait permasalahan, *discrete event simulation*, sistem antrian, kebijakan pelabuhan, dan sistem terminal pelabuhan. Studi literatur dilakukan dengan cara mempelajari buku, jurnal, serta laporan Tugas Akhir yang relevan terkait dengan topik penelitian sehingga dapat menunjang penelitian dari penulis.

Selain studi literatur, dibutuhkan pula studi lapangan. Studi lapangan dilakukan agar penulis dapat memahami permasalahan yang terjadi di lapangan untuk bisa dimodelkan ke dalam model konseptual.

##### *3.1.2 Pengumpulan Data*

Setelah dilakukan studi pendahuluan yang terdiri dari studi literatur dan studi lapangan, tahapan selanjutnya yaitu pengumpulan data. Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi secara langsung, menggunakan data sekunder dari perusahaan, serta wawancara dengan pihak perusahaan. Data-data yang dibutuhkan pada penelitian ini terdiri dari:

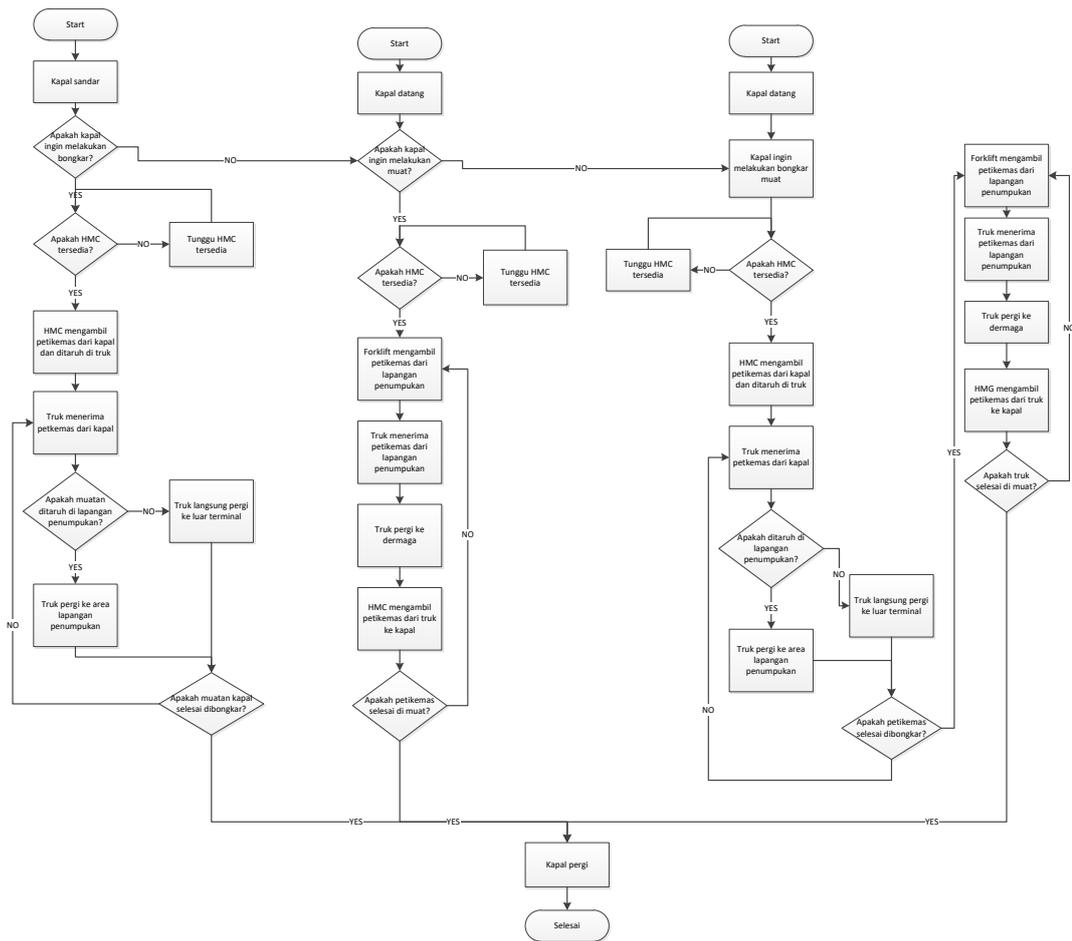
1. Kedatangan kapal setiap hari

2. Jumlah petikemas yang dibongkar dan/atau muat setiap hari
3. Jumlah alat *handling* yang dibutuhkan dalam proses bongkar dan/atau muat
4. Kapasitas dari alat *handling* pelabuhan
5. Jumlah trailer *truck*
6. Prosedur penggunaan jasa terminal oleh *customer*
7. Pendapatan terminal per petikemas
8. Pendapatan Terminal pertahun

Setelah didapatkan semua data yang dibutuhkan, maka langkah selanjutnya yaitu pengolahan data. Pengolahan data dilakukan dengan cara *fitting distribution* pada data-data yang akan dijadikan *input* pada simulasi diskrit. *Fitting distribution* dilakukan pada setiap data waktu aktivitas yang terjadi di sistem diskrit. Data yang telah dilakukan *fitting distribution* ini kemudian digunakan sebagai input pada model simulasi *Arena*.

### 3.1.3 Penyusunan Model Konseptual Simulasi Diskrit

Sebelum melakukan simulasi diskrit pada *software Arena*, diperlukan penyusunan model konseptual dari sistem eksisting. Model konseptual dibuat untuk memudahkan penggambaran keadaan sistem eksisting secara sederhana namun mudah untuk dimengerti. Model konseptual juga memudahkan dalam menentukan penentuan objek yang dijadikan sebagai entitas, *event* atau kejadian yang mempengaruhi keadaan sistem, atribut dan variabel yang ada didalam sistem. Pengembangan model konseptual simulasi diskrit digambarkan dalam bentuk *flowchart* yang dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3-1 *Flowchart* Model Konseptual Kondisi Eksisting dari Sistem Bongkar Muat Petikemas

### 3.2 Tahap Simulasi Model

#### 3.2.1 Simulasi Model Diskrit

Pada tahap simulasi model diskrit ini, proses pembentukan simulasi dibagi menjadi tiga yaitu penyusunan model simulasi kondisi eksisting, uji verifikasi dan validasi, kemudian dilanjutkan dengan pengembangan simulasi dengan skenario.

##### 3.2.1.1 Penyusunan Model Simulasi Kondisi Eksisting

Penyusunan model simulasi kondisi eksisting merupakan tahap pertama dalam proses simulasi model. Model simulasi kondisi eksisting dibuat pada *software* simulasi diskrit yaitu *Arena*. Model yang dibuat disesuaikan dengan model konseptual simulasi diskrit yang telah dibuat sebelumnya. Selain pembuatan model, dilakukan pula proses *input* data dan *parameter* yang telah didapatkan pada proses pengolahan data.

### 3.2.1.2 Uji Verifikasi dan Validasi

Uji verifikasi dan validasi merupakan uji yang harus dilakukan pada suatu model simulasi agar model yang dibuat merupakan model simulasi yang sesuai dengan alur model konseptual dan hasil yang didapatkan dapat menggambarkan sistem yang sesungguhnya di lapangan. Uji verifikasi merupakan proses pengujian apakah terdapat error dalam model yang telah dibuat atau tidak. Sedangkan validasi merupakan proses pengujian apakah model yang telah dibuat sudah sesuai dan merepresentasikan kondisi permasalahan di lapangan. Jika kedua pengujian ini berhasil, maka dapat dilanjutkan pada tahap selanjutnya yaitu pembuatan skenario dan analisa. Dan jika tidak lolos uji verifikasi dan validasi maka model harus dicek kembali atau dibuat kembali

### 3.2.1.3 Pengembangan simulasi dengan skenario

Setelah dilakukan uji verifikasi dan validasi pada model yang telah dibuat, tahap selanjutnya yaitu melakukan pengembangan dengan menciptakan beberapa skenario yang dapat meningkatkan performansi dari terminal Jamrud. Dari beberapa skenario tersebut kemudian dipilih satu yang dinilai paling optimal.

Pengembangan skenario dilakukan dengan cara melakukan penambahan *resource* yaitu HMC dan truk. Hasil dari simulasi dengan menambahkan *resource* HMC dan truk kemudian dilakukan uji *paired-t confident interval* secara incremental sehingga didapatkan keputusan pemilihan skenario yang akan diuji. Selain melakukan penambahan HMC dan truk, dilakukan pula alokasi truk yang khusus melayani aktivitas bongkar sekaligus muat (B/M). Hasil dari beberapa skenario alokasi truk kemudian dilakukan uji *paired-t confident interval* secara incremental sehingga didapatkan keputusan untuk melakukan alokasi berapa truk yang akan dijalankan khusus untuk melayani aktivitas bongkar sekaligus muat (B/M).

## 3.3 Tahap Analisis dan Kesimpulan

Pada tahap analisis dan kesimpulan ini meliputi analisis dan interpretasi hasil pada simulasi diskrit serta kesimpulan dan saran.

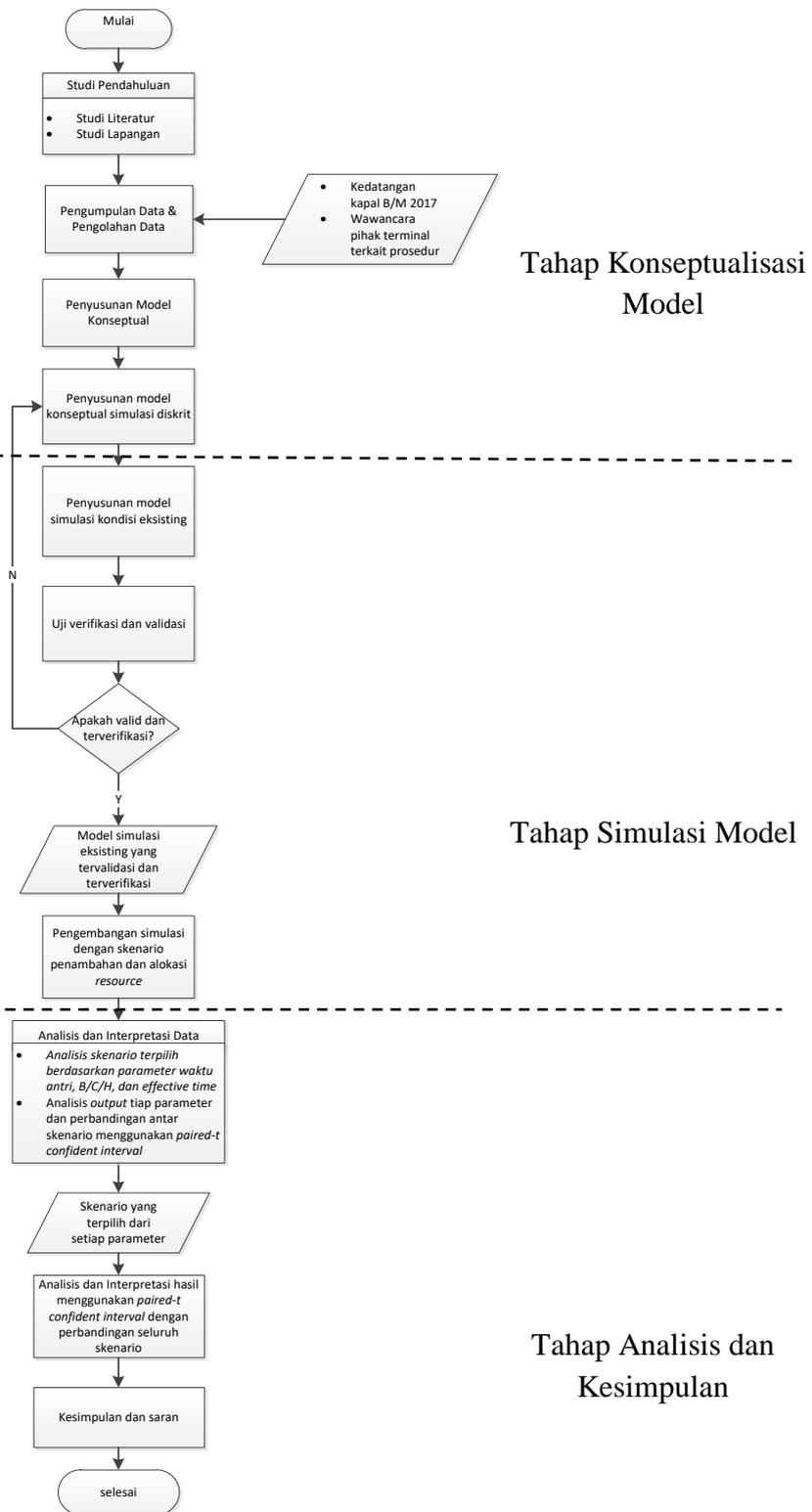
### 3.3.1 Analisis dan Interpretasi Hasil pada Simulasi Diskrit

Skenario yang sebelumnya dibuat pada tahap pengembangan model kemudian dianalisis dan diinterpretasikan hasil yang didapat. Dari hasil analisa dan interpretasi beberapa skenario tersebut kemudian dipilih skenario yang memiliki hasil yang paling optimal. Pemilihan skenario yang optimal didasarkan pada uji *paired-t confident interval* yang diusulkan oleh Bonferoni. Pemilihan skenario yang optimal pada penelitian ini didasarkan pada variabel respon yang telah ditentukan sebelumnya yaitu waktu antri, B/C/H, dan *effective time*.

### 3.3.2 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini, dijelaskan mengenai kesimpulan yang diambil berdasarkan tujuan yang sebelumnya telah dibuat di bab 1. Kesimpulan tersebut meliputi rekomendasi perbaikan performansi terminal Jamrud baik dalam bentuk penambahan fasilitas dan pemberlakuan kebijakan. Selain itu juga dilampirkan saran terkait penelitian selanjutnya

Berikut ini merupakan alur pengerjaan penelitian Tugas Akhir dengan menggunakan *flowchart*.



Gambar 3-2 Flowchart Metodologi Penelitian.

## BAB 4

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada Bab ini akan membahas mengenai pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan pada penelitian. Diantaranya yaitu pengumpulan data, pengolahan data, pembuatan model, serta pengembangan skenario.

#### 4.1 Pengumpulan data

Pada sub bab ini dilakukan pengumpulan data yang berkaitan dengan penelitian. Adapun data yang dikumpulkan meliputi waktu kedatangan kapal, waktu kedatangan truk luar, waktu keterlambatan kapal, dll.

##### 4.1.1 Jadwal Kedatangan Kapal

Data waktu kedatangan kapal diperoleh dari data sekunder pihak Terminal Jamrud. Pada tabel 4-1 dapat dilihat contoh dari data yang didapatkan dari Terminal. Data yang lebih lengkap dapat dicari pada lampiran di indeks L-1 sampai L-23.

Table 4-1 Jadwal dan Waktu Kedatangan Kapal pada Tahun 2017

No	Nama Kapal	Jenis Layanan	Volume (TEUs)	Jadwal Kedatangan	Waktu Kedatangan	Bongkar		Muat	
						CY	TL	CY	TL
1	HAPPY STAR I	B/M	374	03 Januari	03 Januari	109	127	0	0
2	CALYPSO SETIA	Muat	111	05 Januari	06 Januari	0	0	26	94
3	TIKALA, KM	B/M	183	07 Januari	07 Januari	0	85	17	67
4	MENTARI PERDANA, KM	B/M	100	07 Januari	07 Januari	20	0	40	40
5	MULTI KARYA I, KM	M	86	11 Januari	11 Januari	0	0	84	2

Data yang didapatkan dari perusahaan dan yang akan diolah merupakan data historis kedatangan kapal serta alokasi dari petikemas. Data tersebut kemudian diolah untuk diketahui distribusinya sehingga bisa digunakan dalam simulasi.

Selain untuk mengetahui distribusi, data tersebut juga dipakai untuk dapat menghitung performansi yang dimiliki oleh Terminal Jamrud selama setahun.

#### 4.2 Pengolahan data

Setelah dilakukan pengumpulan data, maka dilanjutkan dengan pengolahan data. Berikut ini merupakan pengolahan data yang dilakukan

##### 4.2.1 Fitting Distribution

Fitting distribution merupakan tahap yang dilakukan untuk mengetahui distribusi waktu proses yang dilalui oleh kapal selama di pelabuhan. Data yang dilakukan *fitting distribution* meliputi:

Table 4-2 Distribusi Kedatangan, Keterlambatan dan *Loading/Unloading Time*

No	Jenis Distribusi	Kapal jenis bongkar	Kapal jenis muat	Kapal jenis B/M
1	Distribusi antar kedatangan kapal	-0.001 + EXPO(139)	-0.001 + EXPO(82.2)	-0.001 + EXPO(22.8)
2	Distribusi keterlambatan kapal	-0.001 + EXPO(27.5)	-0.001 + WEIB(15.3, 0.285)	-0.001 + EXPO(34)
3	Distribusi kedatangan truk	-0.001 + EXPO(139)	-0.001 + EXPO(82.2)	-0.001 + EXPO(45.2)
4	Distribusi loading/unloading time petikemas	-0.5 + 58 * BETA(3.4, 18.2)	-0.5 + 58 * BETA(3.4, 18.2)	-0.5 + 58 * BETA(3.4, 18.2)

##### 4.2.2 Perhitungan B/C/H Kondisi Lapangan

Perhitungan *B/C/H* dilakukan dengan cara perhitungan manual menggunakan *Microsoft Excel*. Berikut ini merupakan tabel hasil dari perhitungan *B/C/H* pada kondisi lapangan berdasarkan data historis 2017.

Berikut ini merupakan rumus *B/C/H Gross* dan *Nett*.

$$B/C/H \text{ Gross} = \text{Total Bongkar Muat} / \text{Berthing Time}$$

$$B/C/H \text{ Nett} = \text{Total Bongkar Muat} / \text{Effective Time}$$

Table 4-3 Perhitungan B/C/H *Gross* dan *Nett*

No	Bulan	Bongkar	Muat	Total Bongkar Muat	BT (Jam)	BWT (Jam)	NOT (Jam)	IT (Jam)	ET (Jam)	B-C-H/B-S-H	
		Box	Box	Box						Gross	Net
1	Januari	840	1,467	2,307	21.44	18.22	6.25	1.34	13.34	4	9
2	Pebruari	1,397	1,194	2,591	30.66	23.55	4.92	5.11	20.47	4	9
3	Maret	1,154	1,373	2,527	20.77	13.36	4.54	4.71	12.54	4.75	8.61
4	April	1,413	1,041	2,454	18.82	13.22	5.60	1.04	11.62	5.29	7.56
5	Mei	1,739	2,039	3,778	19.58	14.34	1.84	3.20	14.54	6.51	8.36
6	Juni	1,181	1,512	2,693	25.73	14.36	3.16	4.00	17.23	4.77	6.63
7	Juli	1,660	2,392	4,052	26.64	17.61	5.19	4.45	16.60	4.99	7.79
8	Agustus	2,755	3,282	6,037	31.23	17.97	6.00	5.33	17.51	5.97	10.33
9	September	3,469	3,610	7,079	19.02	13.63	5.39	1.14	11.30	6.08	8.59
10	Oktober	4,323	3,955	8,278	33.85	22.55	4.12	6.45	21.86	7.67	10.42
11	Nopember	2,829	2,838	5,667	27.61	17.31	3.81	4.00	19.80	8.24	5.48
12	Desember	3,108	3,204	6,312	27.12	18.87	2.41	5.09	19.69	8.86	6.01
<b>Rata-Rata</b>		<b>25,868</b>	<b>27,907</b>	<b>53,775</b>	<b>25.21</b>	<b>17.08</b>	<b>4.44</b>	<b>3.82</b>	<b>16.38</b>	<b>6.01</b>	<b>8.11</b>

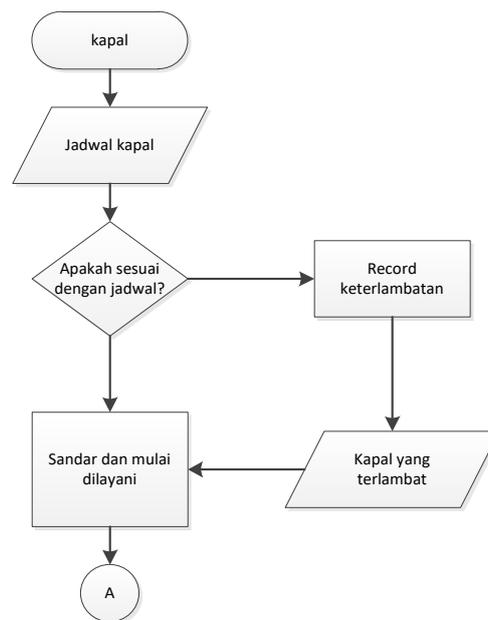
Dari tabel 4-4 tersebut juga dapat dihitung nilai *effective time* yang dimiliki oleh pihak Terminal yaitu sebesar 16.38 dimana nilai tersebut mencapai 60% jika dibandingkan dengan *berthing time*. Sedangkan nilai standar yang ditetapkan oleh perusahaan Pelindo 3 untuk nilai *effective time* minimal sebesar 70% jika dibandingkan dengan nilai *berthing time*.

#### 4.3 Pembuatan model eksisting Simulasi Diskrit

Pembuatan model eksisting dilakukan supaya model yang dibuat dapat merepresentasikan kondisi actual pada sistem yang sebenarnya. Model eksisting yang sudah dibuat kemudian akan divalidasi dengan uji statistik dan dikembangkan menjadi model perbaikan dengan menggunakan kebijakan *time windows*. Model eksisting yang dibuat terdiri dari beberapa sub model. Berikut ini merupakan penjelasan terkait sub model yang dibuat pada model eksisting.

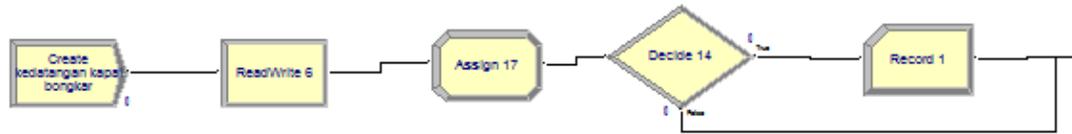
#### 4.3.1 Pembuatan submodel kedatangan kapal dan record keterlambatan

Pembuatan submodel kedatangan kapal dibuat dengan menggunakan modul *create* dimana kedatangan kapal aktual berdasarkan distribusi yang telah ditentukan sebelumnya. Setiap kapal memiliki *create* khusus berdasarkan jenis kebutuhan (bongkar, muat atau bongkar dan muat). Kedatangan kapal dicocokkan dengan jadwal yang telah dimiliki untuk kemudian dilakukan *record* terkait keterlambatan yang dilakukan kapal. Berikut ini merupakan *flowchart* logika dari kedatangan kapal di terminal.



Gambar 4-1 *Flowchart* kedatangan kapal dan *record* keterlambatan

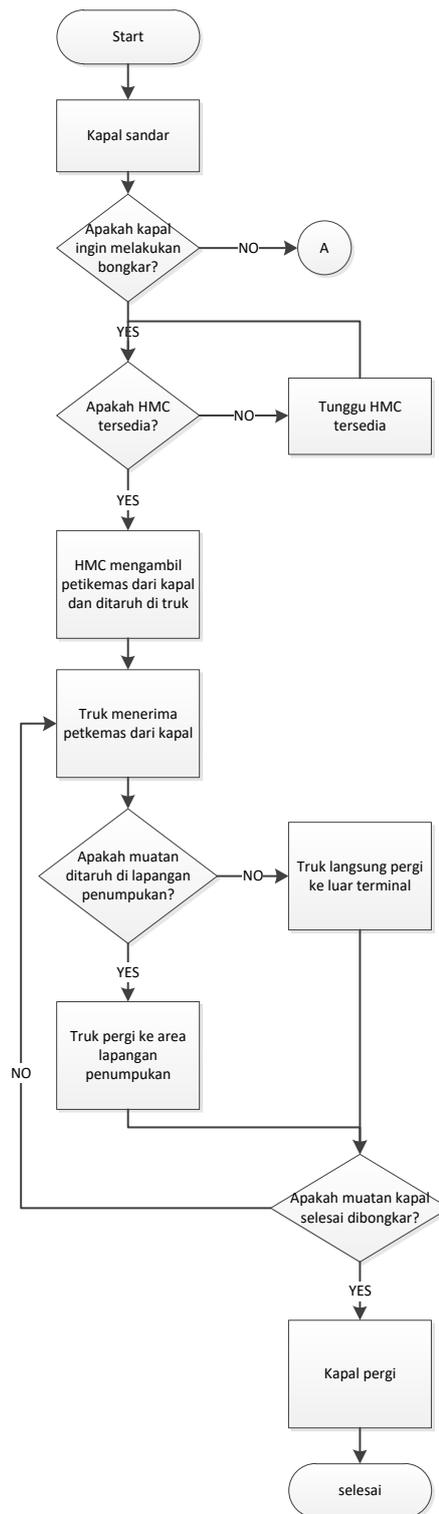
Berdasarkan *flowchart* diatas, dapat diketahui bahwa kapal akan terlebih dahulu dicek apakah variabel waktu kapal datang sama dengan jadwal yang telah dimiliki oleh pihak terminal. Jika tidak maka sistem akan melakukan *record* terkait keterlambatan kapal. Kemudian setelah itu, kapal dapat sandar dan dilayani oleh terminal. Berikut ini merupakan submodel simulasi kedatangan kapal dan *record* keterlambatan dalam *software* Arena.



Gambar 4-2 Sub model kedatangan kapal dan *record* keterlambatan pada *software* Arena

#### 4.3.2 Pembuatan submodel aktivitas bongkar petikemas

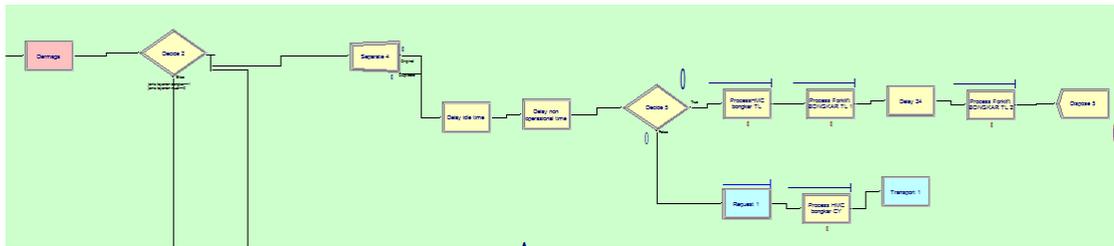
Setiap kapal yang sudah sandar akan dilayani oleh pihak terminal dengan menggunakan *resource* yang dimiliki oleh terminal. Adapun *resource* yang dimiliki terminal meliputi *Harbour Mobile Crane*, *Forklift*, *Reachstacker*, dan Truk. Pembuatan model simulasi ini dibedakan berdasarkan jenis kepentingan dari setiap truk yang meliputi bongkar, muat atau bongkar dan muat. Berikut ini merupakan *flowchart* dari aktivitas bongkar untuk setiap kapal yang sudah sandar di pelabuhan.



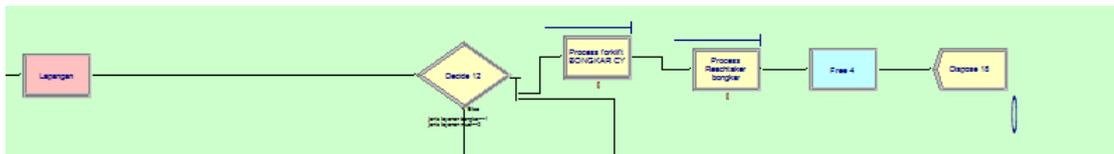
Gambar 4-3 *Flowchart* aktivitas bongkar petikemas untuk setiap kapal

Setiap kapal yang datang akan didata apa keperluan kapal tersebut (bongkar, muat, atau bongkar dan muat). Jika keperluan yang diinginkan oleh kapal yang

datang adalah bongkar, maka *Harbour Mobile Crane* akan disiapkan untuk melakukan proses unloading petikemas dari kapal menuju ke dermaga. Setelah itu, truk yang dimiliki oleh terminal akan membawa petikemas dari dermaga menuju lapangan penumpukan. Selain itu truk dari luar terminal juga membawa petikemas dari dermaga menuju luar pelabuhan. Berikut ini merupakan submodel simulasi proses bongkar petikemas yang terjadi di dermaga dan lapangan.



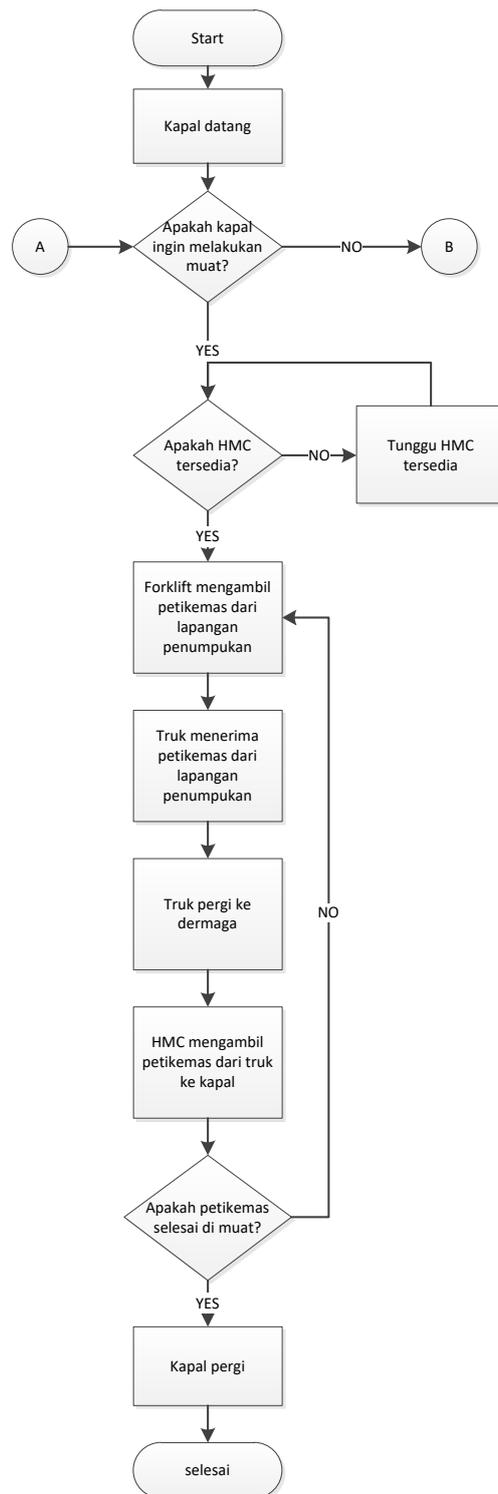
Gambar 4-4 Submodel proses bongkar petikemas yang terjadi di dermaga



Gambar 4-5 Submodel proses bongkar petikemas yang terjadi di lapangan penumpukan

#### 4.3.3 Pembuatan submodel aktivitas muat petikemas

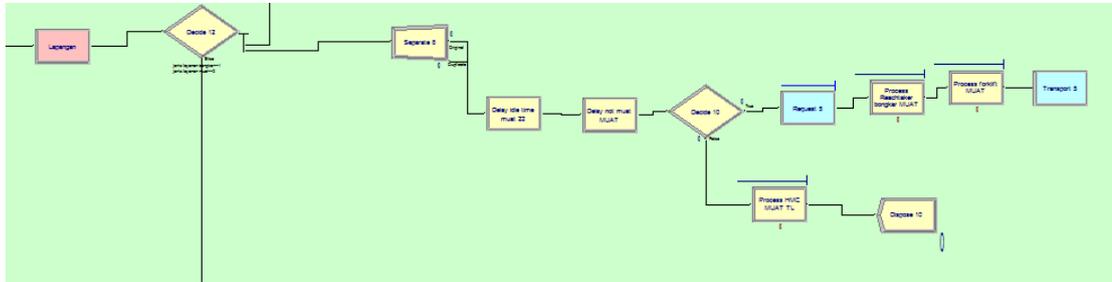
Berikut ini merupakan *flowchart* dari aktivitas muat petikemas untuk setiap kapal yang sudah sandar di pelabuhan.



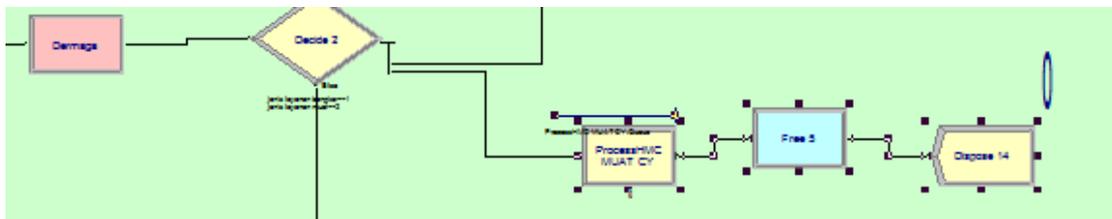
Gambar 4-6 *Flowchart* aktivitas muat petikemas untuk setiap kapal

Jika keperluan yang diinginkan oleh kapal adalah muat, maka pihak terminal akan memanggil truk dari lapangan penumpukan menuju dermaga. Truk ini sudah diisi oleh petikemas yang sebelumnya dipindahkan dari lapangan penumpukan ke

atas truk dengan menggunakan *Reachstacker*. Setelah truk sampai di dermaga, kemudian *Harbour Mobile Crane* melakukan *loading* petikemas dari truk ke kapal. Berikut ini merupakan submodel simulasi proses muat petikemas yang terjadi di dermaga dan lapangan.



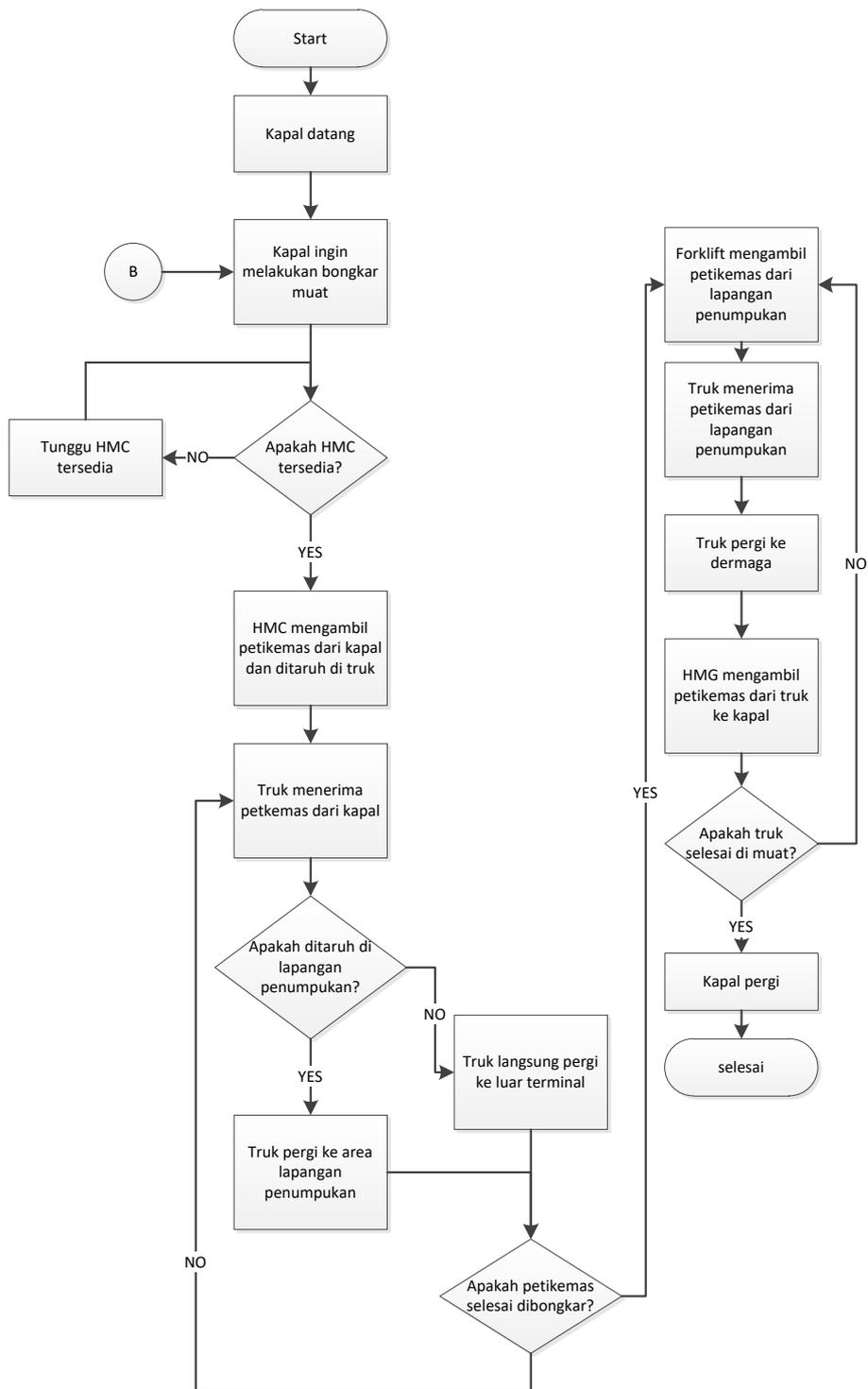
Gambar 4-7 Submodel proses muat petikemas yang terjadi di lapangan penumpukan



Gambar 4-8 Submodel proses muat petikemas yang terjadi di dermaga

#### 4.3.4 Pembuatan sub model aktivitas bongkar muat petikemas

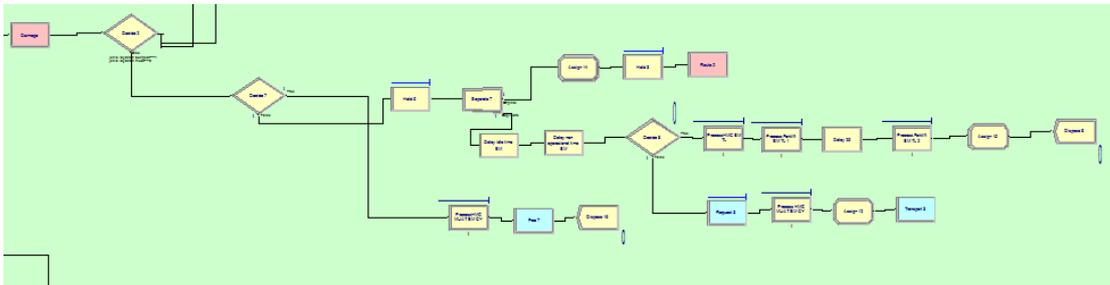
Berikut ini merupakan *flowchart* dari aktivitas bongkar muat petikemas untuk setiap kapal yang sudah sandar di pelabuhan.



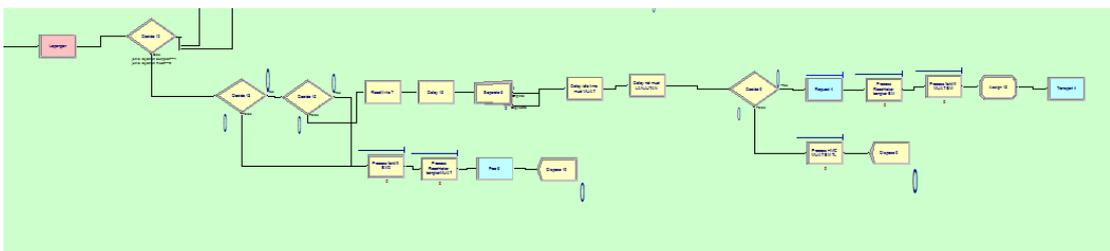
Gambar 4-9 Flowchart aktivitas bongkar dan muat petikemas untuk setiap kapal

Jika keperluan yang diinginkan oleh kapal adalah bongkar sekaligus muat, maka pihak terminal akan terlebih dahulu melakukan *unloading* petikemas dari kapal ke dermaga dengan menggunakan *Harbour Mobile Crane*. Kemudian

petikemas tersebut dibawa oleh truk yang dimiliki terminal menuju lapangan penumpukan dan truk dari luar pihak terminal untuk dibawa menuju luar pelabuhan. Setelah proses *unloading* selesai dilakukan, kemudian dilanjutkan dengan proses *loading*. Proses *loading* diawali dengan pihak terminal yang memanggil truk dari lapangan penumpukan menuju dermaga. Truk tersebut sudah diisi oleh petikemas yang sebelumnya dipindahkan dari lapangan penumpukan ke atas truk dengan menggunakan *Reachstacker*. Setelah truk tersebut sampai di dermaga, kemudian *Harbour Mobile Crane* melakukan *loading* petikemas yang diangkut truk ke kapal. Berikut ini merupakan ilustrasi model simulasi proses bongkar muat (B/M) petikemas yang terjadi di dermaga dan lapangan.



Gambar 4-10 Submodel proses bongkar dan muat petikemas yang terjadi di dermaga



Gambar 4-11 Submodel proses bongkar dan muat petikemas yang terjadi di lapangan penumpukan

#### 4.4 Penentuan Jumlah Replikasi

Replikasi merupakan proses perulangan dengan kondisi yang sama pada setiap percobaan. Replikasi bertujuan untuk membuat *output* yang dihasilkan oleh simulasi agar lebih mepresentasikan kondisi yang sebenarnya. Berikut ini merupakan hasil *running* dari model simulasi dengan menggunakan jumlah replikasi sebanyak lima kali.

Table 4-4 Hasil *Running* dari Lima Replikasi

Replikasi (i)	Waktu Proses		
	Bongkar	Muat	B/M
1	0.2297	0.2091	0.4436
2	0.2301	0.209	0.4446
3	0.2299	0.2094	0.4444
4	0.2304	0.209	0.4442
5	0.2303	0.2091	0.444
Average	0.23008	0.20912	0.44416
Standar deviasi	0.000286356	0.000164	0.000385

Setelah diperoleh nilai rata-rata dan standar deviasi, kemudian dilakukan perhitungan  $h_w$  dengan asumsi tingkat kepercayaan sebesar 95%. Berikut ini merupakan rumus untuk melakukan perhitungan  $h_w$ .

$$h_w = t_{n-1, \frac{\alpha}{2}} \times s / \sqrt{n}$$

Keterangan :

$h_w$  = *half width*

n = jumlah replikasi awal

s = standar deviasi

Didalam perhitungan jumlah replikasi ini, digunakan salah satu waktu proses yaitu waktu proses B/M. Dengan menggunakan rumus diatas maka perhitungan *half width* untuk model simulasi dapat dilihat sebagai berikut.

$$s = 0.0004$$

$$n = 5$$

$$\alpha = 0.05$$

$$Z_{\alpha/2} = Z_{0.05/2} = 1.96$$

$$t_{n-1, \alpha/2} = t_{4, 0.025} = 2,776 \text{ (Hasil didapatkan dari nilai di tabel t Distribution)}$$

Dari nilai koefisien diatas maka didapatkan :

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

$$h_w = 2.776 \times \frac{0.0004}{\sqrt{5}}$$

$$h_w = 0.0005$$

Kemudian setelah ditemukan nilai  $h_w$  selanjutnya yaitu mencari nilai  $n'$  dengan menggunakan rumus dibawah ini untuk menentukan jumlah replikasi dengan nilai *error absolute* yang digunakan ditentukan sebesar 5%.

$$n' = (z \times s / h_w)^2$$

Sehingga jika nilai dari koefisien tersebut dimasukkan maka akan dihasilkan perolehan  $n'$  sebagai berikut.

$$n' = (1.96 \times \frac{0.0004}{0.0005})^2$$

$$n' = 2.4586$$

$$n' = 3$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, jumlah replikasi yang dibutuhkan adalah sebanyak 3 kali. Sehingga untuk melakukan simulasi hanya perlu menggunakan replikasi sebanyak 3 kali.

#### 4.5 Verifikasi Model

Pada sub bab ini dilakukan verifikasi model yang bertujuan untuk memastikan apakah model yang telah dibuat telah sesuai dengan logika yang sebelumnya telah dibuat. Pada penelitian ini, tahap verifikasi dilakukan dengan melakukan perbandingan antara hasil perhitungan secara manual dan dengan hasil yang ditunjukkan oleh model simulasi.

Pada penelitian ini, data yang akan digunakan sebagai verifikasi adalah waktu proses yang dialami oleh *box* petikemas yang ingin dibongkar dan dimuat. Selain itu data yang digunakan sebagai verifikasi adalah data jumlah *box* petikemas yang berhasil diproses oleh kapal. Berikut ini merupakan perhitungan manual dari waktu proses yang dimiliki oleh *box* petikemas yang dibongkar.

waktu proses box yang dibongkar = proses HMC + proses forklift + proses reachstacker

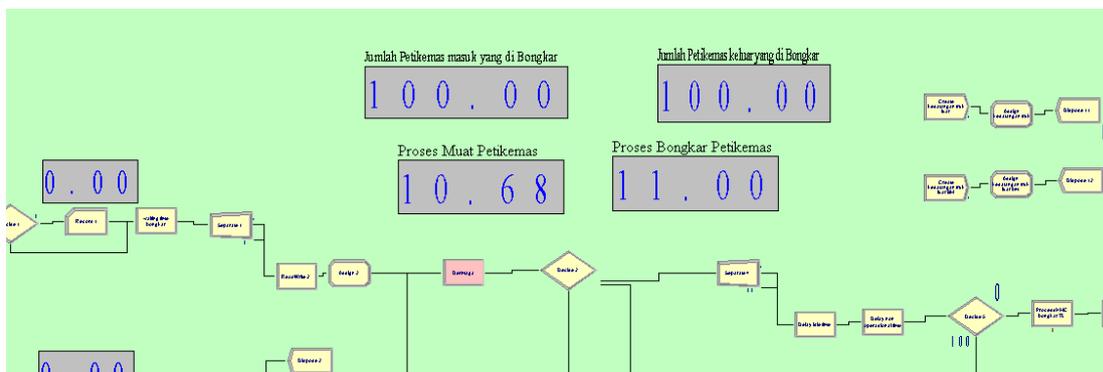
waktu proses box yang dibongkar = 6 menit + 2 menit + 3 menit = 11 menit

Berikut ini merupakan perhitungan manual dari waktu proses yang dimiliki oleh box petikemas yang dimuat.

waktu proses box yang dimuat = proses reachstacker + proses forklift + proses HMC

waktu proses box yang dimuat = 3 menit + 2 menit + 6 menit = 11 menit

Sedangkan untuk data jumlah box petikemas yang berhasil di proses oleh kapal logikanya jumlah box yang masuk untuk diproses harus sama dengan jumlah box yang selesai diproses. Berikut ini merupakan hasil *running* dari model simulasi di Arena.



Gambar 4-12 Hasil *running* model simulasi

Pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa hasil proses bongkar petikemas sebesar 11 menit sesuai dengan perhitungan manual. Sedangkan untuk hasil proses muat petikemas pada hasil simulasi sebesar 10.68 menit dimana hanya terdapat perbedaan kecil dengan hasil perhitungan manual sebesar 11 menit. Hasil jumlah petikemas yang masuk di proses bongkar senilai 100 dan bernilai sama dengan jumlah petikemas yang keluar pada proses bongkar.

#### 4.6 Validasi Model

Pada sub bab ini dilakukan validasi model yang bertujuan untuk memastikan apakah sistem yang dibuat pada model sesuai dengan kondisi riil dari sistem di lapangan. Validasi dilakukan dengan cara melakukan perbandingan

terkait hasil dari simulasi dengan data primer dari lapangan. Pada tahap validasi ini terdapat beberapa parameter yang dilakukan validasi yaitu terkait validasi dari Box/Crane/Hour (B/C/H). Dimana nilai rata-rata B/C/H yang dimiliki oleh perusahaan setiap Bulan akan dibandingkan dengan nilai rata-rata B/C/H yang dihasilkan oleh simulasi. Nilai B/C/H yang dibandingkan meliputi nilai B/C/H *Nett* dan nilai B/C/H *Gross*. Nilai B/C/H *Nett* didapatkan dengan cara membagi berapa *output* petikemas kapal dengan *effective time* (ET) yang dimiliki oleh kapal sedangkan nilai B/C/H *Gross* didapatkan dengan cara membagi berapa *output* petikemas kapal dengan *Berthing Time* (BT). Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai B/C/H *Nett* dan *Gross* pada perusahaan dan hasil simulasi.

Table 4-5 Perbandingan B/C/H *Gross* dan *Nett* sebagai Data Validasi

NO	BULAN	Kondisi Lapangan		Hasil Simulasi	
		B-C-H/B-S-H		B-C-H/B-S-H	
		GROSS	NET	GROSS	NET
1	JANUARI	4	9	5.0609434	9.51133
2	PEBRUARI	4	9	5.6801431	9.186852
3	MARET	4.75	8.61	5.171944	9.44214
4	APRIL	5.29	7.96	5.209679	9.41666
5	MEI	6.51	8.36	5.3234398	9.361537
6	JUNI	4.77	7.63	5.1255722	9.459838
7	JULI	4.99	7.79	4.7534713	9.710834
8	AGUSTUS	5.97	10.33	5.5579267	9.245682
9	SEPTEMBER	6.08	8.59	5.1402946	9.456718
10	OKTOBER	7.67	10.42	5.2112771	9.408559
11	NOPEMBER	8.24	8.48	5.7330513	9.168829
12	DESEMBER	8.86	8.01	5.00245	9.575481

Setelah dilakukan perbandingan terkait B/C/H dari hasil simulasi dan juga hasil dari lapangan, selanjutnya dilakukan uji statistik dengan menggunakan metode *T-test*. Berikut ini merupakan hipotesa yang digunakan

$$H_0: \mu_0 = \mu_1$$

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

Selanjutnya dilakukan uji statistik dengan menggunakan metode *T-test* dengan menggunakan *Microsoft Excel* untuk nilai B/C/H *Gross*. Berikut ini merupakan hasil dari uji *T-test*.

Table 4-6 *t-Test : Paired Two Sample for Means* untuk Nilai B/C/H Gross

	Kondisi Lapangan	Hasil Simulasi
Mean	6.00714976	5.247516043
Variance	2.320730191	0.081709058
Observations	12	12
Pearson Correlation	0.154582622	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	11	
t Stat	1.747396591	
P(T<=t) one-tail	0.054194333	
t Critical one-tail	1.795884819	
P(T<=t) two-tail	0.108388665	
t Critical two-tail	2.20098516	

Berdasarkan tabel 4.6, diperoleh nilai *t-stat* sebesar 1.747396591 dan nilai *t critical two-tail* sebesar 2.20098516. Dari kedua nilai tersebut dapat dilihat bahwa nilai *t-stat* lebih kecil dari nilai dari *t critical two-tail*. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis Nol ( $H_0$ ) tidak ditolak sehingga model simulasi dianggap valid.

Sedangkan dilakukan uji statistik menggunakan metode *T-test* dengan menggunakan *Microsoft Excel* untuk nilai B/C/H *Nett*. Berikut ini merupakan hasil dari uji *T-test*.

Table 4-7 *t-Test : Paired Two Sample for Means* untuk Nilai B/C/H *Nett*

	Kondisi Lapangan	Hasil Simulasi
Mean	8.644365434	9.412038197
Variance	0.799745684	0.02465058
Observations	12	12
Pearson Correlation	-0.43015906	
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	11	
t Stat	-2.13531237	
P(T<=t) one-tail	0.009696645	
t Critical one-tail	1.795884819	
P(T<=t) two-tail	0.019393291	
t Critical two-tail	2.20098516	

Berdasarkan tabel 4.7, diperoleh nilai *t-stat* sebesar -2.13531237 dan nilai *t critical two-tail* sebesar 2.20098516. Dari kedua nilai tersebut dapat dilihat bahwa nilai *t-stat* lebih kecil dari nilai dari *t critical two-tail*. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis Nol ( $H_0$ ) tidak ditolak sehingga model simulasi dianggap valid.

#### 4.7 Simulasi Kondisi Eksisting

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai hasil dari *running* model simulasi performansi terminal petikemas yang telah dilakukan selama setahun dengan menggunakan 3 kali replikasi. Berikut ini merupakan tabel yang memuat informasi mengenai B/C/H selama setahun.

Table 4-8 *Output Model Simulasi*

No	Bulan	Hasil Simulasi	
		B-C-H/B-S-H	
		GROSS	NET
1	Januari	5.0609434	8.306
2	Februari	5.6801431	8.186852
3	Maret	5.171944	8.44214
4	April	5.209679	8.41666
5	Mei	5.3234398	8.361537
6	Juni	5.1255722	8.459838
7	Juli	4.7534713	8.510834
8	Agustus	5.5579267	8.245682
9	September	5.1402946	8.456718
10	Oktober	5.2112771	8.408559
11	Nopember	5.7330513	8.168829
12	Desember	5.00245	8.575481
Rata-rata		5	8.575

Selain B/C/H, berikut ini juga ditampilkan hasil *running* dari *effective time* yang dihasilkan selama setahun.

Table 4-9 *Effective Time output Simulasi*

NO	BULAN	Kondisi Lapangan
		Effective time
1	Januari	16
2	Februari	9
3	Maret	11.72

NO	BULAN	Kondisi Lapangan
		Effective time
4	April	12.01
5	Mei	17.58
6	Juni	20.64
7	Juli	9.68
8	Agustus	18.26
9	September	16.79
10	Oktober	19.01
11	Nopember	19.06
12	Desember	22.20
Rata-rata		16.03

Pada tabel 4-10 dapat dilihat bahwa *effective time* dari setiap bulan pada simulasi menghasilkan rata-rata sebesar 16. Maka didapatkan nilai *effective time* Terminal Jamrud untuk tahun 2017 adalah sebesar 16. Nilai tersebut sama dengan nilai *effective time* yang dihitung dengan menggunakan perhitungan manual pada subbab 4.2.2. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan nilai *berthing time*. Dimana nilai *berthing time* untuk tahun 2017 dapat dilihat pada subbab 4.2.2 yaitu sebesar 25. Sehingga nilai perbandingan antara *effective time* dan *berthing time* yaitu sebesar 60%.

#### 4.8 Alternatif dan Pengembangan Skenario

Pada subbab ini dijelaskan mengenai bagaimana pemilihan alternatif skenario yang akan digunakan serta pengembangan dari skenario tersebut. Selain itu, dalam pemilihan skenario yang akan digunakan, dilakukan uji *paired-t confident interval*.

##### 4.8.1 Alternatif Skenario

Setelah model simulasi menghasilkan *output* pada kondisi eksisting, maka selanjutnya dilakukan pemilihan alternatif skenario. Adapun pemilihan alternatif skenario dilakukan berdasarkan tujuan awal dari simulasi tersebut, yaitu meningkatkan performansi Terminal Jamrud. Beberapa skenario yang dipilih adalah melakukan penambahan *resource* yaitu HMC dan truk yang dimiliki oleh Terminal Jamrud. Hal ini bertujuan agar waktu proses serta waktu *travel* petikemas mengalami penurunan sehingga *effective time* dan B/C/H diharapkan akan

meningkat. Selain itu penambahan *resource* tersebut juga akan mengurangi waktu antri petikemas untuk bisa diproses karena availabilitas dari *resource* meningkat. Selain alternatif penambahan *resource*, dilakukan pula alokasi dari truk yang dimiliki oleh Terminal. Alokasi ini dilakukan karena berdasarkan data historis tahun 2017 permintaan kapal yang ingin melakukan bongkar sekaligus muat sebesar 50% dari seluruh permintaan. Sehingga diperlukan alokasi truk khusus yang melayani aktivitas bongkar sekaligus muat sehingga diharapkan waktu tunggu untuk kapal yang ingin melakukan bongkar sekaligus muat dapat diturunkan.

Berikut ini merupakan daftar alternatif skenario yang akan digunakan dalam simulasi:

#### 1. Penambahan *resource*

Alternatif penambahan *resource* meliputi penambahan HMC dan truk. Berikut ini merupakan alternatif skenario penambahan HMC yaitu meliputi:

- a. Alternatif skenario penambahan 1 buah HMC
- b. Alternatif skenario penambahan 2 buah HMC

Sedangkan untuk alternatif penambahan truk yang dimiliki Terminal meliputi:

- a. Alternatif skenario penambahan 1 buah truk
- b. Alternatif skenario penambahan 2 buah truk
- c. Alternatif skenario penambahan 3 buah truk
- d. Alternatif skenario penambahan 4 buah truk
- e. Alternatif skenario penambahan 5 buah truk

#### 2. Alokasi *resource*

Alternatif alokasi *resource* pada skenario ini adalah melakukan alokasi pada truk yang dimiliki oleh Terminal. Dimana terdapat alokasi truk khusus untuk kapal yang ingin melakukan aktivitas bongkar sekaligus muat. Berikut ini merupakan alternatif alokasi truk yang dimiliki oleh Terminal:

- a. Alokasi 3 buah truk untuk aktivitas bongkar sekaligus muat, dan 3 buah truk untuk aktivitas bongkar dan muat

- b. Alokasi 4 buah truk untuk aktivitas bongkar sekaligus muat, dan 4 buah truk untuk aktivitas bongkar dan muat
- c. Alokasi 2 buah truk untuk aktivitas bongkar sekaligus muat, dan 3 buah truk untuk aktivitas bongkar dan muat
- d. Alokasi 5 buah truk untuk aktivitas bongkar sekaligus muat, dan 5 buah truk untuk aktivitas bongkar dan muat.

Penentuan skenario yang akan digunakan ketika melakukan penambahan *resource* berupa HMC dan truk diputuskan dengan melakukan uji *paired-t confident interval* dari tiap penambahan *resource* secara incremental. Dari segi penambahan *resource* HMC dilakukan uji *paired-t confident interval* pada saat ketika dilakukan penambahan 1 HMC dengan 2 HMC. Untuk *resource* truk dilakukan uji *paired-t confident interval* pada saat ketika dilakukan penambahan 1 truk dengan 2 truk. Kemudian skenario yang dipilih dari kedua pilihan tersebut diuji kembali dengan hasil simulasi jika menggunakan 3 truk. Kemudian skenario yang dipilih dari kedua pilihan tersebut diuji lagi dengan hasil simulasi jika menggunakan 4 truk. Kemudian skenario yang dipilih dari kedua pilihan tersebut kemudian diuji kembali dengan hasil simulasi jika menggunakan 5 truk. Hasil dari uji skenario tersebut kemudian digunakan sebagai salah satu skenario yang akan dipakai dalam simulasi ini. Berikut ini merupakan proses pengembangan skenario yang akan dipilih.

Sedangkan penentuan skenario yang akan digunakkan ketika melakukan alokasi truk juga menggunakan uji *paired-t confident interval* dari setiap alokasi truk yang ditentukan untuk melakukan B/M atau bongkar dan muat. Pengujian tersebut juga dilakukan secara incremental. Pada awalnya dilakukan uji *paired-t confident interval* pada hasil simulasi jika dilakukan alokasi untuk 3 truk khusus untuk B/M dan 3 truk khusus untuk kegiatan bongkar dan muat dibandingkan dengan alokasi 4 truk khusus untuk B/M dan 4 truk khusus untuk kegiatan bongkar dan muat. Kemudian skenario yang dipilih dari kedua pilihan alokasi tersebut diuji kembali dibandingkan dengan hasil simulasi jika menggunakan 2 truk khusus untuk B/M dan 3 truk khusus untuk kegiatan bongkar dan muat. Kemudian skenario yang dipilih dari kedua pilihan tersebut diuji kembali dibandingkan dengan hasil

simulasi jika menggunakan 5 truk khusus untuk B/M dan 5 truk khusus untuk kegiatan bongkar dan muat. Adapun penentuan dari berapa banyak alokasi dari setiap skenario yang diujikan merupakan asumsi dari penulis.

Penentuan skenario yang dilakukan tidak hanya pada penambahan *resource* berupa HMC dan truk serta alokasi truk, namun juga kombinasi antara penambahan HMC dengan penambahan truk serta kombinasi penambahan HMC dengan alokasi truk. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui lebih jauh skenario mana yang terbaik berdasarkan hasil dari simulasi. Adapun tidak dilakukan kombinasi terhadap penambahan truk dengan alokasi truk. Kedua jenis skenario tersebut tidak bisa dikombinasikan karena alokasi truk akan bergantung kepada jumlah truk yang digunakan begitu juga sebaliknya. Berikut ini merupakan tabel proses pemilihan skenario serta pengembangan skenario yang dilakukan pada simulasi ini.

Berikut ini merupakan tabel yang menjelaskan mengenai pemilihan serta pengembangan skenario.

Table 4-10 Pengembangan Skenario Penambahan *Resource*

Alternatif skenario 1	Jumlah	Satuan	Uji perbandingan	Skenario yang dipilih
Penambahan <i>Resource</i>	HMC	1	Uji paired-t confident interval	Penambahan 1 HMC
		2		
	Truk	1	Uji paired-t confident interval	Penambahan 1 Truk
		2		
		1	Uji paired-t confident interval	Penambahan 3 Truk
		3		
		3	Uji paired-t confident interval	Penambahan 3 Truk
		4		
		3	Uji paired-t confident interval	Penambahan 3 Truk
		5		

Dalam pengembangan skenario untuk penambahan *resource* dibagi menjadi dua yaitu untuk HMC dan Truk. Penambahan *resource* HMC dilakukan uji perbandingan antar skenario antara 1 HMC dan 2 HMC didapatkan hasil bahwa

penambahan 1 HMC termasuk yang paling baik. Untuk penambahan *resource* Truk juga dilakukan uji perbandingan antar skenario. Disini dilakukan uji perbandingan sebanyak lima kali secara incremental. Pertama dilakukan uji perbandingan antara skenario penambahan 1 Truk dengan 2 Truk dan didapatkan hasil bahwa penambahan 1 Truk yang lebih baik. Setelah itu dilakukan uji perbandingan antara skenario 1 Truk dengan 3 Truk dan didapatkan hasil bahwa penambahan 3 Truk yang lebih baik. Begitu seterusnya hingga didapatkan keputusan bahwa skenario penambahan 3 Truk merupakan yang terbaik sehingga skenario tersebut yang akan dipilih. Sedangkan tabel 4-11 berikut merupakan tabel pengembangan skenario untuk alokasi truk.

Table 4-11 Pengembangan Skenario Alokasi *Resource*

Alternatif skenario 2		B/M	B dan M	Satuan	Uji perbandingan	Skenario yang dipilih
Alokasi <i>Resource</i>	Truk	3	3	buah	Uji paired-t confident interval	Alokasi 4 Truk B/M dan 4 Truk B dan M
		4	4			
		4	4	buah	Uji paired-t confident interval	Alokasi 2 Truk B/M dan 3 Truk B dan M
		2	3			
		2	3	buah	Uji paired-t confident interval	Alokasi 2 Truk B/M dan 3 Truk B dan M
		5	5			

Dalam pengembangan skenario untuk alokasi *resource* yaitu truk dilakukan uji perbandingan antara alokasi penggunaan 3 truk untuk aktivitas B/M dan 3 truk untuk aktivitas bongkar dan muat dengan alokasi penggunaan 4 truk untuk aktivitas B/M dan 4 truk untuk aktivitas bongkar dan muat. Dari uji perbandingan antar skenario tersebut didapatkan skenario yang dipilih adalah alokasi 4 truk untuk aktivitas B/M dan 4 truk untuk aktivitas bongkar dan muat. Kemudian skenario tersebut dilakukan uji perbandingan dengan skenario alokasi 2 truk untuk aktivitas B/M dan 3 truk untuk aktivitas bongkar dan muat. Dari uji perbandingan antar skenario tersebut didapatkan skenario yang dipilih adalah alokasi 2 truk untuk aktivitas B/M dan 3 truk untuk aktivitas bongkar dan muat. Begitu seterusnya sehingga didapatkan skenario terbaik yang dipilih adalah alokasi 2 truk untuk aktivitas B/M dan 3 truk untuk aktivitas bongkar dan muat. Selanjutnya akan dipilih

skenario yang akan diaplikasikan pada simulasi dan dilakukan uji perbandingan antar semua skenario pada tabel 4-12 berikut ini.

Table 4-12 Skenario yang Diaplikasikan pada Simulasi

Skenario yang digunakan	Keterangan	Uji perbandingan	Skenario terbaik		
			Waktu antri	B/C/H	<i>Effective time</i>
Skenario 1	Penambahan 1 HMC	<i>Paired-t confident interval</i>	Skenario 3	Skenario 5	Skenario 5
Skenario 2	Penambahan 3 Truk				
Skenario 3	Alokasi 2 Truk B/M dan 3 Truk B dan M				
Skenario 4	Penambahan 1 HMC dan 3 Truk (Kombinasi Skenario 1 dan Skenario 2)				
Skenario 5	Penambahan 1 HMC dan Alokasi 2 Truk B/M dan 3 Truk B dan M (Kombinasi Skenario 1 dan Skenario 3)				

Tabel 4-12 merupakan skenario yang diaplikasikan pada simulasi ini. Skenario tersebut merupakan skenario yang telah dilakukan uji perbandingan sebelumnya. Selain itu ditambahkan pula skenario yang merupakan kombinasi dari skenario yang lain. Hal ini dilakukan untuk memperluas kemungkinan peningkatan performansi dilakukan dengan melakukan kombinasi tersebut. Selanjutnya kelima skenario tersebut dan kondisi lapangan dibandingkan dengan menggunakan uji perbandingan *paired-t confident interval* untuk mengetahui skenario mana yang terbaik jika berdasarkan pada parameter yang telah ditentukan yaitu B/C/H, *effective time*, dan waktu antri.

#### 4.8.2 Pengujian Alternatif Skenario

Pada sub sub bab ini akan dijelaskan mengenai hasil dari B/C/H dari beberapa skenario yang telah dibuat sebelumnya. Adapun skenario yang dibuat meliputi penambahan *resource* yang dimiliki oleh Terminal. Penambahan *resource* yang dilakukan meliputi penambahan *container truck* dan *Harbour Mobile Crane* (HMC). Sebelum menentukan pemilihan skenario yang digunakan, dilakukan pengujian dengan menggunakan metode metode *paired-t confident interval* milik

Bonferroni. Adapun nilai yang akan diuji merupakan variabel respon berupa waktu antri entitas, B/C/H, dan *effective time*.

Pada skenario yang dipilih tidak melakukan penambahan *Harbour Mobile Crane* (HMC) sebanyak 2 buah karena selain besar dari segi finansial membutuhkan investasi yang besar, ketika dilakukan uji signifikansi dengan metode bon feroni penambahan 2 buah *Harbour Mobile Crane* (HMC) tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan variabel respon waktu antri, B/C/H, dan *effective time* menggunakan *paired-t confident interval*.

Table 4-13 *Paired-t Confidence Interval* Waktu Antri Dua Skenario yaitu Penambahan 1 HMC dan 2 HMC

Replikasi	S (HMC +1)	S (HMC +2)	Difference
	Waktu antri	Waktu antri	S1-S2
1	0.338	0.336	0.002
2	0.334	0.336	-0.002
3	0.338	0.34	-0.002
Mean	0.3366667	0.337333333	-0.00067
Standar dev	0.0023094	0.002309401	0.002309
Variance	5.333E-06	5.33333E-06	5.33E-06

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
-0.00351	0.002176	<i>No difference</i>

Berdasarkan pada tabel 4-11, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 1 HMC dengan 2 HMC tidak terdapat perbedaan signifikan jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter waktu antri. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan waktu antri adalah penambah 1 buah HMC saja.

Table 4-14 *Paired-t Confidence Interval* B/C/H Dua Skenario yaitu Penambahan 1 HMC dan 2 HMC

Replikasi	S(HMC +1)	S (HMC+2)	Difference
	B/C/H	B/C/H	S1-S2

1	9.012049112	8.964124495	0.047925
2	9.101654846	8.964124495	0.13753
3	9.012049112	8.877386703	0.134662
Mean	9.04191769	8.935211898	0.106706
Standar dev	0.051733895	0.050078087	0.050926
Variance	0.002676396	0.002507815	0.002593

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
-0.09807	0.311479	<i>No difference</i>

Berdasarkan pada tabel 4-12, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 1 HMC dengan 2 HMC juga tidak terdapat perbedaan signifikan jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter B/C/H. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter B/C/H adalah penambah 1 buah HMC saja.

Table 4-15 *Paired-t Confidence Interval Effective time* Dua Skenario yaitu Penambahan 1 HMC dan 2 HMC

Replikasi	S(HMC +1)	S(HMC +2)	Difference
	<i>Effective time</i>	<i>Effective time</i>	S1-S2
1	15.75286764	15.9199717	-0.167104068
2	15.61087375	15.9199717	-0.309097952
3	15.75286764	16.06196559	-0.309097952
Mean	15.70553634	15.967303	-0.261766657
Standar dev	0.081980207	0.081980207	0.081980207
Variance	0.006720754	0.006720754	0.006720754

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
-0.09807	0.311479	<i>No difference</i>

Berdasarkan pada tabel 4-13, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 1 HMC dengan 2 HMC juga tidak terdapat perbedaan signifikan jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter *effective time*. Sehingga diputuskan bahwa

alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter *effective time* adalah penambah 1 buah HMC saja.

Selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi menggunakan analisa *paired-t confident interval* pada skenario penambahan 1 buah truk dengan penambahan 2 buah truk. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan menggunakan *paired-t confident interval*.

Table 4-16 *Paired-t Confidence Interval* Waktu Antri Dua Skenario yaitu Penambahan 1 Truk dan 2 Truk

Replikasi	S (Truk +1)	S (Truk +2)	Difference
	Waktu antri	Waktu antri	S1-S2
1	0.34	0.334	0.006
2	0.336	0.33	0.006
3	0.336	0.33	0.006
Mean	0.337333333	0.331333333	0.006
Standar dev	0.002309401	0.002309401	3.20513E-17
Variance	5.33333E-06	5.33333E-06	1.02729E-33

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
0.006	0.006	S (Truk +1) > S (Truk +2)

Berdasarkan pada tabel 4-14, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 1 truk dengan 2 truk menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif penambahan 1 truk lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif penambahan 2 truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter waktu antri. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter antri adalah penambah 1 buah truk saja.

Table 4-17 *Paired-t Confidence Interval* B/C/H Dua Skenario yaitu Penambahan 1 Truk dan 2 Truk

Replikasi	S(Truk +1)	S (Truk +2)	Difference
	B/C/H	B/C/H	S1-S2
1	8.877386703	9.101654846	-0.22427

2	8.964124495	9.195816805	-0.23169
3	8.964124495	9.101654846	-0.13753
Mean	8.935211898	9.133042166	-0.19783
Standar dev	0.050078087	0.054364432	0.052353
Variance	0.002507815	0.002955491	0.002741

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
-0.40834	0.012681	<i>No difference</i>

Berdasarkan pada tabel 4-15, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 1 truk dengan 2 truk tidak memiliki perbedaan yang signifikan jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter B/C/H. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter B/C/H adalah penambahan 1 buah truk saja.

Table 4-18 *Paired-t Confidence Interval Effective Time* Dua Skenario yaitu Penambahan 1 Truk dan 2 Truk

Replikasi	S(Truck + 2)	S(Truck +1)	Difference
	<i>Effective time</i>	<i>Effective time</i>	S1-S2
1	15.61087375	16.06196559	-0.451091836
2	15.46302833	15.9199717	-0.456943379
3	15.61087375	15.9199717	-0.309097952
Mean	15.56159194	15.967303	-0.405711056
Standar dev	0.085358597	0.081980207	0.083720541
Variance	0.00728609	0.006720754	0.007009129

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
-0.70565	-0.10577	S (Truk +1) < S (Truk +2)

Berdasarkan pada tabel 4-16, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 1 truk dengan 2 truk menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif penambahan 2 truk lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif penambahan 1 truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t*

*confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter *effective time*. Namun karena kedua parameter sebelumnya lebih memilih alternatif skenario penambahan 1 truk sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter antri adalah penambah 1 buah truk saja.

Selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi menggunakan analisa *paired-t confident interval* pada skenario penambahan 1 buah truk dengan penambahan 3 buah truk. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan menggunakan *paired-t confident interval*.

Table 4-19 *Paired-t Confidence Interval* Waktu Antri Dua Skenario yaitu Penambahan 1 Truk dan 3 Truk

Replikasi	S (Truk +1)	S (Truk +3)	Difference
	Waktu antri	Waktu antri	S1-S2
1	0.34	0.34	0
2	0.336	0.34	-0.004
3	0.336	0.344	-0.008
Mean	0.337333333	0.341333333	-0.004
Standar dev	0.002309401	0.002309401	0.004
Variance	5.33333E-06	5.33333E-06	0.000016

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
-0.004013856	-0.003986144	S (Truk +1) < S (Truk +3)

Berdasarkan pada tabel 4-17, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 1 truk dengan 3 truk menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif penambahan 3 truk lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif penambahan 1 truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter waktu antri. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter antri adalah penambah 3 buah truk saja.

Table 4-20 *Paired-t Confidence Interval* B/C/H Dua Skenario yaitu Penambahan 1 Truk dan 3 Truk

Replikasi	S(Truk +1)	S (Truk +3)	Difference
	B/C/H	B/C/H	S1-S2
1	8.877386703	8.756613757	0.120773
2	8.964124495	8.779956427	0.184168
3	8.964124495	8.779956427	0.184168
Mean	8.935211898	8.772175537	0.163036
Standar dev	0.050078087	0.013476897	0.036601
Variance	0.002507815	0.000181627	0.00134

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
0.015863	0.310209	S (Truk +1) < S (Truk +3)

Berdasarkan pada tabel 4-18, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 1 truk dengan 3 truk menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif penambahan 3 truk lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif penambahan 1 truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter B/C/H. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter B/C/H adalah penambahan 3 buah truk saja.

Table 4-21 *Paired-t Confidence Interval Effective Time* Dua Skenario yaitu Penambahan 1 Truck dan 3 Truk

Replikasi	S(Truck +1)	S(Truck +3)	Difference
	<i>Effective time</i>	<i>Effective time</i>	S1-S2
1	16.06196559	16.3487804	-0.286814815
2	15.9199717	16.3487804	-0.428808699
3	15.9199717	16.42562889	-0.505657183
Mean	15.967303	16.37439657	-0.407093566
Standar dev	0.081980207	0.044368493	0.111025474
Variance	0.006720754	0.001968563	0.012326656

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
-0.80486	-0.00933	S (Truk +1) < S (Truk +3)

Berdasarkan pada tabel 4-19, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 1 truk dengan 3 truk menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif penambahan 1 truk lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif penambahan 3 truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter *effective time*. Namun karena kedua parameter sebelumnya lebih memilih alternatif penambahan 3 truk sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter *effective time* adalah penambahan 3 buah truk saja.

Selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi menggunakan analisa *paired-t confident interval* pada skenario penambahan 3 buah truk dengan penambahan 4 buah truk. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan menggunakan *paired-t confident interval*.

Table 4-22 *Paired-t Confidence Interval* Waktu Antri Dua Skenario yaitu Penambahan 3 Truk dan 4 Truk

Replikasi	S (Truk +3)	S (Truk +4)	Difference
	Waktu antri	Waktu antri	S1-S2
1	0.34	0.332	0.008
2	0.34	0.332	0.008
3	0.344	0.332	0.012
Mean	0.341333333	0.332	0.009333333
Standar dev	0.002309401	0	0.002309401
Variance	5.33333E-06	0	5.33333E-06

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
0.009338648	0.009328018	S (Truk +3) > S (Truk +4)

Berdasarkan pada tabel 4-20, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 3 truk dengan 4 truk menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif penambahan 3 truk lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif penambahan 4 truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter waktu antri. Sehingga

diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter waktu antri adalah penambahan 3 buah truk saja.

Table 4-23 *Paired-t Confidence Interval* B/C/H Dua Skenario yaitu Penambahan 3 Truk dan 4 Truk

Replikasi	S (Truk +3)	S (Truk +4)	Difference
	B/C/H	B/C/H	S1-S2
1	8.756613757	8.964124495	-0.20751
2	8.779956427	8.964124495	-0.18417
3	8.779956427	9.056742815	-0.27679
Mean	8.772175537	8.994997268	-0.22282
Standar dev	0.013476897	0.053473212	0.04817
Variance	0.000181627	0.002859384	0.00232

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
-0.41651	-0.02913	S (Truk +3) < S (Truk +4)

Berdasarkan pada tabel 4-21, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 3 truk dengan 4 truk menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif penambahan 4 truk lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif penambahan 3 truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter B/C/H. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter B/C/H adalah penambahan 4 buah truk saja.

Table 4-24 *Paired-t Confident Interval Effective Time* Dua Skenario yaitu Penambahan 3 Truk dan 4 Truk

Replikasi	S(Truck +3)	S(Truck +4)	Difference
	<i>Effective time</i>	<i>Effective time</i>	S1-S2
1	16.3487804	15.9199717	0.428808699
2	16.3487804	15.9199717	0.428808699
3	16.42562889	15.9199717	0.505657183
Mean	16.37439657	15.9199717	0.45442486
Standar dev	0.044368493	0	0.044368493
Variance	0.001968563	0	0.001968563

95% Confident interval for different		Conclusion
Lower intervak	Upper interval	
0.295468	0.613382	S (Truk +3) > S (Truk +4)

Berdasarkan pada tabel 4-22, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 3 truk dengan 4 truk menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif penambahan 3 truk lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif penambahan 4 truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter *effective time*. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter *effective time* adalah penambahan 3 buah truk saja.

Sehingga skenario yang akan digunakan merupakan skenario penambahan 3 buah truk. Selanjutnya dilakukan pengujian signifikasi menggunakan analisa *paired-t confident interval* pada skenario penambahan 3 buah *container truck* dengan penambahan 5 buah truk. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan menggunakan *paired-t confident interval*.

Table 4-25 *Paired-T Confident Interval* Waktu Antri Dua Skenario yaitu Penambahan 3 Truk dan 5 Truk

Replikasi	S (Truk +3)	S (Truk +5)	Difference
	Waktu antri	Waktu antri	S1-S2
1	0.34	0.324	0.016
2	0.34	0.332	0.008
3	0.344	0.328	0.016
Mean	0.341333333	0.328	0.013333333
Standar dev	0.002309401	0.004	0.004618802
Variance	5.33333E-06	1.6E-05	2.13333E-05

95% Confident interval for different		Conclusion
Lower intervak	Upper interval	
0.013308459	0.013358208	S (Truk +3) > S (Truk +5)

Berdasarkan pada tabel 4-23, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 3 truk dengan 5 truk menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif

penambahan 3 truk lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif penambahan 5 truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter waktu antri. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter waktu antri adalah penambahan 3 buah truk saja.

Table 4-26 *Paired-T Confident Interval B/C/H Dua Skenario yaitu Penambahan 3 Truk dan 5 Truk*

Replikasi	S (Truk +3)	S (Truk +5)	Difference
	B/C/H	B/C/H	S1-S2
1	8.756613757	9.148735826	-0.39212
2	8.779956427	9.148735826	-0.36878
3	8.779956427	9.354180099	-0.57422
Mean	8.772175537	9.21721725	-0.44504
Standar dev	0.013476897	0.118613306	0.112482
Variance	0.000181627	0.014069116	0.012652

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
-0.89733	0.007247	<i>No difference</i>

Berdasarkan pada tabel 4-24, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 3 truk dengan 5 truk menghasilkan kesimpulan tidak terdapat perbedaan yang signifikan jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter B/C/H. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter B/C/H adalah penambahan 3 buah truk saja.

Table 4-27 *Paired-t Confident Interval B/C/H Dua Skenario yaitu Penambahan 3 Truk dan 5 Truk*

Replikasi	S(Truck +3)	S(Truck +5)	Difference
	<i>Effective time</i>	<i>Effective time</i>	S1-S2
1	16.3487804	15.48087344	0.86790696
2	16.3487804	15.8386852	0.510095203
3	16.42562889	15.62428085	0.801348037
Mean	16.37439657	15.6479465	0.726450066
Standar dev	0.044368493	0.180075985	0.190301321

Variance	0.001968563	0.03242736	0.036214593
----------	-------------	------------	-------------

95% Confident interval for different		Conclusion
Lower intervak	Upper interval	
0.044665	1.408235	S (Truk +3) > S (Truk +5)

Berdasarkan pada tabel 4-25, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario penambahan 3 truk dengan 5 truk menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif penambahan 3 truk lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif penambahan 5 truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter *effective time*. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter *effective time* adalah penambahan 3 buah truk saja.

Selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi menggunakan analisa *paired-t confident interval* pada skenario penggunaan 3 truk untuk kegiatan Bongkar Muat (B/M) dan 3 truk untuk kegiatan bongkar dan muat dengan penggunaan 4 truk untuk kegiatan Bongkar Muat (B/M) dan 4 truk untuk kegiatan bongkar dan muat. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan menggunakan *paired-t confident interval*.

Table 4-28 *Paired-t Confident Interval* Waktu Antri Dua Skenario yaitu 3 Truk untuk B/M & 3 Truk untuk B dan M dengan 4 Truk untuk B/M & 4 Truk untuk B dan M

Replikasi	S (3 Truk B/M, 3 Truk B dan M)	S (4 Truk B/M, 4 Truk B dan M)	Difference
	Waktu antri	Waktu antri	S1-S2
1	0.352	0.374	-0.022
2	0.344	0.374	-0.03
3	0.348	0.374	-0.026
Mean	0.348	0.374	-0.026
Standar dev	0.004	6.7987E-17	0.004
Variance	0.000016	4.62223E-33	0.000016

95% Confident interval for different		Conclusion
Lower intervak	Upper interval	

-0.026030849	-0.025969151	S (3 Truk B/M, 3 Truk B dan M) < S (4 Truk B/M, 4 Truk B dan M)
--------------	--------------	---

Berdasarkan pada tabel 4-26, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario alokasi 3 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat dengan 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif alokasi 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif alokasi 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter waktu antri. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter waktu antri adalah alokasi 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat.

Table 4-29 *Paired-t Confident Interval* B/C/H Dua Skenario yaitu 3 Truk untuk B/M & 3 Truk untuk B dan M dengan 4 Truk untuk B/M & 4 Truk untuk B dan M

Replikasi	S (3 Truk B/M, 3 Truk B dan M)	S (4 Truk B/M, 4 Truk B dan M)	Difference
	B/C/H	B/C/H	S1-S2
1	8.570351217	8.092633906	0.477717
2	8.779956427	8.092633906	0.687323
3	8.651751299	8.092633906	0.559117
Mean	8.667352981	8.092633906	0.574719
Standar dev	0.105669983	0	0.10567
Variance	0.011166145	0	0.011166

95% <i>Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
-0.026030849	-0.025969151	S (3 Truk B/M, 3 Truk B dan M) < S (4 Truk B/M, 4 Truk B dan M)

Berdasarkan pada tabel 4-27, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario alokasi 3 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat dengan 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif alokasi 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat lebih bernilai

signifikan dibandingkan dengan alternatif alokasi 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter B/C/H. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter B/C/H adalah alokasi 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat.

Table 4-30 *Paired-t Confidence Interval Effective Time* Dua Skenario yaitu 3 Truk untuk B/M & 3 Truk B dan M dengan 4 Truk untuk B/M & 4 Truk untuk B dan M

Replikasi	S (3 Truk B/M, 3 Truk B dan M)	S (4 Truk B/M, 4 Truk B dan M)	Difference
	<i>Effective time</i>	<i>Effective time</i>	S1-S2
1	16.61006525	17.66748871	-1.057423458
2	16.17306439	17.66748871	-1.494424317
3	16.35765644	17.66748871	-1.309832268
Mean	16.38026203	17.66748871	-1.287226681
Standar dev	0.219375698	0	0.219375698
Variance	0.048125697	0	0.048125697

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower interval</i>	<i>Upper interval</i>	
-2.07317	-0.50128	S (3 Truk B/M, 3 Truk B dan M) < S (4 Truk B/M, 4 Truk B dan M)

Berdasarkan pada tabel 4-28, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario alokasi 3 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat dengan 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif alokasi 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif alokasi 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter *effective time*. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter *effective time* adalah alokasi 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat.

Selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi menggunakan analisa *paired-t confident interval* pada skenario penggunaan 4 truk untuk kegiatan Bongkar Muat (B/M) dan 4 truk untuk kegiatan bongkar dan muat dengan penggunaan 2 truk untuk kegiatan Bongkar Muat (B/M) dan 3 truk untuk kegiatan bongkar dan muat. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan menggunakan *paired-t confident interval*.

Table 4-31 *Paired-t Confident Interval* Waktu Antri Dua Skenario yaitu 4 Truk untuk B/M & 4 Truk untuk B dan M dengan 2 Truk untuk B/M & 3 Truk untuk B dan M

Replikasi	S (4 Truk B/M, 4 Truk B dan M)	S (2 Truk B/M, 3 Truk B dan M)	Difference
	Waktu antri	Waktu antri	S1-S2
1	0.374	0.41	-0.036
2	0.374	0.406	-0.032
3	0.374	0.406	-0.032
Mean	0.374	0.407333333	-0.033333333
Standar dev	6.7987E-17	0.002309401	0.002309401
Variance	4.62223E-33	5.33333E-06	5.33333E-06

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
-0.033298708	-0.033367959	S (4 Truk B/M, 4 Truk B dan M) < S (2 Truk B/M, 3 Truk B dan M)

Berdasarkan pada tabel 4-29, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario alokasi 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat dengan 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif alokasi 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif alokasi 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter waktu antri. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter waktu antri adalah alokasi 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat.

Table 4-32 *Paired-t Confident Interval* B/C/H Dua Skenario yaitu 4 Truk untuk B/M

& 4 Truk untuk B dan M dengan 2 Truk untuk B/M & 3 Truk untuk B dan M

Replikasi	S (4 Truk B/M, 4 Truk B dan M)	S (2 Truk B/M, 3 Truk B dan M)	Difference
	B/C/H	B/C/H	S1-S2
1	8.092633906	7.426787772	0.665846
2	8.092633906	7.456817802	0.635816
3	8.092633906	7.456817802	0.635816
Mean	8.092633906	7.446807792	0.645826
Standar dev	0	0.017337846	0.017338
Variance	0	0.000300601	0.000301

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower interval</i>	<i>Upper interval</i>	
-0.69671	0.132703	<i>No difference</i>

Berdasarkan pada tabel 4-30, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario alokasi 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat dengan 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat menghasilkan kesimpulan bahwa tidak terjadi perbedaan yang cukup signifikan jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter B/C/H. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter B/C/H adalah alokasi 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat.

Table 4-33 *Paired-t Confident Interval Effective Time* Dua Skenario yaitu 4 Truk untuk B/M & 4 Truk B dan M dengan 2 Truk untuk B/M dan 3 Truk untuk B dan M

Replikasi	S (4 Truk B/M, 4 Truk B dan M)	S (2 Truk B/M, 3 Truk B dan M)	Difference
	<i>Effective time</i>	<i>Effective time</i>	S1-S2
1	17.66748871	19.48670942	-1.819220709
2	17.66748871	18.97449393	-1.30700522
3	17.66748871	18.97449393	-1.30700522
Mean	17.66748871	19.14523243	-1.477743716
Standar dev	0	0.29572775	0.29572775

Variance	0	0.087454902	0.087454902
----------	---	-------------	-------------

95% Confident interval for different		Conclusion
Lower interval	Upper interval	
-0.026030849	-0.025969151	S (4 Truk B/M, 4 Truk B dan M) < S (2 Truk B/M, 3 Truk B dan M)

Berdasarkan pada tabel 4-31, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario alokasi 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat dengan 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif alokasi 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif alokasi 4 truk untuk B/M dan 4 truk untuk bongkar dan muat truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter *effective time*. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter *effective time* adalah alokasi 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat.

Selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi menggunakan analisa *paired-t confident interval* pada skenario penggunaan 2 truk untuk kegiatan Bongkar Muat (B/M) dan 3 truk untuk kegiatan bongkar dan muat dengan penggunaan 5 truk untuk kegiatan Bongkar Muat (B/M) dan 5 truk untuk kegiatan bongkar dan muat. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan menggunakan *paired-t confident interval*.

Table 4-34 *Paired-T Confident Interval* Waktu Antri Dua Skenario yaitu 2 Truk untuk B/M & 3 Truk untuk B dan M dengan 5 Truk untuk B/M dan 5 Truk untuk B dan M

Replikasi	S (2 Truk B/M, 3 Truk B dan M)	S (5 Truk B/M, 5 Truk B dan M)	Difference
	Waktu antri	Waktu antri	S1-S2
1	0.41	0.332	0.078
2	0.406	0.332	0.074
3	0.406	0.324	0.082
Mean	0.407333333	0.329333333	0.078
Standar dev	0.002309401	0.004618802	0.004

Replikasi	S (2 Truk B/M, 3 Truk B dan M)	S (5 Truk B/M, 5 Truk B dan M)	Difference
	Waktu antri	Waktu antri	S1-S2
Variance	5.33333E-06	2.13333E-05	0.000016

95% <i>Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
0.07807706	0.07792294	S (2 Truk B/M, 3 Truk B dan M) > S (5 Truk B/M, 5 Truk B dan M)

Berdasarkan pada tabel 4-32, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario alokasi 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat dengan 5 truk untuk B/M dan 5 truk untuk bongkar dan muat menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif alokasi 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif alokasi 5 truk untuk B/M dan 5 truk untuk bongkar dan muat truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter waktu antri. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter waktu antri adalah alokasi 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat.

Table 4-35 *Paired-T Confident Interval B/C/H* Dua Skenario yaitu 2 Truk untuk B/M & 3 Truk untuk B dan M dengan 5 Truk untuk B/M dan 5 Truk untuk B dan M

Replikasi	S (2 Truk B/M, 3 Truk B dan M)	S (5 Truk B/M, 5 Truk B dan M)	Difference
	B/C/H	B/C/H	S1-S2
1	7.426787772	9.077689047	-1.6509
2	7.456817802	9.077689047	-1.62087
3	7.456817802	9.300083982	-1.84327
Mean	7.446807792	9.151820692	-1.70501
Standar dev	0.017337846	0.128399776	0.120669
Variance	0.000300601	0.016486502	0.014561

95% <i>Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
-0.69671	0.132703	<i>No difference</i>

--	--	--

Berdasarkan pada tabel 4-33, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario alokasi 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat dengan 5 truk untuk B/M dan 5 truk untuk bongkar dan muat menghasilkan kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan secara signifikan jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji *paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter B/C/H. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter B/C/H adalah alokasi 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat.

Table 4-36 *Paired-T Confident Interval Efective Time* Dua Skenario yaitu 2 Truk untuk B/M & 3 Truk untuk B dan M dengan 5 Truk untuk B/M dan 5 Truk untuk B dan M

Replikasi	S (2 Truk B/M, 3 Truk B dan M)	S (2 Truk B/M, 3 Truk B dan M)	Difference
	<i>Effective time</i>	<i>Effective time</i>	S1-S2
1	19.48670942	15.9199717	3.566737714
2	18.97449393	15.9199717	3.054522225
3	18.97449393	15.77797782	3.196516109
Mean	19.14523243	15.87264041	3.272592016
Standar dev	0.29572775	0.081980207	0.264446279
Variance	0.087454902	0.006720754	0.069931834

<i>95% Confident interval for different</i>		<i>Conclusion</i>
<i>Lower intervak</i>	<i>Upper interval</i>	
2.325171	4.220013	S (2 Truk B/M, 3 Truk B dan M) > S (5 Truk B/M, 5 Truk B dan M)

Berdasarkan pada tabel 4-34, dapat dilihat bahwa antara alternatif skenario alokasi 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat dengan 5 truk untuk B/M dan 5 truk untuk bongkar dan muat menghasilkan kesimpulan bahwa alternatif alokasi 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat lebih bernilai signifikan dibandingkan dengan alternatif alokasi 5 truk untuk B/M dan 5 truk untuk bongkar dan muat truk jika menggunakan uji *paired-t confident interval*. Uji

*paired-t confident interval* tersebut berdasarkan nilai dari parameter *effective time*. Sehingga diputuskan bahwa alternatif skenario yang dipilih jika berdasarkan parameter *effective time* adalah alokasi 2 truk untuk B/M dan 3 truk untuk bongkar dan muat.

#### 4.8.3 Hasil Simulasi Alternatif Skenario

Berdasarkan dari analisa menggunakan *paired-t confident interval* terhadap pemilihan skenario yang telah disebutkan, diputuskan untuk memilih beberapa skenario yang memiliki nilai signifikansi yang besar daripada skenario lain. Selain itu, dilakukan kombinasi terkait skenario yang telah dipilih. Berikut ini merupakan penjelasan terkait perbaikan yang dilakukan pada setiap skenario:

- a. Skenario 1 merupakan skenario terkait penambahan *resource Harbour Mobile Crane* (HMC) yang dimiliki oleh pihak Terminal. Pada kondisi eksisting, pihak Terminal memiliki 6 buah *Harbour Mobile Crane* (HMC). Pada skenario ini dilakukan penambahan *resource Harbour Mobile Crane* (HMC) sebanyak 1 buah.
- b. Skenario 2 merupakan skenario terkait penambahan *resource container truck* yang dimiliki oleh pihak Terminal. Pada kondisi eksisting, pihak Terminal hanya memiliki 5 buah *container truck* dengan kapasitas 2 *container*. Pada skenario ini dilakukan penambahan *resource container truck* sebanyak 3 buah. Dengan demikian waktu proses *transfer* petikemas dari dermaga ke lapangan penumpukan dan sebaliknya dapat dilakukan dengan lebih cepat.
- c. Skenario 3 merupakan skenario terkait penggunaan *container truck* yang dikhususkan untuk kegiatan bongkar muat (B/M) sebanyak 2 buah dan untuk kegiatan bongkar dan muat sebanyak 3 buah. Hal ini dikarenakan *demand* yang dimiliki oleh Terminal, jumlah petikemas terbanyak yang ditangani oleh Terminal merupakan petikemas jenis bongkar muat (B/M).
- d. Skenario 4 merupakan skenario terkait penambahan *resource Harbour Mobile Crane* (HMC) sebanyak 1 buah dengan penambahan 3 buah *container truck*.
- e. Skenario 5 merupakan skenario terkait penambahan *resource Harbour Mobile Crane* (HMC) sebanyak 1 buah dengan penggunaan penggunaan

*container truck* yang dikhususkan untuk kegiatan bongkar muat (B/M) sebanyak 2 buah dan untuk kegiatan bongkar dan muat sebanyak 3 buah.

Hasil simulasi yang akan ditampilkan pada sub subbab ini adalah berupa B/C/H, *Effective Time*, dan waktu antri dari setiap skenario. Berikut ini merupakan hasil simulasi dengan 3 kali replikasi.

Table 4-37 Hasil simulasi untuk parameter B/C/H

Replikasi	Kondisi lapangan	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5
	B/C/H	B/C/H	B/C/H	B/C/H	B/C/H	B/C/H
1	8	9	9	7	9	10
2	8	9	9	8	10	10
3	9	9	9	8	9	9

Pada tabel 4-35 dapat dilihat hasil dari B/C/H dari setiap skenario termasuk kondisi lapangan. Dari kelima skenario tersebut tidak terdapat perbandingan yang terlalu jauh antar parameter. Namun perlu diuji signifikansi untuk dapat mengetahui skenario apa yang memiliki nilai yang lebih signifikan daripada skenario yang lain. Sedangkan berikut ini merupakan hasil simulasi waktu antrian dengan 3 kali replikasi.

Table 4-38 Hasil Simulasi untuk parameter waktu antri

Replikasi	Kondisi lapangan	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5
	Waktu antri	Waktu antri	Waktu antri	Waktu antri	Waktu antri	Waktu antri
1	0.338	0.338	0.34	0.32	0.332	0.332
2	0.34	0.334	0.34	0.332	0.328	0.356
3	0.34	0.338	0.344	0.32	0.332	0.36

Pada tabel 4-36 dapat dilihat hasil dari nilai waktu antri dari setiap skenario termasuk kondisi lapangan. Untuk dapat menentukan mana skenario yang lebih baik maka perlu dilakukan uji signifikansi terlebih dahulu sehingga dapat ditentukan skenario mana yang direkomendasikan jika berdasarkan parameter waktu antri kapal.

Berikut ini merupakan hasil simulasi dari parameter *effective time* dengan 3 kali replikasi.

Table 4-39 Hasil Simulasi untuk parameter *effective time*

Replikasi	Kondisi lapangan	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5
	<i>Effective time</i>					
1	15.753	15.825	15.836	19.054	15.54	15.54
2	15.824	15.617	15.836	18.84	15.398	16.415
3	15.824	15.825	15.979	18.84	15.54	16.557

Setelah semua hasil skenario didapatkan, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan uji signifikansi dengan menggunakan metode *paired-t confident interval* milik Bonferroni. Dengan melakukan sebanyak 15 perbandingan skenario, berikut ini merupakan tabel hasil perbandingan 15 skenario tersebut dengan *confident interval* sebesar 90%. Perbandingan yang dilakukan yaitu perbandingan nilai variabel respon yang terdiri dari waktu antri, B/C/H, dan *Effective time*.

Table 4-40 Perbandingan dari hasil simulasi menggunakan variable respon waktu antri

Skenario	2		3		4		5		6	
1	0.003	0.003	-	-	-0.07	-0.07	0.008	0.008	-0.01	-0.01
	Skenario1 > Skenario2		Skenario1 < Skenario3		Skenario1 < Skenario4		Skenario1 > Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			-	-	-0.07	-0.07	0.006	0.006	-	-
			0.021	0.012	Skenario2 < Skenario4		Skenario2 > Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3					-0.07	-0.07	0.011	0.011	-	-
					Skenario3 < Skenario4		Skenario3 > Skenario5		Skenario3 < Skenario6	
4							0.077	0.077	0.06	0.06
							Skenario4 > Skenario5		Skenario4 > Skenario6	
5									-	-
									0.019	0.019
								Skenario5 < Skenario6		

Berdasarkan tabel 4-38 dapat dilihat bahwa perbandingan dari hasil simulasi menggunakan variabel respon waktu antri menghasilkan perbandingan sebanyak 16 perbandingan tiap skenario. Perbandingan tiap skenario tersebut kemudian dicari alternatif skenario yang paling baik jika dibandingkan dengan alternatif skenario yang lain. Perbandingan hasil simulasi dari tiap skenario tersebut menggunakan *t-test* yang diusulkan oleh Bonferoni dengan menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 90% untuk semua perbandingan skenario

Table 4-41 Perbandingan dari hasil simulasi menggunakan variable respon B/CH

Skenario	2		3		4		5		6	
1	-	-	-0.007	0.031	1.318	1.357	0.448	0.411	-0.7	0.633
	Skenario1 < Skenario2		<i>No difference</i>		Skenario1 > Skenario4		Skenario1 < Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			0.27	0.27	1.588	1.602	-	-	-	-
			Skenario2 > Skenario3		Skenario2 > Skenario4		Skenario2 < Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3					1.322	1.329	-	-	-	-
					Skenario3 > Skenario4		Skenario3 < Skenario5		Skenario3 < Skenario6	
4							-	-	-	-
							Skenario4 < Skenario5		Skenario4 < Skenario6	
5									-	-
									Skenario5 < Skenario6	

Berdasarkan tabel 4-39 dapat dilihat bahwa perbandingan dari hasil simulasi menggunakan variabel respon B/C/H menghasilkan perbandingan sebanyak 16 perbandingan tiap skenario. Perbandingan tiap skenario tersebut kemudian dicari alternatif skenario yang paling baik jika dibandingkan dengan alternatif skenario yang lain. Perbandingan hasil simulasi dari tiap skenario tersebut menggunakan *t-test* yang diusulkan oleh Bonferoni dengan menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 90% untuk semua perbandingan skenario.

Table 4-42 Perbandingan dari hasil simulasi menggunakan variable respon *Effective time*

Skenario	2		3		4		5		6	
1	0.044	0.045	-0.08	-0.08	-3.11	-3.11	0.307	0.308	-	-0.37
	Skenario1 > Skenario2		Skenario1 < Skenario3		Skenario1 < Skenario4		Skenario1 > Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			-	-	-	-			-	-
			0.128	0.128	3.147	3.165	0.271	0.255	0.504	0.326
			Skenario2 < Skenario3		Skenario2 < Skenario4		Skenario2 > Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3					-	-			-	-
					2.699	3.356	0.406	0.375	0.396	0.177
				Skenario3 < Skenario4		Skenario3 > Skenario5		Skenario3 < Skenario6		
4							3.418	3.4191	2.735	2.747
							Skenario4 > Skenario5		Skenario4 > Skenario6	
5								-	-	
								0.683	0.673	

Skenario	2	3	4	5	6
					Skenario5 < Skenario6

Berdasarkan tabel 4-38 dapat dilihat bahwa perbandingan dari hasil simulasi menggunakan variabel respon *effective time* menghasilkan perbandingan sebanyak 16 perbandingan tiap skenario. Perbandingan tiap skenario tersebut kemudian dicari alternatif skenario yang paling baik jika dibandingkan dengan alternatif skenario yang lain. Perbandingan hasil simulasi dari tiap skenario tersebut menggunakan *t-test* yang diusulkan oleh Bonferoni dengan menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 90% untuk semua perbandingan skenario. Perbandingan dengan menggunakan *paired-t confident interval* antara hasil dari skenario perbaikan dan juga kondisi lapangan bertujuan agar dapat diketahui hasil dari simulasi apakah mempunyai nilai yang signifikan jika dibandingkan antar skenario. Selain itu uji *paired-t confident interval* digunakan untuk mengetahui skenario yang paling direkomendasikan berdasarkan dari variabel respon yang dipilih.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB 5**

### **ANALISIS DAN INTERPRETASI**

Pada bab 5 ini akan dijelaskan mengenai analisis dan interpretasi data dari hasil simulasi terkait skenario perbaikan yang diperoleh dari hasil pengolahan data pada bab sebelumnya.

#### **5.1 Analisa Model Simulasi Kondisi Eksisting**

Berdasarkan pada Tabel 4-4 di bab pengolahan data, dapat dilihat bahwa nilai B/C/H yang dimiliki oleh Terminal pada kondisi lapangan rata-rata sebesar 9 petikemas per *Crane* per jam. Sedangkan nilai *effective time* yang dimiliki oleh Terminal pada kondisi lapangan rata-rata sebesar 16.38 jam per bulan. Dalam kondisi eksisting, nilai B/C/H dan *effective time* sangat dipengaruhi oleh waktu tunggu atau waktu antri kapal dan petikemas dilayani. Saat ini Terminal memiliki *resource* berupa *Harbour Mobile Crane* (HMC) sebanyak 6 buah untuk memindahkan petikemas dari kapal ke dermaga dan sebaliknya. Selain itu Terminal juga memiliki 5 *container truck* untuk membawa petikemas dari dermaga ke lapangan penumpukan dan sebaliknya. Dengan kondisi *resource* tersebut dapat dilihat di tabel 4-9 nilai B/C/H yang dimiliki oleh Terminal sebesar 9 dan nilai *effective time* sebesar 16.9 jam per bulan. Nilai tersebut merupakan nilai yang didapatkan dari hasil simulasi. Selain itu, didapatkan pula nilai lama waktu antrian yaitu sebesar 0.33 jam.

Tentu dari ketiga nilai parameter ini masih dapat dilakukan perbaikan sehingga performansi yang dimiliki oleh Terminal akan mengalami peningkatan dan juga dapat meningkatkan *demand* dari Terminal. Hal ini dikarenakan kecepatan pelayanan Terminal juga akan mempengaruhi peningkatan *demand* karena berkenaan dengan *service level* yang dimiliki oleh Terminal. Selain itu peningkatan B/C/H, *effective time*, dan lama waktu antri dapat meningkatkan efisiensi dari pelayanan petikemas di Terminal dan juga mengurangi nilai dari *not operational time* dari setiap kapal.

## 5.2 Analisa Skenario Perbaikan

Untuk dapat melakukan peningkatan B/C/H dan *effective time* serta pengurangan terkait lama waktu antri maka dilakukan perbaikan dengan menggunakan 5 alternatif skenario pada model simulasi. Berikut ini merupakan analisa terkait skenario yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.

### 5.2.1 Skenario 1 : Penambahan Resource Harbour Mobile Crane (HMC)

Pada skenario ini dilakukan penambahan *resource Harbour Mobile Crane* (HMC) agar proses pelayanan petikemas di Terminal menjadi lebih cepat. Dalam skenario ini terdapat 3 parameter yang diuji yaitu lama waktu antri, B/C/H, dan *effective time*. Hasil dari skenario perbaikan ini menunjukkan bahwa nilai B/C/H yang dimiliki oleh skenario 1 sebesar 9 tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dari kondisi lapangan yang sebesar 8,5. Selain itu nilai dari *effective time* yang dihasilkan oleh skenario 1 bernilai 15,7 dimana nilai tersebut mengalami penurunan jika dibandingkan dengan kondisi lapangan dimana *effective time* yang dimiliki sebesar 15,8 jam. Sedangkan untuk parameter lama waktu antri, skenario pertama memiliki nilai sebesar 0,33 dimana terdapat penurunan waktu antri dari kondisi lapangan yang sebesar 0,34. Namun hal ini tidak cukup bukti untuk menyimpulkan bahwa terdapat perubahan yang signifikan antara skenario 1 jika dibandingkan dengan kondisi awal sehingga diperlukan uji signifikansi dengan menggunakan *paired-t confidence interval* yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Table 5-1 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 2 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon waktu antri

Skenario	2		3		4		5		6	
1	0.003	0.003	-	-	-0.07	-0.07	0.008	0.008	-0.01	-0.01
	Skenario1 > Skenario2		Skenario1 < Skenario3		Skenario1 < Skenario4		Skenario1 > Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			-	-	-0.07	-0.07	0.006	0.006	-	-
			0.021	0.012	Skenario2 < Skenario4		Skenario2 > Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3					-0.07	-0.07	0.011	0.011	-	-
					Skenario3 < Skenario4		Skenario3 > Skenario5		Skenario3 < Skenario6	
4							0.077	0.077	0.06	0.06
							Skenario4 > Skenario5		Skenario4 > Skenario6	
5									-	-
									0.019	0.019
								Skenario5 < Skenario6		

Pada Tabel 5-1 dapat dilihat bahwa terdapat 6 skenario yang dibandingkan. Hal ini dikarenakan kondisi lapangan dimasukkan sebagai skenario yang harus dibandingkan hasilnya dengan skenario perbaikan sehingga terdapat 6 skenario. Maka skenario 1 yang merupakan skenario penambahan *resource Harbour Mobile Crane* (HMC) sebanyak 1 buah menjadi skenario 2 di dalam tabel tersebut.

Dalam Tabel 5-1 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 1 (Skenario 2 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang lain berdasarkan dari parameter lama waktu antri. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 1 (Skenario 2 dalam tabel) memiliki nilai yang lebih kecil daripada skenario kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario penambahan HMC sebanyak 1 buah tidak merekomendasikan karena memiliki nilai perubahan yang tidak signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada kondisi lapangan jika berdasarkan pada parameter lama waktu tunggu. Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai B/C/H dari kondisi lapangan dan setiap skenario yang ditentukan.

Table 5-2 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 2 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon B/C/H

Skenario	2		3		4		5		6	
1	-	-	-0.007	0.031	1.318	1.357	-	-	-0.7	0.633
	0.258	0.258	<i>No difference</i>		Skenario1 > Skenario4		Skenario1 < Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			0.27	0.27	1.588	1.602	-	-	-	-
			Skenario2 > Skenario3		Skenario2 > Skenario4		Skenario2 < Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3					1.322	1.329	-	-	-	-
					Skenario3 > Skenario4		Skenario3 < Skenario5		Skenario3 < Skenario6	
4							-	-	-	-
							1.767	1.767	2.004	2.004
5									-	-
									0.237	0.237
									Skenario5 < Skenario6	

Pada Tabel 5-2 dapat dilihat bahwa terdapat 6 skenario yang dibandingkan. Penamaan skenario sama dengan tabel sebelumnya yaitu tabel 5-1. Hal ini dikarenakan kondisi lapangan dimasukkan sebagai skenario yang harus dibandingkan hasilnya dengan skenario perbaikan sehingga terdapat 6 skenario. Maka skenario 1 yang merupakan skenario penambahan *resource Harbour Mobile Crane* (HMC) sebanyak 1 buah menjadi skenario 2 di dalam tabel tersebut.

Dalam Tabel 5-2 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 1 (Skenario 2 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang lain berdasarkan dari parameter B/C/H. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 1 (Skenario 2 dalam tabel) memiliki nilai yang lebih besar daripada skenario kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario penambahan HMC sebanyak 1 buah bisa dijadikan rekomendasi karena memiliki nilai perubahan yang signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada kondisi lapangan jika berdasarkan pada parameter B/C/H. Selain itu, jika dibandingkan dengan skenario lain, hasil

dari skenario penambahan HMC memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan nilai dari skenario 3 (penambahan 3 buah *container truck*) dan skenario 4 (penggunaan 2 *container truck* untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat serta 3 *container truck* untuk proses Bongkar saja dan Muat saja). Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai *effective time* dari kondisi lapangan dan setiap skenario yang ditentukan.

Table 5-3 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 2 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon *effective time*

Skenario	2		3		4		5		6	
1	0.044	0.045	-0.08	-0.08	-3.11	-3.11	0.307	0.308	-	-0.37
	Skenario1 > Skenario2		Skenario1 < Skenario3		Skenario1 < Skenario4		Skenario1 > Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			-	-	-	-			-	-
			0.128	0.128	3.147	3.165	0.271	0.255	0.504	0.326
			Skenario2 < Skenario3		Skenario2 < Skenario4		Skenario2 > Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3					-	-			-	-
					2.699	3.356	0.406	0.375	0.396	0.177
				Skenario3 < Skenario4		Skenario3 > Skenario5		Skenario3 < Skenario6		
4							3.418	3.4191	2.735	2.747
							Skenario4 > Skenario5		Skenario4 > Skenario6	
5								-	-	
								0.683	0.673	
								Skenario5 < Skenario6		

Dalam Tabel 5-3 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 1 (Skenario 2 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang lain berdasarkan dari parameter *effective time*. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 1 (Skenario 2 dalam tabel) memiliki nilai yang lebih kecil daripada skenario kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario penambahan HMC sebanyak 1 buah tidak merekomendasikan karena memiliki nilai perubahan yang tidak signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada kondisi lapangan jika berdasarkan pada parameter *effective time*.

5.2.2 Skenario 2 : Penambahan 3 Container Truck

Pada skenario ini dilakukan penambahan *resource 3 container truck* agar proses pelayanan petikemas di Terminal menjadi lebih cepat. Dalam skenario ini terdapat 3 parameter yang diuji yaitu lama waktu antri, B/C/H, dan *effective time*. Hasil dari skenario perbaikan ini menunjukkan bahwa nilai B/C/H yang dimiliki oleh skenario 2 sebesar 9 tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dari kondisi lapangan yang sebesar 8,5. Selain itu nilai dari *effective time* yang dihasilkan oleh skenario 1 bernilai 15,5 dimana nilai tersebut mengalami penurunan jika dibandingkan dengan kondisi lapangan dimana *effective time* yang dimiliki sebesar 15,8 jam. Sedangkan untuk parameter lama waktu antri, skenario pertama memiliki nilai sebesar 0,3 dimana terdapat penurunan waktu antri dari kondisi lapangan yang sebesar 0.34. Namun hal ini tidak cukup bukti untuk menyimpulkan bahwa terdapat perubahan yang signifikan antara skenario 2 jika dibandingkan dengan kondisi awal sehingga diperlukan uji signifikan dengan menggunakan *paired-t confidence interval* yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Table 5-4 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 3 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon waktu antri

Skenario	2		3		4		5		6	
1	0.003	0.003	-	-	-0.07	-0.07	0.008	0.008	-0.01	-0.01
	Skenario1 > Skenario2		Skenario1 < Skenario3		Skenario1 < Skenario4		Skenario1 > Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			-	-	-0.07	-0.07	0.006	0.006	-	-
			0.021 0.012		Skenario2 < Skenario4		Skenario2 > Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3			No difference		-0.07	-0.07	0.011	0.011	-	-
					Skenario3 < Skenario4		Skenario3 > Skenario5		Skenario3 < Skenario6	
4							0.077	0.077	0.06	0.06
							Skenario4 > Skenario5		Skenario4 > Skenario6	
5									-	-
									0.019 0.019	
								Skenario5 < Skenario6		

Pada Tabel 5-4 dapat dilihat bahwa terdapat 6 skenario yang dibandingkan. Hal ini dikarenakan kondisi lapangan dimasukkan sebagai skenario yang harus dibandingkan hasilnya dengan skenario perbaikan sehingga terdapat 6 skenario. Maka skenario 2 yang merupakan skenario penambahan *resource container truck* sebanyak 3 buah menjadi skenario 3 di dalam tabel tersebut.

Dalam Tabel 5-4 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 2 (Skenario 3 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang lain berdasarkan dari parameter waktu lama antri. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 2 (Skenario 3 dalam tabel) memiliki nilai yang lebih besar daripada skenario kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario penambahan *container truck* sebanyak 3 buah bisa dijadikan rekomendasi karena memiliki nilai perubahan yang signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada kondisi lapangan jika berdasarkan pada parameter waktu lama antri. Selain itu, hasil dari skenario penambahan 3 *container truck* memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan nilai dari skenario 5 (penambahan 1 HMC dan 3 buah *container truck*). Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai B/C/H dari kondisi lapangan dan setiap skenario yang ditentukan.

Table 5-5 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 3 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon B/C/H

Skenario	2		3		4		5		6	
1	-	-	-0.007	0.031	1.318	1.357	0.448	0.411	-0.7	0.633
	Skenario1 < Skenario2		No difference		Skenario1 > Skenario4		Skenario1 < Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			0.27	0.27	1.588	1.602	0.153	0.191	0.383	0.435
			Skenario2 > Skenario3		Skenario2 > Skenario4		Skenario2 < Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3					1.322	1.329	0.438	0.445	0.614	0.743
					Skenario3 > Skenario4		Skenario3 < Skenario5		Skenario3 < Skenario6	
4							1.767	1.767	2.004	2.004
							Skenario4 < Skenario5		Skenario4 < Skenario6	

5					-	-
					0.237	0.237
					Skenario5 < Skenario6	

Dalam Tabel 5-5 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 2 (Skenario 3 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang lain berdasarkan dari parameter B/C/H. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 2 (Skenario 3 dalam tabel) tidak memiliki perbedaan dengan skenario kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario penambahan *container truck* sebanyak 3 buah tidak bisa dijadikan rekomendasi. Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai *effective time* dari kondisi lapangan dan setiap skenario yang ditentukan.

Table 5-6 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 3 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon *effective time*

Skenario	2		3		4		5		6	
1	0.044	0.045	-0.08	-0.08	-3.11	-3.11	0.307	0.308	-	-0.37
	Skenario1 > Skenario2		Skenario1 < Skenario3		Skenario1 < Skenario4		Skenario1 > Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			-	-	-	-	-	-	-	-
			0.128	0.128	3.147	3.165	0.271	0.255	0.504	0.326
			Skenario2 < Skenario3		Skenario2 < Skenario4		Skenario2 > Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3					-	-	-	-	-	-
					2.699	3.356	0.406	0.375	0.396	0.177
				Skenario3 < Skenario4		Skenario3 > Skenario5		Skenario3 < Skenario6		
4							3.418	3.4191	2.735	2.747
							Skenario4 > Skenario5		Skenario4 > Skenario6	
5									-	-
									0.683	0.673
									Skenario5 < Skenario6	

Dalam Tabel 5-6 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 2 (Skenario 3 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang

lain berdasarkan dari parameter *effective time*. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 2 (Skenario 3 dalam tabel) memiliki nilai yang lebih besar daripada skenario kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario penambahan *container truck* sebanyak 3 buah bisa dijadikan rekomendasi karena memiliki nilai perubahan yang signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada kondisi lapangan jika berdasarkan pada parameter waktu lama antri. Selain itu, hasil dari skenario penambahan 3 *container truck* memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan nilai dari skenario 2 (penambahan 1 HMC) dan skenario 5 (penambahan 1 HMC dan 3 buah *container truck*).

### 5.2.3 Skenario 3 : Penggunaan 2 Truk untuk Aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 Truk untuk Aktivitas Bongkar saja dan Muat saja.

Pada skenario ini dilakukan perubahan penggunaan *container truck* sebanyak 2 buah khusus untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 buah khusus untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja. Dalam skenario ini terdapat 3 parameter yang diuji yaitu lama waktu antri, B/C/H, dan *effective time*. Hasil dari skenario perbaikan ini menunjukkan bahwa nilai B/C/H yang dimiliki oleh skenario 3 sebesar 8 mengalami penurunan jika dibandingkan dari kondisi lapangan yang sebesar 8,5. Selain itu nilai dari *effective time* yang dihasilkan oleh skenario 3 bernilai 19 dimana nilai tersebut mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan kondisi lapangan dimana *effective time* yang dimiliki sebesar 15,8 jam. Sedangkan untuk parameter lama waktu antri, skenario pertama memiliki nilai sebesar 0,4 dimana terdapat kenaikan waktu antri dari kondisi lapangan yang sebesar 0.34. Namun hal ini tidak cukup bukti untuk menyimpulkan bahwa terdapat perubahan yang signifikan antara skenario 2 jika dibandingkan dengan kondisi awal sehingga diperlukan uji signifikansi dengan menggunakan *paired-t confidence interval* yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Table 5-7 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 4 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon waktu antri

Skenario	2		3		4		5		6	
1	-	-	-0.007	0.031	1.318	1.357	0.448	0.411	-0.7	0.633
	Skenario1 < Skenario2		<i>No difference</i>		Skenario1 > Skenario4		Skenario1 < Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			0.27	0.27	1.588	1.602	0.153	0.191	0.383	0.435
			Skenario2 > Skenario3		Skenario2 > Skenario4		Skenario2 < Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3					1.322	1.329	0.438	0.445	0.614	0.743
					Skenario3 > Skenario4		Skenario3 < Skenario5		Skenario3 < Skenario6	
4							1.767	1.767	2.004	2.004
							Skenario4 < Skenario5		Skenario4 < Skenario6	
5									0.237	0.237
									Skenario5 < Skenario6	

Pada Tabel 5-7 dapat dilihat bahwa terdapat 6 skenario yang dibandingkan. Hal ini dikarenakan kondisi lapangan dimasukkan sebagai skenario yang harus dibandingkan hasilnya dengan skenario perbaikan sehingga terdapat 6 skenario. Maka skenario 3 yang merupakan penggunaan *container truck* sebanyak 2 buah khusus untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 buah khusus untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja menjadi skenario 4 di dalam tabel tersebut.

Dalam Tabel 5-7 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 3 (Skenario 4 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang lain berdasarkan dari parameter lama waktu antri. Dari tabel tersebut dapat dilihat

bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 3 (Skenario 4 dalam tabel) memiliki nilai yang lebih kecil daripada skenario kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario penggunaan *container truck* sebanyak 2 buah khusus untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 buah khusus untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja tidak merekomendasikan karena memiliki nilai perubahan yang tidak signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada kondisi lapangan jika berdasarkan pada parameter lama waktu tunggu. Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai B/C/H dari kondisi lapangan dan setiap skenario yang ditentukan

Table 5-8 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 4 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon B/C/H

Skenario	2		3		4		5		6	
1	-	-	-0.007	0.031	1.318	1.357	-	-	-0.7	0.633
	0.258	0.258					0.448	0.411		
	Skenario1 < Skenario2		<i>No difference</i>		Skenario1 > Skenario4		Skenario1 < Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			0.27	0.27	1.588	1.602	-	-	-	-
			Skenario2 > Skenario3		Skenario2 > Skenario4		Skenario2 < Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3					1.322	1.329	-	-	-	-
					Skenario3 > Skenario4		Skenario3 < Skenario5		Skenario3 < Skenario6	
4							-	-	-	-
							1.767	1.767	2.004	2.004
							Skenario4 < Skenario5		Skenario4 < Skenario6	
5									-	-
									0.237	0.237
									Skenario5 < Skenario6	

Dalam Tabel 5-8 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 3 (Skenario 4 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang lain berdasarkan dari parameter lama waktu antri. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 3 (Skenario 4 dalam tabel) memiliki nilai yang lebih kecil daripada skenario kondisi

lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario penggunaan *container truck* sebanyak 2 buah khusus untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 buah khusus untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja tidak rekomendasikan karena memiliki nilai perubahan yang tidak signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada kondisi lapangan jika berdasarkan pada parameter B/C/H. Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai *effective time* dari kondisi lapangan dan setiap skenario yang ditentukan.

Table 5-9 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 4 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon *effective time*

Skenario	2		3		4		5		6	
1	0.044	0.045	-0.08	-0.08	-3.11	-3.11	0.307	0.308	-	-0.37
	Skenario1 > Skenario2		Skenario1 < Skenario3		Skenario1 < Skenario4		Skenario1 > Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			-	-	-	-	0.271	0.255	-	-
			0.128	0.128	3.147	3.165	Skenario2 > Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3					-	-	0.406	0.375	-	-
					2.699	3.356	Skenario3 > Skenario5		Skenario3 < Skenario6	
4							3.418	3.4191	2.735	2.747
							Skenario4 > Skenario5		Skenario4 > Skenario6	
5									-	-
									0.683	0.673
								Skenario5 < Skenario6		

Dalam Tabel 5-9 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 3 (Skenario 4 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang lain berdasarkan dari parameter *effective time*. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 3 (Skenario 4 dalam tabel) memiliki nilai yang lebih besar daripada skenario kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario penggunaan *container truck* sebanyak 2 buah khusus untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 buah khusus untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja bisa dijadikan

rekomendasi karena memiliki nilai perubahan yang signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada kondisi lapangan jika berdasarkan pada parameter *effective time*. Selain itu, hasil dari skenario tersebut memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan nilai dari skenario 2 (penambahan 1 HMC), skenario 3 (penambahan 3 *container truck*), skenario 5 (penambahan 1 HMC dan 3 buah *container truck*), dan skenario 6 (penambahan 1 HMC dan penggunaan *container truck* sebanyak 2 buah khusus untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 buah khusus untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja).

#### 5.2.4 Skenario 4: Penambahan Resource Harbour Mobile Crane (HMC) dan 3 Container Truck

Pada skenario ini dilakukan perubahan penambahan 1 buah HMC dan 3 buah *container truck*. Dalam skenario ini terdapat 3 parameter yang diuji yaitu lama waktu antri, B/C/H, dan *effective time*. Hasil dari skenario perbaikan ini menunjukkan bahwa nilai B/C/H yang dimiliki oleh skenario 4 sebesar 9 mengalami kenaikan jika dibandingkan dari kondisi lapangan yang sebesar 8,5. Selain itu nilai dari *effective time* yang dihasilkan oleh skenario 3 bernilai 15,5 jam dimana nilai tersebut mengalami penurunan jika dibandingkan dengan kondisi lapangan dimana *effective time* yang dimiliki sebesar 15,8 jam. Sedangkan untuk parameter lama waktu antri, skenario pertama memiliki nilai sebesar 0,3 dimana terdapat penurunan waktu antri dari kondisi lapangan yang sebesar 0.34. Namun hal ini tidak cukup bukti untuk menyimpulkan bahwa terdapat perubahan yang signifikan antara skenario 4 jika dibandingkan dengan kondisi awal sehingga diperlukan uji signifikansi dengan menggunakan *paired-t confidence interval* yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Table 5-10 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 5 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon waktu antri

Skenario	2		3		4		5		6	
1	0.003	0.003	-	-	-0.07	-0.07	0.008	0.008	-0.01	-0.01
	Skenario1 > Skenario2		Skenario1 < Skenario3		Skenario1 < Skenario4		Skenario1 > Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			-	-	-0.07	-0.07	0.006	0.006	-	-
			0.021	0.012					0.013	0.013

		<i>No difference</i>	Skenario2 < Skenario4	Skenario2 > Skenario5	Skenario2 < Skenario6
3			-0.07   -0.07	0.011   0.011	-   - 0.008   0.008
			Skenario3 < Skenario4	Skenario3 > Skenario5	Skenario3 < Skenario6
4				0.077   0.077	0.06   0.06
				Skenario4 > Skenario5	Skenario4 > Skenario6
5					-   - 0.019   0.019
					Skenario5 < Skenario6

Pada Tabel 5-10 dapat dilihat bahwa terdapat 6 skenario yang dibandingkan. Hal ini dikarenakan kondisi lapangan dimasukkan sebagai skenario yang harus dibandingkan hasilnya dengan skenario perbaikan sehingga terdapat 6 skenario. Maka skenario 4 yang merupakan penambahan 1 buah HMC dan 3 buah *container truck* menjadi skenario 5 di dalam tabel tersebut.

Dalam Tabel 5-10 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 4 (Skenario 5 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang lain berdasarkan dari parameter lama waktu antri. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 4 (Skenario 5 dalam tabel) memiliki nilai yang lebih kecil daripada skenario kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario penambahan 1 buah HMC dan 3 buah *container truck* tidak merekomendasikan karena memiliki nilai perubahan yang tidak signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada kondisi lapangan jika berdasarkan pada parameter lama waktu tunggu. Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai B/C/H dari kondisi lapangan dan setiap skenario yang ditentukan.

Table 5-11 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 5 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon B/C/H

Skenario	2		3		4		5		6	
1	- 0.258	- 0.258	-0.007	0.031	1.318	1.357	- 0.448	- 0.411	- -0.7	- 0.633
	Skenario1 < Skenario2		<i>No difference</i>		Skenario1 > Skenario4		Skenario1 < Skenario5		Skenario1 < Skenario6	

2		0.27	0.27	1.588	1.602	-	-	-	-
		Skenario2 > Skenario3		Skenario2 > Skenario4		Skenario2 < Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3				1.322	1.329	-	-	-	-
				Skenario3 > Skenario4		Skenario3 < Skenario5		Skenario3 < Skenario6	
4						-	-	-	-
						Skenario4 < Skenario5		Skenario4 < Skenario6	
5								-	-
								Skenario5 < Skenario6	

Dalam Tabel 5-11 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 4 (Skenario 5 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang lain berdasarkan dari parameter B/C/H. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 4 (Skenario 5 dalam tabel) memiliki nilai yang lebih besar daripada skenario kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario penambahan 1 buah HMC dan 3 buah *container truck* bisa dijadikan rekomendasi karena memiliki nilai perubahan yang signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada kondisi lapangan jika berdasarkan pada parameter B/C/H. Selain itu, hasil dari skenario tersebut memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan nilai dari skenario 2 (penambahan 1 HMC), skenario 3 (penambahan 3 *container truck*), dan skenario 4 (penggunaan *container truck* sebanyak 2 buah khusus untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 buah khusus untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja). Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai *effective time* dari kondisi lapangan dan setiap skenario yang ditentukan.

Table 5-12 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 5 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon *effective time*

Skenario	2		3		4		5		6	
1	0.044	0.045	-0.08	-0.08	-3.11	-3.11	0.307	0.308	-	-0.37
	Skenario1 > Skenario2		Skenario1 < Skenario3		Skenario1 < Skenario4		Skenario1 > Skenario5		Skenario1 < Skenario6	

Skenario	2	3		4		5		6	
2		- 0.128	- 0.128	- 3.147	- 3.165	0.271	0.255	- 0.504	- 0.326
		Skenario2 < Skenario3		Skenario2 < Skenario4		Skenario2 > Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3				- 2.699	- 3.356	0.406	0.375	- 0.396	- 0.177
				Skenario3 < Skenario4		Skenario3 > Skenario5		Skenario3 < Skenario6	
4						3.418	3.4191	2.735	2.747
						Skenario4 > Skenario5		Skenario4 > Skenario6	
5								- 0.683	- 0.673
								Skenario5 < Skenario6	

Dalam Tabel 5-12 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 4 (Skenario 5 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang lain berdasarkan dari parameter *effective time*. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 4 (Skenario 5 dalam tabel) memiliki nilai yang lebih kecil daripada skenario kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario penambahan 1 buah HMC dan 3 buah *container truck* tidak merekomendasikan karena memiliki nilai perubahan yang tidak signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada kondisi lapangan jika berdasarkan pada parameter *effective time*.

#### 5.2.5 Skenario 5: Penambahan Resource Harbour Mobile Crane (HMC) dan Penggunaan 2 Truk untuk Aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 Truk untuk Aktivitas Bongkar saja dan Muat saja

Pada skenario ini dilakukan perubahan penambahan 1 buah HMC dan penggunaan 2 *truck* untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 *truck* untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja. Dalam skenario ini terdapat 3 parameter yang diuji yaitu lama waktu antri, B/C/H, dan *effective time*. Hasil dari skenario perbaikan ini menunjukkan bahwa nilai B/C/H yang dimiliki oleh skenario 4 sebesar 9 mengalami kenaikan jika dibandingkan dari kondisi lapangan yang sebesar 8,5. Selain itu nilai dari *effective time* yang dihasilkan oleh skenario 3 bernilai 16 jam dimana nilai tersebut mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan kondisi lapangan dimana *effective time* yang dimiliki sebesar 15,8 jam.

Sedangkan untuk parameter lama waktu antri, skenario pertama memiliki nilai sebesar 0,35 dimana terdapat kenaikan waktu antri dari kondisi lapangan yang sebesar 0.34. Namun hal ini tidak cukup bukti untuk menyimpulkan bahwa terdapat perubahan yang signifikan antara skenario 4 jika dibandingkan dengan kondisi awal sehingga diperlukan uji siginifikasi dengan menggunakan *paired-t confidence interval* yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Table 5-13 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 6 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon waktu antri

Skenario	2		3		4		5		6	
1	0.003	0.003	- 0.002	- 0.002	-0.07	-0.07	0.008	0.008	-0.01	-0.01
	Skenario1 > Skenario2		Skenario1 < Skenario3		Skenario1 < Skenario4		Skenario1 > Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			- 0.021	- 0.012	-0.07	-0.07	0.006	0.006	- 0.013	- 0.013
			<i>No difference</i>		Skenario2 < Skenario4		Skenario2 > Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3					-0.07	-0.07	0.011	0.011	- 0.008	- 0.008
					Skenario3 < Skenario4		Skenario3 > Skenario5		Skenario3 < Skenario6	
4							0.077	0.077	0.06	0.06
							Skenario4 > Skenario5		Skenario4 > Skenario6	
5									- 0.019	- 0.019
									Skenario5 < Skenario6	

Pada Tabel 5-13 dapat dilihat bahwa terdapat 6 skenario yang dibandingkan. Hal ini dikarenakan kondisi lapangan dimasukkan sebagai skenario yang harus dibandingkan hasilnya dengan skenario perbaikan sehingga terdapat 6 skenario. Maka skenario 5 yang merupakan skenario penambahan *resource container truck* sebanyak 3 buah menjadi skenario 3 di dalam tabel tersebut.

Dalam Tabel 5-13 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 5 (Skenario 6 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang lain berdasarkan dari parameter waktu lama antri. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 5 (Skenario 6 dalam tabel) memiliki nilai yang lebih besar daripada skenario kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario tersebut bisa dijadikan rekomendasi karena memiliki nilai perubahan yang signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada kondisi lapangan jika berdasarkan pada parameter waktu lama antri. Selain itu, hasil dari skenario tersebut memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan nilai dari skenario 2 (penambahan 1 HMC), skenario 3 (penambahan 3 *container truck*), dan skenario 5 (perubahan penambahan 1 buah HMC dan 3 buah *container truck*). Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai B/C/H dari kondisi lapangan dan setiap skenario yang ditentukan.

Table 5-14 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 6 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon B/C/H

Skenario	2		3		4		5		6	
1	-	-	-0.007	0.031	1.318	1.357	0.448	0.411	-0.7	0.633
	Skenario1 < Skenario2		<i>No difference</i>		Skenario1 > Skenario4		Skenario1 < Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			0.27	0.27	1.588	1.602	0.153	0.191	0.383	0.435
			Skenario2 > Skenario3		Skenario2 > Skenario4		Skenario2 < Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3					1.322	1.329	0.438	0.445	0.614	0.743
					Skenario3 > Skenario4		Skenario3 < Skenario5		Skenario3 < Skenario6	
4							-	-	-	-
							1.767	1.767	2.004	2.004

				Skenario4 < Skenario5	Skenario4 < Skenario6	
5					- 0.237	- 0.237
					Skenario5 < Skenario6	

Dalam Tabel 5-14 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 5 (Skenario 6 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang lain berdasarkan dari parameter B/C/H. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 5 (Skenario 6 dalam tabel) memiliki nilai yang lebih besar daripada skenario kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario tersebut bisa dijadikan rekomendasi karena memiliki nilai perubahan yang signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada kondisi lapangan jika berdasarkan pada parameter B/C/H. Selain itu, hasil dari skenario tersebut memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan nilai dari skenario 2 (penambahan 1 HMC), skenario 3 (penambahan 3 *container truck*), skenario 4 (penggunaan *container truck* sebanyak 2 buah khusus untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 buah khusus untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja), dan skenario 5 (perubahan penambahan 1 buah HMC dan 3 buah *container truck*). Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai *effective time* dari kondisi lapangan dan setiap skenario yang ditentukan.

Table 5-15 Perbandingan dari hasil simulasi skenario 6 dengan skenario yang lain dengan menggunakan variable respon *effective time*.

Skenario	2		3		4		5		6	
1	0.044	0.045	-0.08	-0.08	-3.11	-3.11	0.307	0.308	-	-
	Skenario1 > Skenario2		Skenario1 < Skenario3		Skenario1 < Skenario4		Skenario1 > Skenario5		Skenario1 < Skenario6	
2			-	-	-	-	-	-	-	-
			0.128	0.128	3.147	3.165	0.271	0.255	0.504	0.326
			Skenario2 < Skenario3		Skenario2 < Skenario4		Skenario2 > Skenario5		Skenario2 < Skenario6	
3					-	-	-	-	-	-
					2.699	3.356	0.406	0.375	0.396	0.177
				Skenario3 < Skenario4		Skenario3 > Skenario5		Skenario3 < Skenario6		
4							3.418	3.4191	2.735	2.747

Skenario	2	3	4	5	6
				Skenario4 > Skenario5	Skenario4 > Skenario6
5					- 0.683
					- 0.673
					Skenario5 < Skenario6

Dalam Tabel 5-15 pada bagian yang berwarna kuning merupakan nilai perbandingan dari hasil skenario 5 (Skenario 6 dalam tabel) jika dibandingkan dengan kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel) dan juga dengan skenario yang lain berdasarkan dari parameter *effective time*. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa setelah dilakukan uji perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh skenario 5 (Skenario 6 dalam tabel) memiliki nilai yang lebih besar daripada skenario kondisi lapangan (Skenario 1 dalam tabel). Sehingga alternatif skenario tersebut bisa dijadikan rekomendasi karena memiliki nilai perubahan yang signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada kondisi lapangan jika berdasarkan pada parameter B/C/H. Selain itu, hasil dari skenario tersebut memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan nilai dari skenario 2 (penambahan 1 HMC), skenario 3 (penambahan 3 *container truck*), dan skenario 5 (perubahan penambahan 1 buah HMC dan 3 buah *container truck*). Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai *effective time* dari kondisi lapangan dan setiap skenario yang ditentukan.

### 5.3 Analisis Pemilihan Skenario Terbaik

Berdasarkan dari kelima skenario perbaikan yang telah ditentukan dapat dilihat bahwa penentuan skenario terbaik berbeda tergantung parameter apa yang ingin dilihat. Karena sebelumnya telah disebutkan 3 parameter yang digunakan yaitu lama waktu antri, B/C/H, *effective time*. Dari ketiga parameter tersebut didapatkan skenario perbaikan terbaik yang berbeda. Untuk parameter lama waktu antri, berdasarkan dari uji perbandingan signifikansi dari hasil dengan menggunakan *paired-t confident interval* didapatkan bahwa skenario perbaikan ke 3 merupakan skenario perbaikan yang paling baik. Skenario 3 menyarankan untuk melakukan perubahan terkait penggunaan 2 buah *container truck* khusus untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 buah *container truck* khusus untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja. Berdasarkan lama waktu antri, didapatkan hasil untuk skenario

3 yaitu sebesar 0.32 jam. Nilai waktu tunggu ini lebih rendah dari kondisi lapangan yang bernilai sebesar 0.34 jam.

Sedangkan jika dilihat dari parameter B/C/H, didapatkan bahwa skenario perbaikan 5 merupakan skenario perbaikan yang paling baik. Skenario 5 merupakan perubahan penambahan 1 buah HMC dan penggunaan 2 *truck* untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 *truck* untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja. Berdasarkan parameter B/C/H, didapatkan hasil untuk skenario 5 yaitu sebesar 10 *box/crane/hour*. Nilai B/C/H tersebut lebih tinggi dari kondisi lapangan yang hanya bernilai 8,5 *box/crane/hour*.

Jika ingin dilihat dari parameter *effective time*, didapatkan bahwa skenario perbaikan ke 3 merupakan skenario perbaikan yang paling baik. Skenario 3 menyarankan untuk melakukan perubahan terkait penggunaan 2 buah *container truck* khusus untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 buah *container truck* khusus untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja. Berdasarkan *effective time*, didapatkan hasil untuk skenario 3 yaitu sebesar 18 jam. Nilai waktu tunggu ini lebih rendah dari kondisi lapangan yang bernilai sebesar 16 jam.

## BAB 6

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan terhadap penelitian serta saran pengembangan untuk penelitian kedepan.

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari Tugas Akhir ini yaitu:

1. Proses pelayanan yang dilakukan oleh Terminal Jamrud masih memerlukan banyak perbaikan, salah satunya yaitu B/C/H. Nilai B/C/H yang dimiliki Terminal berdasarkan historis data tahun 2017 sebesar 8 *box/crane/hour* dimana seharusnya nilai B/C/H yang dimiliki oleh Terminal Jamrud sebesar 10 *box/crane/hour* berdasarkan standar kinerja yang ditetapkan oleh Pelindo 3. Selain itu, nilai *effective time* yang dimiliki oleh Terminal hanya sebesar 60% jika dibandingkan dengan *berthing time* dimana seharusnya nilai standar *effective time* yang ditetapkan oleh Pelindo sebesar 70% jika dibandingkan dengan *berthing time*. Waktu lama antri yang dilalui oleh entitas petikemas juga masih bernilai tinggi yaitu sebesar 0.35 jam.
2. Untuk memberikan solusi terhadap permasalahan tersebut, telah dikembangkan model simulasi pelayanan petikemas dengan skenario perbaikan berupa penambahan *resource* yaitu *Harbour Mobile Crane* (HMC) dan truk yang dimiliki oleh Terminal serta perubahan prosedur penggunaan truk yang dimiliki oleh Terminal. Dari kelima skenario yang telah ditetapkan dan dianalisa dengan menggunakan *paired-t confident interval*, berdasarkan nilai parameter lama waktu antri dan besar *effective time* didapatkan skenario 3 yaitu mekhususkan penggunaan 2 truk untuk aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan penggunaan 3 truk untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja. Sedangkan jika berdasarkan nilai B/C/H didapatkan skenario 5 yaitu penambahan 1 buah HMC dan penggunaan 2 truk untuk

aktivitas Bongkar sekaligus Muat dan 3 truk untuk aktivitas Bongkar saja dan Muat saja.

## **6.2 Saran**

Adapun saran atau rekomendasi yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dipertimbangkan faktor *breakdown* serta waktu perawatan peralatan Terminal.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat dipertimbangkan perhitungan biaya peralatan dengan menggunakan NPV.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat dipertimbangkan untuk menggunakan parameter *dwelling time* sebagai variabel respon.

## DAFTAR PUSTAKA

- Antsaklis, P., & Koutsoukos, X. (1998). On hybrid control of complex systems: a survey. *Proceedings of the 3rd International Conference on Automation of Mixed Processes* (pp. 1-8). France: Reins.
- Chahal, K., & Eldabi, T. (2008). Applicability of hybrid simulation to different modes of governance in UK healthcare. *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference INFORMS proceedings of wintersim* (pp. 1469-77). United Kingdom: Mason SJ; Hill RR; Monch L; Rose O; Jeffeson T; Fowler JW.
- Forrester, J. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge: MIT Press.
- Kasmir. (2013). *Analisa Laporan Keuangan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Kelton. (1991). *Simulation Modelling and Analysis*. New York: Mc Graw Hill International.
- Mingers, J. (2003). A classification of philosophical assumptions of management science methods. *Journal of the Operation Research Society*, 559-570.
- Morlok, E. (1985). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga.
- Purnomo, H. (2005). *Teori Sistem Kompleks, Pemodelan dan Simulasi untuk Pengelolaan Sumber daya Alam dan Lingkungan*. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Radzicki, M., & Taylor, R. (2008). Introduction to System Dynamics. *U.S Department of Energy*, 200-214.
- S C Brailsford, N. A. (2001). A comparison of discrete event simulation and system dynamics for modelling health care systems. In J. Riley, *Planning for the Future: Health Service Quality and Emergency Accesibility* (pp. 18-39). Scotland: Glasgow Caledonian University.
- Sachdeva, R., William, T., & Quigley, J. (2006). Mixing methodologies to enhance the implementation of healthcare operation research. *Journal of the Operational Research Society*, 159-67.
- Sterman, J. (2000). *Business Dynamics*. Boston: Irwin McGraw-Hill.
- Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## BIOGRAFI PENULIS



Umdah Ardilla lahir di Rembang pada tanggal 14 September 1996. Pendidikan formal yang telah ditempuh adalah SD Negeri 01 Sendangmulyo, MTs Muallimin Muallimat Rembang, MA NU Banat Kudus, dan terakhir melanjutkan studi sarjana di Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menjadi mahasiswa, penulis turut aktif menjadi salah satu asisten Laboratorium *Logistics and Supply Chain Management*. Penulis menjadi asisten mata kuliah *Production Planning and Inventory Control (PPIC)*, Perencanaan Industri, dan Manajemen Logistik. Selain menjadi asisten, penulis juga tercatat sebagai Staf Departemen Keprofesian dan Keilmiahan HMTI ITS 2015/2016 dan Sekretaris Departemen Keprofesian dan Keilmiahan HMTI ITS 2016/2017. Penulis juga mengikuti perlombaan dan terpilih menjadi TOP 10 TEAM Danone Industrial Design Competition (DIDC) yang diadakan oleh PT Danone Indoensia. Penulis pernah melakukan kerja praktik di PT. Dirgantara Indonesia pada tahun 2017. Untuk informasi lebih lanjut mengenai penelitian ini, penulis dapat dihubungi melalui *email*: [umarbs96@gmail.com](mailto:umarbs96@gmail.com)