



## **TUGAS AKHIR-TI 141501**

### **PEMODELAN PROSES MUAT DENGAN MEMPERTIMBANGKAN GANGGUAN DI PELABUHAN**

**(Studi Kasus : PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Gresik)**

Riscy Medita Pramitasari

NRP. 2511100052

#### **Dosen Pembimbing:**

Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE.,Ph.D

NIP. 197005231996011001

#### **Dosen KO. Pembimbing:**

Dr. Eng. Ir. Ahmad Rusdiansyah, M.Eng. CSCP

NIP. 196811091995031003

### **JURUSAN TEKNIK INDUSTRI**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2015**



**FINAL PROJECT-TI 141501**

**MODELING LOADING PROCESS CONSIDERING DISTURBANCE IN  
PORT**

**(Case Study: PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Gresik Plant)**

Riscy Medita Pramitasari

NRP. 2511100052

**Supervisor:**

Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE.,Ph.D

NIP. 197005231996011001

**CO. Supervisor:**

Dr. Eng. Ir. Ahmad Rusdiansyah, M.Eng. CSCP

NIP. 196811091995031003

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2015**

**LEMBAR PENGESAHAN  
LAPORAN PENELITIAN TUGAS AKHIR**

**PEMODELAN PROSES MUAT DENGAN  
MEMPERTIMBANGKAN GANGGUAN DI PELABUHAN**

**(Studi Kasus : PT Semen Indonesia (Persero) Tbk)**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik

pada:

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

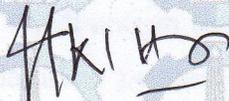
Oleh:

**RISCY MEDITA PRAMITASARI**

**NRP 2511100052**

Surabaya, 27 Juli 2015

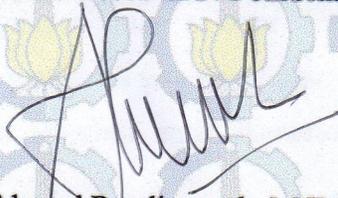
**Disetujui oleh Dosen Pembimbing:**



(Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D)

NIP. 197005231996011001

**Disetujui oleh Dosen KO. Pembimbing:**



(Dr. Eng. Ir. Ahmad Rusdiansyah, M.Eng. CSCP)

NIP. 196811091995031003



**PEMODELAN PROSES MUAT DENGAN  
MEMPERTIMBANGKAN GANGGUAN DI PELABUHAN  
(Studi Kasus : PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Gresik)**

Nama : Riscy Medita Pramitasari  
NRP : 2511100052  
Pembimbing : Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE.,Ph.D

**ABSTRAK**

Transportasi laut merupakan salah satu alat transportasi yang digunakan oleh PT Semen Indonesia untuk mendistribusikan semen ke beberapa distributor yang berada di luar Jawa. Namun dalam prosesnya, terdapat permasalahan saat proses muat di Pelabuhan Khusus Gresik sehingga proses muat tidak dapat diselesaikan sesuai dengan ekspektasi perusahaan (450 ton per hari untuk tiap kapal). Proses tersebut terhambat empat faktor yaitu turunnya hujan, kerusakan pada *crane* kapal, keterlambatan truk untuk datang di gudang dan jumlah buruh yang kurang memadai. Berdasarkan data bulan Januari hingga Maret 2014, hanya 60% jumlah kapal yang dapat menyelesaikan waktu muat dengan tepat waktu dan sisanya 40% tidak dapat menyelesaikan waktu muat dengan tepat waktu. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah membangun model simulasi sesuai dengan kondisi eksisting untuk mengetahui faktor apa saja yang dapat diperbaiki sehingga dapat mempercepat proses muat di pelabuhan. Setelah dilakukan running model simulasi, didapatkan bahwa terjadi antrian saat kapal menunggu di dalam antrian yaitu selama 856 jam. Berdasarkan permasalahan tersebut didapatkan skenario perbaikan 3 untuk meminimumkan kondisi eksisting, dimana ditambahkan satu buah *crane* kapal di masing-masing tempat sandar pelabuhan dan merubah aturan masuk kapal ke pelabuhan menjadi *lowest demand*. Skenario perbaikan ini dapat mengurangi waktu keterlambatan muat sebesar 73% dari keterlambatan yang disebabkan oleh munculnya gangguan selama 37 jam.

Kata kunci: Transportasi laut, simulasi, muat, skenario perbaikan

**MODELING LOADING PROCESS**  
**CONSIDERING DISTURBANCE IN PORT**  
**(Case Study: PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Gresik Plant)**

Name : Riscy Medita Pramitasari  
NRP : 2511100052  
Supervisor : Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE.,Ph.D

**ABSTRACT**

Maritime transportation is a transportation mode used to distribute cement by PT Semen Indonesia to several distributors out of Java. However, in the distribution process, company has loading problem at Port of Khusus Gresik, so it cannot be completed based on company expectation (450 ton per day for each vessel). Loading is obstructed because four factors such as weather (rain), the crane damage, and trucks delay coming into the warehouse and inadequate number of laborers in warehouse. Based on data from January to March 2014, only 60% of the number of vessels that can be completed of loading on time and the remaining 40% can not complete the time of loading on time. The research methodology introduces a simulation model representing the existing condition to determine what factors should be improved in order to speed up the loading process in the port. After running simulation models, it indicates that the highest queue occurs when the ship is waiting in the queue during 856 hour. Based on these problems obtained improvement scenarios 3 to minimize existing condition, which added a single crane vessel in each berth port and and changing the rules of the vessel entry to the port into lowest demand. This improvement scenarios can reduce the time delay unloading of 73% of delays are caused by disturbances during 37 hour.

Keywords: maritime transportation, simulation, loading, improvement scenarios

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “*Pemodelan Proses Muat dengan Mempertimbangkan Gangguan di Pelabuhan*”. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan program Studi Strata I (S1) di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selain itu, penulis juga dapat mencoba menerapkan pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh selama dibangku kuliah dengan kenyataan yang ada di lingkungan kerja.

Selama penulisan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak doa, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Atas berbagai bantuan dan dukungan yang telah diberikan tersebut, pada kesempatan ini penulis menghaturkan ucapan terimakasih kepada:

- 1) Kedua orang tua, Bagus Sapto Sarjono dan Triwahyuni Destyowati serta kakak tercinta Lyza dan adik tercinta Brian yang tak henti-hentinya memberikan doa dan dukungan kepada penulis agar tetap semangat untuk menyelesaikan tugas akhir.
- 2) Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE.,Ph.D selaku dosen pembimbing dan Dr. Eng. Ir. Ahmad Rusdiansyah, M.Eng. CSCP selaku ko dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, ilmu dan motivasi serta arahan selama penulis menyusun tugas akhir.
- 3) Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Jurusan Teknik Industri, FTI ITS yang telah sabar dalam mendidik dan memberikan ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.
- 4) Staf dan karyawan Jurusan Teknik Industri yang telah membantu dalam pembuatan surat pengantar tugas akhir dan menyediakan keperluan lain yang terkait dengan tugas akhir.

- 5) Bapak Rahardjo, Bapak Siswanto, Bapak Zawawi dan Bapak Rafiud serta seluruh pihak dari PT Semen Indonesia yang telah bersedia meluangkan waktu membantu dalam pengambilan data dan atas kesempatan yang telah diberikan kepada penulis sebagai objek amatan tugas akhir.
- 6) Adik sepupu tercinta Farah Fadila yang menemani penulis selama mengerjakan tugas akhir hingga larut malam.
- 7) Sahabat tersayang Winona, Rita, Putri dan Arinda yang telah memberikan motivasi penulis dari jauh.
- 8) Arini Fitriya Izzati, Elsa Camelia, Putri Nur Imani dan Reny Elvira, yang memberikan dukungan dan nasehat sehingga penulis bersemangat untuk menyelesaikan tugas akhir.
- 9) Rekan-rekan satu bimbingan Rica, Lia, Widya, Ayak, Ivana, Rino, Angga, Rifky, Rizal Eko, Gane dan Crisman yang telah berjuang bersama-sama untuk menyelesaikan tugas akhir.
- 10) Nurman yang telah membantu penulis untuk membuat model simulasi
- 11) Rekan-rekan seperjuangan Tugas Akhir Veresis yang memberikan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir.
- 12) Berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas bantuan, dukungan, dan motivasi yang diberikan.

Apabila dalam penelitian tugas akhir ini ditemukan hal-hal yang masih belum sempurna, penulis menerima setiap kritik dan saran yang dapat membangun perbaikan penelitian. Semoga penelitian tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Surabaya, 27 Juli 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Manfaat Penelitian .....	7
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	7
1.5.1 Batasan.....	7
1.5.2 Asumsi .....	7
1.6 Sistematika Penulisan .....	8
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>11</b>
2.1 Transportasi Laut .....	11
2.2 <i>Perfomance Indicator</i> .....	14
2.3 Sistem dan Model .....	14
2.4 Simulasi.....	15
2.4.1 Tipe Simulasi.....	17
2.4.2 Model Simulasi.....	18
2.5 Verifikasi.....	19
2.6 Perhitungan Jumlah Replikasi .....	20
2.7 Uji Validasi .....	20

2.8	<i>Comparing System</i> .....	22
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>25</b>
3.1	Tahap Pembuatan Model Konseptual .....	26
3.2	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	29
3.2.1	Pengumpulan Data .....	29
3.2.2	Pengolahan Data .....	29
3.3	Tahap Analisis dan Interpretasi Data .....	31
3.4	Tahap Kesimpulan dan Saran .....	31
<b>BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....</b>		<b>31</b>
4.1	Pengumpulan Data .....	33
4.1.1	Data Jumlah dan Waktu Antar Kedatangan Kapal .....	33
4.1.2	Data <i>Demand</i> per Kapal .....	34
4.1.3	Data Waktu Muat Sesuai Demand Tiap Kapal .....	36
4.1.4	Data Waktu Proses Muat di Pelabuhan Per Truk .....	37
4.1.5	Data Waktu Antar Kedatangan Truk di Gudang .....	37
4.1.6	Data Jumlah Muatan Truk dan Waktu Proses Muat Semen ke Truk .. .....	38
4.1.7	Data Terjadinya Gangguan.....	39
4.2	Pengolahan Data .....	42
4.2.1	<i>Fitting Distribution</i> .....	42
4.2.2	Model Simulasi Kondisi Eksisting .....	43
4.2.3	Pengujian.....	48
4.2.4	Skenario Perbaikan .....	53
4.2.5	<i>Comparing System</i> antara Skenario Perbaikan dengan Waktu Muat .. .....	55
4.2.6	Pengaruh Penambahan Jumlah <i>Crane</i> Terhadap Pengurangan Keterlambatan Proses Muat .....	57
4.2.7	Skenario Perbaikan yang Terpilih .....	58
<b>BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA .....</b>		<b>59</b>
5.1	Analisis Model Simulasi Kondisi Eksisting Proses Muat.....	59
5.2	Analisis Model Simulasi Skenario Perbaikan .....	60

5.3	Analisis <i>Comparing System</i> Skenario Perbaikan .....	61
5.4	Analisis Model Simulasi Skenario Perbaikan yang Terpilih .....	62
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>63</b>
6.1	Kesimpulan.....	63
6.2	Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>65</b>
<b>LAMPIRAN</b>		
<b>BIODATA PENULIS</b>		

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kesesuaian antara Waktu Aktual dengan Waktu Ekspetasi .....	4
Tabel 2.1 Prinsip Transportasi Laut.....	12
Tabel 4.1 Waktu Antar Kedatangan Kapal Masuk dalam Antrian .....	33
Tabel 4.2 Data <i>Demand</i> per Kapal .....	35
Tabel 4.3 Waktu Muat Sesuai <i>Demand</i> per Kapal .....	36
Tabel 4.4 Waktu Proses Muat di Pelabuhan per Truk .....	37
Tabel 4.5 Data Waktu Antar Kedatangan Truk di Gudang.....	38
Tabel 4.6 Jumlah Muatan Truk dan Waktu Proses Muat Semen ke Truk .....	39
Tabel 4.7 Data Waktu Antar Kerusakan dan Waktu Perbaikan <i>Crane</i> Kapal ....	40
Tabel 4.8 Data Waktu Antar Turun Hujan dan <i>Delay Time</i> .....	41
Tabel 4.9 Hasil <i>Fitting Distribution</i> .....	42
Tabel 4.10 <i>Output</i> Simulasi Kondisi Eksisting .....	50
Tabel 4.11 <i>Output</i> Simulasi Kondisi Eksisting 118 Replikasi .....	52
Tabel 4.12 Alternatif Skenario Perbaikan .....	54
Tabel 4.13 Utilitas Buruh di Gudang .....	55
Tabel 4.14 Perbandingan antara Skenario Perbaikan dengan Gangguan .....	57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alur Kegiatan Distribusi dengan Transportasi Laut.....	2
Gambar 1.2 Waktu Proses Bongkar-Muat Semen di Pelabuhan Januari 2014 .....	3
Gambar 1.3 Waktu Proses Bongkar-Muat Semen di Pelabuhan Februari 2014 ....	4
Gambar 1.4 Waktu Proses Bongkar-Muat Semen di Pelabuhan Maret 2014 .....	4
Gambar 1.5 Prosentase Ketidakpastian Proses Muat .....	5
Gambar 2.1 <i>Command No Error</i> .....	20
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....	25
Gambar 3.2 Model Konseptual Kondisi Eksisting .....	28
Gambar 4.1 Model Simulasi Kedatangan dan Penempatan Kapal .....	44
Gambar 4.2 Gambar 4.2 Model Simulasi Gangguan Hujan dan Kerusakan <i>Crane</i> Kapal .....	45
Gambar 4.3 Model Simulasi Kedatangan Truk dan Proses <i>Loading</i> di Gudang .	46
Gambar 4.4 Model Simulasi Proses Muat di Pelabuhan.....	47
Gambar 4.5 Hasil Uji Verifikasi Pada Model Simulasi .....	49
Gambar 4.6 Uji <i>One Way</i> Anova Skenario Perbaikan dengan Waktu Muat .....	56
Gambar 4.7 Rata-Rata Waktu Keterlambatan Muat .....	56

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

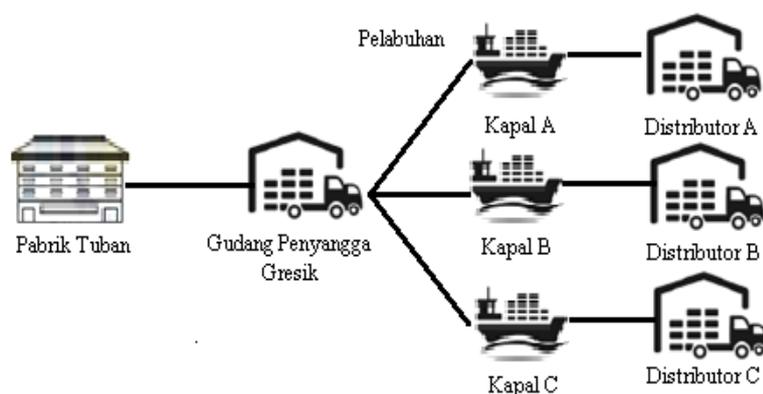
Pada bab 1 ini berisi penjelasan tentang latar belakang permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini, perumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian dan ruang lingkup penelitian. Selain itu, berisi penjelasan mengenai sistematika penulisan dalam penelitian ini.

### **1.1 Latar Belakang**

Distribusi merupakan salah satu bagian yang penting dalam kegiatan logistik khususnya untuk perusahaan manufaktur. Dalam kegiatan logistik, distribusi berperan dalam penyaluran dan penyebaran barang dari produsen ke konsumen. Terdapat tiga moda yang dapat digunakan untuk melakukan distribusi, yaitu transportasi laut, transportasi darat, dan transportasi udara. Alat transportasi yang umumnya digunakan untuk distribusi masing-masing moda yaitu truk dan kereta api untuk jalur darat, kapal untuk jalur laut dan pesawat untuk jalur udara. Namun, dalam penelitian ini akan dibahas mengenai kegiatan distribusi dengan moda transportasi laut. Dalam pelaksanaannya, kegiatan distribusi dengan transportasi laut memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Menurut Christiansen et al. (2007), kelebihan transportasi laut yaitu dapat beroperasi di rute internasional, beroperasi sepanjang waktu, dapat mengirim berbagai jenis produk (cair dan padat) secara bersamaan, memiliki kapasitas yang besar dibandingkan moda transportasi lain. Akan tetapi, transportasi laut juga memiliki beberapa kelemahan yaitu banyak timbul ketidakpastian dalam pengopersiannya, perencanaan tidak terstruktur, membutuhkan waktu yang lama untuk dapat sampai ke tujuan, dan membayar ongkos setiap kali masuk ke pelabuhan. Oleh karena itu, dibutuhkan perencanaan dan berbagai persiapan dalam penggunaan transportasi laut dengan baik sehingga dapat berjalan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Salah satu perusahaan yang melakukan *distribusi* dengan menggunakan transportasi laut adalah PT Semen Indonesia. PT Semen Indonesia merupakan

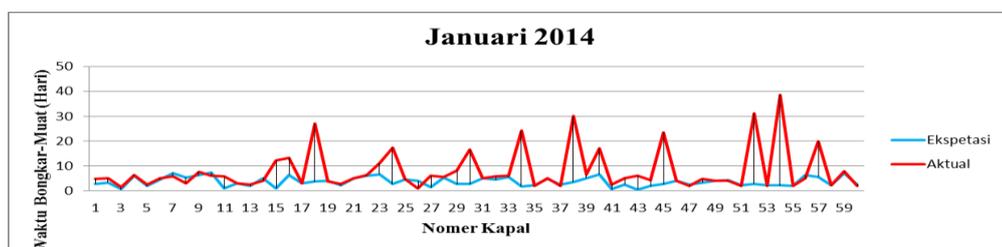
perusahaan yang bergerak dibidang produksi semen. Pelaksanaan distribusi dengan transportasi laut, dapat dilakukan melalui dua pelabuhan milik perusahaan yaitu Pelabuhan Khusus Gresik dan Pelabuhan Khusus Tuban. Kedua pelabuhan tersebut, digunakan oleh perusahaan sebagai tempat untuk sandar kapal yang akan membawa muatan semen dari perusahaan ke distributor yang berada di luar pulau Jawa. Beberapa distributor PT Semen Indonesia yang berada di luar Jawa antara lain Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, Maluku dan Papua. Hasil penjualan semen di luar pulau Jawa tersebut, menyumbang hampir 50% untuk pendapatan perusahaan yang berasal dari penjualan semen. Hal itu dibuktikan pada tahun 2013 hasil penjualan semen yang berasal dari dalam pulau Jawa sebesar 52.8%, dari luar Jawa sebesar 44.6% dan dari negara di Asia sebesar 4.6%. Pada penelitian ini, hanya berfokus pada kegiatan distribusi dengan transportasi laut yang berada di Pelabuhan Khusus Gresik.



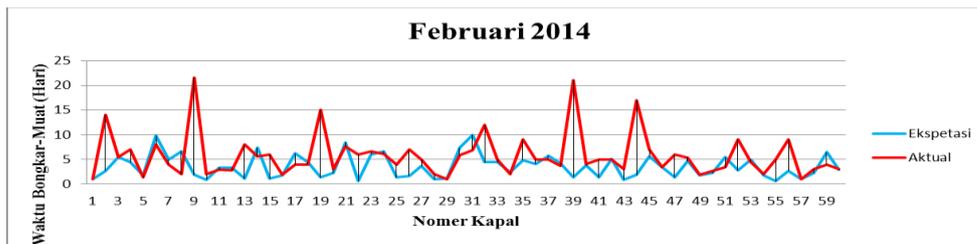
Gambar 1.1 Alur Kegiatan Distribusi dengan Transportasi Laut

Pada Gambar 1.1, dapat dijelaskan bahwa Pelabuhan Khusus Gresik digunakan untuk mendistribusikan semen hasil produksi dari Pabrik Tuban yang disimpan di Gudang Penyangga Gresik. Proses distribusi ini diawali dengan adanya permintaan distributor terhadap semen dalam jumlah yang besar. Kapal yang akan digunakan untuk pengiriman akan antri terlebih dahulu, kemudian kapal akan masuk ke pelabuhan secara berurutan jika terdapat tempat bersandar kapal yang kosong di pelabuhan. Kapal yang telah bersandar akan menunggu

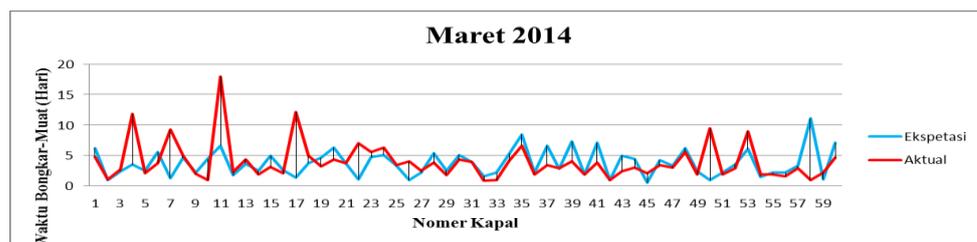
kedatangan truk yang membawakan semen untuk dimuat. Semen tersebut diambil dari persediaan yang terdapat di Gudang Penyangga Gresik. Proses pemindahan semen dari gudang ke pelabuhan ini, menggunakan truk yang memiliki kapasitas 20 sampai 25 ton. Dalam proses tersebut, dibutuhkan waktu untuk aktivitas pemuatan semen ke truk dan waktu perjalanan dari gudang untuk dapat sampai pelabuhan. Begitu juga proses muat dari truk ke kapal juga membutuhkan waktu. Dalam proses muat tersebut, perusahaan memiliki ekspektasi jika terdapat 450 ton semen per hari untuk dapat dimuat dimasing-masing kapal. Sehingga jika sebuah kapal memiliki permintaan semen sebesar 2000 ton maka ekspektasi proses muat di pelabuhan dapat selesai selama 4 hari. Namun, ekspektasi tersebut tidak dapat tercapai jika dalam proses tersebut dapat terganggu atau terhambat oleh beberapa faktor. Terhambatnya proses tersebut secara langsung akan berdampak pada semakin lamanya kapal menunggu di pelabuhan sampai permintaannya atas sejumlah semen terpenuhi. Selain itu, terhambatnya proses tersebut juga dapat mengakibatkan kapal tidak dapat berangkat sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan dan semakin panjangnya antrian kapal untuk dapat sandar di pelabuhan. Sebuah pangkalan kapal di pelabuhan dikatakan efisien jika waktu tunggu kapal di pangkalan semakin kecil dan semakin sedikitnya jumlah kapal yang masih singgah di pelabuhan (Douma et al., 2007). Berikut akan ditampilkan waktu proses muat semen di pelabuhan pada bulan Januari, Februari dan Maret 2014.



Gambar 1.2 Waktu Proses Muat Semen di Pelabuhan Januari 2014  
(Sumber: hasil perhitungan)



Gambar 1.3 Waktu Proses Muat Semen di Pelabuhan Februari 2014  
(Sumber: hasil perhitungan)



Gambar 1.4 Waktu Proses Muat Semen di Pelabuhan Maret 2014  
(Sumber: hasil perhitungan)

Pada Gambar 1.2, Gambar 1.3 dan Gambar 1.4 menggambarkan waktu aktual dengan waktu ekspektasi untuk menyelesaikan proses muat di pelabuhan pada bulan Januari, Februari dan Maret 2014. Waktu proses muat tersebut didapatkan dari selang waktu antara saat proses muat dimulai hingga selesai dilakukan. Terdapat sejumlah kapal dimana penyelesaian proses muat tidak sesuai dengan waktu ekspektasi yang dapat dilihat pada tabel 1.1 dibawah ini:

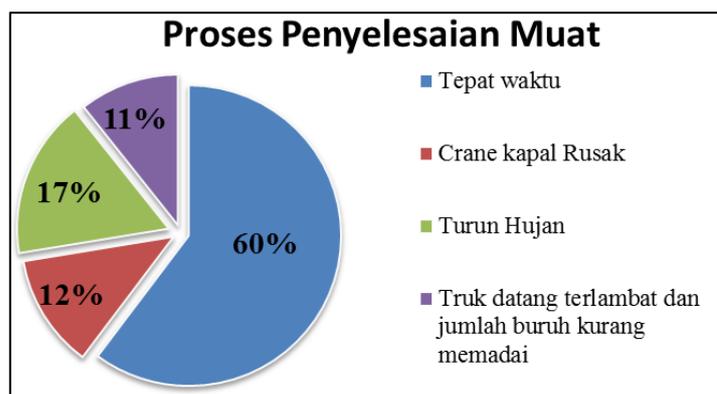
Tabel 1.1 Kesesuaian antara Waktu Aktual dengan Waktu Ekspektasi

Keterangan	Januari	Februari	Maret
Aktual $\leq$ Ekspektasi	31	38	44
Aktual > 1-2 hari dari ekspektasi	12	7	4
Aktual > 3-5 hari dari ekspektasi	14	9	9
Aktual > 5 hari dari ekspektasi	7	8	5
Jumlah kapal	64	62	62

(Sumber: hasil perhitungan)

Berdasarkan Tabel 1.1 dapat dijelaskan bahwa jumlah kapal paling sedikit yang dapat menyelesaikan proses muat sesuai dengan ekspektasi terjadi di bulan

Januari. Sedangkan jumlah kapal paling banyak yang dapat menyelesaikan proses muat sesuai dengan ekspektasi terjadi di bulan Maret. Sehingga pada bulan Maret, proses muat dapat berjalan efektif dibandingkan dua bulan yang lain. Penyelesaian proses muat yang tidak sesuai dengan ekspektasi tersebut perusahaan disebabkan oleh empat faktor penghambat. Berikut ini akan ditampilkan prosentase masing-masing faktor yang berpengaruh terhadap terhambatnya proses muat.



Gambar 1.5 Prosentase Ketidakpastian Proses Muat  
(Sumber: hasil perhitungan)

Pada Gambar 1.5, terdiri dari prosentase jumlah kapal yang tepat waktu (waktu aktual sama atau kurang dari waktu ekspektasi) dan jumlah kapal yang terlambat (waktu aktual lebih dari waktu ekspektasi) untuk menyelesaikan proses muat dibulan Januari hingga Maret 2014. Berdasarkan Gambar 1.5 diatas, bahwa hanya 60% saja jumlah kapal yang dapat menyelesaikan proses muat dengan tepat waktu, dan 40% sisanya kapal terlambat untuk menyelesaikan proses muat. Keterlambatan penyelesaian muat disebabkan oleh empat faktor penghambat. Faktor pertama yaitu turunnya hujan dimana menjadi penyebab utama keterlambatan dalam penyelesaian proses muat. Jumlah kapal yang paling banyak mengalami keterlambatan karena faktor ini terjadi pada bulan Januari. Faktor pertama ini menyebabkan keterlambatan proses muat rata-rata 2 hari dari waktu ekspektasi yang telah ditentukan perusahaan. Kemudian, faktor kedua penyebab keterlambatan adalah kerusakan pada *crane* kapal. Faktor kedua ini, menyebabkan keterlambatan proses muat rata-rata 6 hari dari waktu ekspektasi yang telah

ditentukan perusahaan. Jumlah kapal yang paling banyak mengalami keterlambatan karena faktor kedua ini terjadi pada bulan Januari. Selain itu, faktor ketiga penyebab keterlambatan adalah keterlambatan truk untuk datang. Sedangkan faktor keempat adalah jumlah buruh kurang memadai di gudang. Jumlah kapal yang paling banyak mengalami keterlambatan karena faktor ketiga dan keempat terjadi pada bulan Februari. faktor ketiga dan keempat ini menyebabkan keterlambatan proses muat rata-rata 3 hari dari waktu ekspektasi yang telah ditentukan perusahaan.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan tersebut, maka tujuan utama dari penelitian ini adalah meminimasi faktor kedua dan keempat penyebab keterlambatan sehingga dapat mempersingkat waktu tunggu kapal di pelabuhan dan kapal dapat berangkat tepat waktu. Hal itu dikarenakan, faktor kedua dan keempat merupakan permasalahan yang masih dapat dikontrol atau diperbaiki. Penelitian ini diselesaikan dengan cara membandingkan model sesuai kondisi eksisting dengan model skenario perbaikan menggunakan simulasi. Penelitian ini berbeda dengan penelitian yang lain yaitu membangun sebuah model berbasis simulasi dimana menyertakan ketidakpastian dan menekankan sebuah keputusan yang saling berhubungan dan berpengaruh terhadap kinerja perusahaan (Kelton et al., 2006).

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan perusahaan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah bagaimana cara untuk meminimasi faktor kedua penyebab keterlambatan sehingga dapat mempersingkat waktu tunggu kapal di Pelabuhan Khusus Gresik dan kapal dapat berangkat tepat waktu.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian yang dilakukan ini, sebagai berikut:

- 1) Membangun model simulasi sesuai dengan kondisi eksisting untuk mengetahui faktor apa saja yang dapat diperbaiki untuk dapat mempercepat proses bongkar muat di pelabuhan.

- 2) Membangun model simulasi skenario-skenario perbaikan yang dapat meminimasi waktu tunggu kapal di Pelabuhan Khusus Gresik dalam penyelesaian proses muat
- 3) Menentukan skenario perbaikan yang tepat untuk memperbaiki kondisi eksisting
- 4) Menentukan jumlah *resource* yang diperlukan untuk mengurangi keterlambatan proses muat saat gangguan terjadi

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian yang dilakukan ini, antara lain:

- 1) Perusahaan mendapatkan saran perbaikan yang dapat dilakukan untuk meminimumkan waktu tunggu kapal di pelabuhan
- 2) Model simulasi di pelabuhan dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya

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

Ruang lingkup penelitian digunakan agar penelitian dapat dilakukan lebih terarah. Ruang lingkup penelitian ini didefinisikan dengan batasan dan asumsi.

##### **1.5.1 Batasan**

Batasan yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan ini, antara lain:

- 1) Simulasi hanya untuk menggambarkan dan memperbaiki sistem saat proses muat semen zak di Pelabuhan Khusus Gresik saat musim hujan dikarenakan data diambil pada bulan Januari, Februari, Maret 2014 saat masih berlangsung musim hujan
- 2) Biaya sewa kapal tidak berpengaruh terhadap hasil penelitian karena tidak dikenakan biaya tambahan jika kapal tidak berangkat tepat waktu

##### **1.5.2 Asumsi**

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

- 1) Masing-masing truk hanya bertugas untuk mengirim semen ke satu kapal yang sama di pelabuhan
- 2) Truk dan *human resource* dalam kondisi yang baik saat penelitian berlangsung

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Kerangka sistematis yang digunakan dalam penataan isi laporan penelitian ini, dijelaskan sebagai berikut:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat dan ruang lingkup dalam penelitian ini. Pada bagian akhir juga dijelaskan mengenai penataan isi laporan dalam penelitian ini.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan berisi uraian teori, temuan dan bahan penelitian yang dijadikan sebagai landasan untuk melakukan penelitian tugas akhir ini. Beberapa teori yang disampaikan pada bab ini adalah informasi tentang transportasi laut, *performance indicator*, sistem dan model serta simulasi.

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan semua langkah yang dilakukan dalam penelitian ini sehingga penelitian dapat terorganisir dengan baik. Secara umum, metodologi penelitian diawali tahap pembangunan model konseptual (terdiri dari studi lapangan dan identifikasi masalah, perumusan masalah, dan pembangunan model konseptual), tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisis dan interpretasi data dan, pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan interpretasi dan di akhiri dengan tahap penarikan kesimpulan dan saran.

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

Bab ini mencakup keseluruhan proses terdiri dari pengumpulan data dan pengolahan data. Pengolahan data dilakukan mulai dari *fitting* distribusi,

pembangunan model simulasi, uji verifikasi, perhitungan jumlah replikasi, uji validasi, pembuatan skenario perbaikan, *comparing system* dan diakhiri dengan pemilihan skenario perbaikan.

## BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Bab ini berisi analisis dan interpretasi seluruh hasil *output* simulasi arena yang telah dilakukan dalam pengolahan data di Bab 4. Analisis yang dilakukan, antara lain analisis model simulasi kondisi eksisting, analisis model simulasi skenario perbaikan, analisis *comparing system* skenario perbaikan dan model simulasi skenario perbaikan yang terpilih.

## BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil analisis dan interpretasi yang telah dilakukan. Pada bab ini juga memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan pustaka berisi uraian teori, temuan dan bahan penelitian yang dijadikan sebagai landasan untuk melakukan penelitian tugas akhir ini.

#### **2.1 Transportasi Laut**

Terdapat tiga moda transportasi yang dapat digunakan sebagai sarana distribusi oleh perusahaan, khususnya perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur. Tiga moda transportasi tersebut antara lain transportasi darat, transportasi udara dan transportasi laut. Transportasi yang sering digunakan untuk distribusi dengan moda transportasi darat yaitu truk dan kereta api. Transportasi digunakan untuk distribusi dengan moda transportasi laut yaitu kapal. Sedangkan alat transportasi yang digunakan dalam moda transportasi udara yaitu pesawat. Namun, pada umumnya transportasi laut merupakan pilihan bagi perusahaan yang akan melakukan kegiatan distribusi antar pulau, antar negara maupun antar benua. Hal itu dikarenakan, terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan transportasi laut yang disampaikan oleh Christiansen et al. (2007). Kelebihan distribusi dengan menggunakan transportasi laut yaitu kapal dapat beroperasi di rute internasional, beroperasi sepanjang waktu, dapat mengirim berbagai jenis produk (cair dan padat) secara bersamaan, memiliki kapasitas yang besar dibandingkan moda transportasi lain. Akan tetapi, transportasi laut juga memiliki beberapa kelemahan yaitu banyak timbul ketidakpastian dalam pengopersiannya, perencanaan tidak terstruktur, membutuhkan waktu yang lama untuk dapat sampai ke tujuan, dan membayar ongkos setiap kali masuk ke pelabuhan.

Secara umum, transportasi laut dibagi menjadi tiga model yaitu *industrial shipping*, *linear shipping* dan *tramp shipping* (Lawrence, 1972). *Industrial shipping* merupakan alat transportasi yang dimiliki oleh perusahaan yang bersangkutan dan berfokus untuk meminimumkan biaya perjalanan. *Linear shipping* merupakan model transportasi yang memiliki rute sesuai rencana dan jadwal perjalanan sehingga proses model transportasi ini seperti jalur bus. Maka

permintaan pada model transportasi ini bergantung pada jadwal dan rute yang telah ditentukan. Sedangkan *tramp shipping* beroperasi seperti taksi dan mengikuti argo.

Pada transportasi laut, terdapat berbagai macam komponen yang saling berpengaruh antara satu dengan yang lain, seperti pemilihan kapal yang berdasarkan jenis dan jumlah muatan yang akan dikirimkan serta biaya yang timbul dari penggunaan kapal. Selain itu, dalam pemilihan kapal juga didasarkan pada kedalaman air di pelabuhan setiap kapal bersandar. Oleh karena itu, terdapat beberapa prinsip dalam transportasi laut yang dijelaskan oleh Hwang (2005) seperti berikut ini:

Tabel 2.1 Prinsip Transportasi Laut

Kategori Utama	Komponen
Muatan	Jenis muatan
	Jumlah setiap muatan
	<i>Loading port</i> untuk setiap jenis muatan
	<i>Delivery port</i> untuk setiap jenis muatan
	Kerangka waktu untuk <i>loading</i> dan <i>delivery</i>
Pelabuhan	Jumlah pelabuhan
	Kedalaman air setiap pelabuhan
	Jarak antar pelabuhan
	Waktu untuk <i>loading</i> dan <i>unloading</i> setiap muatan
	Kapasitas penyimpanan untuk setiap muatan
	Failitas yang dibutuhkan untuk <i>loading</i> dan <i>unloading</i> muatan
Kapal	Kapasitas
	Kompartemen
	Jumlah kapal
	Tipe heterogen atau tipe homogeny
	Keterbatasan pelabuhan menerima kapal
	Kecepatan maksimum
	Lokasi kapal saat awal tersedianya waktu horison perencanaan

Sumber : Hwang (2005)

Tabel 2.1 Prinsip Transportasi Laut (Lanjutan)

Kategori Utama	Komponen
Biaya	Biaya sewa kapal
	Biaya akibat kapal menganggur dan kapal melebihi waktu berlabuh dari yang ditentukan
	Biaya operasi kapal, meliputi: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Awak kapal</li> <li>2. Biaya bahan bakar</li> <li>3. Pencucian kompartemen</li> <li>4. Perawatan dan perbaikan</li> <li>5. Tarif pelabuhan</li> </ol>

Sumber : Hwang (2005)

Selain itu, dalam transportasi laut terdapat beberapa karakteristik komponen yang harus diperhatikan seperti kapal, pelabuhan dan muatan yang dibawa. Kapal yang dapat digunakan untuk distribusi tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Berikut ini, Hwang (2005) membagi jenis-jenis kapal berdasarkan karakteristik jenis muatan yang dibawa, yaitu antara lain:

a) Kapal *Bulk Carriers*

Kapal *bulk carriers* merupakan kapal yang digunakan untuk mengangkut muatan berupa bijih besi, batu bara, bauksit, alumunium dan lainnya.

b) Kapal Kontainer

Kapal kontainer digunakan untuk mengangkut muatan berupa produk-produk yang telah dikemas seperti mebel, mesin, kendaraan bermotor, pakaian dan makanan.

c) *Liquefied Gas Carriers*

Kapal *Liquefied Gas Carriers* digunakan untuk mengangkut gas dengan tekanan tinggi seperti *Liquefied Natural Gas* (LNG) dan *Liquefied Petroleum Gas* (LPG). Sehingga kapal diharuskan mempunyai kompartemen yang dapat menjaga tekanan tinggi dan temperature yang rendah.

d) Kapal Tanker

Kapal tanker biasanya digunakan untuk mengangkut produk yang berbentuk cair seperti *crude oil* dan produk kimia.

## **2.2 *Performance Indicator***

Pengoperasian pelabuhan merupakan hal yang harus diperhatikan dalam kegiatan distribusi dengan transportasi berlayar dengan tepat waktu laut. Kegiatan yang paling utama dalam pengopersaian pelabuhan adalah memberangkatkan kapal dengan jumlah sebanyak mungkin sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan (Groningen, 2006). Selain itu, juga harus diperhatikan agar pengoperasian pelabuhan dapat berjalan dengan efisien. Jika pengoperasian dikelola dengan efisien, maka akan dapat menjaga kelancaran kegiatan distribusi selanjutnya. Terdapat dua indikator yang digunakan untuk menilai sistem dalam pelabuhan yang dijelaskan oleh Douma et al. (2007) sebagai berikut:

### **1) Jumlah kapal meninggalkan pelabuhan paling akhir**

Meninggalkan pelabuhan paling akhir sama dengan kapal meninggalkan pelabuhan tidak sesuai dengan waktu yang ditentukan.

### **2) Rata-rata waktu keterlambatan**

Rata-rata waktu keterlambatan didapatkan dari perbedaan waktu antara waktu aktual keberangkatan kapaldi pelabuhan dengan waktu keberangkatankapal yang sesuai dengan jadwal yang ditentukan.

Pada penelitian ini, keterlambatan keberangkatan kapal di indikator kedua dapat diukur dari perbedaan waktu antara waktu aktual dengan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan menyelesaikan kegiatan muat semen ke kapal sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Meminimumkan indikator kedua merupakan tujuan utama dalam penelitian ini. Sedangkan indikator pertama akan secara langsung dapat tercapai jika tujuan kedua dapat dicapai terlebih dahulu.

## **2.3 *Sistem dan Model***

Sistem adalah kumpulan dari beberapa elemen yang terorganisasi untuk sebuah tujuan (Coyle, 2004). Terdapat empat penggolan dari sitem yang dilakukan oleh Checkland (2004) sebagai berikut:

### **1. Sistem alami, yaitu sistem yang secara alami terbentuk sendiri di alam semesta.**

Contoh dari sistem alami antara lain atom, sistem cuaca alam, dan sistem galaksi, dll.

2. Sistem fisik buatan, yaitu sistem yang memiliki bentuk yang jelas dan merupakan hasil dari buatan manusia. Contoh dari sistem fisik buatan antara lain rumah, mobil, fasilitas produksi, dll.
3. Sistem abstrak buatan, yaitu sistem yang tidak memiliki bentuk yang jelas dan merupakan hasil dari buatan manusia. Contoh dari sistem abstrak antara lain berbentuk matematis dan literature.
4. Sistem aktivitas manusia, yaitu sistem yang terbentuk dari aktivitas manusia yang dilakukan baik secara sadar maupun tidak sadar. Contoh dari sistem aktivitas manusia antara lain keluarga, kota, sistem politik, dll.

Model merupakan rancangan untuk menggambarkan kebiasaan yang dilakukan dari sistem. Berdasarkan bentuknya, model dapat diklasifikasikan menjadi tiga, antara lain

1. *Physical model*, merupakan model yang didapat dari hasil penyederhanaan objek berbentuk fisik. Contoh dari model ini yaitu model skala dari pesawat
2. *Mathematical or analytical model*, merupakan kumpulan dari persamaan atau hubungan antara variabel-variabel matematis. Contoh dari model ini yaitu persamaan aliran kerja di rantai produksi
3. *Computer model*, merupakan deskripsi dari sebuah program dari sistem. Contoh dari model ini adalah model simulasi *Monte Carlo*.

## 2.4 Simulasi

Simulasi merupakan percobaan dengan sebuah peniruan sederhana yang dengan menggunakan komputer dari sebuah sistem selama rentang waktu yang ditentukan yang bertujuan untuk memperbaiki pemahaman dan atau dengan tujuan untuk memperbaiki sistem tersebut (Robinson, 2004). Menurut Robinson (2004), kebutuhan untuk menggunakan simulasi ini disebabkan oleh beberapa alasan yaitu sebagai berikut:

1. Sifat alami dari sistem: *variability, interconnectedness, and complexity*.

Salah satu sifat alami dari sistem adalah *Variability*. *Variability* merupakan bentuk variabel yang bervariasi dimana perubahannya tidak dapat diprediksi atau tidak terduga. Dalam kasus *call center*, *variability* dapat terlihat dengan adanya perubahan operator untuk mengatasi besarnya jumlah layanan

telepon. Pada beberapa sistem lain, juga terdapat banyak variabel yang tidak terduga antara lain kedatangan pasien dalam sebuah sistem gawat darurat rumah sakit, dan kerusakan peralatan pada sebuah sistem *flexible manufacturing cell*. Sebuah sistem juga memiliki sifat entiti yang saling berkaitan antara satu dengan yang lain sehingga jika terdapat perubahan pada bagian sistem maka akan mempengaruhi bagian sistem yang lain. Sifat alami sistem tersebut disebut dengan *interconnectedness*. Efek dari *interconnectedness* pada saat tertentu, sangat sulit untuk diprediksi terlebih jika terdapat *variability*. Sifat alami lain dari sistem adalah adanya tingkat kompleksitas atau kesulitan yang tinggi.

## 2. Manfaat simulasi

Beberapa manfaat dari penerapan simulasi disampaikan sebagai berikut:

### ❖ Biaya

Penggunaan metode simulasi dalam penelitian dapat menguntungkan dalam hal biaya. Hal itu dikarenakan, tidak diperlukannya percobaan secara langsung pada kondisi eksisting untuk mengetahui performansi dari alternatif perbaikan sistem yang diusulkan.

### ❖ Waktu

Dari segi waktu, penerapan simulasi dapat menghemat waktu pengerjaan penelitian. Hal itu dikarenakan, waktu running sistem dalam simulasi dapat dilakukan dengan lebih cepat dibandingkan jika dilakukan pada kondisi eksisting secara langsung.

### ❖ Kontrol dari kondisi penelitian

Sebuah penelitian terdapat kondisi yang menunjukkan waktu secara berulang dan bersifat tidak pasti. Maka dengan simulasi, hal tersebut akan di-*generate* dalam bentuk distribusi.

### ❖ Ketidaktersediaan kondisi eksisting

Tidak adanya kemungkinan untuk melakukan percobaan secara langsung pada kondisi eksisting, menjadi salah satu alasan penggunaan metode simulasi.

## 3. Kerugian simulasi

Sedangkan kerugian dalam penggunaan simulasi dalam percobaan sebagai berikut:

### ❖ Mahal

Percobaan menggunakan metode simulasi dianggap mahal karena diperlukan biaya untuk membeli *software* simulasi dan biaya konsultan untuk simulasi yang dilakukan.

❖ Penggunaan waktu

Penggunaan simulasi membutuhkan waktu yang tidak sedikit karena diharuskan untuk membangun model yang rumit dan membutuhkan ketelitian

❖ Data

Jumlah data yang diperlukan untuk pengerjaan eksperimen dengan simulasi tidak sedikit, terlebih lagi jika data yang diperlukan tidak tersedia sehingga membutuhkan analisa dan pengamatan.

❖ Tenaga ahli

Tenaga ahli dibutuhkan dalam pengerjaan simulasi terkait model konseptual, validasi, statistik, manajemen proyek, dll.

#### 2.4.1 Tipe Simulasi

Simulasi juga digunakan untuk mempresentasikan sebuah model sesuai dengan kondisi sistem yang ada. Beberapa jenis simulasi berdasarkan kondisi dari sistem, yaitu:

❖ Statik-Dinamik

Simulasi statik merupakan simulasi yang mempresentasikan sistem pada waktu tertentu seperti simulasi monte carlo. Sedangkan simulasi dinamik merupakan simulasi yang merepresentasikan sistem dalam perubahannya terhadap waktu misalnya sistem *conveyor* yang terdapat di pabrik.

❖ Kontinyu-Diskrit

Simulasi kontinyu memiliki situasi dimana sistem dapat berubah-ubah secara kontinyu dari waktu ke waktu. Sedangkan dalam simulasi diskrit, perubahan sistem terjadi pada saat tertentu saja. Simulasi ini, terdapat dalam sebuah sistem manufaktur dimana mesin mati dan menyala pada waktu tertentu serta waktu istirahat untuk pekerja.

❖ Deterministik-Stokastik

Simulasi deterministik tidak memiliki *random input* seperti seseorang melakukan sesuatu sesuai dengan waktu yang telah ditulis dalam buku agenda. Sedangkan simulasi stokastik, beroperasi menggunakan *random input* seperti sebuah sistem dalam bank dimana terdapat variasi waktu yang dibutuhkan untuk melayani pelanggan berdasarkan waktu kedatangan pelanggan yang diambil secara *random*.

#### 2.4.2 Model Simulasi

Model simulasi terdiri dari beberapa elemen atau bagian yang saling berkaitan untuk mencapai sebuah tujuan (Kelton et al., 2006), yaitu:

❖ Entitas

Entitas merupakan sesuatu yang dikenai dalam proses. Contoh dari entitas antara lain orang, pasien, konsumen, material, dokumen, dan sebagainya..

❖ Atribut (*Local Variables*)

Atribut merupakan sesuatu yang melekat pada entitas sehingga menjadi sebuah karakter yang dapat membedakan entitas yang satu dengan yang lain. Atribut ini dapat berupa identitas, urutan, waktu dan sebagainya.

❖ Variabel (*Global*)

Variabel merupakan sebuah informasi yang merefleksikan beberapa karakteristik dalam sistem. Terdapat dua jenis variabel yaitu variabel yang dibangun oleh arena (seperti jumlah antrian, jumlah jam sibuk *server*, dll) dan variabel yang dibangun oleh *user* (seperti rata-rata waktu pelayanan, *shift*, dll).

❖ *Resource*

*Resource* merupakan elemen dalam sistem yang melakukan proses, umumnya dapat berupa peralatan, orang, fasilitas/ruang dalam sebuah sistem.

❖ *Queue*

*Queue* merupakan sebuah kejadian dimana entiti tidak dapat berpindah karena masih terdapat entiti lain yang masih dalam proses sehingga harus menunggu dan antri.

❖ *Statistical Accumulators*

*Statistical accumulators* merupakan data statistik selama simulasi dijalankan dan digunakan untuk mengukur performansi sistem.

#### ❖ *Events*

*Event* merupakan sesuatu yang terjadi pada saat simulasi berjalan yang dapat mengubah atribut, variabel, atau *statistical accumulators* dan biasanya tidak dapat ditentukan kapan terjadi.

#### ❖ Kontrol

Kontrol menunjukkan dimana simulasi tersebut dilakukan, waktu simulasi, dan juga menjaga urutan, logika, serta *rule* dari sistem seperti FIFO, LIFO, dan sebagainya.

Selain elemen, terdapat beberapa variable yang berpengaruh dalam model simulasi yang dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

##### 1. *Decision Variable*

*Decision variable* adalah variabel yang diputuskan dalam sistem yang dapat menyebabkan perubahan status jika variabel ini dipilih.

##### 2. *Response Variable*

*Response variable* merupakan variabel yang muncul akibat perlakuan dalam sistem atau sering disebut dengan *output variable*.

##### 3. *State Variable*

*State variable* merupakan status dari sebuah sistem pada waktu tertentu, seperti jumlah antrian dan jumlah *work in process* pada waktu tertentu.

## 2.5 Verifikasi

Verifikasi adalah proses untuk menentukan apakah sebuah model simulasi komputer benar mencerminkan model konseptual yang telah dibuat sebelumnya. Verifikasi ini dilakukan dengan cara melakukan uji *error* model simulasi di *software* yang digunakan. Langkah pertama untuk melakukan uji verifikasi yaitu klik kanan pada model window pada *software* Arena, kemudian pilih *run-check*. Selain itu, verifikasi juga dapat dilakukan dengan cara tekan tombol F4. Kemudian jika tidak terjadi *error* dalam simulasi maka pada *software* Arena akan muncul *command* seperti Gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.1 *Command No Error*

## 2.6 Perhitungan Jumlah Replikasi

Perhitungan jumlah replikasi diperlukan untuk menentukan apakah jumlah replikasi tepat menggambarkan seluruh populasi sesuai dengan data kondisi eksisting yang telah diambil atau tidak. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan nilai replikasi awal. Berdasarkan replikasi pertama, akan dijadikan sebagai *input* dalam perhitungan dibawah ini:

$$\text{half width} = \frac{(t_{n-1, \alpha/2}) \cdot s}{\sqrt{n}} \quad (2.1)$$

$$n' \cong Z_{\alpha/2}^2 x \frac{s^2}{hw^2} \quad (2.2)$$

Keterangan:

s : standard deviasi hasil replikasi

n : jumlah replikasi awal

$t_{\frac{\alpha}{2}}$  : nilai dalam tabel t sesuai  $\alpha$  yang diinginkan

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$  : nilai dalam tabel z sesuai  $\alpha$  yang diinginkan

Hw : half-width, dimana merupakan nilai *error* yang diinginkan dari rata-rata hasil replikasi awal

## 2.7 Uji Validasi

Validasi adalah proses untuk menentukan apakah model konseptual benar mencerminkan kondisi eksisting yang ada. Proses ini dilakukan dengan cara membandingkan *output* simulasi kondisi eksisting dengan *output* kondisi eksisting.

Hipotesa yang digunakan sebagai berikut:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$\mu_1$  : *output* kondisi eksisting

$\mu_2$  : *output* simulasi

Terdapat dua metode yang dapat digunakan dalam uji validasi, yaitu:

a) *Welch confidence interval*

Metode ini dapat digunakan dalam uji validasi jika memenuhi syarat dibawah ini:

- Masing-masing populasi saling bebas dan berdistribusi normal baik dalam populasi maupun antar polpulasi
- Jumlah sampel pada populasi  $n_1$  dan  $n_2$  tidak harus sama
- Variansi antara populasi 1 dengan populasi 2 tidak harus sama  $\sigma_1 \neq \sigma_2$
- Perhitungan *welch confidence interval* sebagai berikut:

$$df \approx \frac{\left[ \frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right]^2}{\frac{\left[ \frac{s_1^2}{n_1} \right]^2}{n_1-1} + \frac{\left[ \frac{s_2^2}{n_2} \right]^2}{n_2-1}} \quad (2.3)$$

$$hw = t_{df, \alpha/2} \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} \quad (2.4)$$

$$P = [(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - hw \leq \mu_1 - \mu_2 \leq ((\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + hw)] \quad (2.5)$$

Keterangan:

$\bar{x}_1$ : rata – rata output kondisi eksisting

$\bar{x}_2$ : rata – rata output sistem simulasi

hw: half – width

$s_1$ : standar deviasi output kondisi eksisting

$s_2$ : standar deviasi output sistem simulasi

df: degre of fredom

Jika 0 berada diluar rentang  $\mu_1 - \mu_2$  , maka dapat dikatakan bahwa  $\mu_1 \neq \mu_2$ . Sehingga keputusan yang dapat diambil adalah tolak  $H_0$  dan dapat

disimpulkan jika *output* simulasi kondisi eksisting berbeda secara signifikan dengan *output* kondisi eksisting.

b) *Paired-t confidence interval*

Metode ini dapat digunakan dalam uji validasi jika memenuhi syarat dibawah ini:

- Masing-masing populasi tidak harus saling bebas antar polpulasi dan berdistribusi normal baik dalam populasi maupun antar polpulasi
- Jumlah sampel pada populasi  $n_1$  dan  $n_2$  harus sama
- Variansi antara populasi 1 dengan populasi 2 harus sama  $\sigma_1 = \sigma_2$
- Perhitungan *paired-t confidence interval* sebagai berikut:

$$\bar{x}_{(1-2)} = \frac{\sum_{j=1}^n x_{(1-2)j}}{n} \tag{2.6}$$

$$S_{(1-2)} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n [x_{(1-2)j} - \bar{x}_{(1-2)}]^2}{n-1}} \tag{2.7}$$

$$hw = \frac{t_{n-1, \frac{\alpha}{2}} \cdot \bar{x}_{(1-2)}}{\sqrt{n}} \tag{2.8}$$

$$[(\bar{x}_{(1-2)}) - hw \leq \mu_1 - \mu_2 \leq ((\bar{x}_{(1-2)}) + hw)] \tag{2.9}$$

Jika nilai 0 berada diluar rentang  $\mu_1 - \mu_2$  , maka dapat dikatakan bahwa  $\mu_1 \neq \mu_2$ . Sehingga keputusan yang dapat diambil adalah tolak  $H_0$  dan dapat disimpulkan jika *output* simulasi berbeda secara signifikan dengan *output* kondisi eksisting.

## 2.8 Comparing System

*Comparing System* merupakan proses yang digunakan untuk membandingkan dua atau lebih skenario perbaikan apakah memiliki perbedaan secara signifikan terhadap kondisi eksisting. Jika terdapat perbedaan, maka skenario perbaikan berpengaruh terhadap *output* kondisi eksisting. Perbandingan ini dilakukan dengan cara uji hipotesa *one way ANOVA* pada *software* minitab, dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$H_a$  = paling sedikit terdapat dua rata – rata populasi yang berbeda

Keterangan:  $\mu_1$  = rata – rata populasi kondisi eksisting

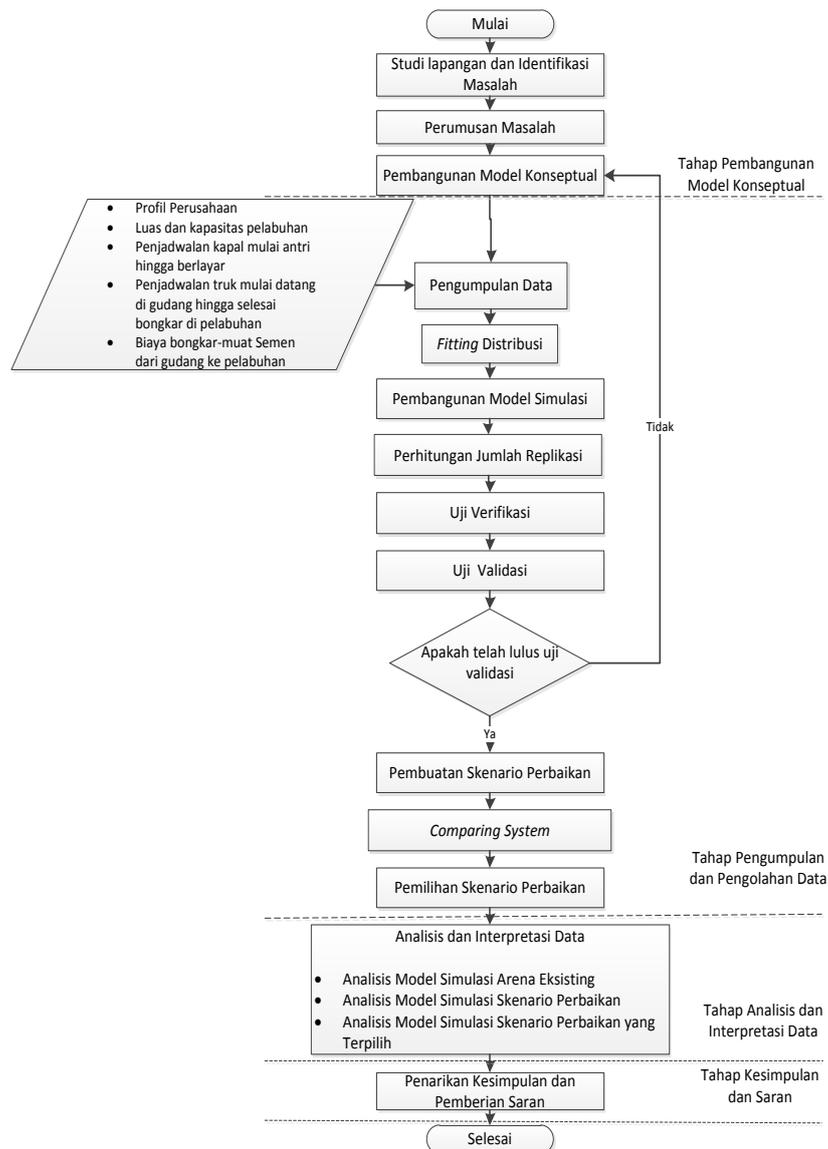
-  $\mu_2, \dots, \mu_k$  = rata – rata populasi simulasi

Hasil uji hipotesa dapat diamati pada *software* minitab maupun Ms. excel adalah nilai F dan *P value*. Jika hasil  $F > F_\alpha$  dan  $P\ value < P_\alpha$  maka terdapat perbedaan secara signifikan antara skenario perbaikan dengan kondisi eksisting. Sehingga skenario perbaikan berpengaruh terhadap *output* kondisi eksisting.

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian meliputi tahapan-tahapan proses yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian. Proses penelitian dimulai dari tahap pembangunan model konseptual, tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisis dan interpretasi serta di akhiri dengan tahap kesimpulan dan saran.



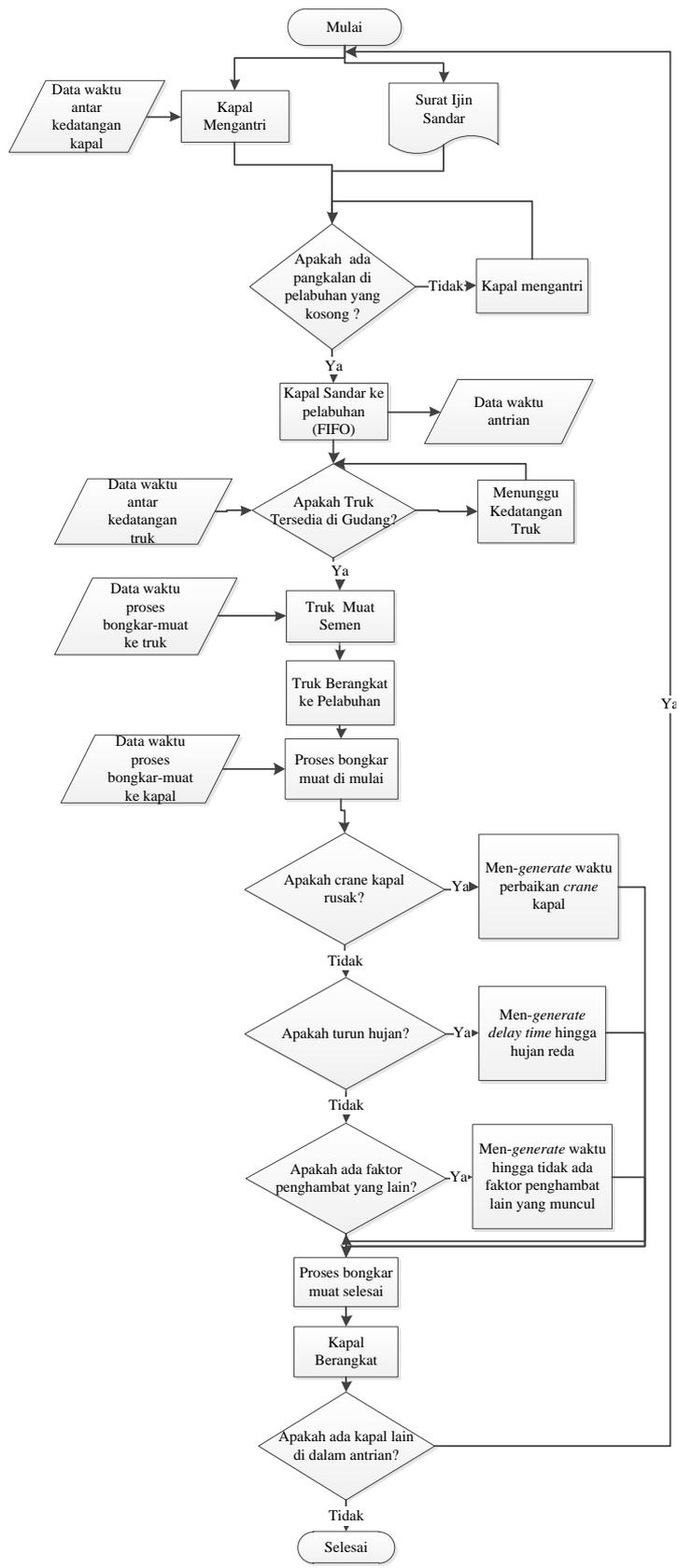
Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

### 3.1 Tahap Pembuatan Model Konseptual

Tahap ini merupakan tahap awal dalam melakukan sebuah penelitian, dimana diawali dengan penggalan informasi mengenai kondisi eksisting sekaligus mengidentifikasi permasalahan apa saja yang terjadi pada aktivitas yang sedang dilakukan di Pelabuhan Khusus Gresik. Tahap ini dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung dan wawancara dengan pihak yang terkait. Setelah permasalahan dapat teridentifikasi maka penelitian akan dilanjutkan dengan perumusan masalah. Hal itu dilakukan agar permasalahan yang ada dapat dikerjakan dengan optimal. Informasi yang telah didapatkan dan masalah yang telah dirumuskan, digunakan sebagai acuan untuk membangun model konseptual yang sesuai dengan kondisi eksisting.

Pada model konseptual, penggambaran kondisi eksisting diawali dengan adanya surat ijin sandar yang diberikan pada pihak *expenditure* yang diikuti dengan kedatangan kapal di dalam antrian. Kemudian melakukan pengecekan apakah terdapat pangkalan yang kosong atau tidak. Jika terdapat pangkalan yang kosong di pelabuhan, maka kapal akan masuk ke pelabuhan untuk sandar sesuai dengan urutan antrian. Namun, jika belum ada pangkalan yang kosong maka kapal masih tetap di dalam antrian. Sistem pelayanan di pelabuhan yang digunakan oleh perusahaan adalah *First In First Out* (FIFO), dimana kapal yang pertama kali datang dalam antrian maka akan masuk ke pelabuhan terlebih dahulu. Setelah proses sandar dilakukan, maka akan didapatkan output berupa lamanya waktu antri. Kapal yang telah bersandar akan menunggu kedatangan truk yang membawa semen dari gudang penyangga Gresik. Hal itu, bergantung pada ketersediaan sejumlah truk di gudang. Jika digudang tersedia sejumlah truk, maka dilakukan proses pemuatan semen ke truk dan dilanjutkan dengan pengiriman ke pelabuhan. Setelah truk sampai di pelabuhan, proses dilanjutkan dengan proses muat semen ke kapal. Proses ini tidak dapat berjalan dengan lancar jika terdapat beberapa faktor penghambat yang mungkin terjadi dalam proses. Faktor penghambat tersebut antara lain turun hujan, *crane* kapal rusak, turun hujan, truk datang terlambat dan jumlah buruh di gudang kurang memadai serta faktor yang lain. Namun, jika faktor penghambat tersebut tidak terjadi maka proses muat akan tetap berjalan hingga permintaan terpenuhi. Setelah permintaan atas sejumlah semen

terpenuhi, kapal akan meninggalkan pelabuhan dan berangkat menuju pelabuhan tujuan. Jika sudah tidak ada kapal di dalam antrian, maka proses di dalam sistem telah selesai. Akan tetapi, jika masih ada sejumlah kapal di dalam antrian maka proses akan dimulai dari awal. Model konseptual dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Model Konseptual Kondisi Eksisting

## **3.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian dan dilanjutkan dengan pengolahan data sesuai dengan alur pengerjaan yang telah ditentukan.

### **3.2.1 Pengumpulan Data**

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data yang diperlukan dalam penelitian. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data yang berkaitan dengan proses bongkar muat yang meliputi waktu antar kedatangan kapal masuk dalam antrian, data *demand* per kapal, data waktu penyelesaian muat per kapal, waktu proses bongkar muat di pelabuhan per truk, data waktu antar kedatangan truk di gudang, data jumlah muatan truk dan waktu proses muat semen ke truk, serta data terjadinya gangguan (waktu antar kerusakan *crane* kapal dan waktu antar turunnya hujan).

### **3.2.2 Pengolahan Data**

Tahap ini, data-data yang telah dikumpulkan selanjutnya diproses sesuai dengan alur pengerjaan yang disampaikan berikut ini:

#### **3.2.2.1 *Fitting* Distribusi**

Setelah data diseragamkan dan telah dirasa cukup, pengolahan data dilanjutkan dengan proses *fitting* distribusi. Proses ini berfungsi untuk memperoleh distribusi dari masing-masing data sehingga dapat menjadi input dalam simulasi arena. *Fitting* distribusi dilakukan dengan menggunakan ARENA®InputAnalyzer.

#### **3.2.2.2 Pembangunan Model Simulasi Arena**

Setelah mendapatkan input distribusi yang diperlukan, maka penelitian dilanjutkan dengan membuat model simulasi arena. Model ini dibuat untuk menguji kegiatan di pelabuhan sesuai dengan penelitian, dimana pelaksanaannya berdasarkan aturan dan penugasan yang sesuai dengan kondisi riil tanpa mengabaikan faktor ketidakpastian. Adanya keterlibatan faktor ketidakpastian,

menjadi alasan untuk lebih memilih menggunakan model simulasi daripada menggunakan metode eksak maupun heuristik dalam penelitian ini. Diharapkan dengan terlibatnya semua faktor ketidakpastian, sistem simulasi dapat lebih mudah untuk dilakukan perbaikan.

### **1.2.2.3 Uji Verifikasi**

Uji verifikasi dilakukan untuk menentukan apakah sebuah model simulasi komputer benar mencerminkan model konseptual yang telah dibuat sebelumnya. Selain itu, uji verifikasi juga berfungsi pengujian untuk membuktikan bahwa model simulasi yang telah dibuat tidak terdapat kesalahan atau *error*. Uji ini dapat dilakukan dengan cara klik *check model* pada menu *run* atau menekan tombol F4 pada *software* Arena.

### **1.2.2.4 Perhitungan Jumlah Replikasi**

Perhitungan jumlah replikasi diperlukan untuk menentukan apakah jumlah replikasi tepat menggambarkan seluruh populasi sesuai dengan data kondisi eksisting yang telah diambil atau tidak.

### **1.2.2.5 Validasi**

Uji validasi dilakukan untuk menentukan apakah model konseptual benar mencerminkan kondisi eksisting atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan *output* simulasi dengan *output* kondisi eksisting. Uji validasi dapat dilakukan dengan menggunakan metode *welch confidence interval*. Hal itu dikarenakan Jumlah sampel pada populasi  $n_1$  dan  $n_2$  tidak harus sama serta variansi antara populasi 1 dengan populasi 2 tidak harus sama  $\sigma_1 \neq \sigma_2$ .

### **3.2.2.6 Pembuatan Skenario Perbaikan**

Desain skenario perbaikan dibuat dengan memperhatikan jumlah truk dan kapasitas pelabuhan sebagai tempat untuk bersandar kapal. Skenerio ini diharapkan dapat mencapai tujuan dalam penelitian yaitu meminimasi waktu tunggu kapal di pelabuhan sehingga kapal dapat berangkat tepat waktu.

### **3.2.2.7 Comparing System**

Setelah masing-masing skenario telah diterapkan dalam simulasi, maka akan dilakukan *comparing system* untuk mengetahui apakah skenario perbaikan memiliki pengaruh atau dapat memperbaiki kondisi eksisting atau tidak.

### **3.3 Tahap Analisis dan Interpretasi Data**

Pada tahap ini dilakukan analisis dan interpretasi data dari hasil tahap pengolahan data. Terdapat tiga analisis yang dijelaskan yaitu analisis model simulasi kondisi eksisting, analisis model simulasi skenario perbaikan dan model simulasi skenario perbaikan yang terpilih.

### **3.4 Tahap Kesimpulan dan Saran**

Tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian dimana dilakukan penarikan kesimpulan penelitian ini berdasarkan analisis dan intepretasi data yang telah dilakukan di tahap 3.3. Selain itu, saran agar penelitian selanjutnya dapat berjalan dengan baik.

## BAB 4

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini dimulai dari proses pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Setelah data yang dibutuhkan terkumpul, maka dilanjutkan dengan proses pengolahan data.

#### 4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data berisi sekumpulan data yang diperlukan dalam proses pengolahan data dalam penelitian ini. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini antara lain data waktu antar kedatangan kapal, data lamanya menunggu diantrian, data waktu penyelesaian proses muat dari truk ke kapal di pelabuhan, data waktu antar kedatangan truk yang datang di pelabuhan dan gudang, data lamanya perjalanan ke pelabuhan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pada bulan Januari, Februari dan Maret tahun 2014.

##### 4.1.1 Data Jumlah dan Waktu Antar Kedatangan Kapal

Data jumlah kapal dan waktu antar kedatangan kapal dalam antrian ini diambil berdasarkan hasil pengurangan antara kedatangan kapal satu dengan kedatangan kapal yang lain.

Tabel 4.1 Waktu Antar Kedatangan Kapal Masuk dalam Antrian

Waktu Antar Kedatangan Kapal Masuk dalam Antrian (jam)							
No.	Januari	Februari	Maret	No.	Januari	Februari	Maret
1	0,17	22,67	25,35	32	0,90	1,23	72,32
2	1,39	0,38	3,58	33	47,42	6,27	0,35
3	2,48	0,28	24,12	34	2,37	0,11	6,84
4	0,90	4,87	18,55	35	12,59	1,28	10,37
5	0,60	1,80	1,28	36	4,84	69,42	26,80
6	0,47	7,18	0,23	37	3,12	0,25	0,09
7	18,40	13,62	3,17	38	49,89	0,61	0,06
8	0,32	24,42	0,90	39	48,07	18,96	0,09
9	0,73	0,05	20,62	40	1,87	0,94	3,24
10	0,62	0,03	27,60	41	6,88	21,78	0,47

Sumber: pengolahan data PT Semen Indonesia

Tabel 4.1 Waktu Antar Kedatangan Kapal Masuk dalam Antrian (Lanjutan)

Waktu Antar Kedatangan Kapal Masuk dalam Antrian (jam)							
No.	Januari	Februari	Maret	No.	Januari	Februari	Maret
11	0,80	3,18	0,40	42	9,02	23,73	40,00
12	45,65	39,23	2,50	43	0,82	7,02	0,21
13	25,03	15,47	0,52	44	0,57	0,41	0,35
14	0,28	13,00	23,72	45	4,72	17,32	0,10
15	0,22	1,28	40,17	46	0,50	0,25	0,14
16	23,67	0,10	4,62	47	23,37	5,25	79,26
17	17,20	0,05	0,85	48	0,13	0,07	0,06
18	24,75	0,55	0,87	49	23,65	67,62	15,95
19	23,28	0,07	65,57	50	1,70	1,22	24,52
20	6,65	0,12	3,93	51	17,13	28,37	5,32
21	1,48	1,55	0,13	52	71,65	0,42	8,97
22	0,08	17,60	0,32	53	0,54	22,29	9,12
23	0,22	3,48	0	54	5,17	18,53	0,55
24	0,37	2,52	0,38	55	0,51	1,59	0,16
25	17,03	0,03	0,18	56	24,40	21,63	3,39
26	0,20	18,58	1,72	57	0,95	1,04	21,63
27	46,89	22,66	6,58	58	0,08	0,66	5,24
28	1,00	21,97	9,52	59	15,14	5,87	1,65
29	3,58	0,13	6,34	60	0,04	1,93	18,11
30	0,05	0,06	0,08	61	0,08	254,49	0,04
31	0,05	0,22	0,56	62	34,20		
Bulan	Januari		Februari		Maret		
Rata-rata	10,92		13,73		10,65		

Sumber: pengolahan data PT Semen Indonesia

Pada tabel 4.1 terdapat tabel yang kosong, hal itu dikarenakan terdapat perbedaan jumlah kapal yang bersandar di pelabuhan pada masing-masing bulan. Pada bulan Januari terdapat 62 kapal yang bersandar di pelabuhan, sedangkan pada bulan Februari dan Maret terdapat 61 kapal yang bersandar di pelabuhan. Rata-rata kedatangan kapal di dalam antrian paling cepat diantara tiga bulan tersebut terdapat di bulan Maret yaitu 10,65 jam. Sedangkan Rata-rata kedatangan kapal di dalam antrian paling lambat terdapat di bulan Februari yaitu 13,73 jam.

#### 4.1.2 Data Demand per Kapal

Pada subbab ini, ditampilkan data *demand* per kapal serta waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses muat dari truk ke kapal hingga *demand* kapal terpenuhi. Proses bongkar muat ini membutuhkan waktu hingga berhari-hari tergantung *demand* per kapal dan kondisi saat proses tersebut berlangsung

(gangguan terjadi atau tidak). Data *demand* per kapal dan waktu proses muat dari truk ke kapal ditampilkan pada Tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2 Data *Demand* per Kapal

Demand per Kapal (ton)							
No.	Januari	Februari	Maret	No.	Januari	Februari	Maret
1	1300	120	2800	33	2500	2000	1000
2	1500	1200	400	34	834	1100	2400
3	500	2450	1100	35	1000	2200	3810
4	2200	2000	1600	36	2200	1850	1000
5	850	800	1150	37	1100	2600	3000
6	2000	4400	2500	38	1600	1900	1300
7	3200	2250	600	39	2300	644	3300
8	2450	3000	2100	40	3000	1700	875
9	2800	850	1000	41	322	600	3200
10	3300	400	2000	42	1150	2300	160
11	120	1500	3000	43	400	500	2250
12	800	1500	800	44	900	850	2000
13	250	500	1650	45	1200	2500	250
14	2300	3300	1125	46	1800	1550	1900
15	485	500	2250	47	1100	600	1500
16	2900	800	1200	48	1500	2100	2800
17	950	2800	629	49	1800	800	1100
18	1700	2000	1700	50	1900	1000	120
19	1200	600	2100	51	1050	2450	1000
20	1000	1000	2850	52	1250	1250	1604
21	2250	3800	1700	53	1000	2250	2750
22	2700	550	506	54	1000	800	700
23	3000	2700	2150	55	875	250	1000
24	1200	3000	2300	56	2800	1200	1000
25	2000	600	1500	57	2550	400	1500
26	1800	750	400	58	1000	1000	5000
27	650	1650	1000	59	3200	2900	500
28	2400	500	2450	60	1150	1300	3200
29	1200	500	1150	61	850	2650	1000
30	1200	3300	2300	62	1000	3200	2100
31	2000	4500	1800	63	250		
32	2000	2000	750				
Bulan		Januari		Februari		Maret	
Rata-rata		1557		1669		1668	

Sumber: Hasil pengolahan data PT Semen Indonesia

Pada Tabel 4.2 diatas, didapatkan bahwa rata-rata jumlah permintaan semen paling banyak terjadi di bulan Maret yaitu 1668 ton. Sedangkan rata-rata jumlah permintaan semen paling sedikit terjadi di bulan Januari yaitu 1557 ton.

#### 4.1.3 Data Waktu Muat Sesuai *Demand* Tiap Kapal

Pada subbab ini akan ditampilkan data waktu penyelesaian proses muat tiap kapal di pelabuhan. Data ini merupakan *output* dari kondisi eksisting di pelabuhan. Data waktu penyelesaian muat per kapal ditampilkan dalam Tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Waktu Muat Sesuai *Demand* per Kapal

Waktu Penyelesaian Muat Sesuai Demand per Kapal (jam)							
No.	Januari	Februari	Maret	No.	Januari	Februari	Maret
1	188,95	127,00	113,67	33	167,00	187,83	24,00
2	191,00	419,99	26,22	34	653,00	47,83	100,33
3	58,67	130,00	137,33	35	71,60	288,17	159,80
4	154,00	242,00	356,08	36	154,73	193,00	47,00
5	57,55	32,78	51,82	37	72,00	119,50	84,00
6	192,00	191,86	91,00	38	793,00	89,41	70,20
7	140,00	94,93	293,48	39	228,07	503,99	98,00
8	73,68	48,00	192,07	40	480,12	96,53	45,00
9	256,00	517,32	69,67	41	134,28	199,22	93,00
10	148,00	128,00	120,00	42	191,55	119,72	25,32
11	210,00	70,00	504,01	43	216,00	1518,00	59,00
12	72,03	68,22	57,00	44	178,07	338,50	72,15
13	58,00	256,48	177,33	45	634,46	232,00	123,78
14	99,00	135,07	46,33	46	122,10	81,44	82,37
15	365,00	201,01	75,00	47	70,55	254,98	72,00
16	391,00	43,95	122,75	48	186,23	129,52	135,03
17	70,50	93,34	363,69	49	114,45	44,00	47,00
18	720,00	95,63	192,00	50	118,05	62,55	298,47
19	91,00	447,17	77,00	51	71,05	81,98	47,00
20	135,77	124,71	106,00	52	816,00	289,99	71,45
21	134,58	182,34	91,00	53	81,63	106,99	287,99
22	154,01	212,20	240,00	54	997,15	47,48	117,31
23	339,00	158,52	207,50	55	48,00	191,99	47,15
24	488,37	148,00	223,33	56	119,10	291,73	39,00
25	188,98	175,00	81,87	57	552,00	0,00	71,24
26	0,00	244,00	168,62	58	56,03	140,67	240,00
27	216,00	183,13	62,00	59	259,09	96,00	126,05
28	131,23	103,00	92,00	60	47,53	145,00	111,47
29	267,75	23,50	44,37	61	192,08	116,27	43,22
30	470,90	140,00	104,77	62	82,99	168,01	154,68
31	119,23	166,30	94,00	63	122,00	-	-
32	210,46	357,93	22,63	64	-	-	-

Sumber: Hasil pengolahan data PT Semen Indonesia

#### 4.1.4 Data Waktu Proses Muat di Pelabuhan Per Truk

Pada subbab ini, data waktu yang diperlukan untuk setiap truk melakukan proses muat untuk kapal di pelabuhan. Data ini berpengaruh atau berhubungan dengan data pada Tabel 4.3 diatas. Data waktu proses muat per truk ditampilkan pada Tabel 4.4 seperti dibawah ini:

Tabel 4.4 Waktu Proses Muat di Pelabuhan per Truk

Waktu Proses Muat di Pelabuhan per Truk (jam)					
No	Januari	No	Februari	No	Maret
1	42	1	42	1	39
2	35	2	41	2	39
3	41	3	38	3	38
4	36	4	41	4	50
5	35	5	39	5	45
6	38	6	45	6	39
7	41	7	35	7	38
8	39	8	36	8	41
9	44	9	43	9	45
10	42	10	36	10	44
...	...	...	...	...	...
585	36	481	43	617	37
586	41	482	37	618	47
587	36	483	35	619	42
588	45	484	36	620	49
589	44	485	45	621	43

Sumber: pengolahan data PT Semen Indonesia

#### 4.1.5 Data Waktu Antar Kedatangan Truk di Gudang

Data waktu antar kedatangan truk di gudang Peyangga Gresik, merupakan hasil selisih antara waktu kedatangan truk yang satu dengan kedatangan truk yang lain di Gudang Penyangga Gresik . Waktu antar kedatangan truk di gudang ini, memiliki satuan jam. Waktu antar kedatangan truk di gudang ditampilkan pada Tabel 4.5 dibawah ini:

Tabel 4.5 Waktu Antar Kedatangan Truk di Gudang

Waktu Antar Kedatangan Truk Di Gudang (Jam)					
No	Januari	No	Februari	No	Maret
1	0,001	1	1,005	1	1,996
2	0,001	2	0,006	2	0,010
3	5,000	3	0,999	3	2,987
4	4,004	4	0,001	4	2,001
5	6,997	5	1,993	5	0,000
6	0,001	6	0,001	6	0,003
7	0,992	7	0,995	7	2,008
8	0,008	8	0,002	8	1,993
9	0,998	9	0,001	9	0,001
10	0,007	10	0,008	10	5,997
...	...	...	...	...	...
585	0,990	481	0,012	617	0,008
586	0,003	482	0,000	618	0,004
587	0,001	483	2,997	619	0,991
588	0,001	484	1,989	620	0,001
589	0,997	485	0,005	621	1,009

Sumber: Hasil pengolahan data PT Semen Indonesia

Pada Tabel 4.5, tampak jika jumlah truk yang datang di masing-masing bulan memiliki jumlah yang berbeda-beda. Jumlah truk yang datang pada bulan Maret lebih banyak dibandingkan dengan jumlah truk yang datang di dua bulan lainnya, yaitu berjumlah 621 truk. Hal itu dikarenakan jumlah *demand* kapal pada bulan Maret lebih besar dari pada bulan yang lain.

#### 4.1.6 Data Jumlah Muatan Truk dan Waktu Proses Muat Semen ke Truk

Pada subbab ini, menjelaskan tentang data jumlah muatan yang dibawa oleh truk serta data waktu lamanya proses pemuatan semen ke truk saat berada di gudang. Lamanya proses pemuatan semen ke truk bergantung pada jumlah muatan yang akan dibawa oleh masing-masing truk. Data jumlah muatan truk dan waktu proses muat semen ke truk ditampilkan pada Tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4.6 Jumlah Muatan Truk dan Waktu Proses Muat Semen ke Truk

Jumlah Muatan & Waktu Proses Pemuatan Semen ke Truk di Gudang								
Januari			Februari			Maret		
No	Jumlah Muatan	Waktu Muat (Jam)	No	Jumlah Muatan	Waktu Muat (Jam)	No	Jumlah Muatan	Waktu Muat (Jam)
1	24	34	1	25	30	1	24	32
2	24	32	2	25	26	2	24	25
3	24	26	3	25	27	3	24	33
4	24	31	4	25	28	4	30	39
5	24	30	5	25	31	5	23	27
6	24	29	6	25	35	6	25	32
7	24	25	7	24	33	7	24	27
8	24	34	8	24	33	8	25	34
9	25	32	9	24	30	9	30	36
10	24	33	10	24	27	10	25	29
...	...	...	...	...	...	...	...	...
585	24	28	481	24	29	617	25	32
586	25	27	482	24	31	618	30	35
587	24	30	483	23	31	619	25	28
588	24	25	484	23	34	620	30	38
589	24	25	485	23	30	621	25	33

Sumber: Hasil pengolahan data PT Semen Indonesia

#### 4.1.7 Data Terjadinya Gangguan

Pada subbab ini akan ditampilkan data kerusakan crane kapal dan hujan yang terjadi dipelabuhan. Data ini digunakan sebagai bahan pertimbangan karena penelitian ini digunakan untuk mensimulasi kondisi eksisting saat musim hujan.

##### 4.1.7.1 Data Waktu Antar Kerusakan Crane Kapal

Data waktu antar kerusakan crane kapal ini menggambarkan selang waktu antara kerusakan pertama dengan kerusakan kedua per kapal. Selain itu ditampilkan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan crane yang mengalami kerusakan. Data waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan crane kapal pada Tabel 4.7:

Tabel 4.7 Waktu Antar Kerusakan dan Waktu Perbaikan *Crane Kapal*

Bulan	<i>Crane Kapal</i>	Waktu antar kerusakan (jam)	Waktu perbaikan (jam)
Januari 2014	1	10,50	72
			96
	2	34,25	192
			216
	3	20,00	120
			168
	4	9,25	120
			144
	5	56,25	216
			192
	6	35,58	240
216			
7	18,67	72	
		96	
8	30,00	144	
		240	
9	34,25	264	
		192	
10	20,00	240	
		288	
11	8,67	96	
		168	
Februari 2015	1	25,50	72
			144
	2	10,50	72
			96
	3	22,00	96
			144
	4	9,25	72
72			
5	52,25	120	
		192	
6	9,25	48	
		72	
7	28,67	48	
		72	
Maret 2015	1	10,50	72
			96
	2	25,50	72
			96
	3	8,67	96
144			
4	10,50	96	
		144	
5	19,25	72	
		96	

#### 4.1.7.2 Data Hujan Turun

Data waktu antar turun hujan ini menggambarkan selang waktu antara hujan pertama dengan hujan kedua yang mengganggu proses bongkar muat pada suatu kapal di pelabuhan. Selain itu juga ditampilkan *delay time* proses bongkar muat hingga hujan reda. Berikut ini ditampilkan data waktu antar turun hujan dan *delay time* pada Tabel 4.8:

Tabel 4.8 Waktu Antar Turun Hujan dan *Delay Time*

N0	Bulan	Waktu antar hujan (jam)	<i>Delay Time</i> (jam)
1	Januari 2014	8	3
2		19	2
3		23	3
4		10	2
5		5	1
6		25	3
7		12	3
8		42	2
9		18	2
10		14	2
11		7	2
12		27	3
13		7	1
14		17	3
15	Februari 2015	4	1
16		12	3
17		29	2
18		5	2
19		8	2
20		11	3
21		8	2
22		20	2
23		19	1
24	Maret 2015	2	2
25		11	1
26		20	1
27		9	1
28		16	3
29		11	1
30		10	3
31		32	1
32		7	3

## 4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai dari *fitting* distribusi, pembangunan model simulasi, uji verifikasi, perhitungan jumlah, uji validasi, pembuatan skenario perbaikan, *comparing system* dan diakhiri dengan pemilihan skenario perbaikan.

### 4.2.1 *Fitting Distribution*

*Fitting distribution* merupakan proses yang berfungsi untuk memperoleh distribusi dari masing-masing data sehingga dapat menjadi input dalam simulasi arena. *Fitting distribution* dilakukan dengan menggunakan ARENA @InputAnalyzer. Data yang dilakukan *fitting distribution* antara lain waktu antar kedatangan kapal, data lamanya kapal menunggu di antrian, *demand* per kapal, waktu proses muat dari truk ke kapal, waktu antar kedatangan truk di gudang, data jumlah muatan truk, waktu proses muat semen ke truk, lamanya perjalanan dari gudang ke pelabuhan, dan waktu antara terjadinya gangguan. Hasil distribusi ditampilkan pada Tabel 4.9 berikut ini:

Tabel 4.9 Hasil *Fitting Distribution*

Komponen	Data	<i>Fitting distribution</i>
Kapal	Waktu antar kedatangan kapal	$-0.001 + \text{EXPO}(11.8)$
	<i>Demand</i> per kapal	$\text{TRIA}(100, 1.04e+003, 5e+003)$
	Waktu proses muat ke kapal per truk	$34.5 + \text{LOGN}(6.96, 8)$
Truk	Waktu antar kedatangan truk di gudang	$-0.001 + \text{EXPO}(1.6)$
	Data jumlah muatan truk	$\text{POIS}(24.6)$
	Waktu proses muat semen ke truk	$24.5 + \text{LOGN}(6.96, 7.24)$
Gangguan	Waktu antar kerusakan crane kapal	$8 + 49 * \text{BETA}(0.571, 1.21)$
	Waktu antar hujan turun	$2 + 40 * \text{BETA}(0.987, 2.14)$
	Lamanya perbaikan crane kapal	$48 + \text{WEIB}(84.7, 1.01)$
	Lamanya hujan	$0.5 + \text{WEIB}(1.77, 2.1)$

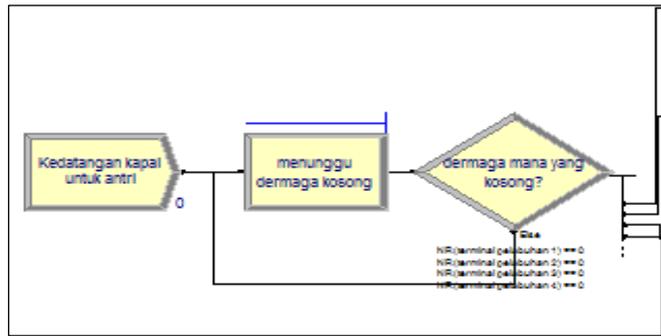
Sumber: Hasil pengolahan data PT Semen Indonesia

#### 4.2.2 Model Simulasi Kondisi Eksisting

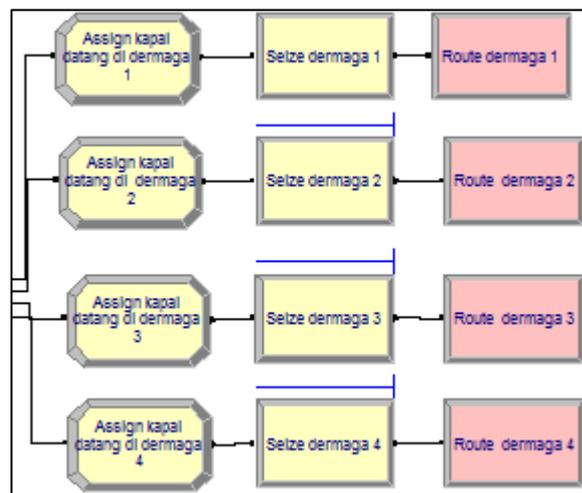
Model ini dibangun berdasarkan kondisi yang terjadi di perusahaan serta berdasarkan data yang telah pada saat kondisi eksisting. Model sistem eksisting ini didesain dengan panjang replikasi tiga bulan, dimana terdapat 90 hari kerja dan dalam satu hari terdapat 24 jam kerja. Model simulasi proses bongkar muat ini terdiri dari empat bagian dimana masing-masing bagian menjelaskan aktivitas atau proses yang berbeda. Empat bagian tersebut yaitu proses kedatangan dan penempatan kapal, munculnya gangguan (hujan dan kerusakan *crane* kapal), aktivitas di gudang, dan aktivitas muat di pelabuhan. Berikut ini akan ditampilkan model eksisting yang menjelaskan empat bagian tersebut:

##### 1. Proses Kedatangan dan Penempatan Kapal

Proses ini merupakan proses awal dalam simulasi yang telah disesuaikan proses atau aktivitas yang terjadi di kondisi eksisting. Proses ini menjelaskan kedatangan kapal di dalam antrian yang letaknya tidak terlalu jauh dari pelabuhan. Kapal yang telah datang, akan menunggu terlebih dahulu hingga terdapat ruang sandar yang kosong di pelabuhan. Hal itu dikarenakan pelabuhan memiliki kapasitas maksimal empat kapal untuk bersandar, dimana dalam model simulasi tempat sandar di pelabuhan diberi nama dermaga 1, dermaga 2, dermaga 3 dan dermaga 4. Kapal yang akan sandar di pelabuhan disesuaikan dengan urutan kedatangan kapal atau sesuai dengan aturan FIFO (*Firs In First Out*), dimana kapal yang datang lebih awal di dalam antrian maka akan masuk ke pelabuhan lebih awal dari pada kapal yang lain. Kemudian, jika terdapat dermaga yang kosong, maka kapal akan sandar sesuai dengan dermaga (dermaga 1,2,3 atau 4) yang kosong. Perjalanan dari lokasi antrian kapal ke pelabuhan memakan waktu hingga dua jam. Setiap kapal yang masuk ke pelabuhan memiliki *demand* yang berbeda-beda (rentang *demand* kapal yaitu 100 ton hingga 3200 ton), dimana dalam model jumlah *demand* dibuat dalam distribusi sehingga *demand* yang setiap kapal akan memiliki jumlah yang berbeda-beda. Proses ini dalam simulasi ditampilkan seperti pada Gambar 4.1 dibawah ini:



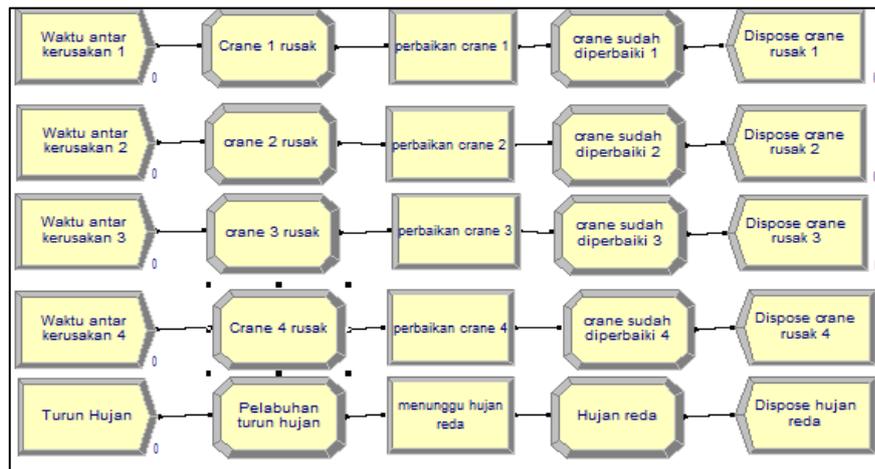
Gambar 4.1 Model Simulasi Kedatangan dan Penempatan Kapal



Gambar 4.1 Model Simulasi Kedatangan dan Penempatan Kapal (Lanjutan)

## 2. Munculnya Gangguan

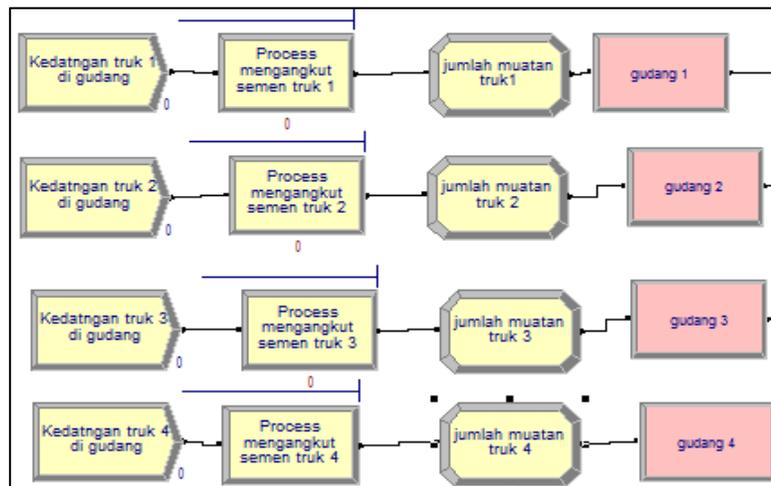
Proses muat yang terjadi di pelabuhan, tidak selamanya berjalan dengan lancar sesuai dengan yang diharapkan. Proses ini akan terhambat jika terdapat beberapa gangguan yang muncul yaitu turunnya hujan dan kerusakan pada *crane* kapal. Pada model simulasi ini, kerusakan *crane* kapal dan turunnya hujan terjadi diwaktu yang berbeda. Jika gangguan tersebut terjadi, maka proses bongkar muat akan berhenti hingga beberapa waktu (selama perbaikan *crane* jika terjadi kerusakan *crane* kapal atau hingga hujan reda jika turun hujan) hingga kondisi kembali normal. Munculnya gangguan dalam model ditampilkan pada Gambar 4.2 dibawah ini:



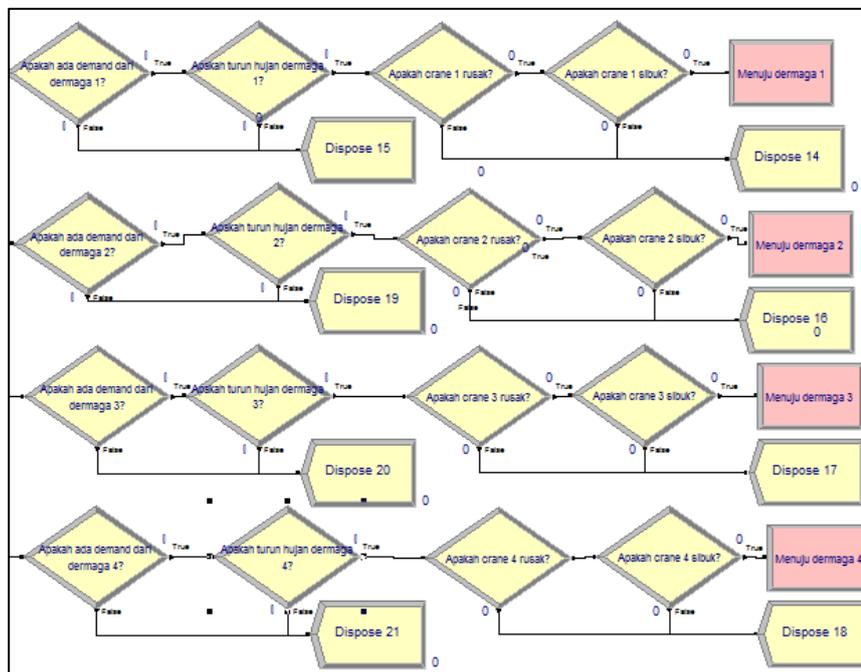
Gambar 4.2 Model Simulasi Gangguan Hujan dan Kerusakan *Crane* Kapal

### 3. Aktivitas di Gudang

Setelah kapal bersandar di pelabuhan, maka secara langsung akan datang sebuah truk di gudang untuk membawa semen ke kapal yang telah ditentukan. Pada penelitian ini, kedatangan truk terbagi menjadi empat yaitu kedatangan truk 1, truk 2, truk 3 dan truk 4. Sehingga masing-masing truk akan ditugaskan untuk masing-masing kapal di pelabuhan (dimana truk 1 ditugaskan membawa semen untuk kapal di dermaga 1, dan begitu juga dengan truk 2,3 dan 4). Hal ini dikarenakan proses muat sebuah kapal tidak akan menunggu proses muat kapal yang lain hingga *demand* kapal tersebut terpenuhi. Sehingga proses muat empat kapal yang telah sandar di pelabuhan dapat terjadi dalam waktu yang bersamaan. Gudang ini memiliki delapan orang buruh, dimana setiap proses pemuatan tiap truk hanya membutuhkan dua orang buruh. Jumlah semen yang dibawa oleh setiap truk memiliki jumlah yang berbeda-beda yaitu 22 ton hingga 30 ton, sehingga lamanya proses pemuatan semen ke truk memakan waktu yang berbeda-beda. Setelah proses pemuatan semen selesai, truk menuju pelabuhan dengan jarak tempuh  $\pm 1$  km dan lamanya perjalanan antara 15 menit hingga 25 menit tergantung dengan kondisi jalan serta ada atau tidaknya gangguan saat perjalanan. Perjalanan dari gudang ke pelabuhan akan terganggu jika turun hujan atau kerusakan pada *crane* kapal. Selain itu, perjalanan ini akan tertahan jika kapal yang dituju masih melakukan proses muat dari truk lain (*crane* masih sibuk). Aktivitas di gudang pada model simulasi ini ditampilkan seperti Gambar 4.3 di bawah ini:



Gambar 4.3 Model Simulasi Kedatangan Truk dan Proses *Loading* di Gudang

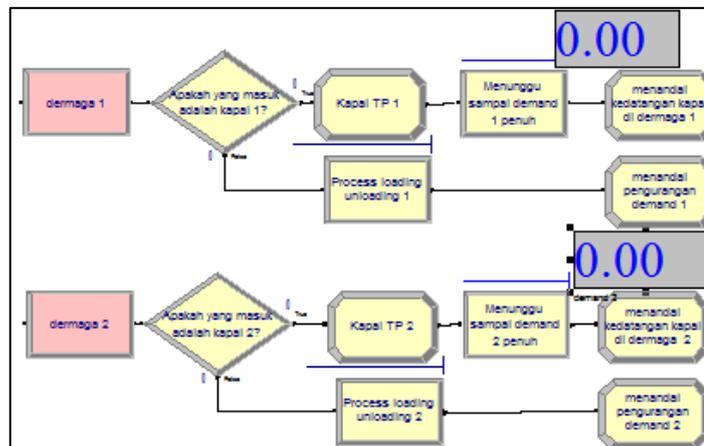


Gambar 4.3 Model Simulasi Kedatangan Truk dan Proses *Loading* di Gudang (Lanjutan)

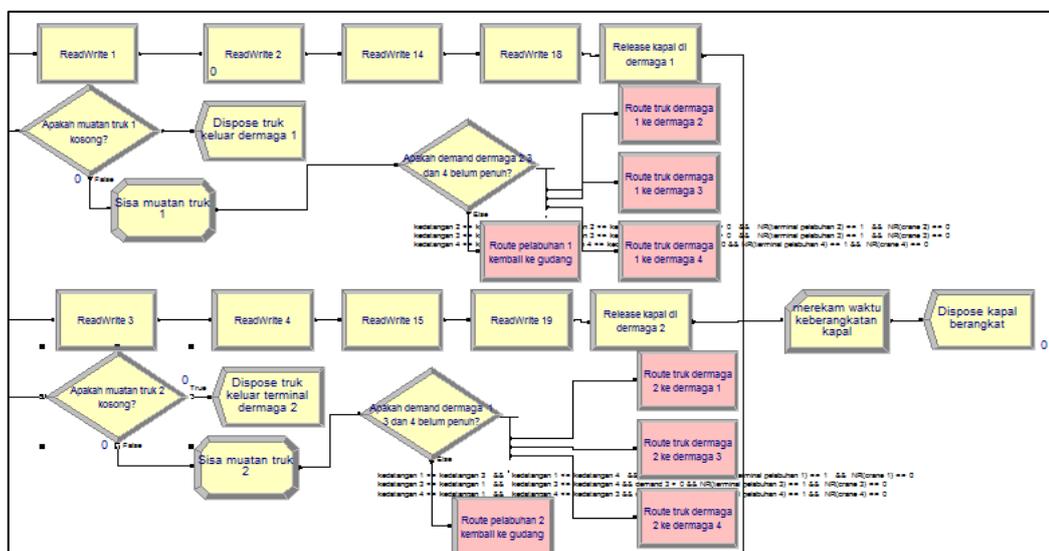
#### 4. Aktivitas Muat di Pelabuhan

Setelah truk sampai di pelabuhan, maka akan dilanjutkan dengan proses muat semen dari truk ke kapal dengan menggunakan *crane*. Setiap pelabuhan (dermaga 1,2,3 dan 4) tersedia satu buah *crane* untuk melakukan proses muat.

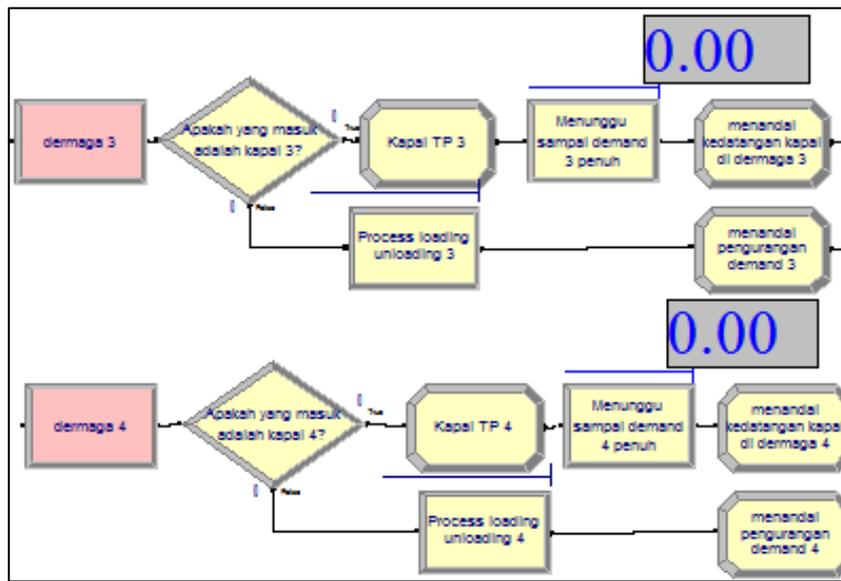
Kapal akan selesai melakukan proses muat dan segera meninggalkan pelabuhan ketika *demand* atas sejumlah semen dapat terpenuhi. Jika demand kapal telah terpenuhi tetapi truk masih memiliki beberapa semen, maka truk akan dialihkan ke kapal lain di pelabuhan selama *demand* kapal tersebut belum terpenuhi dan *crane* tidak sibuk atau pun rusak saat proses muat akan dilakukan. Jika terjadi kerusakan pada *crane*, maka truk akan membawa kembali semen ke gudang. Lamanya waktu proses muat setiap kapal ini dijadikan sebagai *output* dari simulasi. Aktivitas muat di pelabuhan pada model simulasi ini ditampilkan seperti Gambar 4.4 di bawah ini:



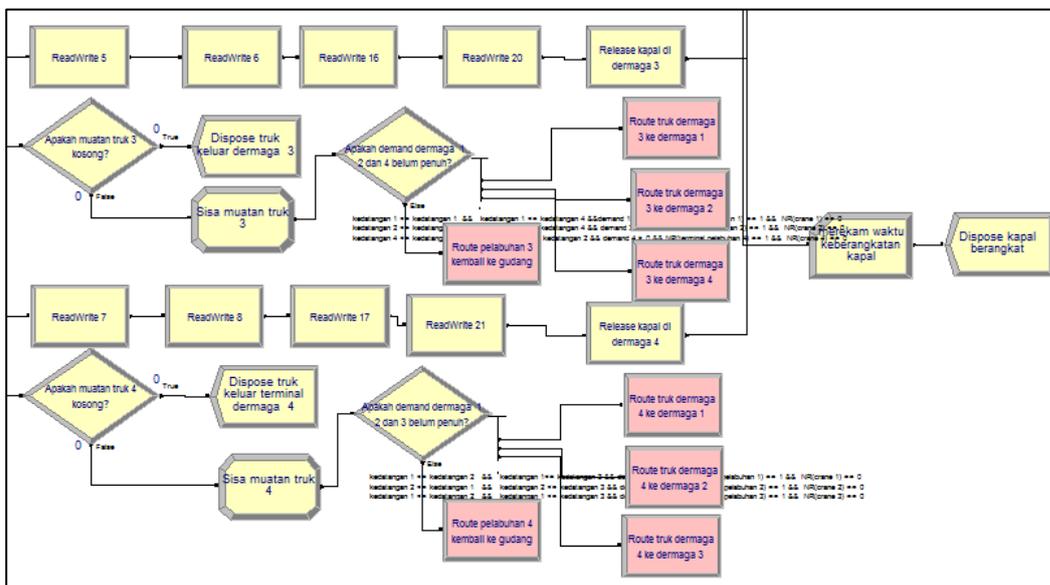
Gambar 4.4 Model Simulasi Proses Muat di Pelabuhan



Gambar 4.4 Model Simulasi Proses Muat di Pelabuhan (Lanjutan)



Gambar 4.4 Model Simulasi Proses Muat di Pelabuhan (Lanjutan)



Gambar 4.4 Model Simulasi Proses Muat di Pelabuhan (Lanjutan)

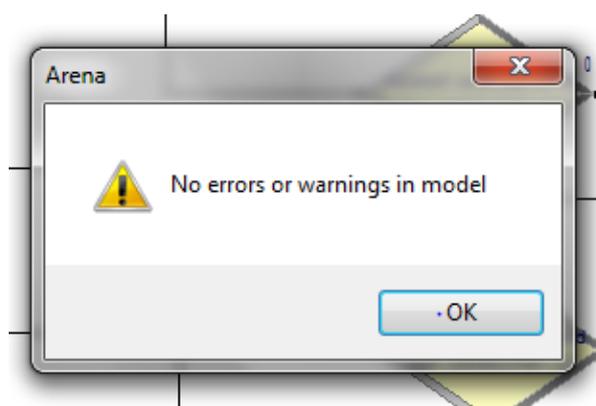
### 4.2.3 Pengujian

Pada tahap ini, akan dilakukan pengujian terhadap model simulasi kondisi eksisting yang telah dibuat. Pengujian ini terdiri dari uji verifikasi, penentuan jumlah replikasi dan uji validasi. Pengujian ini dilakukan agar

penelitian dapat berjalan dengan lancar dan dapat dilanjutkan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

#### 4.2.3.1 Uji Verifikasi

Uji verifikasi merupakan pengujian untuk membuktikan bahwa model simulasi yang telah dibuat tidak terdapat kesalahan atau *error*. Uji ini dapat dilakukan dengan cara klik *check model* pada menu *run* atau menekan tombol F4 pada *software* Arena.



Gambar 4.5 Hasil Uji Verifikasi Pada Model Simulasi

Pada Gambar 4.5, dijelaskan bahwa pada model simulasi tidak terdapat *error*. Hal ini menunjukkan bahwa model simulasi yang dibuat telah sesuai dengan model konseptual yang telah dibuat sebelumnya.

#### 4.2.3.2 Perhitungan Jumlah Replikasi

Perhitungan jumlah replikasi diperlukan dalam penelitian ini untuk menentukan apakah jumlah replikasi tepat menggambarkan seluruh populasi sesuai dengan data kondisi eksisting yang telah diambil atau tidak. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan nilai replikasi awal. Pada tahap awal, dilakukan 10 replikasi. Kemudian dilanjutkan dengan menentukan nilai *half-width*. Setelah itu, menentukan jumlah replikasi yang tepat untuk dapat menggambarkan populasi sesuai data kondisi eksisting. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan jumlah replikasi:

Tabel 4.10 *Output* Simulasi Kondisi Eksisting

Replikasi	Waktu Penyelesaian Bongkar-Muat (jam)							
1	216	342	147	108	489	157	109	83
	600	72	161	94	127	56	257	160
	56	276	286	114	259	117	236	296
	180	242	160	355	141	101	167	345
	292	63	106	117	262	225	168	401
2	333	348	353	28	123	126	131	156
	662	351	265	409	303	237	179	57
	252	276	142	159	58	202	84	158
	229	203	169	95	208	273	351	78
	70	79	273	90	291	-	-	-
3	188	210	264	119	360	147	251	202
	166	424	98	59	110	73	97	143
	101	79	315	103	368	336	255	176
	330	169	182	105	66	72	243	149
	395	214	83	87	458	216	374	91
	52							
4	216	424	505	465	106	41	140	439
	318	152	236	211	186	53	220	135
	171	106	93	101	53	205	143	284
	259	150	111	299	242	127	319	232
	327	85	58	167	214	83	153	
5	175	285	343	35	359	37	267	224
	158	336	132	385	77	65	68	410
	364	148	256	123	140	251	176	149
	107	405	80	191	80	61	164	167
	172	339	389	292	321	144		
6	136	355	350	220	445	162	265	155
	409	171	125	291	149	426	134	106
	268	227	218	72	265	162	229	66
	100	222	288	218	207	245	329	173
	135	87	109	61	327	288		
7	205	50	273	62	68	394	163	147
	614	263	191	165	290	228	112	109
	12	319	99	246	294	303	114	290
	317	364	202	225	174	313	116	463
	110	129	122	418				
8	110	204	271	130	116	167	397	270
	394	321	74	52	354	48	141	90
	133	149	71	97	90	278	341	142
	237	93	240	143	433	247	198	88
	202	73	91	156	224	85	163	178
	88	87	256	55				

Sumber: *Output* Simulasi Kondisi Eksisting

Tabel 4.10 *Output* Simulasi Kondisi Eksisting (Lanjutan)

Replikasi	Waktu Penyelesaian Bongkar-Muat (jam)							
9	209	265	32	396	159	430	8	151
	362	349	308	299	275	156	212	172
	228	238	237	417	251	320	99	208
	191	217	106	89	141	205	138	175
	310	203	276					
10	214	275	102	87	443	118	476	175
	63	204	192	244	82	146	207	182
	235	179	171	322	285	161	243	62
	65	116	147	259	416	389	65	139
	99	258	172	263	153	233	193	
Mean					205			
Std. Deviasi					113			
Variansi					12855			

Sumber: *Output* Simulasi Kondisi Eksisting

$$\text{half width} = \frac{(t_{n-1, \alpha/2}) \times S}{\sqrt{n}}$$

$$\text{half width} = \frac{(2.26) \times 113}{\sqrt{10}} = 81,11$$

Maka prosentase *error* terhadap data =  $hw / \text{rata-rata} \times 100\%$

$$= 81,11 / 113 \times 100\% = 40\%$$

Prosentase *error* terhadap data terlalu besar, sehingga diputuskan untuk memperkecil *error* menjadi 10 %

$$\text{Half - width (hw)} = 10\% \cdot \bar{x}$$

$$hw = 10\% \times 205 = 20.5$$

Tingkat kepercayaan=95%, sehingga  $\alpha = 0.05$

$$n \cong Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \times \frac{s^2}{hw^2}$$

$$n \cong 1.96^2 \times \frac{113^2}{20.5^2}$$

$$n \cong 118$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan jumlah minimum replikasi yang dibutuhkan untuk menggambarkan kondisi eksisting dengan tepat adalah 118 replikasi. Sehingga, untuk pengolahan data selanjutnya menggunakan data dari 118 replikasi.

### 4.2.3.3 Uji Validasi

Uji validasi merupakan uji yang digunakan untuk menentukan apakah model konseptual benar mencerminkan kondisi eksisting yang ada. Uji ini diterapkan dengan cara membandingkan *output* simulasi dengan jumlah 118 replikasi terhadap data *output* dari kondisi eksisting. Pada Tabel 4.11 berikut ini ditampilkan 118 replikasi *output* simulasi dan data *output* dari kondisi eksisting:

Tabel 4.11 *Output* Simulasi Kondisi Eksisting 118 Replikasi

Replikasi	Waktu muat						
1	204	31	198	61	179	91	164
2	211	32	228	62	221	92	210
3	194	33	208	63	177	93	184
4	201	34	171	64	194	94	187
5	207	35	199	65	197	95	228
6	216	36	204	66	208	96	159
7	221	37	232	67	192	97	226
8	177	38	214	68	212	98	175
9	224	39	206	69	204	99	182
10	201	40	217	70	199	100	215
11	202	41	235	71	209	101	236
12	184	42	198	72	171	102	188
13	211	43	191	73	227	103	192
14	249	44	192	74	215	104	200
15	203	45	202	75	226	105	225
16	209	46	228	76	222	106	182
17	203	47	207	77	188	107	206
18	202	48	222	78	187	108	204
19	196	49	182	79	219	109	219
20	186	50	207	80	183	110	197
21	213	51	206	81	210	111	192
22	209	52	212	82	197	112	191
23	231	53	207	83	204	113	198
24	214	54	193	84	234	114	192
25	203	55	229	85	186	115	185
26	205	56	198	86	191	116	217
27	231	57	242	87	186	117	209
28	193	58	216	88	243	118	219
29	213	59	236	89	207		
30	197	60	211	90	204		

$$df \approx \frac{\left[ \frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}{\frac{\left[ \frac{S_1^2}{n_1} \right]^2}{n_1-1} + \frac{\left[ \frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}{n_1-1}}$$

$$hw = t_{df, \alpha/2} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}$$

$$P = [(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - hw \leq \mu_1 - \mu_2 \leq (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + hw]$$

$$df \approx \frac{\left[ \frac{184^2}{187} + \frac{172^2}{118} \right]^2}{\frac{\left[ \frac{184^2}{187} \right]^2}{187-1} + \frac{\left[ \frac{172^2}{118} \right]^2}{118-1}}$$

$$df \approx 191.628$$

$$hw = 1.969 \times \sqrt{\frac{184^2}{187} + \frac{205^2}{118}}$$

$$hw = 27$$

$$P = [(181 - 205) - 27 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq (181 - 205) + 27]$$

$$P = -51 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 2.39$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapatkan bahwa nilai 0 berada di dalam rentang  $\mu_1 - \mu_2$ . Maka dapat dikatakan bahwa  $\mu_1 = \mu_2$ . Sehingga keputusan yang dapat diambil adalah terima  $H_0$ . Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perhitungan tersebut adalah *output* simulasi kondisi eksisting tidak berbeda secara signifikan dengan *output* kondisi eksisting atau bisa dikatakan jika model konseptual benar mencerminkan kondisi eksisting.

#### 4.2.4 Skenario Perbaikan

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah keterlambatan dalam proses bongkar muat di pelabuhan. Pada bab ini akan diberikan beberapa alternatif skenario perbaikan yang dapat memperkecil waktu keterlambatan kapal dalam proses muat di pelabuhan. Alternatif skenario perbaikan yang diberikan pada penelitian ini dilakukan dengan menambahkan jumlah *crane* dan perubahan urutan masuk ke pelabuhan. Hal itu dikarenakan, terjadi antrian saat kapal

mengganggu untuk masuk ke dalam pelabuhan yang memakan waktu selama 865 jam. Alternatif skenario perbaikan ditampilkan pada Tabel 4.12 dibawah ini:

Tabel 4.12 Alternatif Skenario Perbaikan

Skenario	Jumlah buruh di Gudang	Jumlah ketersediaan <i>resource crane</i> kapal				Aturan Masuk Pelabuhan
		Sandar 1	Sandar 2	Sandar 3	Sandar 4	
0=Eksisting	8	1	1	1	1	FIFO
1	8	2	2	2	2	FIFO
2	8	1	1	1	1	<i>Lowest Demand</i>
3	8	2	2	2	2	<i>Lowest Demand</i>

Pada Tabel 4.12 diatas, terdapat sebanyak tiga alternatif perbaikan yang dapat diberikan untuk perusahaan. Pada skenario perbaikan ini jumlah truk tidak berpengaruh terhadap tujuan dari *output* simulasi meminimasi waktu proses muat pada kondisi eksisting. Hal itu dikarenakan, truk akan selalu tersedia saat terdapat permintaan semen pada setiap kapal di pelabuhan. Selain itu, pengaturan jumlah truk menjadi tanggung jawab pihak *expenditure*. Skenario perbaikan pada Tabel 4.12 mengubah jumlah *crane* kapal disetiap tempat sandar di pelabuhan dan mengubah aturan kapal untuk masuk ke pelabuhan. Terdapat dua aturan kapal untuk masuk ke pelabuhan yaitu FIFO (*Fisrt In Fisrt Out*) dan *lowest demand*. Aturan FIFO menjelaskan bahwa kapal yang masuk lebih dahulu ke pelabuhan adalah kapal yang pertama kali datang untuk mengantri. Sedangkan aturan *lowest demand* menjelaskan bahwa kapal yang masuk lebih dahulu ke pelabuhan adalah kapal yang memiliki *demand* yang paling rendah. Kemudian, perubahan jumlah *crane* kapal dimaksudkan untuk mengantisipasi adanya kerusakan *crane kapal* pada saat proses bongkar muat berlangsung.

Penambahan buruh tidak dimasukkan di skenario perbaikan karena dengan penambahan jumlah buruh, utilitas yang dihasilkan tidak mengalami peningkatan atau terjadi penurunan utilitas. Sehingga penambahan jumlah buruh di gudang sebanyak 8 orang dianggap masih dapat melakukan proses muat semen

di gudang dengan baik. Penurunan utilitas buruh di gudang dengan adanya penambahan buruh ditampilkan pada Tabel 4.13 di bawah ini:

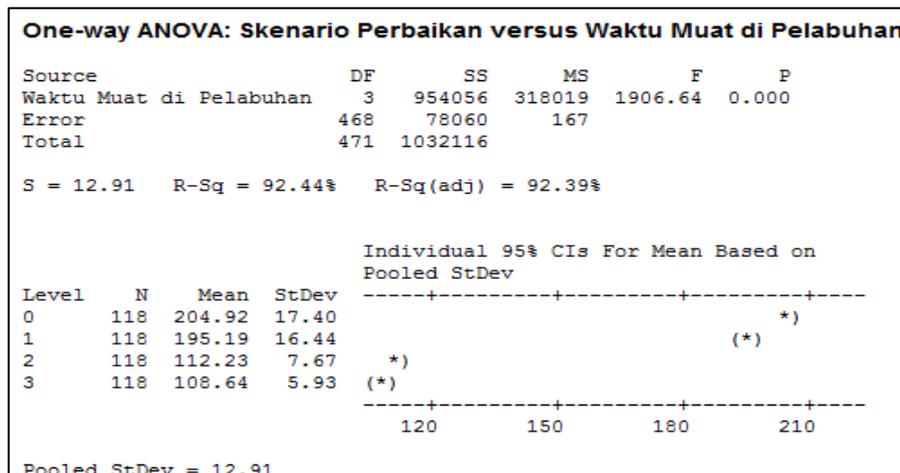
Tabel 4.13 Utilitas Buruh di Gudang

Skenario	Jumlah buruh di Gudang	Utilitas buruh (unit per jam)
0	8	0,328
1	12	0,219
2	16	0,164
3	20	0,131

Pada Tabel 4.13 diatas, dengan penambahan 4 orang buruh (total ada 12 orang buruh) tampak terjadi penurunan utilitas sebesar 0,109 unit per jam yang dihitung dari utilitas buruh saat kondisi eksisting. Kemudian penambahan 8 orang buruh (total ada 16 orang buruh) tampak terjadi penurunan utilitas sebesar 0,164 unit per jam. Sedangkan penambahan 12 orang buruh (total ada 20 orang buruh) tampak terjadi penurunan utilitas sebesar 0,197 unit per jam

#### 4.2.5 *Comparing System* antara Skenario Perbaikan dengan Waktu Muat

*Comparing system* digunakan untuk membandingkan dua atau lebih skenario perbaikan apakah terdapat perbedaan secara signifikan terhadap kondisi eksisting. Selain itu, *comparing system* juga digunakan untuk memilih skenario perbaikan yang tepat untuk memperbaiki kondisi eksisting. *Comparing system* ini membandingkan hasil skenario perbaikan dengan waktu muat yang dilakukan dengan menggunakan uji *one way* Anova yang terdapat di *software minitab*. Hasil *comparing system* ditampilkan pada Gambar 4.6 dibawah ini:



Gambar 4.6 Uji *One Way Anova* Skenario Perbaikan dengan Waktu Muat



Gambar 4.7 Rata-Rata Waktu Keterlambatan Muat

Tingkat kepercayaan yang digunakan dalam *comparing system* adalah sebesar 95%, sehingga diperoleh alfa sebesar 5%. Pada Gambar 4.6 diatas, hasil *output* dari uji *one way anova* nilai *p-value* < 5 % maka terdapat perbedaan secara signifikan antar skenario dan antara skenario dengan kondisi eksisting. Sehingga terdapat perbedaan waktu yang signifikan pada proses muat terhadap kondisi eksisting. Berdasarkan Gambar 4.6 dan Gambar 4.7, juga didapatkan bahwa skenario yang memiliki waktu muat dan rata-rata waktu keterlambatan muat yang paling minimum adalah skenario 3. Pada skenario 3 tersebut menambahkan 1 buah *crane* pada masing-masing tempat sandar dan mengubah aturan kapal masuk ke pelabuhan menjadi *lowest demand* sehingga waktu rata-rata muat yang lebih kecil diantara skenario yang lain.

#### 4.2.6 Pengaruh Penambahan Jumlah *Crane* Terhadap Pengurangan Keterlambatan Proses Muat

Pada tahap ini dilakukan perbandingan antara waktu bongkar muat saat kondisi normal, terjadi gangguan dan kondisi dengan penambahan jumlah *crane*. Pada kondisi normal, dibutuhkan waktu proses-bongkar muat selama 177 jam untuk memenuhi *demand* 2000 ton. Kemudian, model dibuat dengan munculnya gangguan seperti satu kerusakan *crane* kapal dengan waktu antar kedatangan 15 jam dimana membutuhkan waktu perbaikan selama 8 jam dan satu kali turun hujan dengan waktu antar kedatangan 4 jam dimana *delay time* yang terjadi hingga hujan reda selama 3 jam. Sehingga pada tahap ini, bisa didapatkan apakah terdapat pengaruh antara jumlah *crane* terhadap pengurangan keterlambatan proses muat atau tidak. Pengaruh antara jumlah *crane* terhadap pengurangan keterlambatan proses muat pada Tabel 4.14 berikut ini:

Tabel 4.14 Perbandingan antara Skenario Perbaikan dengan Gangguan

Status Pelabuhan	Jumlah Crane di setiap Dermaga	Waktu bongkar muat	<i>Demand</i> kapal (ton)	Pengurangan Waktu keterlambatan (jam)	Prosentase Pengurangan Waktu keterlambatan
Normal (Tidak ada gangguan)	1	177	2000	-	
Ada gangguan	1	213	2000	-	
Ada gangguan	2	196	2000	17	47%

Berdasarkan Tabel 4.14, adanya gangguan tersebut mengakibatkan keterlambatan muat sebesar 37 jam yang di dapatkan dari selisih waktu muat saat kondisi normal dengan waktu muat saat terjadi gangguan. Kemudian, diterapkannya penambahan 1 buah *crane* di setiap dermaga dapat mengurangi waktu keterlambatan selama 17 jam. Selain itu, besarnya pengurangan waktu keterlambatan juga dapat dilihat dari besarnya prosentase yang dihitung dengan membagi pengurangan keterlambatan dengan keterlambatan muat sebesar 37 jam kemudian dikali 100%. Sehingga dengan adanya tambahan 1 buah *crane*, dapat

mengurangi keterlambatan sebesar 47% (dimana perhitungan prosentase keterlambatan yaitu  $(17/37) \times 100\%$ ).

#### **4.2.7 Skenario Perbaikan yang Terpilih**

Pada subbab ini akan membahas tentang pemilihan skenario perbaikan berdasarkan hasil *comparing system* di subbab 4.2.5. dan pengolahan data di subbab 4.2.6. Berdasarkan Gambar 4.6, terdapat satu skenario perbaikan yang memiliki rata-rata waktu proses bongkar muat paling kecil dibandingkan dua skenario yang lain yaitu skenario 3. Selain itu pada Gambar 4.7, skenario 3 tersebut juga memiliki rata-rata waktu keterlambatan proses muat yang lebih kecil dibandingkan skenario yang lain yaitu selama 50 jam. Oleh karena itu, skenario yang terpilih untuk meminimumkan waktu tunggu dengan tepat pada kondisi eksisting adalah skenario 3.

## **BAB 5**

### **ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA**

Bab ini berisi analisis dan interpretasi seluruh hasil output simulasi arena yang telah dilakukan dalam pengolahan data pada Bab 4. Analisis yang dilakukan, antara lain analisis model simulasi kondisi eksisting, analisis model simulasi skenario perbaikan, analisis *comparing system* skenario perbaikan dan analisis model simulasi skenario perbaikan yang terpilih.

#### **5.1 Analisis Model Simulasi Kondisi Eksisting Proses Muat**

Model simulasi kondisi eksisting proses muat di pelabuhan Khusus Gresik milik PT Semen Indonesia dibuat berdasarkan proses dan kondisi nyata di pelabuhan. Setelah model simulasi dibuat, model harus diuji verifikasi dan validasi agar model dapat dengan tepat menggambarkan kondisi eksisting. Hasil dari uji verifikasi dan validasi, model simulasi dinyatakan lolos atau dapat dikatakan jika model sudah sesuai dan dapat menggambarkan kondisi eksisting dengan tepat. Selain itu, diperlukan juga perhitungan jumlah replikasi untuk *running* simulasi yang akan dilakukan saat proses selanjutnya yang akan dilakukan. Perhitungan ini perlu dilakukan agar jumlah replikasi dapat menggambarkan seluruh data sesuai dengan data kondisi eksisting. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, data proses bongkar muat membutuhkan minimal 118 kali replikasi.

Model simulasi kondisi eksisting sistem proses muat semen yang telah dibangun dengan baik, selanjutnya digunakan untuk menganalisis faktor apa saja yang dapat diperbaiki untuk dapat mempercepat proses bongkar muat di pelabuhan. Berdasarkan hasil dari *running* simulasi sebanyak 118 kali replikasi, antrian terlama saat kapal menunggu di dalam antrian yaitu total lamanya menunggu di antrian 856 jam. Hal itu dikarenakan, adanya kerusakan *crane* kapal saat proses muat terjadi. Berdasarkan antrian tersebut, maka dibuat skenario perbaikan penambahan *resource crane*. Selain itu, juga dilakukan penambahan jumlah buruh di gudang untuk mengantisipasi terjadinya antrian pemuatan semen

ke truk di gudang. Selain itu juga, di dapatkan output yang lain seperti rata-rata waktu muat di pelabuhan dilakukan selama 204.92 jam, rata-rata waktu keterlambatan muat di pelabuhan dilakukan selama 97 jam dan utilitas *crane* sebesar 0.277 serta utilitas buruh digudang sebesar 0.388. *Output* tersebut akan digunakan sebagai bahan pertimbangan atau perbandingan ditahap *comparing system*.

## 5.2 Analisis Model Simulasi Skenario Perbaikan

Skenario perbaikan yang dapat diusulkan untuk sistem proses muat di Pelabuhan Khusus Gresik milik PT Semen Indonesia (Persero) sebanyak tiga skenario. Pada skenario perbaikan hanya dapat menambahkan maksimum satu buah *crane*, karena kapasitas dari pelabuhan yang tidak memadai dan kemampuan *expenditure* dari perusahaan untuk menyediakan tambahan *crane* sebanyak dua buah. Selain itu, juga dilakukan perubahan aturan kapal untuk masuk ke pelabuhan. Penambahan buruh tidak dimasukkan di skenario perbaikan karena dengan penambahan jumlah buruh, utilitas yang dihasilkan tidak mengalami peningkatan atau terjadi penurunan utilitas. Jumlah buruh di gudang sebanyak 8 orang buruh memiliki utilitas sebesar 0.328. Jika ditambahkan 4 orang buruh (total ada 12 orang buruh) maka terjadi penurunan utilitas sebesar 0,109 unit per jam yang dihitung dari utilitas buruh saat kondisi eksisting. Kemudian penambahan 8 orang buruh (total ada 16 orang buruh) tampak terjadi penurunan utilitas sebesar 0,164 unit per jam. Sedangkan penambahan 12 orang buruh (total ada 20 orang buruh) tampak terjadi penurunan utilitas sebesar 0,197 unit per jam. Sehingga penambahan jumlah buruh di gudang sebanyak 8 orang dianggap masih dapat melakukan proses muat semen di gudang dengan baik.

Perbaikan yang diusulkan pada skenario 1 yaitu menambah 1 buah *crane* kapal dimasing-masing tempat sandar kapal (total ada 8 buah *crane*) di pelabuhan dan aturan kapal untuk masuk ke pelabuhan tetap dengan aturan semula yaitu mengikuti aturan FIFO. Pada skenario perbaikan 2 jumlah *crane* kapal dimasing-masing tempat sandar kapal di pelabuhan tetap seperti kondisi eksisting dimana total terdapat 4 buah *crane* dan mengubah aturan kapal untuk masuk ke pelabuhan tetap dengan aturan semula FIFO menjadi *lowest demand*. Pada skenario

perbaikan 3 ditambahkan 1 buah *crane* kapal dimasing-masing tempat sandar kapal (total ada 8 buah *crane*) di pelabuhan dan mengubah aturan kapal untuk masuk ke pelabuhan tetap dengan aturan semula FIFO menjadi *lowest demand*.

### **5.3 Analisis Comparing System Skenario Perbaikan**

Hasil *output* dari tiga skenario yang telah disebutkan di subbab sebelumnya yang dibandingkan pada tahap *comparing system* yang digunakan untuk mengukur performansi masing-masing skenario yaitu waktu proses muat di pelabuhan dan rata-rata waktu keterlambatan proses muat. Selain itu, juga dilakukan perbandingan antara waktu bongkar muat saat kondisi normal, terjadi gangguan dan kondisi dengan penambahan jumlah *crane*.

Perbandingan antara skenario perbaikan dengan waktu muat dilakukan dengan uji *one way* Anova. Hasil dari perbandingan ini didapatkan rata-rata waktu muat dan rata-rata waktu keterlambatan muat dari tiga skenario perbaikan. Pada skenario 1, rata-rata waktu bongkar muat sebesar 195,19 jam dan rata-rata waktu keterlambatan muat sebesar 90 jam. Pada skenario 2, rata-rata waktu bongkar muat sebesar 112,23 jam dan rata-rata waktu keterlambatan muat sebesar 54 jam. Pada skenario 3, rata-rata waktu bongkar muat sebesar 108,64 jam dan rata-rata waktu keterlambatan muat sebesar 50 jam.

Kemudian dilakukan perbandingan antara waktu bongkar muat saat kondisi normal, terjadi gangguan dan kondisi dengan penambahan jumlah *crane*. Pada kondisi normal, dibutuhkan waktu proses-bongkar muat selama 177 jam untuk memenuhi *demand* 2000 ton. Kemudian, model dibuat dengan munculnya gangguan seperti satu kerusakan *crane* kapal dengan waktu antar kedatangan 15 jam dimana membutuhkan waktu perbaikan selama 8 jam dan satu kali turun hujan dengan waktu antar kedatangan 4 jam dimana *delay time* yang terjadi hingga hujan reda selama 3 jam. adanya gangguan tersebut mengakibatkan keterlambatan muat sebesar 37 jam yang di dapatkan dari selisih waktu muat saat kondisi normal dengan waktu muat saat terjadi gangguan. Kemudian, diterapkannya penambahan 1 buah *crane* di setiap dermaga dapat mengurangi waktu keterlambatan selama 17 jam atau dapat mengurangi keterlambatan sebesar

47% (dimana perhitungan prosentase keterlambatan didapatkan dari  $(17/37) \times 100\%$ ).

#### **5.4 Analisis Skenario Perbaikan yang Terpilih**

Pada bab ini akan dibahas mengenai skenario perbaikan yang terpilih untuk dapat diterapkan pada kondisi eksisting di Pelabuhan Khusus Gresik milik PT Semen Indonesia. Berdasarkan penjelasan yang telah disampaikan pada bab sebelumnya, maka skenario perbaikan yang terpilih adalah skenario perbaikan 3. Perbaikan yang dapat diusulkan pada skenario 3 adalah menambahkan 1 buah *crane* pada masing-masing tempat sandar dan mengubah aturan kapal masuk ke pelabuhan menjadi *lowest demand* sehingga waktu rata-rata muat yang lebih kecil diantara skenario yang lain. Terpilihnya skenario 3 memiliki rata-rata waktu bongkar muat sebesar 108,64 jam dan rata-rata waktu keterlambatan muat sebesar 50 jam. Selain itu, terpilihnya skenario perbaikan 3 dimana terdapat penambahan 1 buah *crane* pada masing-masing tempat sandar (total terdapat 8 buah *crane* di pelabuhan) dapat mengurangi keterlambatan sebesar 47% dari waktu keterlambatan saat gangguan terjadi selama 37 jam.

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil analisis dan interpretasi yang telah dilakukan. Selain itu, pada bab ini juga memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

#### **6.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model simulasi kondisi eksisting telah dibangun sesuai dengan kondisi eksisting sehingga dapat dilakukan identifikasi faktor apa saja yang dapat diperbaiki untuk dapat mempercepat proses bongkar muat di pelabuhan. Setelah dilakukan *running* simulasi, antrian terlama terjadi saat kapal menunggu di dalam antrian yaitu total lamanya menunggu di antrian selama 856 jam. Hal itu disebabkan karena adanya kerusakan pada *crane* kapal. Sehingga faktor kerusakan *crane* dapat diperbaiki dengan membuat skenario perbaikan untuk penambahan *crane*.
2. Terdapat tiga skenario perbaikan yang dapat diusulkan. Perbaikan yang diusulkan pada skenario 1 yaitu menambah 1 buah *crane* kapal dimasing-masing tempat sandar kapal (total ada 8 buah *crane*) di pelabuhan dan aturan kapal untuk masuk ke pelabuhan tetap dengan aturan semula yaitu mengikuti aturan FIFO. Pada skenario perbaikan 2 jumlah *crane* kapal dimasing-masing tempat sandar kapal di pelabuhan tetap seperti kondisi eksisting dimana total terdapat 4 buah *crane* dan mengubah aturan kapal untuk masuk ke pelabuhan tetap dengan aturan semula FIFO menjadi *lowest demand*. Pada skenario perbaikan 3 ditambahkan 1 buah *crane* kapal dimasing-masing tempat sandar kapal (total ada 8 buah *crane*) di pelabuhan dan mengubah aturan kapal untuk masuk ke pelabuhan tetap dengan aturan semula FIFO menjadi *lowest demand*.
3. Skenario perbaikan yang tepat untuk memperbaiki kondisi eksisting dan meminimumkan waktu bongkar muat adalah skenario perbaikan 3, dimana

ditambahkan satu jumlah *crane* kapal di masing-masing tempat sandar pelabuhan dan mengubah aturan kapal masuk ke pelabuhan menjadi *lowest demand* sehingga waktu rata-rata muat yang lebih kecil diantara skenario yang lain. Terpilihnya skenario 3 memiliki rata-rata waktu bongkar muat sebesar 108,64 jam dan rata-rata waktu keterlambatan muat sebesar 50 jam

4. Berdasarkan hasil skenario perbaikan, dibutuhkan tambahan 1 buah *crane* untuk mengurangi keterlambatan. Waktu keterlambatan muat yang dapat dikurangi sebesar 47% dari keterlambatan yang disebabkan munculnya gangguan selama 37 jam.

## **6.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

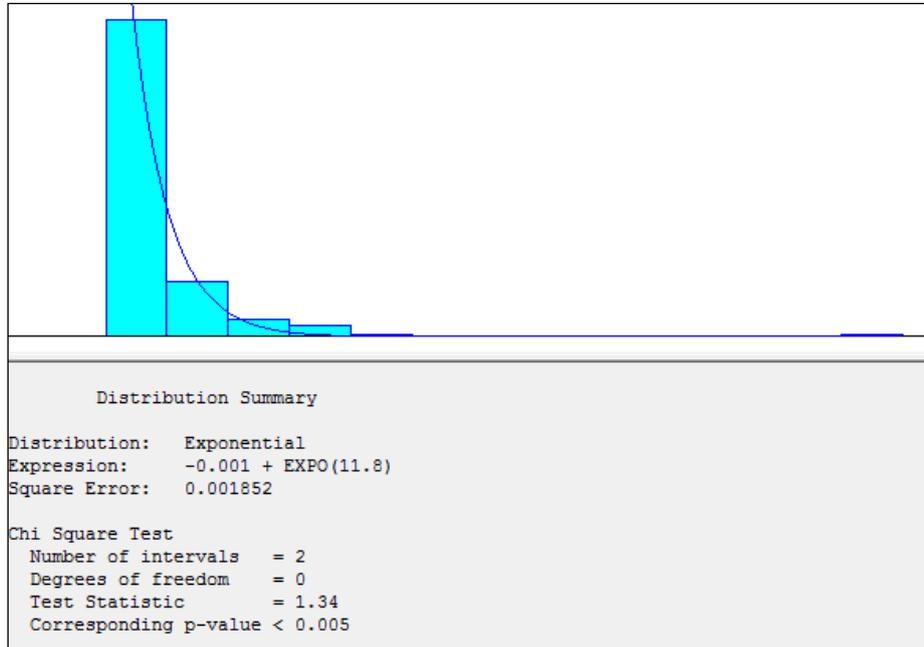
1. Penelitian ini hanya dilakukan pada lingkup sekitar pelabuhan saja, maka pada penelitian selanjutnya ruang lingkup dapat diperluas yaitu mulai dari sistem produksi hingga distribusi semen ke gudang penyangga.
2. Pada penelitian ini hanya untuk menggambarkan sistem pada saat musim hujan saja. Oleh karena itu, pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat dilakukan pengambilan data yang dapat mewakili kondisi selama satu tahun sehingga hasil simulasi dapat digunakan untuk menggambarkan sistem selama satu tahun.

## DAFTAR PUSTAKA

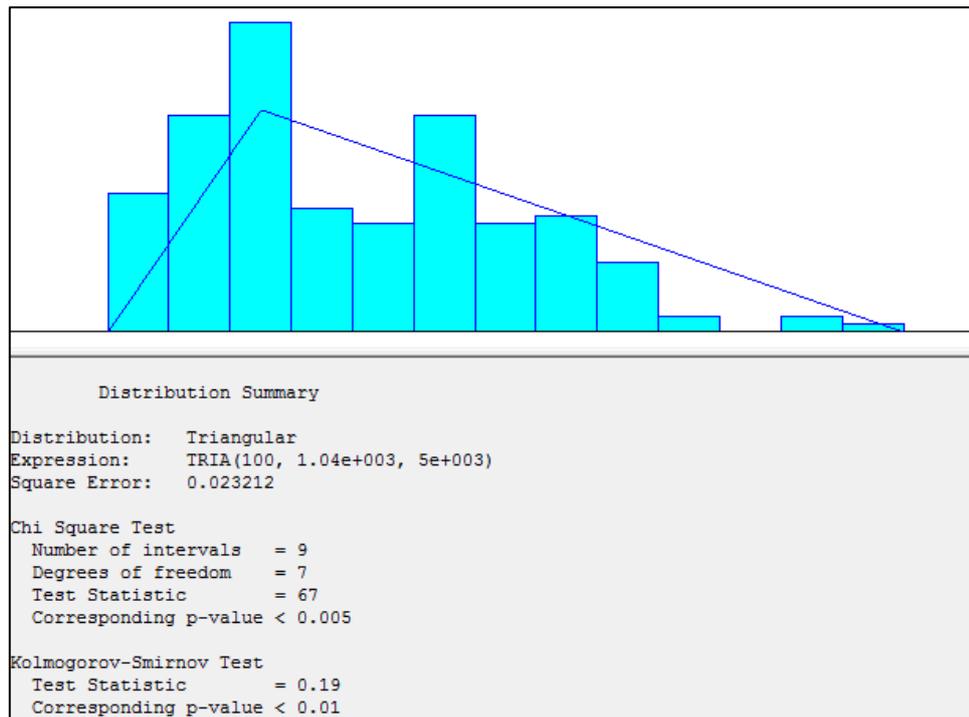
- Annual Report PT Semen Indonesia (Persero) Tbk 2013. (2013). Available: [http://www.semenindonesia.com/assets/files/files/investor/ar/AR\\_Semen\\_Indoneia\\_2013.pdf](http://www.semenindonesia.com/assets/files/files/investor/ar/AR_Semen_Indoneia_2013.pdf). [Accessed April 30th 2015].
- Chekland, P. (2004). System Thinking, System Practice. In: *Simulation: The Practice of Model Development and Use*. England: John Wiley & Sons Ltd, p.2.
- Christiansen, M., Fagerholt, K., Nygreen, B., & Ronen, D. (2007). *Chapter 4 Maritime Transportation*, 14, 189-284.
- Coyle, R., 2004. System Dynamics Modelling: A Practical Approach. In: *Simulation: The Practice of Model Development and Use*. London: John Wiley & Sons Ltd, p.2.
- Douma, Albert., Schutten, Marco., & Schuur, Peter. (2007). Waiting profiles: *An efficient protocol for enabling distributed planning of container barge rotations along terminals in the port of Rotterdam*. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 17(2), 133–148.
- Hwang, Seung. (2005). *Inventory Constrained Maritime Routing and Scheduling for Multi-Commodity Liquid Bulk*. Georgia Institute of Technology.
- Kelton, D. W., Sadowski, R., & Sturrock, D. T. (2006). *Simulation With Arena*: McGraw Hill Higher Education.
- Lawrence, S. A. (1972). International sea transport: *The years ahead*. Lexington, MA: Lexington Books.
- Robinson, Stewart. (2004). *Simulation: The Practice of Model Development and Use*.
- Van Groningen, L. (2006). *Performance measurement in barge planning*, Master's Thesis, RSM Erasmus University.

## LAMPIRAN

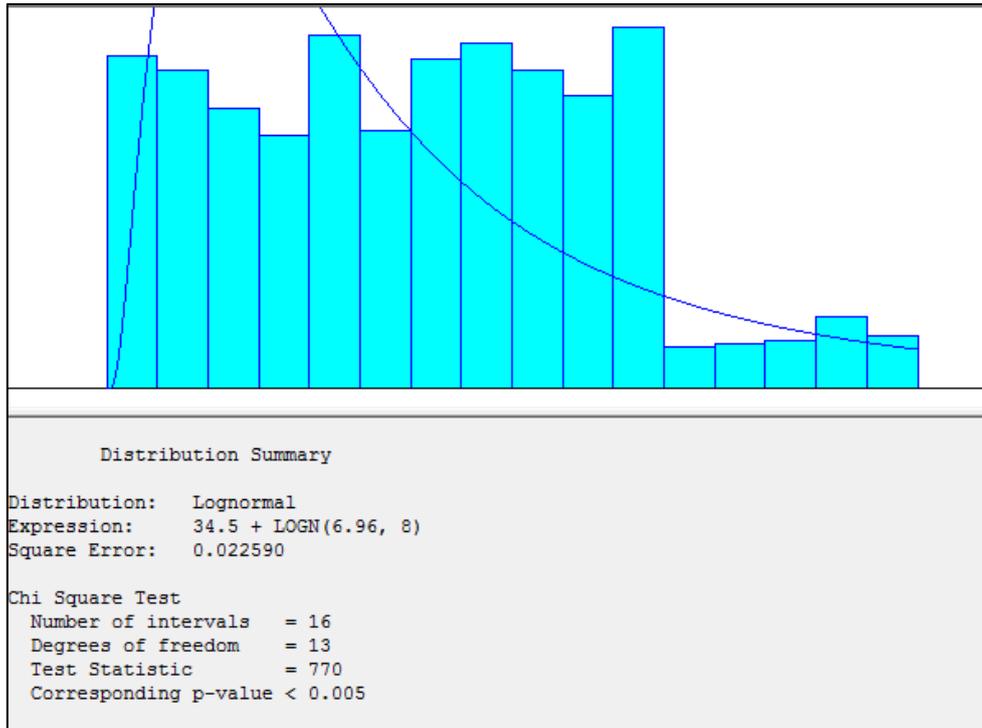
### Hasil *Fitting Distribution* Waktu Antar Kedatangan Kapal di Pelabuhan



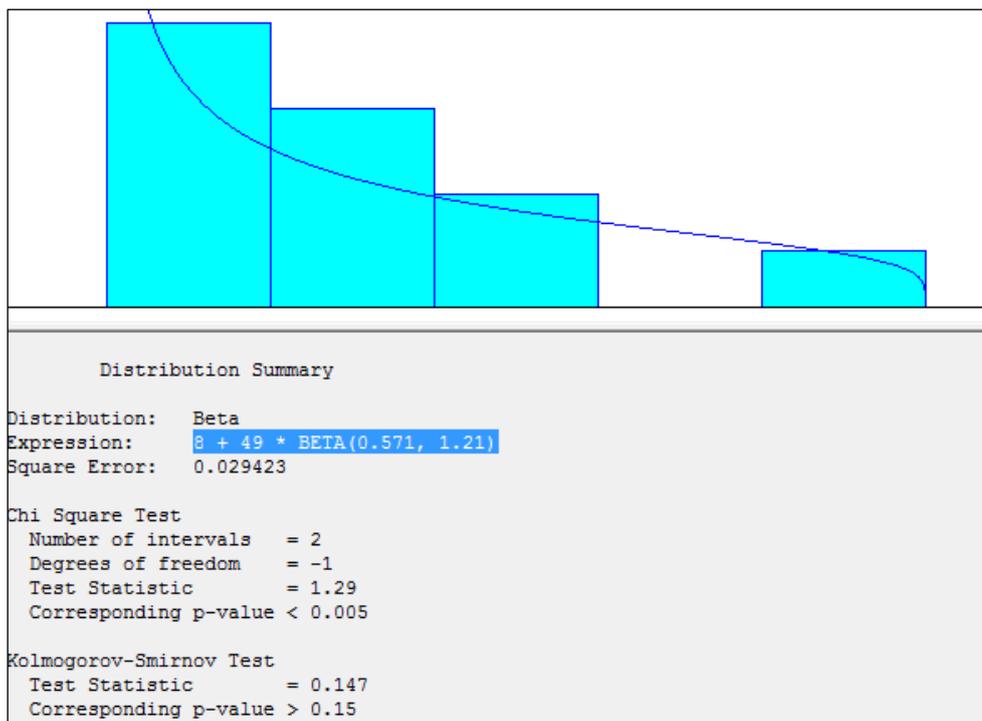
### Hasil *Fitting Distribution* Data Demand per Kapal



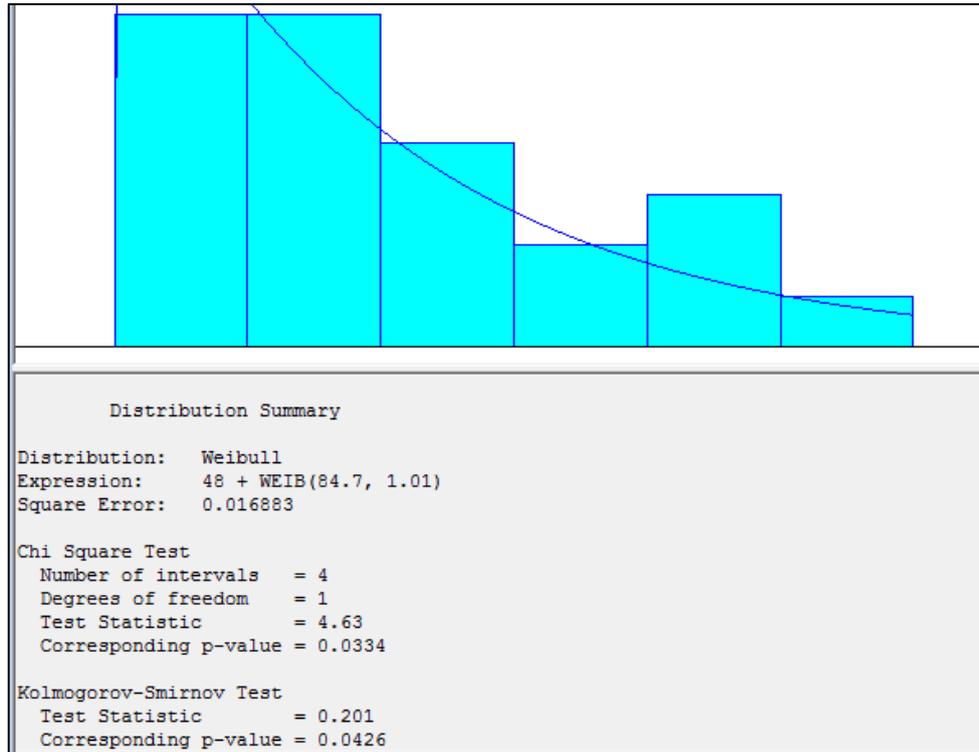
Hasil *Fitting Distribution* Waktu proses Bongkar Muat Truk ke Kapal



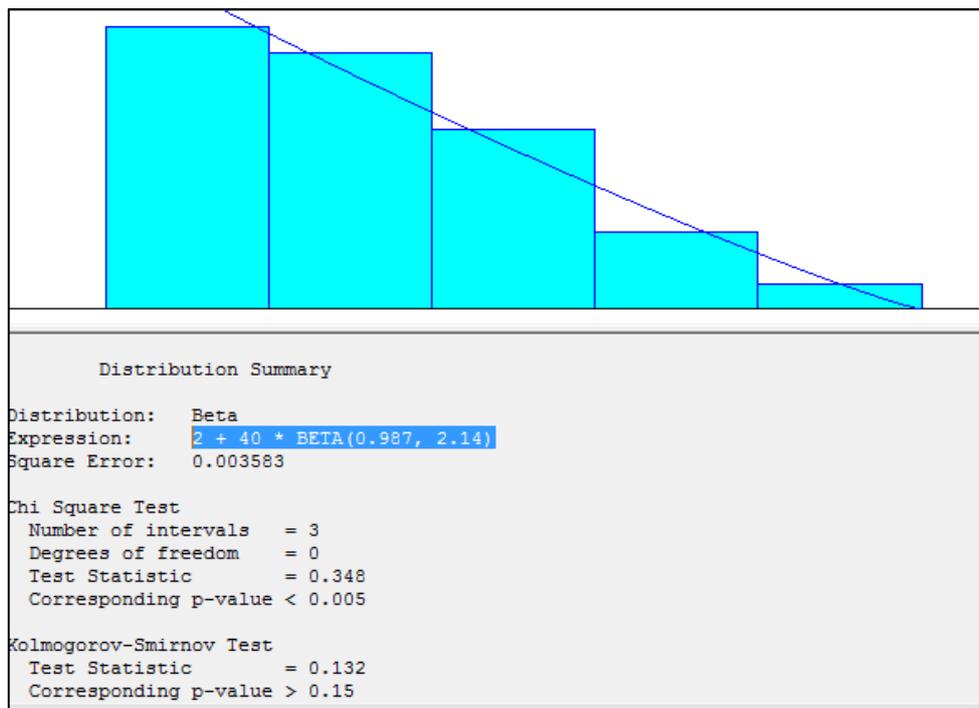
Hasil *Fitting Distribution* Waktu Antar kerusakan Crane Kapal



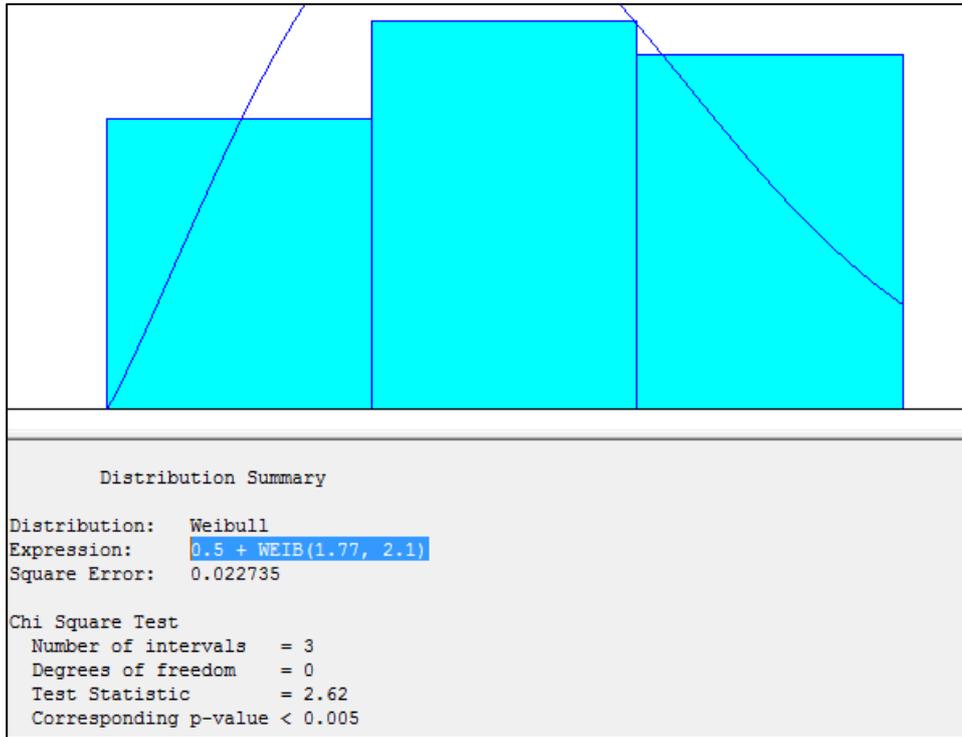
### Hasil *Fitting Distribution* Waktu untuk Perbaikan *Crane* Kapal



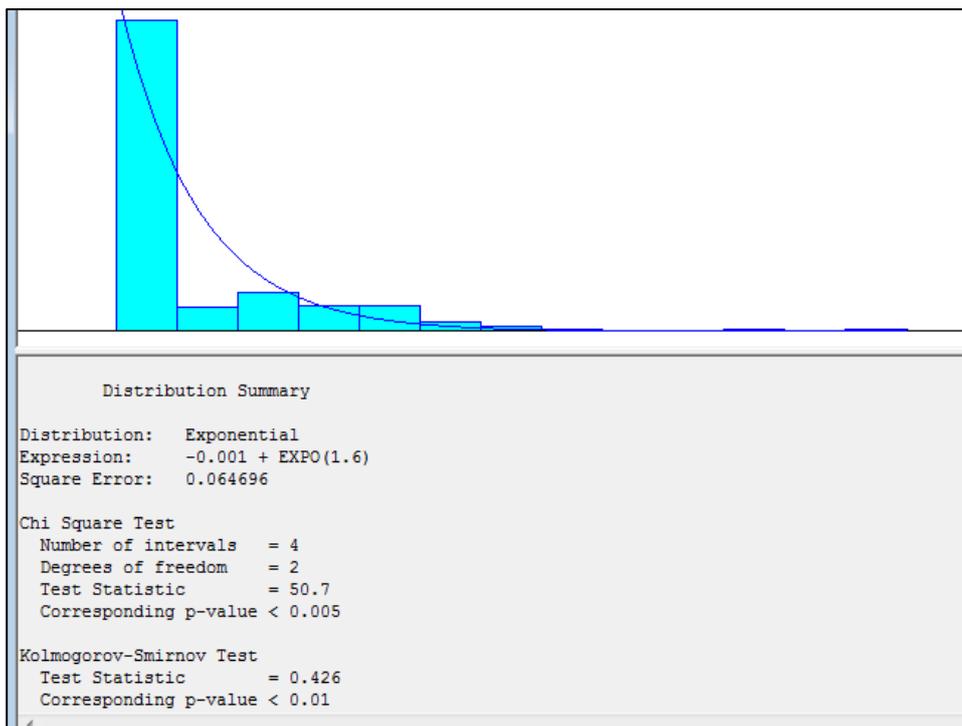
### Hasil *Fitting Distribution* Waktu Antar Turun Hujan



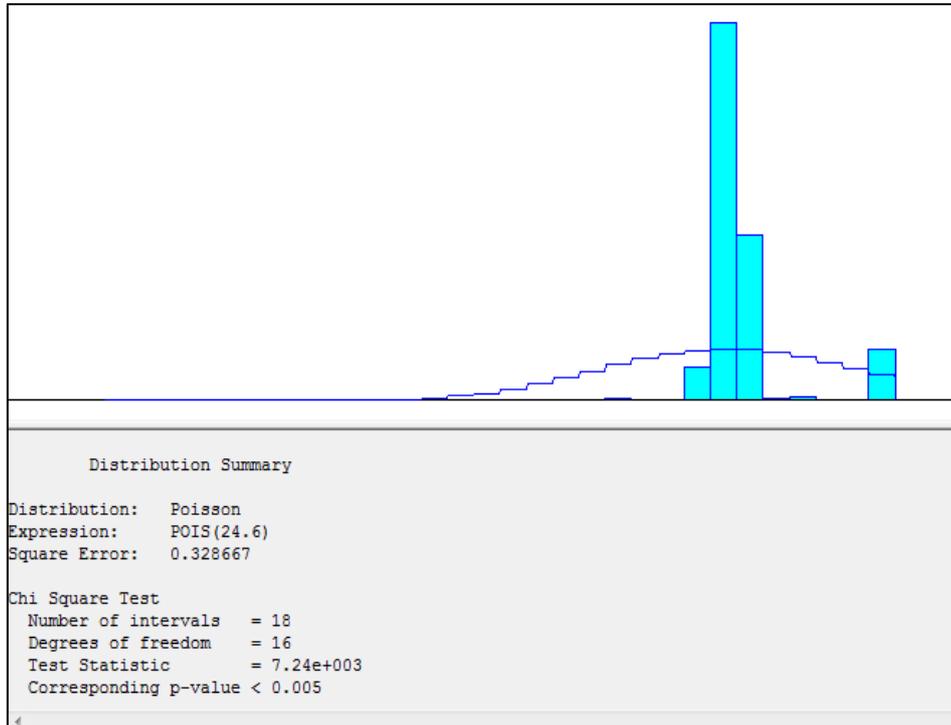
Hasil *Fitting Distribution Delay Time* karena Hujan



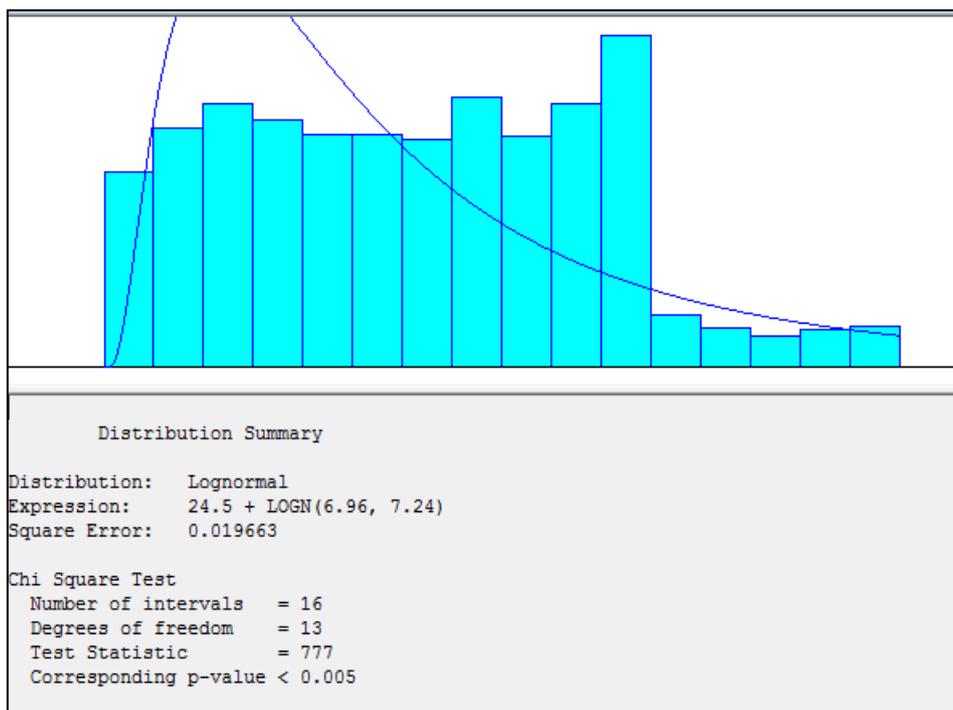
Hasil *Fitting Distribution Waktu Antar Kedatangan Truk di Gudang*



### Hasil *Fitting Distribution* Jumlah Muatan Semen Setiap Truk



### Hasil *Fitting Distribution* Waktu Proses Muat Semen ke Truk di Gudang



Hasil Replikasi Waktu Proses Muat di Pelabuhan Skenario Perbaikan 1 (jam)

No Replikasi	Waktu Muat						
1	199	31	193	61	176	91	171
2	197	32	191	62	189	92	205
3	173	33	171	63	171	93	201
4	207	34	207	64	204	94	171
5	172	35	189	65	199	95	221
6	221	36	219	66	186	96	174
7	187	37	227	67	209	97	188
8	198	38	175	68	191	98	187
9	168	39	226	69	195	99	190
10	200	40	209	70	201	100	166
11	191	41	195	71	190	101	184
12	202	42	202	72	190	102	178
13	185	43	193	73	168	103	222
14	201	44	189	74	204	104	178
15	182	45	203	75	165	105	197
16	213	46	186	76	212	106	198
17	206	47	214	77	208	107	198
18	164	48	208	78	192	108	215
19	188	49	185	79	181	109	210
20	196	50	241	80	222	110	201
21	179	51	194	81	169	111	215
22	176	52	211	82	175	112	229
23	220	53	179	83	199	113	203
24	201	54	185	84	180	114	195
25	179	55	178	85	201	115	207
26	204	56	211	86	193	116	167
27	187	57	203	87	190	117	176
28	196	58	198	88	186	118	237
29	190	59	203	89	201		
30	198	60	204	90	225		

Hasil Replikasi Waktu Proses Muat di Pelabuhan Skenario Perbaikan 2 (jam)

No Replikasi	Waktu Muat						
1	114	31	115	61	109	91	107
2	116	32	110	62	104	92	126
3	106	33	125	63	106	93	105
4	117	34	118	64	120	94	147
5	108	35	115	65	109	95	120
6	110	36	115	66	98	96	109
7	115	37	115	67	113	97	116
8	102	38	115	68	115	98	110
9	108	39	115	69	111	99	109
10	120	40	124	70	107	100	122
11	116	41	114	71	96	101	117
12	122	42	109	72	106	102	115
13	110	43	111	73	114	103	116
14	109	44	113	74	119	104	112
15	106	45	135	75	106	105	120
16	104	46	110	76	117	106	103
17	112	47	110	77	110	107	109
18	108	48	106	78	106	108	115
19	104	49	113	79	106	109	108
20	110	50	111	80	105	110	111
21	105	51	106	81	105	111	106
22	110	52	114	82	119	112	113
23	114	53	114	83	109	113	115
24	112	54	117	84	117	114	142
25	121	55	115	85	116	115	130
26	102	56	111	86	100	116	111
27	106	57	107	87	110	117	99
28	111	58	105	88	109	118	112
29	113	59	125	89	108		
30	101	60	108	90	115		

Hasil Replikasi Waktu Proses Muat di Pelabuhan Skenario Perbaikan 3 (jam)

No Replikasi	Waktu Muat						
1	113	31	107	61	107	91	118
2	119	32	131	62	113	92	104
3	102	33	114	63	93	93	104
4	109	34	108	64	112	94	112
5	115	35	101	65	98	95	106
6	107	36	107	66	101	96	101
7	102	37	112	67	112	97	108
8	107	38	110	68	106	98	108
9	102	39	110	69	112	99	100
10	110	40	112	70	115	100	113
11	114	41	112	71	110	101	105
12	111	42	116	72	113	102	107
13	107	43	110	73	105	103	118
14	120	44	115	74	99	104	108
15	106	45	109	75	107	105	114
16	116	46	98	76	104	106	109
17	114	47	116	77	101	107	107
18	107	48	108	78	106	108	108
19	101	49	108	79	113	109	104
20	102	50	102	80	110	110	107
21	110	51	110	81	106	111	102
22	100	52	111	82	106	112	103
23	117	53	111	83	106	113	107
24	112	54	96	84	102	114	109
25	108	55	99	85	107	115	108
26	110	56	110	86	107	116	116
27	114	57	105	87	104	117	117
28	110	58	121	88	118	118	110
29	108	59	123	89	104		
30	112	60	105	90	106		

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Surabaya, 08 Mei 1993 dengan nama lengkap Riscy Medita Pramitasari dan biasa dipanggil dengan Dita. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, pasangan Bagus Sapto Sarjono dan Tri Wahyuni Destyowati. Penulis menempuh pendidikan dasar hingga menengah di kota Surakarta. Pendidikan dasar di SDN Gandekan Surakarta, SMPN 3 Surakarta dan SMAN 3 Surakarta. Pada tahun 2011, penulis meneruskan jenjang pendidikan Strata 1 sebagai mahasiswi di Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya angkatan 2011.

Selama menempuh pendidikan S-1, penulis aktif dalam mengikuti kegiatan kampus di BEM (Badan Eksekutif Mahasiswa) ITS Surabaya sebagai panitia GERIGI, di BEM FTI sebagai panitia Pra TD FTI, serta sebagai tenaga pengajar di HMTI mengajar oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Industri (HMTI) ITS. Penulis juga aktif mengikuti pelatihan dan seminar seperti pelatihan LKMM Pra-TD dan *training* VBA, *training* Autocad, *training* Arena, seminar kemahasiswaan oleh Departemen SOSMA HMTI ITS, dsb.

Bidang minat penulis selama perkuliahan adalah Manajemen Distribusi, Manajemen Material dan Pengadaan, Manajemen Keuangan, Analisa Keputusan, dll. Jika memiliki kepentingan terkait penelitian ini, penulis dapat dihubungi melalui email [riscy.medita@gmail.com](mailto:riscy.medita@gmail.com).